

Monografia *Aktualne problemy w produkcji zwierzęcej* pod redakcją Witolda Chabuza i Bożeny Nowakowicz-Dębek zawiera materiały, które mogą być przydatne osobom zajmującym się naukami o zwierzętach, a w szczególności nowoczesnymi metodami chowu i hodowli zwierząt.

W pracy zamieszczono m.in. informacje o biologii i behawiorze zwierząt gospodarskich oraz dziko żyjących.

WUP
WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO
W LUBLINIE

ISBN 978-83-7259-281-1

ŚRODOWISKO
ZWIERZĘ
PRODUKT

AKTUALNE
PROBLEMY
W PRODUKCJI
ZWIERZĘCEJ

**AKTUALNE PROBLEMY
W PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ**

W serii ŚRODOWISKO – ZWIERZĘ – PRODUKT
ukazały się również:

Jakość surowców pochodzenia zwierzęcego (2017)

Monitorowanie zagrożeń (2017)

Biogospodarka i środowisko (2018, on-line)

ŚRODOWISKO – ZWIERZĘ – PRODUKT

**AKTUALNE PROBLEMY
W PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ**

Redakcja naukowa

Witold Chabuz

Bożena Nowakowicz-Dębek

WUP

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Lublin 2018

Recenzenci
dr hab. inż. Beata Seremak, prof. nadzw.
dr hab. inż. Ewa Czerniawska-Piątkowska

Opracowanie redakcyjne
Ewelina Łukasiak

Skład i łamanie
Małgorzata Grzesiak

Projekt okładki
Barbara Jarosik

prawolubni

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty. Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na www.legalnakultura.pl

Polska Izba Książki

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Lublin 2018

ISBN 978-83-7259-281-1 on-line

Publikacja dofinansowana przez Polskie Towarzystwo Zootechniczne im. Michała Oczapowskiego
Kolo w Lublinie

WYDAWNICTWO UNIwersytetu PRZYRODNICZEGO W LUBLINIE

Redaktor naczelny prof. dr hab. Krzysztof Szkucik
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
www.wydawnictwo.up.lublin.pl

Ark. wyd. 14,2

RYBONUKLEOPROTEINY KOMÓRKOWE: SPLICEOSOMY, KRYPTY KOMÓRKOWE, CIAŁKA CAJALA – WYBRANE FUNKCJE FIZJOLOGICZNE W KOMÓRCIE I ROLA W PATOGENEZIE

Dominika Mielniczuk¹, Katarzyna Nabielec¹, Anna Krzepilko¹

Kwas rybonukleinowy (RNA) występuje we wszystkich organizmach. Jest to polirybonukleotyd występujący w formie jednoniciowej, może też tworzyć struktury drugorzędowe. W skład rybonukleotydu wchodzi: cukier – ryboza, grupa fosforanowa oraz jedna z zasad azotowych: adenina, cytozyna, guanina i uracyl. Wielkość cząsteczek RNA nie przekracza kilku tysięcy nukleotydów [Brown 2012]. Cząsteczki kwasu RNA mają właściwości katalityczne, a także przechowują informację genetyczną [Wilson i Lilley 2009]. Cząsteczki RNA występujące w komórkach można podzielić na kodujące – stanowią matrycę do syntezy białka – i niekodujące – o zróżnicowanej wielkości, które pełnią kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu komórek, jak transportujące RNA (tRNA), małe jądrowe RNA (snRNA), małe jądrowe RNA (snoRNA), RNA telomerazowe, a także RNA wchodzące w skład kompleksów rybonukleoproteinowych: spliceosomów, krypt komórkowych i ciała Cajala [Mattick 2001, Mattick i Makunin 2006].

Krypty komórkowe

Krypty komórkowe pierwszy raz opisano w 1986 r. w hepatocytach szczura [Szaflarski i in. 2011]. To kompleksy rybonukleoproteinowe o beczułkowatej strukturze o 65 nm długości i 35 nm szerokości. Występują w cytoplazmie oraz otoczce jądrowej komórek eukariotycznych. Ich obecność potwierdzono u pewnych gatunków ameby, jeżowca oraz w komórkach płazów, gadów, ptaków i ssaków, występują również u człowieka. Liczba krypt komórkowych zależy od rodzaju tkanki, są liczne w komórkach makrofagów oraz w komórkach nabłonka, narażonych na działanie ksenobiotyków [Szaflarski i in. 2011].

Krypty komórkowe zbudowane są z trzech białek: MVP, TEP1 i vPARP, oraz kilku łańcuchów vRNA (ang. *vault RNA*). Podstawowym budulcem krypt jest białko MVP o masie 99kDa. TEP1 jest to największe białko, które stabilizuje vRNA, natomiast vPARP jest enzymem, który odpowiada za rybozylację krypt komórkowych resztami adenylozyny. Ilość łańcuchów vRNA w strukturze krypty jest różna, np. trzy w kryptach komórkowych człowieka. Stosunek białka MVP do pozostałych składników krypt (tj. TEP1, vPARP i vRNA) wynosi ok. 1 : 8 [Kong i in. 2000].

¹ Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Krypty komórkowe zbudowane są z dwóch symetrycznych połówek, tworzących kształt beczulki, mają w centralnej części przewężenie. Każda z połówek zawiera 39 białek MVP, o strukturze krystalicznej i symetrii 39-krotnej. Na biegunach beczulki zlokalizowane są tzw. czapeczki (ang. *cap*) o wysokości ok. 15,5 nm i średnicy ok. 20 nm. Ściany krypty komórkowej mają grubość 2 nm. Wnętrze krypty to przestrzeń o długości ok. 62 nm i średnicy ok. 35 nm, w przestrzeni tej mogą pomieścić się np. rybosomy. W kryptach komórkowych występuje wyłącznie białko MVP, zaś białka TEP1 oraz vPARP w rejonach czapeczek krypty [Tanaka i in. 2009]. Krypty komórkowe to największe rybonukleoproteiny.

Dzięki dużej przestrzeni w swoim wnętrzu są w stanie przenosić białka o sporych rozmiarach. Postawiono hipotezę, że krypty mogą służyć jako transportery między cytoplazmą a jądrem, ponieważ mają zdolność wiązania się z jądrowym kompleksem porowym – NPC. Biorą też udział w powstawaniu *de novo* NPC w otoczce jądrowej [Berger i in. 2009]. Krypty komórkowe mają zdolność oddziaływania z rybosomami. Przypuszcza się, że biorą one udział w transporcie podjednostek rybosomów z jądra do cytoplazmy. Wykazano również, że MVP i vRNA tworzą kompleks z receptorem estrogenów. Krypty najprawdopodobniej mogą aktywować ten receptor lub transportować go do jądra [Vollmar i in. 2009].

Białko MVP krypty jest ortologiem białka LRP (białko oporności raka płuc). Krypty biorą udział w nabywaniu przez komórki nowotworowe oporności na leki cytostatyczne. Białka MVP mają możliwość przemieszczania się krypt komórkowych z cytoplazmy do otoczki jądrowej, co może być ważnym czynnikiem chroniącym jądro komórkowe przed bezpośrednim działaniem cytostatyków. Podwyższony poziom MVP wystąpił w linii komórek glejaka gwieżdźistego, który wykazywał oporność na różne klasy leków cytostatycznych. Stwierdzono również wysoki poziom MVP podczas stymulacji ataku epilepsji. Wskazuje to na krypty komórkowe jako potencjalny cel działania leków, ponieważ wysoki poziom białka MVP zmniejsza skuteczność terapii epilepsji [Sisodiya i in. 2003].

Krypty komórkowe biorą udział w reakcji komórek na infekcje. W ludzkich komórkach B zakażonych wirusem Epsteina-Barra stwierdzono zwiększony poziom vRNA. Sugeruje to, że vRNA może być zaangażowane w działania przeciwwirusowe i mechanizmy obronne i/lub transportowe [Mrázek i in. 2007]. Białka MVP budujące krypty oddziałują z różnego rodzaju cząsteczkami i intensywnie przemieszczają się w komórce. W komórkach ludzkiego nabłonka płuc zakażonych *Pseudomonas aeruginosa* białko MVP przemieściło się do tratw lipidowych w błonie komórkowej. Cząsteczki budujące tratwy lipidowe oddziałują z rdzeniem oligosacharydowym lipopolisacharydów *P. aeruginosa*, co prowadzi do szybkich reakcji immunologicznych. W komórkach mutantów myszy niezdolnych do syntezy białka MVP infekcja *P. aeruginosa* przebiegała szybciej, brak MVP zwiększał śmiertelność związaną z zakażeniem. Przemieszczanie MVP na tratwy lipidowe błony komórkowej po zakażeniu *P. aeruginosa* ułatwia wrodzone reakcje immunologiczne na ten patogen [Kowalski i in. 2007].

Na modelu drożdżowym wykazano, że MVP ma zdolność wiązania się z białkiem PTEN supresorowego nowotworów. Białko PTEN reguluje wzrost komórek, adhezję, migrację i apoptozę [Yu i in. 2002]. Szereg badań potwierdza rolę krypt w różnych komórkowych szlakach przekazywania sygnałów. Białko MVP oddziałuje z czynnikiem wzrostu naskórka, który jest zaangażowany w proces transformacji nowotworowej [Kim i in. 2006]. Wpływa także na szlak sygnałowy interferonów, oddziałując z receptorem STAT1 [Steiner i in. 2006].

