

Analiza struktury genetycznej koni rasy American Quarter*

Joanna Kania-Gierdziewicz, Maciej Gierdziewicz,
Edyta Stankowska-Żołądź

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt,
Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; e-mail: rzkania@cyf-kr.edu.pl

Celem pracy było oszacowanie poziomu inbrodu i spokrewnienia w populacji koni rasy American Quarter (AQ) hodowanych w stadninie Roleski Ranch w Starych Żukowicach w Małopolsce. Dane stanowiły rodowody 76 koni rasy AQ (40 ogierów, 36 klaczy) urodzonych w latach 1993-2012. Współczynniki inbrodu (F_X) i współczynniki spokrewnienia (R_{XY}) szacowano metodą Tiera. Dokonano również oceny efektywnej liczby założycieli (f_e) i przodków (f_a). Wykazano, że prawie 91% osobników było zimbredowanych (90% samców i 91,67% samic). W grupie samców wartości średniego inbrodu wynosiły 0,0132 dla wszystkich i 0,0146 dla zimbredowanych, natomiast w grupie samic odpowiednio 0,0142 i 0,0155. W badanej populacji ponad 97% osobników było spokrewnionych. Spokrewnionych było ponad 99% par samców, przy średnim R_{XY} wynoszącym 0,0610 i 0,0641 odpowiednio dla wszystkich i spokrewnionych. Analogiczne wartości dla klaczy to prawie 95% par spokrewnionych oraz nieco niższe wartości R_{XY} , około 0,0590 dla wszystkich klaczy oraz 0,0591 dla spokrewnionych. Dla ponad 97% spokrewnionych par samiec x samica średnie R_{XY} wynosiło 0,0622, a dla wszystkich 0,0607. W badanym stadzie koni f_e wynosiła 121, natomiast $f_a = 26$. Połowę puli genetycznej badanego stada wyjaśniały udziały jedynie 10 przodków, a 90% alleli badanych koni pochodziło od 39 przodków. Z powodu stałego importu materiału hodowlanego rasy American Quarter oraz racjonalnego doboru par do rozplodu, poziom inbrodu i pokrewieństwa w badanym stadzie jest stosunkowo niski.

SŁOWA KLUCZOWE: inbred / spokrewnienie / założyciele / przodkowie / American Quarter Horse

Utrzymanie zmienności genetycznej na zadowalającym poziomie jest bardzo ważne szczególnie w małych liczebnie populacjach, w których przeważnie dość trudno jest uniknąć kojarzeń w pokrewieństwie i wzrostu homozygotyczności, skutkującej na przykład ujawnieniem się wad genetycznych. Monitorowanie zmienności genetycznej takich populacji jest zatem kluczowym problemem hodowców [19, 29].

*Badania wykonano w ramach działalności statutowej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie z tematu DS 3228

Współczynniki inbredu, spokrewnienia oraz analiza udziałów przodków i założycieli są zazwyczaj dobrymi narzędziami wychwytyjącymi krótkoterminowe zmiany struktury genetycznej w populacji. Występowanie w rodowodzie wspólnego przodka lub przodków (ponad 20 pokoleń wstecz), skutkujące zimbredowaniem zwierzęcia, nie powoduje tak dalekosiężnych negatywnych skutków, jak występowanie takiego przodka lub przodków bliżej, tj. do 20 pokoleń wstecz. Zazwyczaj więc graniczną liczbą pokoleń w szacowaniu inbredu i spokrewnienia jest 20 [19, 29].

American Quarter Horse jest obecnie jedną z najliczniejszych ras koni na świecie. Według danych z Roczego Raportu American Quarter Horse Association (AQHA), na koniec 2013 roku w księdze stadnej zarejestrowanych było 2 935 825 osobników, z czego ponad 2 mln 533 tys. w samych Stanach Zjednoczonych, zaś ponad 36 tys. w Niemczech. W Polsce natomiast, jak dotąd, zarejestrowano zaledwie 650 zwierząt tej rasy [2].

W naszym kraju konie rasy American Quarter zaczęły pojawiać się stosunkowo niedawno, na przełomie XX i XXI wieku, i były przeważnie sprowadzane z Niemiec, znacznie rzadziej zaś z USA, ze względu na dużą odległość i wysokie koszty. W 2005 roku powstało Polish Quarter Horse Association, które zostało uznane przez AQHA w 2007 roku. Od tego czasu datuje się też stopniowy, ale stały, wzrost popularności jeździectwa w stylu western w naszym kraju. Roleski Ranch jest jednym z pierwszych ośrodków hodowli koni AQ w Polsce (obecnie największym) oraz pierwszym, i jak dotąd jedynym, w którym odbywają się zawody w stylu western uznane przez National Reining Horse Association w USA [16].

Struktura genetyczna koni rasy American Quarter była przedmiotem badań w USA [21, 30], zaś w Niemczech badano konie rasy American Paint [25], które w większości posiadają geny rasy AQ, a tylko ze względu na sroką maść nie były zaliczane do tej rasy. Natomiast struktura genetyczna koni rasy American Quarter w Polsce nie była dotąd badana. Stadnina Roleski Ranch dysponuje największą liczebnie stawką koni rasy American Quarter, które jako zwierzęta hodowlane już mają lub mogą mieć w przyszłości wpływ na hodowlę tej rasy w Polsce, zatem celem badań była analiza struktury genetycznej tego stada.

