

Fizjologiczny poziom kortyzolu i testosteronu w krwi samic lisów polarnych^{*)}

ELŻBIETA GORAJEWSKA, ANETA FILISTOWICZ*, SŁAWOMIR NOWICKI**, PIOTR PRZYSIECKI*, ANDRZEJ FILISTOWICZ

Instytut Hodowli Zwierząt, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmońskiego 38c, 51-630 Wrocław

*Instytut Politechniczno-Rolniczy, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Lesznie, ul. Mickiewicza 5, 64-100 Leszno

**Katedra Hodowli Małych Ssaków i Surowców Zwierzęcych, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Złotniki, ul. Słoneczna 1, 62-002 Suchy Las

Otrzymano 26.05.2014

Zaakceptowano 11.07.2014

Gorajewska E., Filistowicz A., Nowicki S., Przysiecki P., Filistowicz A.

Physiological level of cortisol and testosterone in the blood of Arctic fox females

Summary

The aim of this study was to determine physiological levels of stress hormones (e.g. cortisol and testosterone) in the blood of polar fox females characterized by a specific genotype and karyotype and also the type of behavior. In 2010, an estimation of the type of behavior of all females from a pack based on the type of behavioral response (empathic test, alimentary test, acoustic test) was provided. In the blood of 136 females randomly selected from the fundamental pack, physiological levels of stress hormones (e.g. cortisol and testosterone) were determined. Additionally, the analysis of polymorphism of karyotypes of 72 females in this group was conducted. Heritability and repeatability coefficients in the base levels of cortisol and testosterone in the blood serum was evaluated. The average basal level of cortisol in the blood serum of polar fox females was 46.04 ± 25.86 nmol/l, and testosterone 0.45 ± 0.22 nmol/l. The heritability coefficient of the basal cortisol level stated 0.30 ± 0.11 and testosterone 0.24 ± 0.13 ; the repeatability coefficient of the basal levels of cortisol was 0.42 and 0.37 of testosterone. The multivariate analysis of variance revealed non-significant differences between the studied groups of animals. Some tendencies were noted explaining the differentiation in hormone levels within particular effects (participation of genes of Finnish variety, karyotype and type of behavior: empathic test, alimentary test and acoustic test). The highest basal levels of cortisol (51.98 nmol/l) and testosterone (0.51 nmol/l) were found in the group of foxes of national breeding. The highest value of cortisol was obtained in the female group of 48 chromosomes (55.20 nmol/l) and lowest in a group of foxes with karyotype $2n = 50$ (49.06 nmol/l). Studies have shown the highest physiological level of testosterone in the blood of gentle individuals. It was also noted that foxes with a high concentration of this hormone were simultaneously characterized by a low cortisol level.

Keywords: arctic fox, cortisol, testosterone, stress

Współcześnie hodowane lisy polarne (*Alopex lagopus* synonim *Vulpes lagopus*) mają bardzo wiele cech wspólnych ze swoimi dzikimi przodkami. Lisy, ze względu na łatwo zauważalny strach przed człowiekiem, częsty brak akceptacji warunków utrzymania oraz zaburzenia w rozwoju i rozrodzie, zaliczane są do zwierząt półdzikich, znajdujących się w trakcie procesu domestykacji (23, 24, 33).

Jednym ze sposobów oceny pojawienia się stresu i jego natężenia jest analizowanie poziomu hormonów biorących udział w reakcjach stresowych i adaptacyjnych zwierząt. Do najczęściej oznaczanych hormonów należy zaliczyć: katecholaminy (adrenalina, noradre-

nalina), hormon adrenokortykotropowy, progesteron, testosteron, wazopresynę i aldosteron, a przede wszystkim kortykoidy: kortyzol lub kortykosteron – w zależności od gatunku zwierząt (16, 26).

Oznaczenia poziomu kortyzolu i testosteronu mogą być przydatne w diagnostyce przebiegu procesu adaptacji oraz w ocenie temperamentu zwierząt. Wzmożona sekrecja kortyzolu jest powiązana z sytuacjami nagłymi, wymagającymi od organizmu uruchomienia mechanizmów przystosowawczych (2). Z kolei testosteron jest zaliczany do androgenów i syntetyzowany przede wszystkim w komórkach śródmiąższowych Leydiga, a w mniejszej ilości produkuje go kora nadnerczy zwierząt obu płci. Hormon ten, oprócz roli w regulacjach zachowań seksualnych,

^{*)} Badania finansowane w ramach projektu nr N311 220 933 przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

wykazuje działanie obniżające niepokój i wrażliwość na ból, a także zmniejsza poziom reakcji na stres i jego symptomy (1, 4, 12, 13).