Spliceosomy

Spliceosomy (splisosomy) to wielopodjednostkowe kompleksy RNA-białko [Rokosz 2013]. Jako pierwszy nazwę „spliceosom” wprowadził w 1985 r. zespół Sharpa. Stała sedymentacji splisosomu wynosi 60S, cząsteczka ma wymiary 2,5 nm szerokości, 40–60 nm długości [Klyszejko-Stefanowicz 2002]. Splisosomy złożone są z pięciu małych jądrowych rybonukleoprotein (snRNP): U1-, U2-, U4-, U5-, U6-snRNP [Maniatis i Tasic 2002], powstałych poprzez połączenie snRNA ze specyficznymi białkami SR oraz innymi białkami pomocniczymi (U2AP, pPTB, IBP) [Jędrzejczak i Kowalski 2005]. SnRNA zawierają od 100 do 250 nukleotydów, występują w ilości od 200 tysięcy do miliona kopii na komórkę, charakteryzują się wysoką zawartością grup urydylowych i mają sekwencje komplementarne do intronu.

W skład snRNP wchodzi białka rdzeniowe (wspólne) oraz białka unikatowe dla poszczególnych snRNA. Białka SR (ang. *serine-argininerich proteins*) wiążą snRNA i biorą udział w formowaniu spliceosomu [Piekielko-Witkowska 2006]. Białka SR uczestniczą w regulacji składania pre-mRNA, odgrywają też rolę w eksporcie mRNA z jądra komórkowego do cytoplazmy i kontroli procesu translacji [Wiszomirska i in. 2011]. Fosforylacja białka SR decyduje o lokalizacji tych białek w komórce, występują głównie w jądrze komórkowym lub wędrują między jądrem a cytoplazmą [Ngo i in. 2005].

Spliceosomy katalizują w jądrze komórkowym wieloetapowy proces nazywany splicingiem [Gulanicz 2015]. Splicing rozpoczyna związanie cząstek snRNA z konserwatywnymi sekwencjami pre-mRNA [Turner i in. 2011]. Cały mechanizm wycinania intronów oparty jest na reakcjach hydrolitycznego cięcia w obrębie ekson-intron, w wyniku którego następuje wycięcie intronu oraz połączenie ze sobą eksonów poprzez ich wolne końce [Gulanicz 2015]. Po zakończeniu transkrypcji spliceosom zostaje usunięty [Tobias i in. 2013].

Powstający w procesie transkrypcji pre-mRNA ulega dojrzewaniu, m.in. wycinane są introny i składane eksony. Proces ten zachodzi z udziałem spliceosomów w sposób kanoniczny lub różnicowy. Składanie kanoniczne (ang. *constitutive splicing*) polega na łączeniu eksonów w jednaki sposób i powstaje jeden rodzaj mRNA [Wiszomirska i in. 2011]. W składaniu różnicowym (ang. *alternative splicing*) eksony mogą być łączone na różne sposoby i mogą powstawać różne warianty mRNA, co pozwala na powstanie wielu wariantów cząsteczek białek, np. izoform enzymów, hormonów białkowych.

Nieprawidłowy splicing pre-mRNA może prowadzić do powstawania nieprawidłowych cząsteczek mRNA, co często towarzyszy nowotworzeniu. Przyczyną procesu nowotworzenia mogą być nieprawidłowości w różnicowym składaniu eksonów, powodowane zaburzeniami w syntezie czynników splicingowych. W nowotworach jelita grubego, tarczycy, jelita cienkiego, nerki i płuca stwierdzono podwyższoną syntezę czynnika splicingowego SF2/ASF należącego do rodziny białek SR [Karni i in. 2007]. Transformacji nowotworowej i formowaniu guzów nowotworowych u myszy towarzyszy wysoki poziom SF2/ASF. Zaburzenia różnicowego składania pre-mRNA w nowotworach wynikają z nieprawidłowej syntezy czynników splicingowych z grupy SR, potwierdzono to w raku nerki [Piekielko-Witkowska i in. 2009], w raku szyjki macicy.

Obniżenie syntezy czynników splicingowych może być potencjalnym celem terapii podejmowanej w celu zahamowania proliferacji nowotworowej. U myszy zahamowanie ekspresji SF2/ASF prowadzi do zmniejszenia guzów nowotworowych [Karni i in. 2007]. Montaż spliceosomu jest bardzo dynamicznym procesem, wymaga zaangażowania wielu czynników. Reakcje łączenia elementów budulcowych spliceosomu mogą stać się potencjalnym celem działania leków. Stwierdzono, że pochodna pladiendidu – spliceostatyna

A SF3b, z potencjałem hamowania komórek nowotworowych, wiąże kompleks U2-snRNP stanowiący zasadniczą część spliceosomu. Kompleks białkowy staje się celem dla zupełnie nowych związków wykazujących działanie przeciwnowotworowe, co daje nowe możliwości terapeutyczne [Rokosz 2013].

Ciałka Cajala

Ciałka Cajala (ang. *Cajal bodies*) zostały odkryte po raz pierwszy prawie 100 lat temu przez hiszpańskiego neurologa Santiago Ramóna Cajala w tkankach nerwowych kręgowców, występują również w innych typach komórek, zarówno zwierzęcych, jak i roślinnych. Charakterystyczną cechą ich morfologii to okrągły kształt. Wielkość i liczba ciałek Cajala zależy od rodzaju komórki [Gall 2000]. W komórce somatycznej ssaków występuje ok. 10 ciałek Cajala o średnicy 0,1–2 μm . Najwięcej ciałek Cajala występuje w fazie G1 cyklu komórkowego oraz w komórkach wykazujących wysoki poziom aktywności transkrypcyjnej [Gall 2000, Sacharczuk i in. 2004]. Są to struktury dynamiczne i ich liczba zmienia się w zależności od warunków, jakie panują w komórce [Dubieńska-Magiera i in. 2010]. Ciałka Cajala odpowiadają za większość procesów dojrzewania jąderkowych i jądrowych małych rybonukleoprotein snoRNP (ang. *small nucleolar ribonucleoproteins*).

Ciałka Cajala to struktura rybonukleoproteinowa zawierająca snRNA, mRNA, rRNA, wiele składników uczestniczących w transkrypcji i przetwarzaniu jądrowych RNA: trzy eukariotyczne polimerazy RNA, czynniki transkrypcyjne (postuluje się, że ciałka Cajala mogą być miejscem ich gromadzenia oraz dojrzewania), czynniki wymagane do przetwarzania odpowiednich transkryptów jądrowych (polimeraza III). SnRNA wykazuje różny poziom organizacji, występuje jako pojedyncze cząsteczki zlokalizowane w sąsiedztwie transkrybowanego RNA lub niewielkie ciałka w liczbie kilku tysięcy, określane jako snurpozomy (ang. *snurposomes*). Snurpozomy A zawierają U1 snRNP, snurpozomy B zawierają wszystkie snRNA, a snurpozomy C zawierają U7 snRNA. Snurpozomy C, z przyłączonymi do nich snurpozomami B, tworzą podstawową strukturę ciałek Cajala. SnRNA powstaje w rybosomach, zanim trafi do ciałek Cajala przechodzi proces dojrzewania, następnie łączy się z białkiem Sm w cytoplazmie i wraca do jądra, gdzie tworzy snurpozomy. Ciałka Cajala biorą udział w regulacji ekspresji genów [Stephen i in. 2002, Sacharczuk i in. 2004].

Omawiana struktura zawiera również koilinę p80 – fosfoproteinę, będącą ich autoantygenu. Koilina w komórkach somatycznych zbudowana jest z 576 aminokwasów. Może występować w postaci rozpuszczonej w nukleoplaźmie. Przypuszcza się, że koilina wraz z białkiem Nopp 140 (białko to bierze udział w pseudourydylacji pre-rRNA) i fibrylaryną (białko wykazujące wysoką konserwatywność, niezbędne podczas dojrzewania pre-rRNA) stanowią część systemu transportu pomiędzy cytoplazmą, jąderkami a ciałkami Cajala [Stephen i in. 2002, Sacharczuk i in. 2004].

Wszelkie defekty w budowie i procesach zachodzących w ciałkach Cajala prowadzą do wystąpienia chorób genetycznych. Może to być spowodowane mutacją genu SMN, który oddziałuje z białkiem Sm. Nieprawidłowości w genie tego białka odpowiedzialne są za 95% przypadków wrodzonej rdzeniowej atrofii mięśni – SMA. Jest to choroba uwarunkowana genetycznie, dziedziczona. Powoduje degenerację neuronów ruchowych, co prowadzi do stopniowego zaniku mięśni. Postuluje się również, że ciałka Cajala mają wpływ na rozwój choroby Huntingtona oraz na inne pokrewne zaburzenia spowodowane przez ekspansję

powtórzeń poliglutaminianów w genach [Stephen i in. 2002, Jędrzejowska 2003]. Ciałka Cajala mogą być także ważnymi ogniwami w reakcji komórki na uszkodzenia DNA, pod wpływem UV ulegają szybkim i ukierunkowanym rearanżacjom, postuluje się także ich udział w indukcji apoptozy [Wysokiński i in. 2010].

Podsumowanie

Krypty komórkowe, ciała Cajala i spliceosomy mają specyficzną budowę rybonukleoproteinową i pełnią kluczową rolę w kontroli różnych procesów komórkowych. Ich obecność jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania komórek. Biorą udział w ekspresji informacji genetycznej, a wszelkie nieprawidłowości związane z mutacją genów kodujących białka budujące te rybonukleoproteiny czy nieprawidłowe dojrzewanie RNA skutkują zaburzeniem ich funkcji i możliwością wystąpienia schorzeń. Stosunkowo mało poznano funkcje krypt komórkowych. Ich udział w reakcji na ksenobiotyki i w nowotworzeniu stwarza potencjalne cele w postaci białka MVP w terapii raka. Ciałka Cajala uczestniczą w transkrypcji jądrowych RNA. Wszelkie defekty zachodzące w budowie i procesach tych struktur prowadzą do wystąpienia chorób genetycznych. Spliceosomy katalizują proces wycinania intronów i łączenia eksonów z prekursorowego mRNA. Nieprawidłowy przebieg splicingu może przyczynić się do nowotworzenia. W niektórych typach nowotworów stwierdzono podwyższoną syntezę czynnika splicingowego. Warto zauważyć, że omówione rybonukleoproteiny istotnie wpływają na regulację i rozwój procesów patologicznych, w tym chorób nowotworowych. Rola RNP w tych procesach może stanowić wyzwanie i cel kolejnych badań. Poznanie molekularnych podstaw funkcjonowania rybonukleoprotein pozwoli na wyznaczenie molekularnych celów terapii i być może na opracowanie skutecznych metod leczenia.