Material i metody

Materiał stanowiły rodowody 76 koni rasy American Quarter (AQ), w tym 40 ogierów i 36 klaczy, urodzonych w latach 1993-2012. Badana grupa obejmowała klacze stadne, ogiery oraz młodzież męską i żeńską urodzoną w stadninie. Wszystkie konie AQ, z wyjątkiem najmłodszych zwierząt, były zarejestrowane w American Quarter Horse Association. Wyjściowe czteropokoleniowe rodowody rozszerzono o kolejne pokolenia przodków, korzystając z bazy danych Quarter Horse Directory (<http://qhd.com>). Uzyskano w ten sposób rodowody, w których udział informacji o przodkach faktycznie obecnych w rodowodzie do oszacowania współczynników inbredu i spokrewnienia, zgodnie z metodyką Cassella i wsp. [6], odpowiadał kompletnym rodowodom o długości od 4,5 do 7,1 pokoleń. Dla badanych koni tak oszacowana kompletność rodowodów sięgała szóstego pokolenia (dokładnie 5,92 pokolenia). Współczynniki inbredu (F_X) i współczynniki pokrewieństwa (R_{XY}), a także udziały założycieli i przodków oszacowano dla populacji referencyjnej badanych 76 zwierząt. Obliczeń dokonano według algorytmu proponowanego przez Tiera [27], z modyfikacją rekursywną skracającą czas obliczeń [9].

Aby ocenić bieżące efekty pracy hodowlanej prowadzonej w stadninie oszacowano ogólną i efektywną liczbę założycieli i przodków oraz wyznaczono założycieli i przodków z najwyższymi udziałami w populacji referencyjnej. Efektywną liczbę założycieli (f_e) i efektywną liczbę przodków (f_a) oszacowano zgodnie z metodą zaproponowaną przez Lacy'ego [17, 18], a zmodyfikowaną przez Boicharda i wsp. [4, 5], według następujących wzorów:

$$f_e = \frac{1}{\sum_{k=1}^f q_k^2}$$

gdzie:

f_e – efektywna liczba założycieli,

f – liczba założycieli,

q_k – prawdopodobieństwo pochodzenia genów od k -tego założyciela.

$$f_a = \frac{1}{\sum_{k=1}^f p_k^2}$$

gdzie:

f_a – efektywna liczba przodków,

f – liczba przodków,

p_k – marginalny udział k -tego przodka.

Wyniki i dyskusja

Wśród 76 badanych koni rasy American Quarter 69 osobników (90,79%) było zimbredowanych. Zimbredowanych było 91,67% samców, zaś w grupie samic 90% miało współczynniki $F_x > 0$ (tab. 1).

Indywidualne współczynniki inbredu zwierząt zimbredowanych wahały się od około 0,04% do 7,8%, nie przekraczając wartości krytycznej 12,5% [8, 29, 33, 34].

Na rysunku 1. przedstawiono zmiany zimbredowania w czasie, wśród ogierów i klaczy w badanym stadzie Roleski Ranch oraz w grupie przodków tej grupy koni rasy American Quarter. W części A (rys. 1A) przedstawiono zimbredowanie klaczy i ogierów przodków badanego stada urodzonych w różnych latach, a w części B (rys. 1B) – zimbredowanie badanej grupy koni z podziałem na płeć w zależności od roku urodzenia.

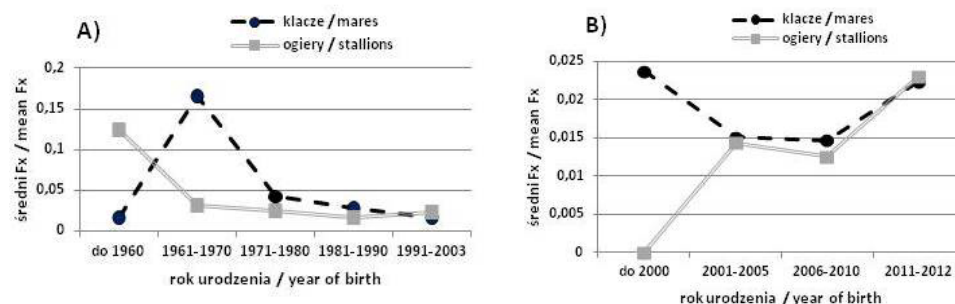
Analizując wykres A można stwierdzić, iż w grupie przodków poziom zimbredowania wykazywał tendencję malejącą od wartości ponad 10% notowanych u koni urodzonych przed 1970 rokiem do poniżej 5% w latach 90. XX wieku i na początku XXI w. Szczególnie jest ona dobrze widoczna u ogierów przodków. Zanotowano natomiast odwrotną zależność w liczbie zimbredowanych przodków. W początkowych okresach (lata 60. i 70. XX w.) zimbredowanych było od 0,3% do ponad 6,5% wszystkich przodków w danym okresie, zaś po roku 1980 liczba zimbredowanych przodków wzrosła, stanowiąc w latach 80. XX w. nieco ponad 30% przodków urodzonych w tym czasie, zaś w latach 90. już ponad 67%.

Tabela 1 – Table 1Średni inbred (F_x) koni rasy American Quarter z Roleski RanchMean inbreeding coefficient (F_x) for American Quarter Horses from Roleski Ranch

| Wyszczególnienie Specification | Płeć – Sex | |
|--|----------------|-------------------|
| | samce males | samice females |
| Liczba zwierząt w populacji aktywnej Number of animals in active population | 40 | 36 |
| Liczba przodków populacji aktywnej Number of ancestors of active population | 466 | 715 |
| Liczba zwierząt w rodowodach Number of animals in pedigrees | 506 | 751 |
| Liczba zwierząt zimbredowanych Number of inbred animals | 36 | 33 |
| Średni F_x – wszystkie zwierzęta Mean F_x – all animals | 0,0132 | 0,0142 |
| Średni F_x – zwierzęta zimbredowane Mean F_x – inbred animals | 0,0146 | 0,0155 |
| Maksymalna wartość F_x Maximum F_x value | 0,0593 | 0,0780 |

W populacji aktywnej (rys. 1B), szczególnie w ostatnim okresie, zaznaczył się niewielki wzrost inbredu, tak klaczy jak i ogierów. Natomiast dość znacznie wzrósł w tej grupie odsetek zwierząt zimbredowanych, który do 2000 roku wynosił 50%, zaś w następnych pięciolatkach przekroczył 90%; wynosił prawie 92% w latach 2001-2005 oraz ponad 94% w latach 2006-2010. W ostatnich, najmłodszych rocznikach koni rasy AQ z Roleski Ranch wszystkie osobniki były już zimbredowane.