Poziom bazowy kortyzolu i testosteronu oznaczony był w badaniach nad stresem dla wielu gatunków zwierząt: lisa polarnego (22, 24), lisa pospolitego (21, 22), szczura (27) i królika (3, 17, 19, 31).

Celem badań było określenie fizjologicznego poziomu hormonów stresu (tj. kortyzolu i testosteronu) w krwi samic lisów polarnych charakteryzujących się określonym genotypem i kariotypem oraz typem zachowania wyznaczonym na podstawie testów behawioralnych: empatycznego, pokarmowego i akustycznego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na samicach lisów polarnych utrzymywanych w towarowej fermie zwierząt futerkowych w zachodniej części województwa wielkopolskiego, za zgodą Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach (nr 45/05).

W 2010 r. oceniono typy zachowań wszystkich samic stada podstawowego w oparciu o typ reakcji behawioralnej (test empatyczny, test pokarmowy, test akustyczny).

W teście empatycznym badano przez 20 sekund reakcję samicy na kij drewniany o długości 120 cm wsunięty na 40 cm do klatki. Temperament oceniano jako: agresywny (zachowanie gwałtowne, osobnik przybiera pozę grożącą, warczy, rzuca się w kierunku kija i gryzie go), łagodny (nie wykazuje strachu, jest zainteresowany, bez lęku podchodzi do obiektu, obwąchuje lub delikatnie podgryza kij), obojętny (brak reakcji na bodziec, pozycja ciała niezmienną) lub bojaźliwy (reaguje ucieczką, unika kontaktu wzrokowego z przedmiotem, kuli się).

Test żywieniowy przeprowadzano w trakcie karmienia. Zwierzęta, które w bliskiej obecności człowieka (30 cm od klatki) w trakcie 20-sekundowej obserwacji spożywały karmę, oceniano jako ufne, natomiast nie podchodzące do karmidła klasyfikowano jako bojaźliwe.

Do przeprowadzenia testu akustycznego wykorzystano zabawkę z piszczałką przeznaczoną dla psów, wykonaną z twardej gumy. W trakcie 30-sekundowej obserwacji badacz rytmicznie ścisnął w dłoni przyłożoną do ściany klatki zabawkę z piszczałką, aby wydawała dźwięk. Zwierzęta na podstawie zachowania oznaczono jako: agresywne (zachowanie gwałtowne, osobnik atakuje przedmiot), obojętne (brak jakiegokolwiek reakcji), bojaźliwe (osobnik zachowuje dystans, na odgłosy piszczałki reaguje nerwowo i ze strachem) oraz łagodne – ciekawe (nie wykazuje strachu, jest zainteresowane, obwąchuje lub delikatnie podgryza zabawkę).

W krwi 136 losowo wybranych samic ze stada podstawowego określono bazowy, fizjologiczny poziom hormonów stresu (tj. kortyzolu i testosteronu). Hormony badano w surowicy krwi metodą radioimmunologiczną (5, 30), z wykorzystaniem odczynników firmy DPC Biemann. Krew do badań, w ilości 1-2 ml, pobrano z żyły *vena cephalica antebrachii* kończyny piersiowej, w czasie nieprzekraczającym 3 minut od momentu schwytania lisa. W trakcie pozyskiwania materiału biologicznego zwierzęta