Bibliografia

- Berger W., Steiner E., Grusch M., Elbling L., Micksche M., 2009. Vaults and the major vault protein: Novel roles in signal pathway regulation and immunity. *Cell. Mol. Life Sci.* 66, 43–61.
- Brown A.T., 2012. *Genomy*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Dubińska-Magiera M., Zaremba-Czogalla M., Rzepecki R., 2010. Białka szkieletu jądrowego i otoczki jądrowej w przebiegu cyklu komórkowego – znane białka w nowych rolach. *Post. Bioch.* 56(4), 362–372.
- Gall J., 2000. Cajal Bodies: The First 100 Years. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 16, 273–300.
- Gulanicz T., 2015. Współczesne spojrzenie na proces splicingu oraz mechanizmy jego regulacji. *Kosmos* 64(1), 21–29.
- Jędrzejczak M.S., Kowalski M.L., 2005. Składanie RNA – formy alternatywne, regulacja i funkcje. *Post. Biol. Kom.* 32(4), 617–632.
- Jędrzejowska M., 2003. Perspectives in the treatment of SMA. *Neurol. Dziec.* 12(24), 51–56.
- Karni R., Stanchina E. de, Lowe S.W., Sinha R., Mu D., Krainer A.R., 2007. The gene encoding the splicing factor SF2/ASF is a proto-oncogene. *Nat. Struct. Mol. Biol.* 14(3), 185–193.
- Kim E., Lee S., Mian M.F., Yun S.U., Song M., Yi K.S., Ryu S.H., Suh P.G., 2006. Crosstalk between Src and major vault protein in epidermal growth factor-dependent cell signaling. *FEBS J.* 273(4), 793–804.
- Klyszejko-Stefanowicz L., 2002. *Cytobiochemia*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

- Kong L.B., Siva A.C., Kickhoefer V.A., Rome L.H., Stewart P.L., 2000. RNA location and modeling of a WD40 repeat domain within the vault. *RNA* 6(6), 890–900.
- Kowalski M.P., Dubouix-Bourandy A., Bajmoczy M., Golan D.E., Zaidi T., Coutinho-Sledge Y.S., Gygi M.P., Gygi S.P., Wiemer E.A. C., Pier G.B., 2007. Host resistance to lung infection mediated by major vault protein in epithelial cells. *Science* 317(5834), 130132.
- Maniatis T., Tasic B., 2002. Alternative pre-mRNA splicing and proteome expansion in metazoans. *Nature* 418(6894), 236–243.
- Mattick J.S., 2001. Non-coding RNAs: the architects of eukaryotic complexity. *EMBO Rep.* 2(11), 986–991.
- Mattick J.S., Makunin V.I., 2006. Non-coding RNA. *Hum. Mol. Genet.* 15(1), 17–29.
- Mrázek J., Kreutmayer SB., Grässer F.A., Polacek N., Hüttenhofer A., 2007. Subtractive hybridization identifies novel differentially expressed ncRNA species in EBV-infected human B cells. *Nucleic Acids Res.* 35(10), <https://doi.org/10.1093/nar/gkm244>.
- Ngo J.C., Chakrabarti S., Ding J.H., Velazquez-Dones A., Nolen B., Aubol B.E., Adams J.A., Fu X.D., Ghosh G., 2005. Interplay between SRPK and Clk/Sty kinases in phosphorylation of the splicing factor ASF/SF2 is regulated by a docking motif in ASF/SF2. *Mol. Cell.* 20(1), 77–89.
- Piekielko-Witkowska A., 2006. Plejotropowy efekt fosforylacji białek wiążących RNA bogatych w serynę i argininę. *Post. Bioch.* 52(4), 383–389.
- Piekielko-Witkowska A., Master A., Wojcicka A., Bogusławska J., Brozda I., Tanski Z., Nauman A., 2009. Disturbed expression of type 1 iodothyronine deiodinase splice variants in human renal cancer. *Thyroid* 19(10), 1105–1113.
- Rokosz K., 2013. Składniki spliceosomu jako cel terapii nowotworowych. *Eduk. Biol. Śr.* 4, 11–16.
- Sacharczuk M., Świągiel A.H., Jaszczak K., 2004. Organizacja i funkcja ciała Cajala, *Kosmos* 53(3–4), 315–323.
- Sisodiya S.M., Martinian L., Scheffer G.L., van der Valk P., Cross J.H., Scheper R.J., Harding B.N., Thom M., 2003. Major vault protein, a marker of drug resistance, is upregulated in refractory epilepsy. *Epilepsia* 44(11), 1388–1396.
- Steiner E., Holzmann K., Pirker C., Elbling L., Micksche M., Sutterluty H., Berger W., 2006. The major vault protein is responsive to and interferes with interferon- γ -mediated STAT1 signals. *J. Cell Sci.* 119, 459–469.
- Stephen C.O., Lamond A.I., 2002. Cajal bodies and coilin – moving towards function. *J. Cell Biol.* 159(1), 17–21.
- Szaflarski W., Nowicki M., Zabel M., 2011. Budowa krypt komórkowych i ich rola w funkcjonowaniu komórki oraz w oporności wielolekowej nowotworów. *Post. Bioch.* 57(3), 266–273.
- Tanaka H., Kato K.Y., Yamashita E., Sumizawa T., Zhou Y., Yao M., Iwasaki K., Yoshimura M., Tsukihara T., 2009. The structure of rat liver vault 3.5 angstrom resolution. *Science* 323(5912), 384–388.
- Tobias E.S., Connor M., Ferguson-Smith M.F., 2013. *Genetyka medyczna*. PZWL, Warszawa.
- Turner P.C., McLennan A.G., Bates A.D., White M.R.H., 2011. *Biologia molekularna. Krótkie wykłady*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Vollmar F., Hacker C., Zahedi R.P., Sickmann A., Ewald A., Scheer U., Dabauvalle M.C., 2009. Assembly of nuclear pore complexes mediated by major vault protein. *J. Cell Sci.* 122, 780–786.
- Wilson T.J., Lilley D.M.J., 2009. The evolution of ribozyme chemistry. *Science* 323(5920), 1436–1438.
- Wiszomirska H., Piekielko-Witkowska A., Nauman A., 2011. Zaburzenia różnicowego składania pierwotnego transkryptu w kancerogenezie. *Post. Bioch.* 57(3), 257–265.
- Wysokiński D., Blasiak J., Woźniak K., 2010. Udział domen jądrowych w reakcji komórki na uszkodzenia DNA. *Post. Bioch.* 56(3), 328–340.
- Yu Z., Fatouhi-Ardakani N., Wu L., Maoui M., Wang S., Banville D., Shen S.H., 2002. PTEN associates with the vault particles in HeLa cells. *J. Biol. Chem.* 277(43), 40247–40252.

BEHAVIOR KONI

Karol Szulc¹, Nina Mickiewicz¹, Wojciech Ospalek¹, Marta Pechcin¹, Sylwester Walczak¹, Oskar Lechowicz¹, Witold Chabuz², Paweł Żółkiewski², Michał Pluta³, Anna Pirga¹

Konie należą do najpożyteczniejszych zwierząt domowych. W gospodarczych oraz kulturowych dziejach ludzkości odegrały i nadal odgrywają wielką rolę. Konie cechuje duża zdolność przystosowywania się do warunków bytowania w najrozmaitszych szerokościach i długościach geograficznych, w różnych warunkach klimatycznych, glebowych i gospodarczych, toteż rozprzestrzeniły się one prawie na całej kuli ziemskiej. Wskutek tego oraz dzięki zabiegom hodowlanym człowieka istnieje na świecie ogromna różnorodność ras i typów koni, dostosowanych do lokalnych warunków egzystencji i różnorodnych potrzeb człowieka.

Konie należą do zwierząt udomowionych i hodowanych przede wszystkim w celu wykorzystania ich uzdolnień do pracy. Szereg specyficznych właściwości fizycznych i psychicznych koni sprawia, że są one najbardziej przydatne do pracy spośród wszystkich zwierząt, jakie istnieją lub istniały niegdyś na kuli ziemskiej [Pruski 2007].

Naturalne zachowanie koni

Na wolności najczęściej spotyka się dwa rodzaje stad (tabunów) wędrujących po otwartych przestrzeniach. Typowe stado składa się z ogiera przywódcy i haremu jego klaczy, którym towarzyszą źrebaki i młodzi w różnym wieku – odsadki, roczniaki oraz dwulatki. Często jedna ze starszych klaczy pełni rolę przywódczyni. Z upływem lat utrzymuje się zazwyczaj „rdzeń” stada, następuje stopniowa wymiana osobników – na świat przychodzą młode, a zwierzęta starsze albo słabe umierają. Niektóre osobniki odłączają się od macierzystego tabunu, żeby tworzyć inne stada. Czasami zdarzają się konflikty, gdy młode ogierki próbują walczyć z przywódcą o klacze. Jednak najczęściej w stadzie panuje harmonia, a między zwierzętami istnieją silne więzi. Drugi rodzaj to „stado kawalerskie”, złożone z osobników w różnym wieku, które jeszcze nie zdobyły sobie klaczy, żeby utworzyć tzw. tabun. Ich życie niesie za sobą więcej stresów, ponieważ walczą o pozycję w stadzie, ale jednoczą się, gdy zagraża im niebezpieczeństwo [Epps 2002].