Wśród badanych koni aż 97,37% było spokrewnionych, w tym 99,84% samców i 95,13% samic. Natomiast 97,5% par samiec x samica miało niezerowe współczynniki spokrewnienia (tab. 2).



Rys.1. Średnie współczynniki inbredu klaczy i ogierów będących przodkami (rys. 1A) oraz z badanego stada (rys.1B) w kolejnych okresach urodzenia

Fig.1. Mean inbreeding coefficients for mares and stallions from ancestor group (Fig. 1A) and from examined herd (Fig. 1B) over birth periods

Tabela 2 – Table 2

Średnie spokrewnienie (R_{XY}) koni rasy American Quarter
 Mean relationship coefficients (R_{XY}) for American Quarter Horses

| Wyszczególnienie Specification | Pary – Pairs | | |
|---|-----------------|------------------|---------------------|
| | samców males | samic females | mieszane* mixed* |
| Liczba wszystkich par osobników Total number of pairs of animals | 630 | 780 | 1440 |
| Liczba spokrewnionych par osobników Number of related pairs of animals | 629 | 742 | 1404 |
| Średnie R_{XY} – wszystkie pary osobników Mean R_{XY} – all pairs of individuals | 0,0590 | 0,0610 | 0,0607 |
| Średnie R_{XY} – pary spokrewnione Mean R_{XY} – related pairs of individuals | 0,0591 | 0,0641 | 0,0622 |
| Maksymalne R_{XY} Maximum R_{XY} value | 0,5268 | 0,5371 | 0,5409 |

*Pary samiec x samica

*Male x female pairs

Ogólna i efektywna liczba założycieli w stadzie koni rasy AQ z Roleski Ranch wynosiły odpowiednio 484 i 121, natomiast ogólna i efektywna liczba przodków w badanej grupie koni odpowiednio 60 i 26. Połowa zmienności puli genetycznej populacji referencyjnej jest wyjaśniana udziałami jedynie 10 przodków, jednakże do wyjaśnienia 90% jej puli genetycznej potrzeba było łącznych udziałów aż 39 przodków (tab. 3).

W omawianej populacji było 17 założycieli, których udziały alleli w populacji referencyjnej koni rasy AQ przekraczały 1%, czyli około 3,5% wszystkich założycieli, a suma ich udziałów obejmowała około 30% puli genetycznej badanej populacji. Natomiast łączne udziały 23 głównych przodków (38,3% wszystkich przodków) wyjaśniały około 79% zmienności genetycznej populacji koni z Roleski Ranch.

Wśród założycieli o najwyższych udziałach alleli w badanej populacji, na pierwszych dwóch miejscach pojawiły się klacz JABALINA (72570) i ogier ZANTANON (81745), oba z prawie 3% udziałem alleli, rodzice występującego jako przodek na 14. miejscu ogiera KING (234) urodzonego w 1932 roku. W grupie założycieli znalazły się również dwie klacze spokrewnione z ogierem KING – na ósmym miejscu jego wnuczka klacz POCO LENA (30475), będąca córką ogiera POCO BUENO (rys. 4) oraz zaraz po niej klacz SAN SUE DARKS (14898), wnuczka ogiera ZANTANON, córka innego jego syna, ogiera SAN SIEMON.

W grupie założycieli znalazł się na 10. miejscu, z nieco ponad 1% udziałem, również ogier WIMPY (1) urodzony w 1937 roku, który był pierwszym osobnikiem wpisanym do ksiąg stadnych rasy American Quarter Horse.

Na rysunkach 2, 3 i 4 przedstawiono zależności między przodkami o najwyższych udziałach alleli w badanej grupie koni rasy American Quarter, jak również związki niektórych przodków z założycielami.

Na rysunku 2. wymieniono ogiera DOC BAR (76136), urodzonego w 1956 roku, którego udział w puli genów przodków wynosił 8,5%, plasując go na drugim miejscu, oraz trzy inne ogiery spokrewnione z nim przez ogiera pełnej krwi angielskiej THREE BARS, będącego jednym z protoplastów współczesnych koni AQ. Podano też nazwy ogierów i

Tabela 3 – Table 3

Ogólna i efektywna liczba założycieli (f_e) i przodków (f_a) dla 76 osobników z populacji referencyjnej hodowli Roleski Ranch