nie miały kontaktu ze sobą. Dodatkowo przeprowadzono badania polimorfizmu kariotypów 72 samic z tej grupy. Krew w ilości 2 ml pobierano także z wymienionej żyły do probówek zawierających heparynę litową. Materiał biologiczny do czasu dostarczenia do laboratorium (około 4 godziny) był przechowywany w temperaturze 30°C. Hodowlę limfocytów z pełnej krwi prowadzono przez 72 godziny, w temperaturze 37°C, na płynnym podłożu Peripheral Blood Karyotyping Medium z PHA (firmy Biological Industries). Na dwie godziny przed zakończeniem hodowli limfocytów do preparatów dodano kolchicynę (1 mg/ml). Po upływie wymaganego czasu preparaty poddano działaniu roztworu 0,05 M KCl przez 20 minut. Po odwirowaniu krwinek i usunięciu supernatantu zawiesinę komórkową utrwalono mieszaniną metanolu i kwasu octowego lodowatego (w proporcjach 1 : 3), przepłukując ją trzykrotnie. Dla każdego osobnika wykonano osiem preparatów barwionych 5% roztworem Giemsy. Na podstawie dokumentacji fermowej określono udział genów odmiany fińskiej w genotypach samic lisów polarnych uczestniczących w doświadczeniu.

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu pakietu komputerowego SAS – wersja 9.1 (32). Do oceny wpływu poszczególnych efektów na poziom badanych hormonów wykorzystano procedurę GLM. Wieloczynnikowe analizy wariancji przeprowadzono z zastosowaniem modeli liniowych zawierających stałe efekty: grupy, numeru próby, typu zachowania samicy, kariotypu, udziału genów odmiany fińskiej i typu odpowiedzi hormonalnej. Pomiar poziomu hormonów poddano transformacji logarytmicznej. Istotność różnic między średnimi określono za pomocą testu Duncana.

Do oszacowania estymatorów odziedziczalności oraz wskaźników powtarzalności poziomu hormonów użyto metody DFREML (20), z wykorzystaniem modelu liniowego: $y = Xb + Za + e$, gdzie: b , a , e – są kolejno wektorami: obserwacji, efektów stałych (rok urodzenia, sezon, wiek zwierzęcia, udział genów odmiany fińskiej), efektów addytywnych zwierząt i wariancji resztowych, a X , Z – są odpowiednio: macierzami efektów stałych i efektów addytywnych zwierząt.

Wyniki i omówienie

Fizjologiczny poziom kortyzolu otrzymany w badaniach własnych wynosił 46,05 nmol/l, cechował się dużą zmiennością indywidualną (tab. 1) i był stosunkowo niski w porównaniu z innymi wynikami badań w krajowych populacjach lisów polarnych, w których wahał się od 106,8 do 125,8 nmol/l (24). W badaniach zagranicznych odnotowano niższe wartości stężenia tego hormonu, wynoszące 49-83 nmol/l (22).

Średni, fizjologiczny poziom testosteronu przyjmował wartości z zakresu 0,28 nmol/l – 1,60 nmol/l,

Tab. 1. Średnia wartość fizjologicznego-bazowego poziomu kortyzolu i testosteronu w badanej populacji samic lisów polarnych

Hormon	\bar{x}	Sd
Kortyzol (nmol/l)	46,05	25,86
Testosteron (nmol/l)	0,45	0,22

najniższe stężenie tego hormonu odnotowano dla 7-tygodniowych męskich płodów, najwyższe – w populacji jednorocznych osobników (25). Z kolei w grupie samic lisów pospolitych poziom badanych hormonów kształtował się, odpowiednio: kortyzol 27-221 nmol/l, testosteron około 0,10 nmol/l (21, 22).

Proces schwytania i unieruchomienia zwierzęcia może wywołać wzrost poziomu mierzonych hormonów (14, 21), dlatego lisy w trakcie pobierania krwi, powinny być odizolowane od reszty stada, a czas trwania zabiegu powinien być skrócony do minimum (22, 24).

Oszacowania parametrów genetycznych wykazały niską odziedziczalność bazowego poziomu hormonów stresu (tab. 2). Współczynnik odziedziczalności bazowego poziomu kortyzolu wyniósł $0,30 \pm 0,11$, a testosteronu $0,24 \pm 0,13$. Wielkość grupy doświadczalnej oraz jej struktura genetyczna mogły zaważyć na wielkości błędu estymatora odziedziczalności (znacznie przekraczającego 20% wielkości szacowanego wskaźnika). Oszacowane współczynniki powtarzalności przyjęły nieco wyższe wartości, odpowiednio, 0,42 dla kortyzolu oraz 0,37 dla testosteronu.