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowców Bydła, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Biodźnorodności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

³ *Katedra Hodowli i Użytkowania Koni, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

U koni najsilniejsza więź występuje między matką a jej potomstwem. Instykt macierzyński u klaczy jest z reguły bardzo silny, wytwarzający więź, która powstaje i jest potęgowana w wyniku długiej ciąży (średnio 333 dni) oraz opieki klaczy nad potomstwem trwającej co najmniej pół roku.

Behawior rozrodczy

Dorosłe klacze wykazują objawy rui w okresie długiego dnia, a więc od wczesnej wiosny do jesieni każdego roku. Cykl płciowy u klaczy trwa średnio 21 dni, a czas rui i jej objawy, nawet dla mniej wytrawnego hodowcy, są łatwe do zauważenia. Klacz w rui jest pobudzona i chętna do przyjęcia ogiera [Podstawski i in. 2014]. Ponadto samica będąca w rui oddaje częściej niż zwykle w niewielkich ilościach mocz i śluz z zawartością feromonów, które są sygnałem dla ogiera, że dana samica jest gotowa do krycia. Łatwy jest też do zauważenia, charakterystyczny dla koniowatych, odruch błyskania sromem [Cromwell-Davis 2007].

W okresie ciąży klacz w stadzie zachowuje się normalnie i często bywa tak, że matki, będąc w ciąży, mają cały czas pod opieką młode źrebięta. Dorastające źrebięta – paromiesięczne i dochodzące do roku – coraz rzadziej sięgają do wymienia matki, aż w końcu całkiem z niego rezygnują, pozostając już niezależnymi osobnikami zaspokajającymi swoje potrzeby pokarmowe innego rodzaju paszą. Oczywiście w naturalnym stadzie bywają takie sytuacje, że starsze, np. roczne osobniki, korzystając z nieuwagi matki oraz jej „dobrego serca”, ssą z jej wymienia. Częściej jednak, gdy ciąża staje się bardziej zaawansowana, ostatnie młode przestaje pobierać mleko, pozostając jednak pod opieką matki. Klacze w ostatnich miesiącach ciąży stają się bardziej uważne i ostrożniejsze, a ich zachowanie nieco się zmienia [Pluta i Pyrz 2016].

Klaczki tuż przed porodem zachowują się niespokojnie, chodzą w kółko i co chwilę spoglądają na boki, szukają dogodnego miejsca na odbycie porodu. Często pocą się i wydają niewielkie ilości moczu oraz kału. Ponadto można zauważyć na nabrzmiałych sutkach krople wyciekającej siary. Po porodzie samice najczęściej wstają, aby wylizać źrebię i opiekować się nim. Klacze żyjące na wolności z reguły rodzą w porze ogólnego spokoju oraz mniejszej ruchliwości stada, czyli głównie nocą, między 22 a 6 rano [Jaworski 2003]. Wtedy źrebię ma czas na nabranie sił, pierwsze ssanie oraz powstanie i wytworzenie silnej więzi z matką, musi też mieć siłę i być zdolne do podążania za nią.

Behawior socjalny

Konik polski (jak i inne rasy koni) jest zwierzęciem społecznym. Życie w stadach niesie ze sobą wiele korzyści, jak bezpieczeństwo i skuteczniejsza obrona przed drapieżnikami czy korzystanie z wiedzy oraz doświadczenia osobników starszych. W warunkach dzikich przedstawiciele rodziny koniowatych żyją w grupach rodzinnych, tzw. tabunach. Istnieją także grupy kawalerskie, stanowiące grupy przejściowe składające się z młodych ogierów, które z chwilą osiągnięcia dojrzałości płciowej opuszczają swoje grupy rodzinne. Poprzez szereg zachowań, takich jak wzajemne niewinne przepychanki, pozorowane potyczki, śledzenie klaczy czy obserwowanie stad prowadzonych przez dorosłe ogiery, osobniki te nabywają doświadczenia, aby w odpowiednim momencie utworzyć i utrzymać własny tabun. Wówczas młode ogiery opuszczają grupy kawalerskie i zakładają własne stado lub dołączają

do już istniejącego stada klaczy, które straciło ogiera przewodnika, np. w wyniku wypadku czy padnięcia związanego z wiekiem [Jaworski 2003]. Utworzone grupy koni żyją od siebie niezależnie, a liczba tworzących je osobników nie przekracza kilkunastu. Niewielka liczebność stada pozwala na skuteczniejsze jego funkcjonowanie m.in. podczas przemieszczania się, ucieczki czy korzystania z wodopoju [Pluta i Pyrz 2016].

Trzon tabunu stanowią dorosłe klacze matki oraz ogier przywódca. Prowadzenie stada przypada najczęściej klaczy alfa. Niezależnie od wykonywanych czynności stado porzuci je, by podążać za dominującą klaczą, jeśli tylko ta przemieści się. Natomiast do obowiązków ogiera przywódcy należy głównie utrzymanie składu grupy, bronienie jej przed atakami z zewnątrz oraz zaganianie i niepozwalanie na nadmierne rozproszenie, szczególnie podczas przemarszów. Przepędza on także młode ogiery, gdy zaczynają wykazywać zainteresowanie dorosłymi klaczami. W przypadku interesowania się klaczami młodszymi przez młode ogierki ogier alfa wykazuje znacznie większą tolerancję wobec nich. W tabunie co roku rodzą się źrebięta. Mimo to liczebność grupy zmienia się jedynie w określonych granicach, co wynika głównie z wymuszonego lub dobrowolnego opuszczenia tabunu przez młode osobniki. W takim przypadku o opuszczeniu grupy decyduje liczba rodzeństwa, obecność towarzyszy do zabawy czy nacisk wewnętrzny grupy. O ile młode ogierki nie próbują przejąć którejś z dorosłych klaczy, ich relacje z ojcami można określić jako przyjazne. Nawet w dorosłym życiu ogierków ich ojcowie są w stanie rozpoznać je i przystąpić do wspólnych zabaw. Z kolei młode klacze oprócz dobrowolnego opuszczenia tabunu mogą zostać uprowadzone przez ogiery. Do czynów tych zachęca je gwałtowna i długa pierwsza ruja klaczy [Zeitler-Feicht 2014].

Ścisła hierarchia występuje u wszystkich koniowatych. Poszczególne osobniki w grupie rozpoznają się dzięki cechom wizualnym, bodźcom węchowym oraz dzięki wydawanym sygnałom głosowym. Na pozycję w stadzie oprócz płci i wieku wpływa także stan zdrowia konia. Osobniki chore lub ranne tracą swoją pozycję w hierarchii lub nie są w stanie zdobyć wyższej. Poza cechami fizycznymi ważnym elementem kształtującym rolę w haremie jest charakter danego osobnika. Zdarzyć się może, że pomimo dobrych predyspozycji w budowie oraz odpowiedniego wieku klacz lub ogier nie będą starali się o przywództwo w grupie ze względu na swój uległy charakter. Także pozycja zajmowana w stadzie przez matkę wpływa na pozycję jej potomstwa [Jaworski 2003].

Mimo iż w stanie dzikim ogier obejmuje najwyższą pozycję w tabunie, to sytuacja ta nie działa analogicznie u koni trzymanyh w warunkach stworzonych przez człowieka. Dzieje się tak dlatego, że struktura organizacyjna grupy zależy od człowieka i ogier często nie dominuje nad swoimi klaczami, do których jest włączany tylko na czas krycia [Zeitler-Feicht 2014].

Behawior zabawowy

Definicja zabawy mówi, iż jest to pozbawiona celu, radosna czynność wykonywana dla przyjemności. U wszystkich ssaków wyższych, w tym również u koni, ciekawość oraz skłonność do zabawy są dużo silniejsze u osobników młodych niż u osobników dorosłych. Zabawa stanowi 75% aktywności ruchowej źrebięcia. Czynność ta niesie ze sobą szereg korzyści dla młodego organizmu konia. Doskonali koordynację ruchową, pozwala przeciwstawić zachowania socjalne, dzięki czemu źrebięta uczą się zachowań potrzebnych w dorosłym życiu. Aktywności te mają korzystny wpływ na zdrowie fizyczne i psychiczne.

Jeden z pierwszych przejawów zachowań zabawowych obserwuje się już w pierwszych tygodniach życia źrebięcia. Bawi się ono wówczas w pojedynkę, skacząc wokół matki, podszczypując ją i dotykając. W ten sposób rozwija świadomość przestrzenną oraz poczucie dystansu indywidualnego. W starszym wieku chęci do zabawy przejawiają częściej osobniki udomowione niż zwierzęta żyjące w stanie dzikim. Wiąże się to z potrzebą rozładowania skumulowanego zapotrzebowania na ruch, jak również z tym, że konie udomowione mają więcej czasu i czują się wystarczająco chronione przed swoimi naturalnymi wrogami.

Koniowate najchętniej bawią się ze swoimi rówieśnikami, partnerami socjalnymi. Cechą charakterystyczną tego behawioru jest poszukiwanie partnera i zachęcanie go do wspólnej zabawy poprzez machanie głową, okrążanie partnera, a nawet poprzez delikatne podgryzanie. Sygnałem powszechnie rozpoznawanym jako chęć do zabawy wśród koni jest wysoko zadarty ogon. Symbolizuje on zaproszenie do gonitwy, z którego osobniki znajdujące się w pobliżu chętnie korzystają. Koni potrafi także bawić się w samotności. U osobników odizolowanych obserwować można swobodny klus, galop, dzikie baranie skoki oraz częste prychnięcie i parskanie [Zeitler-Feicht 2014].