Total and effective number of founders (f_e) and ancestors (f_a) for 76 horses from the Roleski Ranch reference population

| Parametr Parameter | Wartość Value |
|--|------------------|
| Liczba zwierząt w populacji referencyjnej Number of animals in the reference population | 76 |
| Liczba zwierząt w rodowodach Number of animals in pedigrees | 1257 |
| Średnia liczba badanych pokoleń Mean number of generations traced | 9,9 |
| Ogólna liczba założycieli Total number of founders | 484 |
| Efektywna liczba założycieli (f_e) Effective number of founders (f_e) | 121 |
| Ogólna liczba przodków Total number of ancestors | 60 |
| Efektywna liczba przodków (f_a) Effective number of ancestors (f_a) | 26 |
| Liczba założycieli wyjaśniająca pochodzenie 50% puli genetycznej Number of founders explaining 50% of the gene pool | 50 |
| Liczba założycieli wyjaśniająca pochodzenie 90% puli genetycznej Number of founders explaining 90% of the gene pool | 264 |
| Liczba przodków wyjaśniająca pochodzenie 50% puli genetycznej Number of ancestors explaining 50% of the gene pool | 10 |
| Liczba przodków wyjaśniająca pochodzenie 90% puli genetycznej Number of ancestors explaining 90% of the gene pool | 39 |

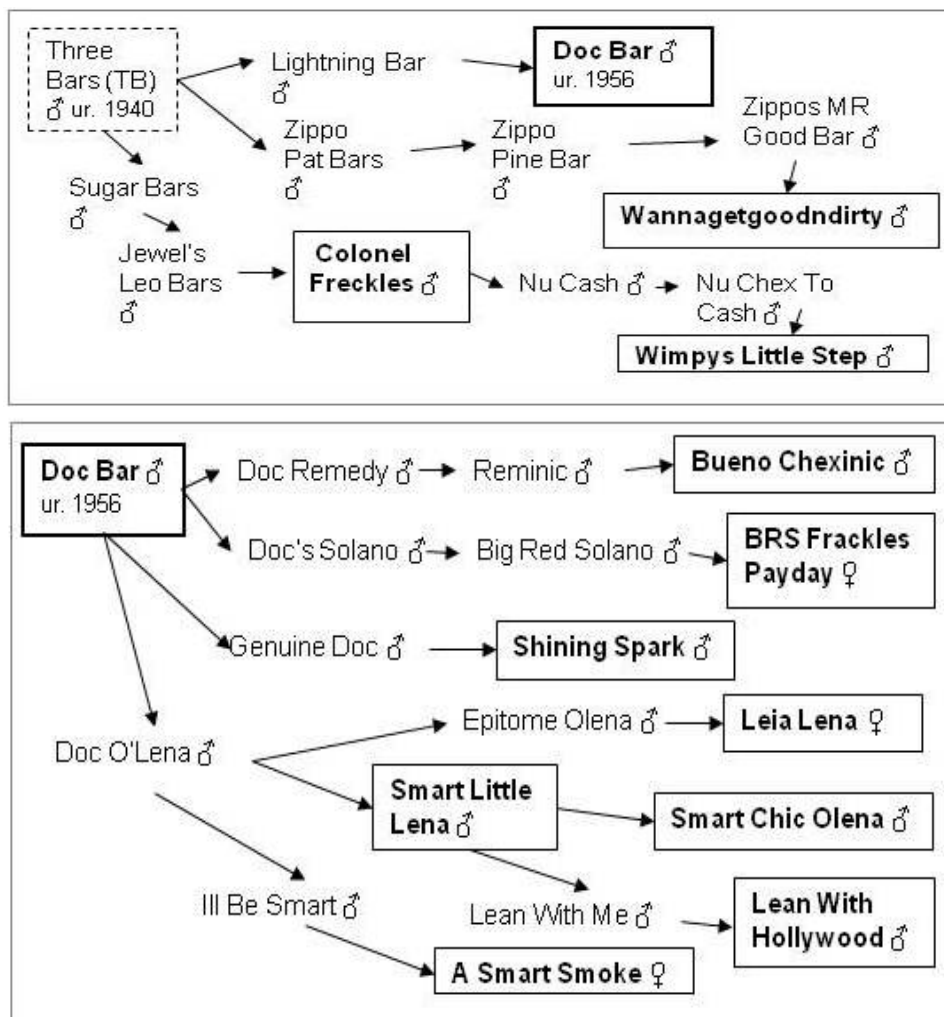
klaczy – potomków DOC BAR'a, którzy wnieśli najwyższe udziały alleli jako przodkowie badanej populacji koni. W tej grupie znalazł się ogier LEAN WITH HOLLYWOOD (4317664), który był na pierwszym miejscu wśród przodków badanej populacji, z ponad 10,5% udziałem alleli.

Na rysunku 3. wymieniono ogiera WIMPY, znajdującego się wśród założycieli o najwyższych udziałach genów w badanej populacji, wraz z jego potomkami obu płci, zaliczającymi do najważniejszych przodków wymienionej populacji.

Na rysunku 4. przedstawiono zależności genealogiczne między ogierem KING oraz jego potomkami obu płci, którzy byli przodkami o najwyższych udziałach w badanej populacji koni rasy AQ.

Tunnel i wsp. [30] stwierdzili duży udział alleli m.in. ogiera pełnej krwi angielskiej THREE BARS oraz ogierów rasy AQ, takich jak: KING, DOC BAR, ZANTANON i WIMPY, w potomstwie zdobywającym nagrody w różnych kategoriach zawodów w stylu western. Te same ogiery znalazły się również wśród przodków lub założycieli o najwyższych udziałach genów u koni z Roleski Ranch.