W dostępnym piśmiennictwie brak jest informacji o poziomie odziedziczalności stężenia testosteronu jako wskaźnika stresu, jak również nie oceniano odziedziczalności poziomu kortyzolu w krwi lisów polarnych.

Wartość otrzymanego w badaniach współczynnika odziedziczalności stężenia kortyzolu nie odbiegała od wartości oznaczonych dla innych gatunków zwierząt.

Odziedziczalność bazowego poziomu kortyzolu w populacji królików wyniosła 0,20 (19), ponadto autorzy publikacji wskazywali na możliwość wyselekcjonowania zwierząt o obniżonym bazowym poziomie kortyzolu. Oszacowana wartość odziedziczalności stężenia kortyzolu przekracza 0,40 (7, 34), z kolei odziedziczalność tego hormonu w populacji świń waha się od 0,17 do 0,40 (15). Odziedziczalność poziomu glikokortykoidów (odziedziczalność stężenia kortykosteronu w krwi) w selekcjonowanych liniach zeberek kształtowała się na średnim poziomie 0,20 (6).

Badania nad behawiorem lisów pospolitych wykazały genetyczne podłoże tego zjawiska i możliwość selekcjonowania zwierząt w kierunku obniżonego poziomu kortyzolu oraz hormonu adrenokortykotropowego (11, 18). W innych badaniach (14) wykazano wy-

Tab. 2. Współczynniki odziedziczalności (h^2) i powtarzalności (t) badanych hormonów stresu

Hormon	$h^2 \pm S.E.$	t
Kortyzol	$0,30 \pm 0,11$	0,42
Testosteron	$0,24 \pm 0,13$	0,37

stępowanie charakterystycznych alleli w grupach lisów polarnych o zróżnicowanym typie zachowania.

Wieloczynnikowa analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic między badanymi grupami zwierząt, jednak zauważono pewne tendencje tłumaczące zróżnicowanie poziomu hormonów w obrębie poszczególnych efektów.

Najwyższy bazowy poziom kortyzolu ($61,82 \pm 9,59$ nmol/l) i testosteronu ($0,61 \pm 0,24$ nmol/l) stwierdzono w grupie lisów hodowli krajowej (do 35% genów odmiany fińskiej), nieco niższy w grupie z udziałem 36-70% genów odmiany fińskiej (kortyzol $54,44 \pm 13,23$ nmol/l i testosteron $0,55 \pm 0,34$ nmol/l), natomiast zdecydowanie najniższy poziom kortyzolu ($47,42 \pm 10,27$ nmol/l) i testosteronu ($0,35 \pm 0,03$ nmol/l) wystąpił w grupie z najwyższym udziałem genów (ponad 70%) odmiany fińskiej (tab. 3).

Niższy poziom hormonów stresu wśród lisów importowanych oraz ich mieszańców mógł wynikać z odmiennych założeń hodowlanych realizowanych w Finlandii, w tym selekcji w kierunku większej łagodności zwierząt. Lisy o pozytywnym typie zachowania cechowały się niższym bazowym poziomem kortyzolu (28, 29).

Najwięcej ufnych lisów wyznaczonych na podstawie testu pokarmowego i akustycznego było w grupie zwierząt z najwyższym udziałem genów (ponad 70%) odmiany fińskiej (66,07-69,07%), a zdecydowanie

Tab. 3. Średni poziom kortyzolu i testosteronu ($\bar{x} \pm Sd$) w surowicy krwi samic w zależności od genotypu, kariotypu i typu zachowania wyznaczonego na podstawie testów behawioralnych

Grupa lisów	Liczba samic	Hormon				
		kortyzol		testosteron		
		\bar{x}	Sd	\bar{x}	Sd	
Udział genów odmiany fińskiej	do 35%	44	61,82	9,58	0,61	0,24
	36-70%	36	54,44	13,23	0,55	0,34
	pow. 70%	56	47,42	10,27	0,35	0,03
Kariotyp	48	8	55,20	10,18	0,27	0,11
	49	26	50,81	16,40	0,29	0,10
	50	38	49,06	16,68	0,41	0,13
Typ zachowania (test empatyczny)	łagodny	8	49,87	12,39	0,45	0,38
	bojaźliwy	103	48,00	17,64	0,44	0,23
	obojętny	19	60,28	19,21	0,39	0,25
	agresywny	6	43,21	16,51	0,35	0,19
Typ zachowania (test pokarmowy)	ufny	72	42,98	7,56	0,38	0,13
	bojaźliwy	64	55,98	13,80	0,35	0,12
Typ zachowania (test akustyczny)	ufny	70	46,33	8,01	0,37	0,11
	bojaźliwy	66	52,63	14,71	0,30	0,13