Behawior pokarmowy

Wszystkie koniowate są zwierzętami roślinożernymi i podstawę ich diety stanowią trawy, motylkowe i ziola, główne elementy pastwisk [Pluta i Osiński 2017]. W stanie dzikim, zależnie od pory roku oraz etapu wegetacji, konie mogą żywić się także liśćmi drzew i krzewów, korą, gałązkami, młodymi pędami i mchami. Wykonując tę czynność, koniowate bardzo precyzyjnie selekcionują pokarm. Behawior ten nie jest zachowaniem wrodzonym, lecz wyuczonym od matki. O wyborze pokarmu decyduje wiele czynników. Konie bowiem nie kierują się zawartością składników odżywczych, a smakiem, strukturą i dostępnością pokarmu. Ważną rolę odgrywa także zmysł węchu, z kolei wrażenia wizualne nie mają większego znaczenia. Konie preferują smaki słodkie, rośliny o smaku gorzkim spożywają niechętnie. Zwierzęta te spędzają od 12 do 18 h dziennie na pasieniu się. Wiąże się to z tym, że pobierany przez nie pokarm jest ubogi w energię i na zaspokojenie ich potrzeb energetycznych potrzeba wiele pokarmu roślinnego. Naturalnym behawiorem pokarmowym koni jest pasienie się w towarzystwie innych osobników. Wspólny wypas wzmacnia i podkreśla miejsce zajmowane przez danego osobnika w hierarchii stadnej oraz stanowi zabezpieczenie przed możliwymi stresowymi sytuacjami.

Wodę konie pobierają przez jej zasysanie. Zaciskają wargi, pozostawiając między nimi niewielki otwór, co pozwala na wytworzenie podciśnienia oraz na pobieranie wody długimi haustami. Wykonując tę czynność, zarówno konie dzikie, jak i udomowione robią krótkie przerwy, podczas których rozglądają się wokół. Wiele koni przed rozpoczęciem pobierania wody lub w trakcie drogi do wodopoju naśladuje żucie, poruszając żuchwą oraz językiem. Zachowania takie można obserwować także po skończonym pojeniu. U koni w stanie dzikim trudniej jest zaobserwować dobowy rytm pobierania wody, ponieważ udają się one do wodopoju o dowolnej porze dnia i nocy. Koniom dzikim za wodopój służyć mogą: rzeki, jeziora, sadzawki, strumienie, bajorka, kałuże, a zimą nawet śnieg. Zwierzęta te preferują wodę czystą, słodkawą, lecz w razie potrzeby piją także wodę słonawą, a nawet lekko słoną [Sablik i in. 2010].

Behawior ruchu

Konie w środowisku naturalnym poruszają się po obszarze, którego wielkość jest zeterminowana przede wszystkim bazą paszową i dostępem do wodopoju. Mogą być także sytuacje, że terytorium jednego tabunu częściowo pokrywa się z terytorium innych stad koni, a także zwierząt wolno żyjących nieuznawanych przez stado za zagrożenie [Jaworski 2003]. Koniowate zasiedlają obszary zawierające miejsca bogate w roślinność trawiastą, wodopoje, obszary umożliwiające rozwój behawioru socjalnego: dostateczny ruch, tarzanie się, czochanie oraz odpoczynek i spanie.

Naturalnie żyjące konie pokonują odległości zależne od rozmieszczenia wodopojów, dostępności pożywienia oraz warunków klimatycznych. Dostęp do dostatecznej ilości wody i pożywienia sprawia, że konie przebywają dystans nieprzekraczający 2–2,5 km na dobę. Ruchliwość koni zależy także od wieku i płci osobnika oraz struktury grupy. Stęp jest podstawowym chodem konia, gdy porusza się swobodnie. Podczas pasienia, które trwa ok. 60% doby, konie przemieszczają się zależnie od potrzeby. Konie wolno żyjące starają się nie skakać przez przeszkody, robią to jedynie, gdy nie ma innego wyjścia.

Konie przemieszczają się gęsiego, w szyku, niezależnie od terenu. Ścieżka, po której się przemieszczają, może mieć ok. 30 cm szerokości. Grupę prowadzi klacz przewodnicząca znająca drogi i podłoża, której reszta członków stada może zaufać. Ogier zazwyczaj zamyka pochód lub też idzie równoległe z grupą w odległości kilku metrów. Do jego zadań należy popędzanie grupy, pilnowanie, żeby się nadmiernie nie rozproszyła, i bronienie jej w razie konieczności. Szybszymi chodami konie poruszają się tylko na krótkich odcinkach, w razie nieoczekiwanych stresowych sytuacji lub podczas ucieczki [Zeitler-Feicht 2014, Kamieniak i in. 2002].

Behawior odpoczynku

U dorosłych osobników koni odpoczynek trwa od 7 do 9 h na dobę i zajmuje drugie miejsce zaraz po pasieniu się. Żrebięta mają znacznie większe zapotrzebowanie na odpoczynek i sen od osobników dorosłych, które zwykle drzemią w pozycji stojącej. Wypoczynek konia odbywa się cyklicznie: krótkie interwały odpoczynku przerywane są różnymi aktywnościami. Możliwe jest zwiększenie częstotliwości odpoczynku w pozycji leżącej po zmroku. Dorosłe konie na twardy sen przeznaczają ok. 20 min na dobę. Drzemki w pozycji stojącej u tych zwierząt zajmują 80% czasu snu. Badania wykazały, że średnia roczna czasu drzemania koni w jednym interwale to w dzień 13–22 min, a w nocy 23–36 min.

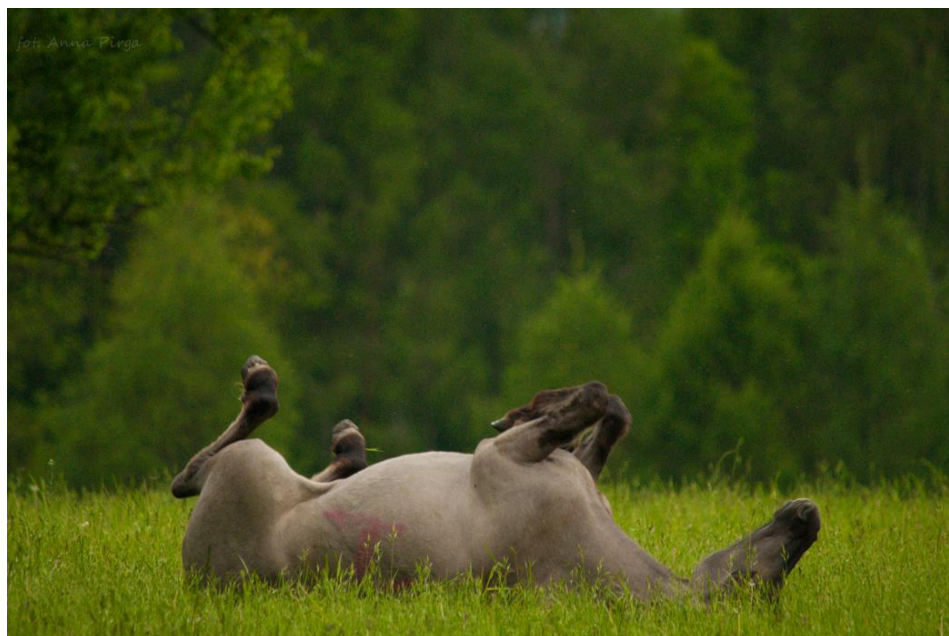
Podczas odpoczynku na stojąco u koni obserwuje się tzw. mimikę drzemki, czyli półprzymknięte lub zamknięte powieki, uszy rozłożone na boki i obwisła dolna warga. Zwierzęta przybierają wtedy bardzo charakterystyczną postawę: przednie kończyny obciążone równoległe do siebie, kończyny tylnie naprzemiennie odciążane, ogon zwisa rozluźniony, a głowa i szyja są opuszczone. Dzięki unikalnej budowie aparatu ruchowego i wytworzeniu tzw. aparatu ustaleniuowego rozluźnienie mięśni możliwe jest nawet w pozycji stojącej [Zeitler-Feicht 2014].

Konie nie są skłonne do zajmowania pozycji leżącej, dzieje się to tylko wtedy, gdy przebywają w znajomym i bezpiecznym otoczeniu. Do leżenia preferują miękkie i suche

podłoże. Koń może ułożyć się na dwa sposoby. Pierwszy przypadek to ułożenie płasko na boku, głowa, szyja i kłoda spoczywają na ziemi. Pysk lekko otwarty, a oczy zamknięte, tylne kończyny oraz jedna przednia wyprostowane. W innym ułożeniu koń opiera się o mostek, tylne kończyny wyciągnięte pod kłodę, przednie przeważnie zgięte. Głowa trzymana swobodnie lub podparta na podłożu pyskiem. Występuje mimika drzemki.

Behawior komfortu

Do zachowań komfortowych zaliczamy czynności mające na celu pielęgnację ciała: tarzanie się (fot. 1), kąpiel, otrząsanie się, skubanie własnej sierści oraz skóry zębami, lizanie, drapanie się tylnymi kopytami, a także ocieranie o różne obiekty. Czynności te są stałą częścią aktywności koni w ciągu doby. U tych zwierząt zaobserwować możemy samodzielne, inaczej właściwe, czynności komfortowe, wykonywane w zależności od potrzeby danego osobnika, lub socjalne pielęgnacje skóry, sprzyjające nawiązywaniu i zacieśnianiu więzi pomiędzy osobnikami w stadzie, dlatego będące także formą komunikacji (fot. 2). Możliwość wykonywania tych czynności bez przeszkód znacząco poprawia dobrostan zwierząt. Zaobserwowano wzmożoną aktywność dotyczącą pielęgnacji skóry w czasie, kiedy następuje zmiana sierści. Za pomocą siekaczy konie skubią sierść w miejscach, do których są w stanie dosięgnąć. Lizanie ma na celu przede wszystkim pozbycie się płynów. Konie drapią się przednią krawędzią tylnych kończyn, zachowując przy tym szczególną ostrożność. Zwierzęta te drapią okolice szyi, lecz przede wszystkim głowę, zwłaszcza niedaleko uszu.