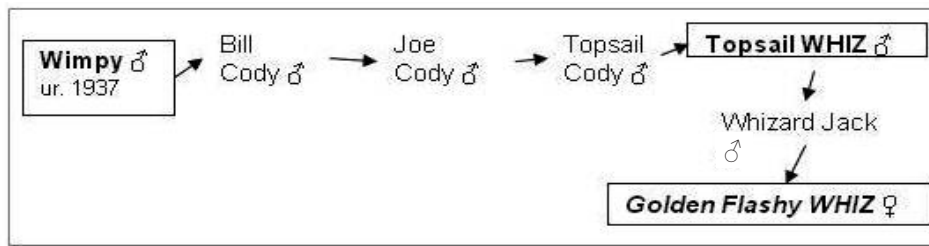
Również Petersen i wsp. [21], w późniejszym opracowaniu dotyczącym rasy American Quarter, wymieniają ogiera DOC BAR jako przodka mającego największy udział alleli w genotypach koni startujących w kategoriach: reining (brak polskiego odpowiednika nazwy),



Rys. 2. Zależności genealogiczne między przodkami o najwyższych udziałach alleli (ich nazwy wytłuszczono i umieszczono w ramkach)
 Fig. 2. Genealogical relations between the most influential ancestors (names are in bold and enclosed in boxes)

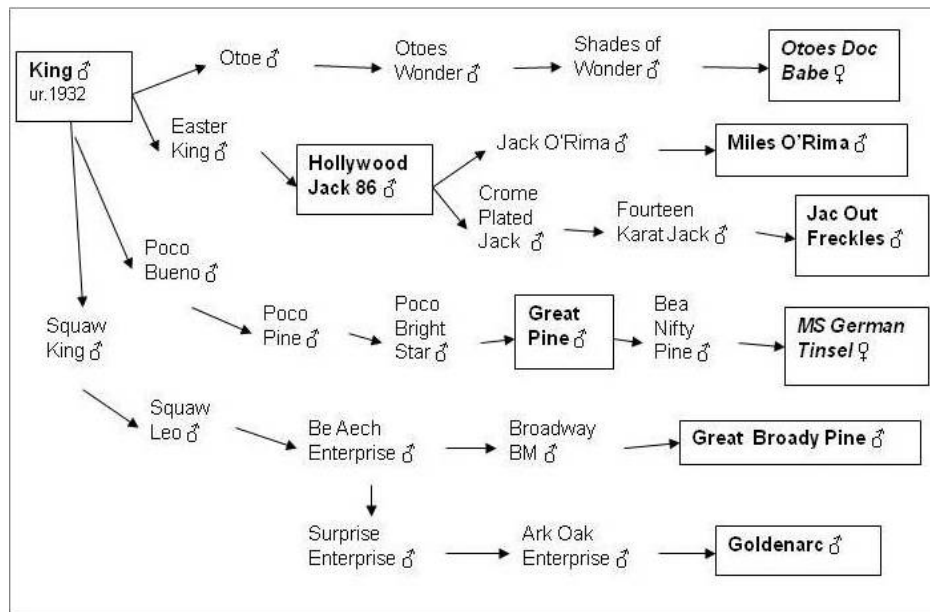
cutting (oddzielanie krwi od stada) i working cow (praca z bydłem). Wymienieni autorzy podają, jako przodków o najwyższych udziałach alleli w podobnych kategoriach zawodów w stylu western, również jego syna ogiera DOC O'LENA i wnuka SMART LITTLE LENA (1565822), który pojawił się, jako jeden z przodków o najwyższych udziałach, także w niniejszej pracy, z ponad 1% wkładem do badanej populacji.

Także w badaniach dotyczących niemieckich koni rasy Paint [25], które w olbrzymiej większości mają pewien udział alleli koni rasy American Quarter, pojawiają się ogiery



Rys. 3. Zależności genealogiczne między założycielem i jego potomkami będącymi przodkami o najwyższych udziałach alleli (ich nazwy wytłuszczono i umieszczono w ramkach)

Fig. 3. Genealogical relations between the founder and its progeny – most influential ancestors (names are in bold and enclosed in boxes)



Rys. 4. Zależności genealogiczne między przodkami o najwyższych udziałach alleli (ich nazwy wytłuszczono i umieszczono w ramkach)

Fig. 4. Genealogical relations between the most influential ancestors (names are in bold and enclosed in boxes)

DOC BAR i KING, jako przodkowie o najwyższych udziałach alleli, a także na pierwszym miejscu ogier pełnej krwi angielskiej THREE BARS.

Zechner i wsp. [35], badając konie lipicańskie stwierdzili, iż zróżnicowanie przodków występujące w rodowodach nie zawsze znajduje odzwierciedlenie w zróżnicowaniu genetycznym, co częściowo potwierdziło się również u badanych koni rasy AQ, u których przodkowie i założyciele o najwyższych udziałach byli niejednokrotnie dla siebie bliższymi lub dalszymi krewnymi (rys. 2, 3, 4).

W tabeli 4. przedstawiono uzyskane przez różnych autorów wyniki dotyczące inbredu i pokrewieństwa dla różnych ras koni, w tabeli 5. umieszczono natomiast efektywną liczbę założycieli i przodków uzyskaną w badaniach różnych ras koni przez różnych autorów.

Tabela 4 – Table 4

Współczynniki inbredu (F_x) i pokrewieństwa (R_{xy}) u różnych ras koniowatych

Inbreeding (F_x) and relationship (R_{xy}) coefficients in different Equidae breeds