Tab. 4. Procent zwierząt o określonym zachowaniu wyznaczonym na podstawie testów behawioralnych w zależności od genotypu oraz kariotypu

Grupa lisów		Udział genów odmiany fińskiej			Kariotyp		
		do 35%	36-70%	pow. 70%	48	49	50
Typ zachowania (test empatyczny)	łagodny	2,27	5,55	8,93	37,50	3,85	10,52
	bojaźliwy	81,82	75,00	71,43	12,50	76,92	68,43
	obojętny	9,09	13,90	17,85	37,50	3,85	18,42
	agresywny	6,82	5,55	1,79	12,50	15,38	2,63
Typ zachowania (test pokarmowy)	ufny	27,27	58,33	69,64	50,00	34,61	63,15
	bojaźliwy	72,37	41,67	30,36	50,00	65,39	36,85
Typ zachowania (test akustyczny)	ufny	29,55	55,55	66,07	50,00	30,76	60,52
	bojaźliwy	70,45	44,45	33,93	50,00	69,24	39,47

najmniej w grupie lisów hodowli krajowej (do 35% genów odmiany fińskiej) 27,27%-29,55% (tab. 4).

Badania nad zmiennością genetyczną stężenia kortyzolu w osoczu krwi królików (19) dowiodły, że na bazowy poziom oznaczanego hormonu istotnie wpływała rasa zwierząt. W grupie królików rasy biały nowozelandzki poziom kortyzolu wyniósł 46,83 nmol/l, a wśród królików rasy czarny podpalany 52,09 nmol/l.

Najwyższą wartość kortyzolu uzyskano (tab. 3) w grupie samic o 48 chromosomach ($55,20 \pm 10,18$ nmol/l), a najniższą wśród lisów o kariotypie 50-chromosomowym ($49,06 \pm 16,68$ nmol/l). Średnie wartości testosteronu wahały się między 0,36 a 0,40 nmol/l, przy czym najniższy poziom tego hormonu zarejestrowano w grupie samic o kariotypie $2n = 48$ ($0,27 \pm 0,11$ nmol/l), a najwyższy wśród zwierząt $2n = 50$ ($0,41 \pm 0,13$ nmol/l).

Analiza typu zachowania się lisów na podstawie testu pokarmowego i akustycznego wykazała najczęściej ufnych osobników wśród samic o kariotypie 50-chromosomowym (63,15% i 60,52%) i 48-chromosomowym (50%), i tylko 34,61%-30,76% wśród samic o kariotypie 49-chromosomowym (tab. 4). Można sądzić, że lisy o najniższej i najwyższej liczbie chromosomów powinny lepiej znosić niekorzystne warunki środowiska fermowego oraz cechować się lepszymi wskaźnikami produkcyjnymi. W dostępnym piśmiennictwie nie spotkano się z doniesieniami na temat związku polimorfizmu kariotypu i poziomu hormonów stresu. We wcześniejszych badaniach autorów (8, 9) wykazano, że lisy z kariotypem 48-chromosomowym cechowały się lepszą okrywą włosową i jakością skór, a także (podobnie jak lisy z kariotypem 49-chromosomowym) lepszą użytkowością reprodukcyjną od lisów o kariotypie $2n = 50$.

Bazowe poziomy hormonów stresu różniły się w zależności od typu zachowania oraz testu behawioralnego użytego do oceny temperamentu zwierząt (tab. 3).