Fot. 1. Tarzanie się kłaczy w trakcie zabawy (fot. A. Pirga)



Fot. 2. Wzajemne iskanie się klaczy (fot. A. Pirga)

Czochrание polega na ocieraniu takich miejsc, jak głowa, szyja, grzebień grzywy czy zad, o stałe obiekty, np. pnie drzew, ich gałęzie, elementy ogrodzenia pastwiska itp. Konie mają do tego celu ulubione miejsca, które odwiedzają, gdy odczuwają potrzebę czochrания.

Konie żyjące na wolności tarzają się. To zachowanie komfortowe poprzedzają charakterystyczne czynności. Miejsce, w którym nastąpi pielęgnacja, zwierzęta badają wzrokiem, węchem, a czasem także dotykiem. Kolejnym etapem jest kilkukrotne obchodzenie z uniesionym ogonem i opuszczoną głową z uszami skierowanymi do przodu. Gdy grunt jest zbyt zbity, może być przekopywany kończynami w celu sprawdzenia i rozluźnienia podłoża. Po przygotowaniu miejsca konie podstawiają kończyny pod kłode, powoli uginają je w stawach i przyjmują pozycję leżącą na mostku. Następnie energicznym ruchem kładą się na plecy i zaczynają się tarzać. Tak jak w przypadku czochrания, tu także konie preferują odpowiednie miejsca, o suchym i lekkim podłożu, najlepiej piaszczystym, bez roślinności, stwarzające warunki do swoistej „piaskowej kąpieli” [Budzyńska 2015].

Bibliografia

- Budzyńska M., 2015. Współczesne zagadnienia w badaniach i nauczaniu dobrostanu zwierząt. *Wiad. Zootech.* 53(1), 58–64.
- Cromwell-Davis S.L., 2007. Sexual behavior of mares. *Horm. Behav.* 52, 12–17.
- Epps S., 2002. *The social behavior of beef cattle.* A&M University College Station, Texas.
- Jaworski Z., 2003. Ocena warunków etologiczno-hodowlanych koników polskich utrzymywanych w systemie rezerwatowym. *Rozpr. habilit.* 79, 3–95. UWM Olsztyn.
- Kamieniak J., Sapuła M., Budzyńska M., Hetman M., Brejta M., 2002. Dziennik aktywności koni huculskich na pastwiskach. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 20, 235–241.

- Pluta M., Pyrz M., 2016. Assessment of reproduction and productivity indices of mares of Polish Konik horses breed in the Roztocze National Park stud farm during 1996–2015. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 15(3), 97–110.
- Pluta M., Osiński Z., 2017. Czy pastwisko może być wystarczającym źródłem pokarmu dla koni? Rola dodatków paszowych w zbilansowanym żywieniu koni. *Pasze Przem.* 26(3/4), 12–17.
- Podstawski Z., Stefaniuk M., Sadlek J., Kulisa M., 2014. Analiza sezonów rozrodowych w Stadninie Koni Iwno za lata 1992–2012. *Wiad. Zootech.* 52(4), 104–109.
- Pruski W., 2007 (wznowienie z 1959). *Hodowla koni*. PWRiL, Warszawa, 745–759.
- Sablik P., Kobak P., Biała M., Matkowski D., 2010. Porównanie behawioryzmu udomowionych zwierząt roślinożernych (bydła mięsnego i koni) w naturalnych warunkach bytowania w otulinie przyrodniczego Parku Narodowego „Ujście Warty”. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 9(4), 207–214.
- Zeitler–Feicht M.H., 2014. *Zachowanie koni: przyczyny, terapia i profilaktyka*. Świadome Jeździectwo, Warszawa, 28–92.

CZY JAGNIĘTA PODCZAS ZABAWY UCZĄ SIĘ ZACHOWAŃ PRZYDATNYCH W PRZYSZŁOŚCI?

Konrad Bazewicz¹, Weronika Garbarz¹, Daria Jaskólska¹, Kamila Janicka¹, Wiktor Bojar²

Behawior jagniąt kształtowany jest zarówno przez predyspozycje genetyczne, jak i środowisko życia. Znaczący wpływ na ekspresję behawioru mają doświadczenia zwierzęcia z całego jego życia. Okres juvenilny jest najważniejszym etapem życia, w którym utrwalają się zachowania przejawiane w dorosłym życiu zwierzęcia. Celem prezentowanych badań była analiza aktywności zabawowych jagniąt w odniesieniu do przydatności tych zachowań w funkcjonowaniu w dorosłym życiu. Badaniami objęto 3 pary jagniąt linii SCP pochodzących z Dydaktyczno-Badawczej Stacji Doświadczalnej Małych Przeżuwaczy w Bezku, urodzonych 15.01.2015 r. Jagnięta wraz z matkami umieszczone były w wydzielonym w owczarni kojcu. Przeprowadzono całodobowe obserwacje, trwające od 17.01.2015 r. do 23.12.2015 r., polegające na nagrywaniu behawioru zabawowego. Pod uwagę brano typy zabaw najczęściej występujące u jagniąt, tj. skakanie, bucanie i bieganie, oraz ilość zabaw. Owce linii SCP wyhodowano w Polsce południowo-wschodniej, równoległe z tą rasą powstała druga linia syntetyczna BCP [Gruszecki i in. 2008]. Materiałem wyjściowym do wykształcenia się wyżej wymienionych linii były maciorki rasy uhruskiej, które skrzyżowano z rasami mięsnymi. W przypadku linii SCP były to rasy charolaise oraz suffolk. Owce z tej linii charakteryzują się wyraźnie zarysowanym umięśnieniem oraz wysoką plennością. Ich dojrzewanie płciowe jest dość szybkie, maciorki już w pierwszym roku życia mogą być użytkowane rozplodowo [Junkuszew i in. 2015].

Zabawy u osobników młodocianych mają swoje odzwierciedlenie w późniejszym dorosłym życiu zwierząt. Zależność ta obserwowana jest zarówno u osobników gospodarskich, jak i dziko żyjących. Młodociane harce warunkują typowe zachowania przypisane do danego gatunku. Obserwacje młodych ssaków od pewnego czasu są nie tylko hobby miłośników zwierząt, ale także dostarczają cennych informacji, które pozwalają lepiej je poznać i zrozumieć [Nowicki i Klocek 2009].

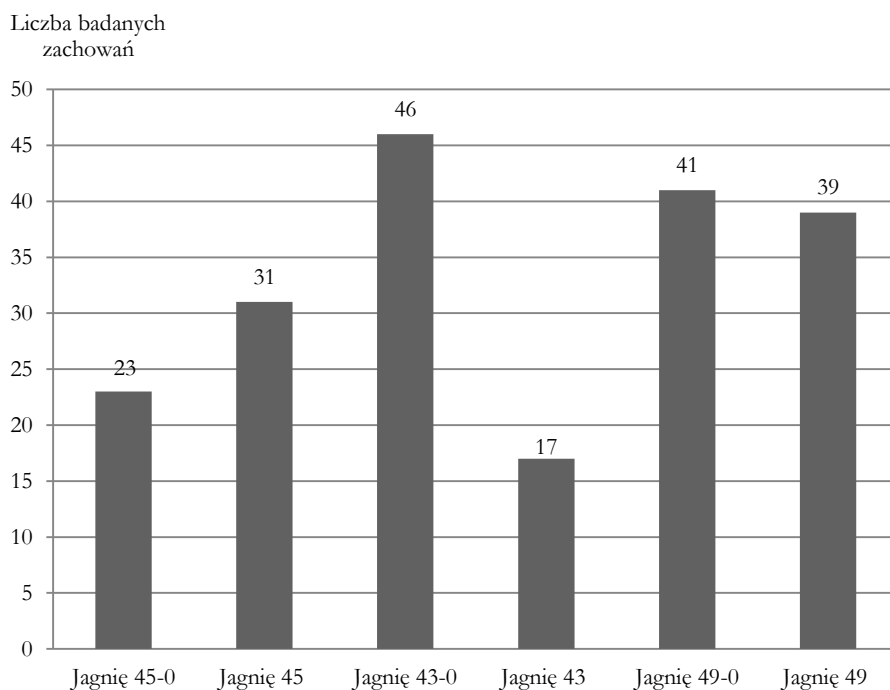
¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowli Owiec i Kóz, Sekcja Doradztwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Biodiversity, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Ustalanie hierarchii

Stada, które tworzą owce, mają swoją złożoną strukturę nazywaną hierarchią. Można wyróżnić hierarchię biologiczną i hierarchię społeczną. Hierarchia biologiczna to ustalona dziedzicznie dominacja osobników jednego gatunku zwierząt nad osobnikami innego gatunku (np. wilka nad lisem czy lwa nad panterą). Natomiast hierarchię społeczną obserwuje się w obrębie zbiorowości jednogatunkowych (w stadzie czy grupie rodzinnej); ranga osobnicza w hierarchii społecznej zależy od okoliczności, cech fizycznych oraz psychicznych. Jest to cecha dynamiczna i może ulec zmianie podczas walki, przy rotacji stada czy podczas wprowadzenia nowego osobnika do grupy [Drabik i Sobol 2007].