| Rasa – Breed | F_x | R_{xy} | Źródło – Source |
|--|---------------|---------------|--|
| Konie American Quarter American Quarter Horses | 0,0020-0,0520 | 0,0016-0,0640 | Tunnel i wsp., 1983 [30] Tunnel et al., 1983 [30] |
| | 0,0090-0,0370 | 0,0180-0,0550 | Petersen i wsp., 2014 [21] Petersen et al., 2014 [21] |
| Konie rasy Paint Paint Horses | 0,0035-0,0049 | – | Siderits i wsp., 2013 [25] Siderits et al., 2013 [25] |
| Konie arabskie Arab horses | 0,000-0,0980 | 0,0020-0,1160 | Cervantes i wsp., 2008 [7] Cervantes et al., 2008 [7] |
| | 0,0306-0,0531 | 0,0379-0,0751 | Głazewska i Jezierski, 2004 [11] Głazewska and Jezierski, 2004 [11] |
| | 0,0293-0,0536 | – | Głazewska, 2004 [10] |
| Konie fryzyjskie Friesian horses | 0,1450-0,1580 | – | Sevinga i wsp., 2004 [24] Sevinga et al., 2004 [24] |
| Osły katalońskie Catalonian Donkeys | 0,0073-0,0722 | 0,0139-0,0661 | Gutiérrez i wsp., 2005 [12] Gutiérrez et al., 2005 [12] |
| Konie hanowerskie Hanoverian horses | 0,0119-0,0133 | – | Hamann i Distl, 2008 [13] Hamann and Distl, 2008 [13] |
| Konie rasy Mallorquí Mallorquí horses | 0,0250-0,0470 | 0,1010-0,1120 | Álvarez i wsp., 2010 [1] Álvarez et al., 2010 [1] |
| Fioridingi Norwegian Fjord horse breed | 0,0160-0,0320 | – | Bhatnagar i wsp., 2011 [3] Bhatnagar et al., 2011 [3] |
| Konie belgijskie zimnokrwiste Belgian Draught horses | 0,0290-0,0330 | – | Janssens i wsp., 2010 [15] Janssens et al., 2010 [15] |
| Norweskie rasy koni Norwegian Døle and Nordland/Lynge horses | 0,1175-0,1277 | – | Olsen i wsp., 2010 [20] Olsen et al., 2010 [20] |
| Konie trakeńskie Trakehner horses | 0,000-0,0120 | 0,000-0,0150 | Teegen i wsp., 2009 [26] Teegen et al., 2009 [26] |
| Kuce Asturcón Asturcón ponies | 0,0410-0,0520 | 0,0890-0,0970 | Royo i wsp., 2007 [23] Royo et al., 2007 [23] |
| Konie andaluzyjskie Andalusian horses | 0,0806-0,1301 | 0,1197-0,1400 | Valera i wsp., 2005 [31] Valera et al., 2005 [31] |
| Konie lusitano Lusitano horses | 0,0992-0,1134 | 0,1164-0,1354 | Vicente i wsp., 2012 [32] Vicente et al., 2012 [32] |
| Konie lipicańskie Lipizzan horses | 0,086-0,1440 | 0,1160-0,1610 | Zechner i wsp., 2002 [35] Zechner et al., 2002 [35] |
| Konie słowackie Slovak horse breeds | 0,0267-0,0626 | 0,0308-0,0934 | Pjontek i wsp., 2012 [22] Pjontek et al., 2012 [22] |
| Konie rasy Franches-Montagnes Franches-Montagnes horse breed | 0,0478-0,0521 | 0,1135-0,1205 | Hasler i wsp., 2011 [14] Hasler et al., 2011 [14] |
| Konie duńskie chronione Native Danish horse breeds | 0,0300-0,0600 | – | Tirstrup i wsp., 2008 [28] Tirstrup et al., 2008 [28] |

Tabela 5 – Table 5

Efektywna liczba założycieli (f_e) i przodków (f_a) u różnych ras koniowatych
 Effective number of founders (f_e) and ancestors (f_a) in different Equidae breeds

| Rasa – Breed | f_e | f_a | Źródło – Source |
|---|-----------|-------------|--|
| Konie rasy Paint Paint Horses | 560,8-963 | 186,1-214,8 | Siderits i wsp., 2013 [25] Siderits et al., 2013 [25] |
| Konie arabskie Arab horses | 38,6-39,5 | 13-19 | Cervantes i wsp., 2008 [7] Cervantes et al., 2008 [7] |
| Osły katalońskie Catalonian Donkeys | 70,6 | 27 | Gutiérrez i wsp., 2005 [12] Gutiérrez et al., 2005 [12] |
| Konie hanowerskie Hanoverian horses | 244,9 | 77,73 | Hamann i Distl, 2008 [13] Hamann and Distl, 2008 [13] |
| Konie rasy Mallorquí Mallorquí horses | 11-13 | 11-12 | Álvarez i wsp., 2010 [1] Álvarez et al., 2010 [1] |
| Fiordingi Norwegian Fjord horse breed | 96 | 30 | Bhatnagar i wsp., 2011 [3] Bhatnagar et al., 2011 [3] |
| Konie belgijskie zimnokrwiste Belgian Draught horses | 84-85 | 42,7-42,9 | Janssens i wsp., 2010 [15] Janssens et al., 2010 [15] |
| Norweskie rasy koni Norwegian Døle and Nordland/Lyngen horses | 14-48 | 7-12 | Olsen i wsp., 2010 [20] Olsen et al., 2010 [20] |
| Kuce Asturcón Asturcón ponies | 17,8-19,5 | 12-13 | Royo i wsp., 2007 [23] Royo et al., 2007 [23] |
| Konie andaluzyjskie Andalusian horses | 39,6 | 16,5 | Valera i wsp., 2005 [31] Valera et al., 2005 [31] |
| Konie lusitano Lusitano horses | 27,5 | 11,7 | Vicente i wsp., 2012 [32] Vicente et al., 2012 [32] |
| Konie lipicańskie Lipizzan horses | 39,3-55,8 | 12,5-18,8 | Zechner i wsp., 2002 [35] Zechner et al., 2002 [35] |
| Konie słowackie Slovak horse breeds | 26-160 | 16-32 | Pjontek i wsp., 2012 [22] Pjontek et al., 2012 [22] |
| Konie rasy Franches-Montagnes Franches-Montagnes horse breed | 63 | 22 | Hasler i wsp., 2011 [14] Hasler et al., 2011 [14] |

Porównując otrzymane wyniki własne dotyczące inbrodu oraz pokrewieństwa z danymi zamieszczonymi w literaturze dla tej samej i innych ras koni można stwierdzić, iż oszacowane w niniejszej pracy wartości F_x są podobne lub niekiedy znacznie niższe niż uzyskane przez większość autorów cytowanych w tabeli 4. Szczególnie porównanie wyników dla tej samej rasy, uzyskanych przez autorów amerykańskich [21, 30], wypada zdecydowanie na korzyść badanego stada, ponieważ tak współczynniki inbrodu, jak i pokrewieństwa są niższe dla koni z Roleski Ranch.