Największe wahania w poziomie kortyzolu i testosteronu odnotowano w obrębie zwierząt weryfikowanych metodą testu empatycznego (między skrajnymi typami zachowania różnica w stężeniu kortyzolu wyniosła 29% i 30% dla testosteronu). Zwierzęta

o temperamencie agresywnym w teście empatycznym uzyskały najniższe wartości analizowanych hormonów (kortyzolu $43,21 \pm 16,51$ nmol/l i testosteronu $0,35 \pm 0,19$ nmol/l, a najwyższy poziom kortyzolu stwierdzono w grupie samic o temperamencie obojętnym ($60,28 \pm 19,21$ nmol). Stężenie analizowanych hormonów w krwi osobników łagodnych (testosteron $49,87 \pm 12,39$ nmol/l i testosteron $0,45 \pm 0,38$ nmol/l) i bojaźliwych (kortyzol

$48,00 \pm 17,64$ nmol/l i testosteron $0,44 \pm 0,23$ nmol/l) kształtowało się na podobnym poziomie (tab. 3).

Zwierzęta ufne w teście pokarmowym miały niższą wartość poziomu kortyzolu ($42,98 \pm 7,56$ nmol/l) oraz wyższą testosteronu ($0,38 \pm 0,13$ nmol/l) w porównaniu do samic bojaźliwych. Również samce ufne w teście akustycznym cechowały się niższą wartością poziomu kortyzolu ($46,33 \pm 8,01$ nmol/l) oraz wyższą testosteronu ($0,37 \pm 0,11$ nmol/l) w porównaniu do samic bojaźliwych (tab. 3).

Niezależnie od użytej metody oceny temperamentu lisów, najwyższe fizjologiczne stężenie kortyzolu odnotowano w krwi osobników o negatywnym behawiorze. Jenoty agresywne oraz bojaźliwe miały najwyższy poziom kortyzolu w krwi (10). Wyniki te były zgodne z badaniami innych autorów (11, 28, 29).

Lisy polarne ufne (spożywające karmę w teście pokarmowym) w porównaniu z lisami nieufnymi charakteryzowały się niższym bazowym poziomem kortyzolu w surowicy. Podobną zależność wykazano w grupie lisów pospolitych (28). W kolejnych badaniach (29) potwierdzono wcześniejsze wyniki. Poziom kortyzolu w krwi zwierząt ufnych wyniósł 48,6 nmol/l, a w grupie bojaźliwych był o 16,5% wyższy. Autorzy odnotowali znacznie większą różnicę w poziomie badanego hormonu (prawie 37%) między osobnikami spożywającymi i niespożywającymi karmę w teście w stawce lisów pospolitych.

W badaniach oceniających wpływ behawioru na aktywność osi przysadkowo-korowo-nadnerczowej lisów pospolitych autorzy (11) stwierdzili, że osobniki pochodzące z wyselekcjonowanej linii zwierząt łagodnych miały istotnie niższy poziom kortyzolu niż lisy agresywne i nieselekcjonowane.

Badania własne wykazały najwyższy fizjologiczny poziom testosteronu w krwi osobników łagodnych. Zauważono, że lisy z wysokim stężeniem tego hormonu równocześnie cechowały się niskim poziomem kortyzolu. W badaniach innych autorów (21) wystąpiła podobna tendencja: samice lisów pospolitych o wysokim poziomie kortyzolu miały niższy poziom testosteronu, z kolei osobniki mające niski poziom kortyzolu miały wyższe stężenie testosteronu w krwi.

W badanym stadzie przeważały zwierzęta o niekorzystnym behawiorze. Duży udział osobników bojaźliwych może świadczyć o braku selekcji pod kątem typu zachowania lub o trudnościach w jednoznacznym interpretowaniu wyników obserwacji behawioralnych. Przeprowadzone badania behawioralne wykazały, że reakcja lisów na obecność badacza różni się w zależności od rodzaju zastosowanego testu.

Samice lisów odznaczały się stosunkowo niskimi wartościami stężeń kortyzolu i testosteronu w porównaniu do innych badanych krajowych populacji lisów polarnych. Niezależnie od użytej metody oceny temperamentu lisów, wyższe fizjologiczne stężenie kortyzolu i niższe testosteronu odnotowano w krwi osobników o negatywnym behawiorze. Wyniki pomiaru poziomu hormonów stresowych mogłyby posłużyć do weryfikacji testów behawioralnych, zwłaszcza gdy ich wyniki nie są jednoznaczne.