Jagnięta uczą się zachowań związanych z ustalaniem pozycji w stadzie poprzez prowizoryczne walki między sobą, polegające na bucaniu – uderzaniu głową o głowę drugiego osobnika (ryc. 1). Najwięcej zabaw tego typu występuje u osobników dominujących (jagnię 43-0), jagnięta zdominowane starają się podporządkować i unikać konfrontacji z silniejszymi owcami (jagnię 43).



Ryc. 1. Wyniki walk jagniąt, tzw. bucania

Jagnięta nie są skłonne do bójk, jest to zwyczajnie jedna z form zabawy, która może wyglądać na przejaw agresji, lecz pozwala wyłonić najbardziej dominujące osobniki [Kluczek 1994]. Hierarchia wśród jagniąt jest widoczna m.in. podczas odpoczynku. Jagnięta słabsze, bardziej uległe wybierają na sen miejsca mniej wygodne, odosobnione oraz

takie, gdzie bodźce ze środowiska zewnętrznego docierają najszybciej [Sztynch i Krośnicka-Bombała 2009].

Hierarchia wprowadza w stadzie spokój i harmonię. Dzięki niej każda owca wie, który osobnik jest od niej słabszy, a który silniejszy. Dominacja jest ustalana na podstawie konfrontacji między zwierzętami, u dorosłych osobników jest to najczęściej groźenie wzrokiem, rzadziej obserwuje się szturchania czy uderzenia [Wierzchoś 2006]. Przeważnie hierarchia ustalana jest na podstawie wieku. Stadu przewodzą najstarsze maciorki. Zakłócenia tego porządku zdarzają się poprzez wprowadzenie nowych maciorek do stada. Może to owocować walką i próbą ustalenia nowego przywództwa w stadzie.

Kolejną grupą zwierząt stadnych wykazujących zachowania hierarchiczne jest bydło. Stado krów ma określoną hierarchię, na jego czele stoi krowa dominująca, wypierająca inne osobniki z miejsc najlepszego żeru oraz odpoczynku. Nie jest zaczepiana przez inne osobniki. Kolejną po krowie dominującej jest subdominanta, podległa tylko krowie liderce. Następna w hierarchii część stada tworzą krowy podwładne zarówno tej pierwszej, jak i drugiej. Są one „wysłannikami” krów będących wyżej w hierarchii. Ostatnie w stadzie są osobniki indywidualne, nękanie przez pozostałe osobniki [Kowalski 2000]. Konie, tak jak owce czy bydło, w warunkach naturalnych żyją w stadzie, w którym również występuje ściśle określona hierarchia. Przywódcą w stadzie może być zarówno klacz, jak i ogier, które podporządkowują sobie pozostałe osobniki [Kamieniak i in. 2002].

Posiłkując się wiedzą na temat zwierząt gospodarskich, możemy stwierdzić, że zachowania młodzieńcze przejawiane podczas zabawy mogą mieć wpływ na kształtowanie pozycji w stadzie. Pozwalają nie tylko wyćwiczyć sprawność fizyczną, ale także warunkują dominację bądź podporządkowanie w grupie jagniąt.

Komunikacja w stadzie

Zabawa z innymi osobnikami tego samego gatunku rozwija zdolności komunikacji wewnątrzgrupowej. Osobniki uczestniczące w tej aktywności uczą się odbierania i wysyłania sygnałów typowych dla danego gatunku, co w sytuacjach zachowań agonistycznych pozwala uniknąć niepożądanych eskalacji oraz prowadzi do szybszego rozwiązywania konfliktów. Owce mają silny instynkt stadny, życie w grupie jest dla tych zwierząt najważniejszą cechą wrodzoną każdego osobnika. W dawnych czasach wielopokoleniowe stado było złożone z blisko spokrewnionych ze sobą osobników, bytujących w pierwotnym środowisku. Obecnie owce utrzymywane są w środowisku ukształtowanym przez człowieka, który dzieli je na grupy hodowlane, czyli zespół zwierząt o zbliżonych uwarunkowaniach oraz podobnym wieku. W tych sztucznie wytworzonych grupach na skutek interakcji międzyosobniczych także wykształcają się więzi społeczne. Warunkiem ich powstania jest utrzymanie kontaktu wzrokowego oraz wzajemne poznanie [Empel 2005].

Cały system komunikacji oparty jest na mechanizmach dotykowych, mechanizmach układu optycznego (wzrok), układów chemicznych (powonienie, smak) oraz układów akustycznych (hasła, sygnały). Sygnały komunikacyjne są czytelne dla pozostałych członków stada oraz przekazywane dalej dzięki różnym mechanizmom behawioralnym. Te małe przeżuwacze obdarzone są bardzo dobrym słuchem i potrafią wychwycić o wiele szerszą gamę

dźwięków niż człowiek, mają również większe możliwości odbioru i analizy różnic zapachowych [Szytych i Ziemińska 2001]. Bardzo ważny system komunikacji wokalne ujawnia się w okresie okołoporodowym. Podczas pielęgnacji potomstwa (zaraz po urodzeniu) maciora wydaje specyficzne dźwięki, jest to seria drżących, niskich beknięć o słabym natężeniu [Asante i in. 1999]. Po zakończeniu wylizywania jagniąt samica mruczy, by je uspokoić. Dla dźwięków nawoływania są charakterystyczne tony niskie i donośne, by w sytuacji strachu wysoki ton o przedłużonych dźwiękach był wyraźnym sygnałem ostrzegawczym dla młodych osobników.

Namiastki życia społecznego występują nawet w mało licznych grupach, liczących ok. 4, 5 osobników. Owca, która odłączy się od stada, stara się jak najszybciej wrócić do swojej grupy [Kluczek 1994]. Relacje międzysobnicze w stadzie mogą występować jako zachowania afiliacyjne lub agonistyczne. Zachowania afiliacyjne mają pozytywny charakter, dając możliwość współpracy wewnątrz stada. Zalicza się do nich obwąchiwanie, lizanie, wzajemną pielęgnację ciała, kontakty wokalne czy utrzymanie kontaktu fizycznego podczas snu.

Natomiast zachowania agonistyczne są związane z konfliktem i rywalizacją, wpływają dodatkowo negatywnie na spójność grupy i mogą spowodować rozłam stada. Temperament uwarunkowany genetycznie przejawia się agresywnym charakterem osobnika i to jest główna przyczyna występowania w stadzie agonizmów [Molik i Milejska 2012]. By zapobiec walkom, owce wstępnym niepokojem i rozdrażnieniem sygnalizują, jaką zajmują pozycję w stadzie, przyjmują względem innych osobników postawę agresji, uległości lub zachowują dystans osobniczy. Zachowania agresywne dotyczą w większości interakcji międzysobniczych w obrębie tej samej płci i są ściśle związane z instynktem seksualnym, np. starsze tryki uniemożliwiają (poprzez groźące sygnały i gesty) młodszym osobnikom uczestniczenie w stanówce [Valdez i in. 1991].

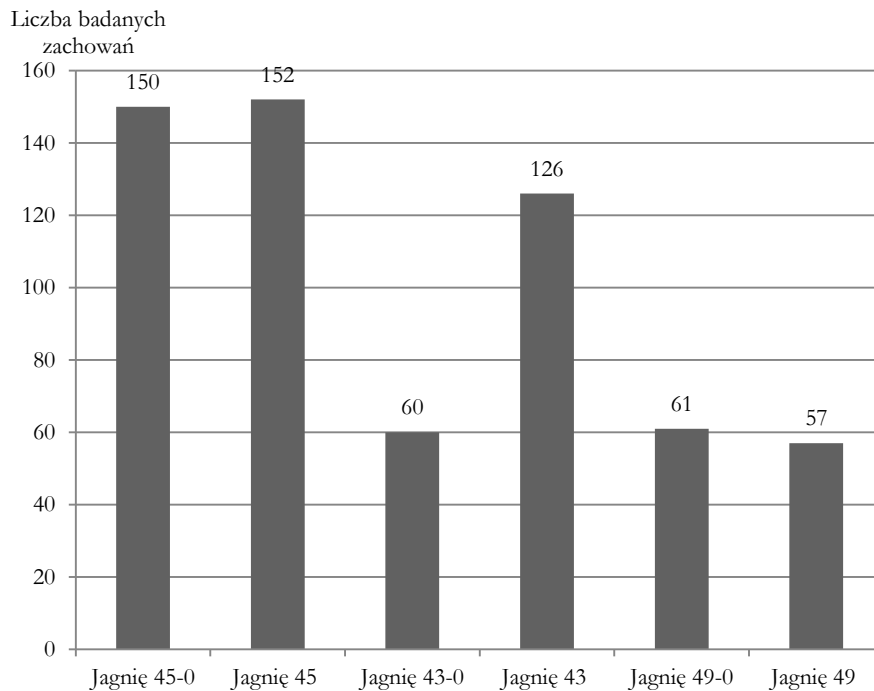
Między jagniętami również dochodzi do bójek, przepychanek czy zachowań świadczących o różnych sposobach komunikacji. Dochodzi między nimi do wymiany zachowań afiliacyjnych, takich jak obwąchiwanie, wzajemne lizanie, kontakt w czasie snu bądź zabawy czy komunikacja wokalna.

Zachowania defensywne – ucieczka przed drapieżnikiem

Sprawność fizyczna warunkuje skuteczną obronę przed zagrożeniem. Młode jagnięta ćwiczą siłę mięśni poprzez zabawy, które łączą w sobie elementy biegu oraz skoków. Bieganie jest aktywnością występującą zarówno u dorosłych osobników, przejawianą głównie w sytuacji zagrożenia, jak i u jagniąt, dla których stanowi formę zabawy.