Również wartości efektywnej liczby założycieli (f_e) oraz efektywnej liczby przodków (f_a) otrzymane w badaniach własnych mieszczą się w zakresie wartości podawanych przez innych autorów dla różnych ras koni (tab. 5) i nie wskazują na razie na znaczne zawężenie puli genetycznej, na co wskazywali niektórzy autorzy badający mało liczne populacje koni różnych ras [1, 7, 12, 13, 26, 28, 32]. Petersen i wsp. [21] stwierdzili jednak, że jakkolwiek zmienność genetyczna koni AQ w Stanach Zjednoczonych jest zadowalająca, to z powodu coraz większej specjalizacji hodowli koni tej rasy do poszczególnych dyscyplin sportu we-

stern, zaznacza się ostatnio również pewien podział genetyczny całej populacji na mniejsze subpopulacje, co nie było jeszcze tak powszechne w latach 80. XX w. [30].

Podsumowując można stwierdzić, że średnie wskaźniki inbrodu i pokrewieństwa były niskie pomimo wysokiego procentowego udziału koni zimbredowanych i spokrewnionych w badanym stadzie. Stosunkowo wysokie były natomiast, w odniesieniu do liczby badanych koni, wartości f_e oraz f_a otrzymane dla koni rasy American Quarter z Roleski Ranch. Wskazuje to na zadowalający stan puli genetycznej badanego stada oraz świadczy o głęboko przemyślanych działaniach hodowców dotyczących zakupu reproduktorów i ich doboru do klaczy matek. Występowanie ogiera DOC BAR i jego potomków w rodowodach koni z Roleski Ranch potwierdza zgodność prowadzonej w stadzie hodowli z profilem sportowym stylu western, propagowanym przez ten ośrodek, czyli zawodami reiningowymi.

PIŚMIENNICTWO

1. ÁLVAREZ I., ROYO L.J., PÉREZ-PARDAL L., FERNÁNDEZ I., PAYERAS L., GOYACHE F., 2010 – Assessing losses of genetic variability in the endangered Mallorquí horse. *Czech Journal of Animal Science* 10, 456-462.
2. American Quarter Horse Association, 2013 – Annual Report. Wyd. American Quarter Horse Association (AQHA), Amarillo, Texas, USA, pp.40.
3. BHATNAGAR A.S., EAST C.M., SPLAN R.K., 2011 – Genetic variability of the Norwegian Fjord horse in North America. *Animal Genetic Resources* 49, 43-49.
4. BOICHARD D., MAIGNEL L., VERRIER E., 1996 – Analyse généalogique des races bovines laitières françaises. *INRA Production Animalés* 9 (5), 323-335.
5. BOICHARD D., MAIGNEL L., VERRIER E., 1997 – The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetics Selection Evolution* 29, 5-23.
6. CASSELL B.G., ADAMEC V., PEARSON R.E., 2003 – Effect of incomplete pedigrees on estimates of inbreeding and inbreeding depression for days to first service and summit milk yield in Holsteins and Jerseys. *Journal of Dairy Science* 86, 2967-2976.
7. CERVANTES I., MOLINA A., GOYACHE F., GUTIÉRREZ J.P., VALERA M., 2008 – Population history and genetic variability in the Spanish Arab Horse assessed via pedigree analysis. *Livestock Science* 113, 24-33.
8. FALCONER D.S., 1996 – Introduction to Quantitative Genetics. 4th Edition. Longman Group Ltd.
9. GIERDZIEWICZ M., KANIA-GIERDZIEWICZ J., 2007 – A study of efficiency of recursive algorithm for estimating relationship coefficients. *Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica* 6 (4), 29-36.
10. GŁAŻEWSKA I., 2004 – Mating and selection in national Arabian horse breeding: inbreeding coefficients analysis. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 7 (1), #02.
11. GŁAŻEWSKA I., JEZIEŃSKI T., 2004 – Pedigree analysis of Polish Arabian Horses based on founder contributions. *Livestock Production Science* 90, 293-298.
12. GUTIÉRREZ J.P., MARMÍ J., GOYACHE F., JORDANA J., 2005 – Pedigree information reveals moderate to high levels of inbreeding and weak population structure in the endangered Catalonian donkey breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122, 378-386.