Selekcja w kierunku optymalnego poziomu hormonów stresu może być skuteczna, jednak ze względu na stosunkowo niskie wartości oszacowanych parametrów genetycznych należy liczyć się z wydłużeniem czasu realizacji celu hodowlanego. Uzyskane wyniki potwierdzają zasadność prowadzenia selekcji w kierunku zwiększenia ufności lisów polarnych do człowieka. Zrównoważony behawior zwierząt bezpośrednio przekłada się na wyniki użytkowe stada, gwarantując hodowcy wzrost wskaźników ekonomicznych. Dążenie do zakończenia procesu domestykacji badanego gatunku, poza wymiarem użytkowym, ma również charakter etyczny, spójny z polityką Unii Europejskiej w zakresie poprawy dobrostanu zwierząt.

Piśmiennictwo

- Aikey J. L., Nyby J. G., Anmuth D. M., James P. J.: Testosterone Rapidly Reduces Anxiety in Male House Mice (*Mus musculus*). *Horm. Behav.* 2002, 42, 448-460.
- Broom D. M.: Behaviour and welfare in relation to pathology. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2006, 97, 73-83.
- Castro A. C. S., Berndtson W. E., Cardoso F. M.: Plasma and testicular testosterone level, volume density and number of Leydig cells and spermatogenic efficiency of rabbits. *Br. J. Med. Biol. Res.* 2002, 35, 493-498.
- Clark A. S., Henderson L. P.: Behavioral and physiological responses to anabolic-androgenic steroids. *Neurosci. Biobehav. R.* 2003, 27, 413-436.
- Demetriou J. A.: Testosterone. *Methods in clinical chemistry*. The C.V. Mosby Company, St. Louis 1987, 268.
- Evans M. R., Roberts M. L., Buchanan K. L., Goldsmith A. R.: Heritability of corticosterone response and changes in life history traits during selection in the zebra finch. *J. Evolution. Biol.* 2006, 19, 345-352.
- Fevolden S. E., Roed K. H., Fjalestad K. T.: Selection response of cortisol and lysozyme in rainbow trout and correlation to growth. *Aquaculture* 2002, 205 (1-2), 61-75.
- Filistowicz A., Przysiecki P., Świtoński M., Wierzbicki H., Filistowicz A., Zatoń-Dobrowolska M.: Growth, conformation and skin quality in karyotypically polymorphic Arctic Foxem (*Alopex lagopus*). *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2000, 4, 257-268.
- Filistowicz A., Przysiecki P., Zatoń-Dobrowolska M., Zajączkowska A., Świtoński M.: Effect of karyotype polymorphism on reproduction of arctic fox (*Alopex lagopus* L.). *Czech J. Anim. Sci.* 2001, 46 (2), 55-61.
- Fortuńska D., Barabasz B.: Wykorzystanie testów behawioralnych do oceny temperamentu jenotów. *Rocz. Nauk. Zoot.* 2003, 30 (2), 303-310.
- Gulevich R. G., Oskina I. N., Shikhevich S. G., Fedorova E. V., Trut L. N.: Effect of selection for behavior on pituitary-adrenal axis and proopiomelanocortin gene expression in silver foxes (*Vulpes vulpes*). *Physiol. Behav.* 2004, 82, 513-518.
- Hermans E. J., Putman P., Baas J. M., Koppeschaar K. P., Honk J.: A Single Administration of Testosterone Reduces Fear-Potentiated Startle in Humans. *Biol. Psychiat.* 2006, 59, 872-874.
- Honk J., Van, Peper J. S., Schutter D. J.: Testosterone Reduces Unconscious Fear but Not Consciously Experienced Anxiety: Implications for the Disorders of Fear and Anxiety. *Biol. Psychiat.* 2005, 58, 218-225.
- Jakubczak A., Knaga S., Jeżewska-Witkowska G.: Genetic variation of microsatellite sequences and its relationship with some productive traits of arctic foxes. *Ann. Anim. Sci.* 2009, 9 (2), 133-142.
- Kadarmideen H. N., Janss L. L. G.: Population and systems genetics analyses of cortisol in pigs divergently selected for stress. *Physiol. Genomics.* 2007, 29, 57-65.
- Kania B. F., Wójcik-Pławińska A., Majcher A.: Stres i jego znaczenie dla zwierząt. *Nowa Wet.* 1999, 15, 28-31.
- Kasilima Y. S., Wango E. O., Kigundu C. S., Mutayoba B. M., Nyindo M.: Plasma bioactive LH and testosterone profiles in male New Zealand rabbits experimentally infected with *Schistosomamansoni*. *Acta Trop.* 2004, 92, 165-172.
- Kukekova A. V., Trut L. N., Chase K., Shepeleva D. V., Vladimirova A. V., Kharlamova A. V., Oskina I. N., Stepika A., Klebanov S., Erb H. N., Acland G. M.: Measurement of Segregating Behaviors in Experimental Silver Fox Pedigrees. *Behav. Genet.* 2008, 38, 185-194.
- Maj D., Żarnecki A., Wrońska-Fortuna D., Sechman A.: Zmienność genetyczna stężenia kortyzolu w osoczu krwi królików przed i w czasie stresu. *Pr. Mater. Zoot.* 2001, 59, 127-133.
- Meyer K.: DFREML (Derivative Free Restricted Maximum Likelihood) Programme. 1998, Version 3.0β. User notes. University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia.
- Moe R. O., Bakken M.: Effect of repeated blood sampling on plasma concentrations of cortisol and testosterone and leucocyte number in silver fox vixens (*Vulpes vulpes*). *Acta Agr. Scand.* 1996, 46, 111-116.
- Mormède P., Andanson S., Aupérin B., Beerda B., Guémené D., Malmkvist J., Manteca X., Manteuffel G., Prunet P., Reenen C. G., Richard S., Veissier I.: Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol. Behav.* 2007, 92, 317-339.
- Niedźwiadek S., Bielański P., Zajac J., Zoń A.: Dobrostan – ważny czynnik w chowie zwierząt. *Biul. Inf. IZ.* 1996, 4, 77-85.
- Nowakowicz-Dębek B., Mazur A., Saba L., Bis-Wincel H., Wnuk W., Chmielowiec-Korzeniowska A.: Oddziaływanie czynników środowiskowych na sekrecję kortyzolu u lisów polarnych (*Alopex lagopus*). *Ann. UMCS, EE,* 2006, XXIV, 55, 397-401.
- Osadchuk L. V., Braastad B. O., Hovland A., Bakken M.: Handling during pregnancy in the blue fox (*Alopex lagopus*): The influence on the fetal gonadal function. *Gen. Comp. Endocr.* 2003, 132, 190-197.
- Osadchuk L. V., Braastad B. O., Hovland A., Bakken M.: Handling during pregnancy in the blue fox (*Alopex lagopus*): The influence on the fetal pituitary – adrenal axis. *Gen. Comp. Endocr.* 2001, 123, 100-110.
- Raji Y.: Hormone and drug stimulation of testosterone secretion in rat Leydig cell. Ph.D Thesis. Dept. of Physiology. University of Ibadan 1995, 28, 277.
- Rekilä T., Harri M., Ahola L.: Validation of the Feeding Test as an Index of Fear in Farmed Blue (*Alopex lagopus*) and Silver Foxes (*Vulpes vulpes*). *Physiol. Behav.* 1997, 62 (4), 805-810.
- Rekilä T., Harri M., Jalkanen L., Mononen J.: Relationship Between Hyponeophagia and Adrenal Cortex Function in Farmed Foxes. *Physiol. Behav.* 1999, 65 (4/5), 779-783.
- Ruder H., Guy R. L., Lipsett M. B.: A radioimmunoassay for cortisol in plasma and urine. *J. Clin. Endocr. Metab.* 1972, 35 (2), 219-224.
- Sanni A. A., Arowolo R. O. A., Olayemi F. O.: Preliminary study on the effect of castration and testosterone replacement on testosterone level in the New Zealand male rabbit. *Afr. J. Biotechnol.* 2012, 11(43), 10146-10148.
- SAS® user, s guide Statistic. Version 8,20. Editions SAS Inst., Cary, NC. 2002.
- Śmiełowska-Łoś E.: Dobrostan lisów hodowlanych w aspekcie wyników reprodukcyjnych. *Życie Wet.* 2002, 77, 22-24.
- Weber G. M., Vallejo R. L., Lankford S. E., Silverstein J., Welch T. J.: Cortisol Response to a Crowding Stress: Heritability and Association with Disease Resistance to *Yersinia ruckeri* in Rainbow Trout. *N. Am. J. Aquacult.* 2008, 70, 425-433.