13. HAMANN H., DISTL O., 2008 – Genetic variability in Hanoverian warm blood horses using pedigree analysis. *Journal of Animal Science* 86, 1503-1513.
14. HASLER H., FLURY C., MENET S., HAASE B., LEEB T., SIMIANER H., PONCET P.A., RIEDER S., 2011 – Genetic diversity in an indigenous horse breed – implications for mating strategies and the control of future inbreeding. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 128, 394-406.
15. JANSSENS S., STINCKENS A., SCHROYEN M., PEETERS L., DE KEYSER K., DE WAELE R., LAMBERIGTS C., LUYTEN T., ONS E., BUYS N., 2010 – Genetic diversity in the Belgian Draught Horse breed as revealed by pedigree analysis and molecular marker data. *Animal Genetics* 41 (Suppl. 2), 205-206.
16. JASTRZĘBOWSKI D., 2015 – W drodze na południe. *Koń Polski* 1 (365), 58-61.
17. LACY R.C., 1989 – Analysis of Founder representation in pedigrees. Founder Equivalents and Founder Genome Equivalents. *Zoo Biology* 8, 111-123.
18. LACY R.C., 1995 – Clarification of genetic terms and their use in the management of captive populations. *Zoo Biology* 14, 565-578.
19. KANIA-GIERDZIEWICZ J., 2006 – Analiza struktury genetycznej – udział założycieli w puli genów populacji. *Wiadomości Zootechniczne*, R. XLIV, 2, 27-34.
20. OLSEN H.F., KLEMENTSDAL G., RUANE J., HELFJORD T., 2010 – Pedigree structure and genetic variation in the two endangered Norwegian horse breeds: Døle and Nordland/Lyngen. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sectio A*, 60, 13-22.
21. PETERSEN J.L., MICKELSON J.R., CLEARY K.D., MCCUE M.E., 2014 – The American Quarter Horse: Population Structure and Relationship to the Thoroughbred. *Journal of Heredity* 105 (2), 148-162.
22. PJONTEK J., KADLEČÍK O., KASARDA R., HORNÝ M., 2012 – Pedigree analysis in four Slovak endangered horse breeds. *Czech Journal of Animal Science* 2, 54-64.
23. ROYO L.J., ÁLVAREZ I., GUTIÉRREZ J.P., FERNÁNDEZ I., GOYACHE F., 2007 – Genetic variability in the endangered Asturcón pony assessed using genealogical and molecular information. *Livestock Science* 107, 162-169.
24. SEVINGAM, VRIJENHOEK T., HESSELINK J.W., BARKEMA H.W., GROEN A.F., 2004 – Effect of inbreeding on the incidence of retained placenta in Friesian horses. *Journal of Animal Science* 82, 982-986.
25. SIDERITS M., BAUMUNG R., FUERST-WALTL B., 2013 – Pedigree analysis in the German Paint Horse: Genetic variability and the influence of pedigree quality. *Livestock Science* 151, 152-157.
26. TEEGEN R., EDEL C., THALLER G., 2009 – Population structure of the Trakehner Horse breed. *Animal* 3 (1), 6-15.
27. TIER B., 1990 – Computing inbreeding coefficients quickly. *Genetics Selection Evolution* 22, 419-430.
28. TIRSTRUP J.P., PERTOLDI C., LOESCHCKE V., 2008 – Genetic analysis, breed assignment and conservation priorities of three native Danish horse breeds. *Animal Genetics* 39, 496-505.
29. TORO M.A., MEUWISSEN T.H.E., FERNÁNDEZ I., SHAAT I., MÄKI-TANILA A., 2011 – Assessing the genetic diversity in small farm animals populations. *Animal* 5 (11), 1669-1683.

30. TUNNEL J.A., SANDERS J.O., WILLIAMS J.D., POTTER G.D., 1983 – Pedigree analysis of four decades of Quarter Horse Breeding. *Journal of Animal Science* 57, 585-593.
31. VALERA M., MOLINA A., GUTIÉRREZ J.P., GÓMEZ J., GOYACHE F., 2005 – Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. *Livestock Production Science* 95, 57-66.
32. VICENTE A.A., CAROLINO N., GAMAL T., 2012 – Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livestock Science* 148, 16-25.
33. WRIGHT S., 1922 – Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist* 56, 330-338.
34. WRIGHT S., 1931 – Evolution of Mendelian population. *Genetics* 16, 97-159.
35. ZECHNER P., SÖLKNER J., BODO I., DRUML T., BAUMUNG R., ACHMANN R., MARTI E., HABE F., BREM G., 2002 – Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livestock Production Science* 77, 137-146.

Joanna Kania-Gierdziewicz, Maciej Gierdziewicz, Edyta Stankowska-Żołądź

Genetic structure analysis of American Quarter Horses

Summary

The study investigated inbreeding and relationship in American Quarter Horses (AQ) kept or bred on the Roleski Ranch stud farm (Stare Żukowice, Małopolska region). The data consisted of pedigrees of 76 AQ horses (40 stallions and 36 mares) born in 1993-2012. Coefficients of inbreeding (F_x) and relationship (R_{xy}) were calculated according to Tier. The effective number of founders (f_e) and effective number of ancestors (f_a) were calculated as well. Almost 91% of horses were found to be inbred – 90% of stallions and 91.67% of mares. In sex groups, F_x averaged 0.0132 and 0.0142 for all stallions and all mares, and 0.0146 and 0.0155 for inbred stallions and inbred mares. About 97.37% of animal pairs were found to be related. Over 99% of male pairs were related, with R_{xy} for all and inbred males averaging 0.0610 and 0.0641, respectively. In females, nearly 95% of pairs were related, but R_{xy} values were slightly lower, averaging 0.0590 and 0.0591 for all and related pairs, respectively. Among mixed male-female pairs 97.5% were related, with R_{xy} values averaging 0.0607 and 0.0622 for all and related pairs, respectively. The f_e was 121 and the $f_a = 26$. Half of the genetic pool was explained by contributions of only 10 ancestors, and 90% of alleles originated in 39 ancestors. Due to steady importation of stock AQ horses and careful mating plans, the inbreeding and relationship coefficients on the Roleski Ranch stud farm are relatively low.

KEY WORDS: inbreeding / relationship / founders / ancestors / American Quarter Horse