Skakanie w prezentowanych badaniach było jedną z najczęściej występujących form zabawy (ryc. 3). Przewyższało zarówno bucanie (ryc. 1), jak i bieganie (ryc. 2). Największa ilość skoków występowała u pary jagniąt 45-0 (165 skoków) i 45 (169 skoków), u których także bieganie pojawiało się znacznie częściej niż u wszystkich pozostałych jagniąt. W odniesieniu do pozostałych jagniąt również wykazano znaczny udział skakania, w porównaniu z innymi aktywnościami (od 69 skoków u jagnięcia 43-0, do 105 skoków u jagnięcia 43).

Podczas zabawy jagnięta, oprócz standardowych ruchów, przypisanych do gatunku, wykonują również ruchy nietypowe, rzadko pojawiające się w dorosłym życiu. Do ruchów tych można zaliczyć skoki, którym towarzyszą skręty ciała i głowy oraz wyrzuty kończyn.

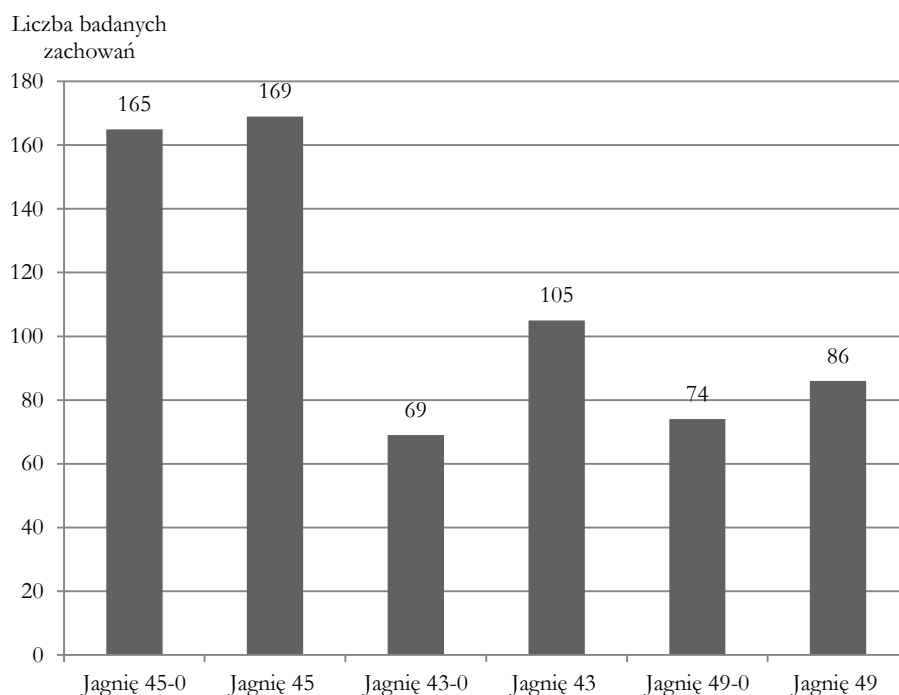


Ryc. 2. Aktywność ruchowa jagniąt (bieganie)

W czasie zabawy szybka zmiana pomiędzy kontrolowanymi i niekontrolowanymi działaniami wymaga częstej i szybkiej oceny różnych sytuacji, które zwykle nie następują po sobie. Oznacza to, że zabawa, zarówno z drugim osobnikiem, jak i samotna aktywność lokomotoryczna, jest wymagającą poznawczo sprawnością [Allen i Bekoff 1997, Bekoff i Allen 1998]. Ruchy pojawiające się w zabawie u młodych osobników są podobne do ruchów, jakie wykonują dorosłe zwierzęta. Trwale dostrojenie typów mięśni i synaps mózdzku zwierzęta mogą osiągnąć tylko wtedy, gdy właściwe ruchy, przypisane do danego gatunku, wyćwiczą w okresie młodzieńczym.

Samoutrudnianie, oznaczające umyślne utrudnienia, jakie stawia przed sobą zwierzę, np. poprzez aktywne stawianie siebie w niekorzystnych pozycjach czy umyślny brak pełnej kontroli nad swoimi ruchami, jest powszechne w zabawie. Istotną cechą elementów zachowania podczas zabawy jest przesada. Energiczne elementy rotacyjne są jednymi z najczęstszych elementów zabawy i są wyraźnie widoczne wśród aktywności wielu gatunków. Zachowania zabawowe u jagniąt obejmują szybki bieg z gwałtownymi skrętami, skoki z jednoczesną rotacją tułowia i szyi, wyrzuty kończyn podczas skoków oraz starcia z rówieśnikami. Większość działań rotacyjnych obejmuje szybki ruch kątowy głowy, a tym

samym upośledzenie orientacji sensorycznej i przestrzennej. Pozycje te są samoutrudniające, ponieważ zwierzę widzi otoczenie z nietypowej perspektywy z równoczesnym ułożeniem ciała uniemożliwiającym swobodny zakres ruchów, co ogranicza kinematyczne opcje następnego manewru [Spinka i in. 2001].



Ryc. 3. Liczba skoków u obserwowanych jagniąt

Główną funkcją zabawy jest przeciwiczenie sekwencji zachowań, w których zwierzęta tracą pełną kontrolę nad lokomocją, położeniem lub zmysłem przestrzennym i potrzebą szybkiego odzyskania tych zdolności. Podczas zabawy zwierzęta uczą się, jak improwizować zachowania, łącząc ruchy konwencjonalne z nietypowymi, aby powrócić do standardowej pozycji. Sekwencje łączące wysoce wydajne typowo gatunkowe wzorce ruchowe i standardowe pozycje ciała z nietypowymi ruchami są niezbędne do odzyskania równowagi podczas wychodzenia z niewygodnych pozycji, często występujących w biologicznie znaczących sytuacjach. Na przykład uciekając przed drapieżnikiem, zwierzę próbuje wykorzystać najbardziej efektywny wzorec biegu, ale może zostać zdezorientowane lub ucieczka może zostać przerwana przez nieprzewidywalne, gwałtowne zmiany w danych wizualnych, poprzez działania drapieżnika lub kolizje z innymi członkami stada czy nieożywionymi przeszkodami. Zdolność zwierzęcia do szybkiego powrotu do pełnej sprawności poprzez wykonanie nietypowych ruchów może decydować o przeżyciu w sytuacji ataku drapieżnika. Podobne nieszczęścia mogą wystąpić podczas interakcji wewnątrzgatunkowych i podczas

pościgu za zdobyczą u zwierząt drapieżnych. Przeciwnik (lub ofiara) wprowadza element znacznej nieprzewidywalności do środowiska [Spinka i in. 2001].

Oprócz rozwoju zmienności lokomotorycznej w nieoczekiwanych sytuacjach, zwierzęta podczas zabawy uczą się radzenia sobie z emocjami wywołanymi zaskoczeniem, tymczasową dezorientacją lub niepełnosprawnością. Utrata kontroli w poważnej sytuacji, pomimo aktywnych prób poradzenia sobie, spowoduje aktywację zarówno układu współczulno-nadnerczowego, jak i przysadkowo-korowonadnerczowego [Holst 1998]. Systemy te przygotowują zwierzę do natychmiastowego działania, ale mogą mieć długofalowe skutki, szczególnie w postaci tłumionej immunokompetencji. W niekorzystnych sytuacjach społecznych nadmierna reakcja emocjonalna może prowadzić do nieugiętej eskalacji konfliktów. W obecności drapieżnika nadmierna reakcja emocjonalna prowadząca do bezcelowej paniki zmniejsza szansę na przeżycie [Apanius 1998].

Zabawa poprawia funkcjonowanie w zakresie lokomocji i sprawności fizycznej, zwiększając szansę na przeżycie. Pozwala uniknąć niepożądanego eskalacji oraz prowadzi do szybszego rozwiązywania konfliktów wewnątrz stada. Zwierzęta pozbawione zabawy, czy to z powodu naturalnych okoliczności, czy sztucznej manipulacji, będą mniej zdolne do radzenia sobie w trudnych sytuacjach. Odwrotnie, zwierzęta stymulowane do większej niż zwykle ilości zabaw przewyższają inne osobniki pod względem zdolności radzenia sobie w nieoczekiwanych okolicznościach [Spinka i in. 2001].

Podsumowując, jagnięta podczas zabawy uczą się zachowań przydatnych w dorosłym życiu, zarówno sprawnej komunikacji wewnątrz stada, jak i umiejętności radzenia sobie w sytuacji zagrożenia. Zabawa wpływa na rozwój fizyczny owcy, warunkując lepsze przystosowanie do środowiska, większe przyrosty dobowe i szybszą sprawność reakcji na bodźce zewnętrzne.

Bibliografia

- Allen C., Bekoff M., 1997. *Species of Mind: The Philosophy and Biology of Cognitive Ethology*. MIT Press, Cambridge (MA).
- Apanius V., 1998. Stress and immune defense. *Adv. Study Behav.* 27, 133–153.
- Asante Y.A., Oppong-Anane K., Awotwi E.K., 1999. Behavioural relationships between Djallonke and Sahellian ewes and their lambs during the first 24 h post-partum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65(1), 53–61.
- Bekoff M., Allen C., 1998. Intentional communication and social play: how and why animals negotiate and agree to play. W: M. Bekoff, J.A. Byers (red.), *Animal Play: Evolutionary, Comparative and Ecological Perspectives*. Cambridge University, 97–114.
- Drabik L., Sobol E., 2007. *Słownik języka polskiego PWN*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Empel W., 2005. Portret psychologiczny świni. *Życie Wet.* 80(7), 396–399.
- Gruszecki T.M., Lipiecka C., Pieta M., Szymanowska A., Junkuszew A., Patkowski K., Bojar W., Szymanowski M., Greguła-Kania M., Liśkiewicz M., Wiercińska K., Deryło E., Ochal K., 2008. Polska owca nizinna odmiany uhruskiej oraz linie syntetyczne BCP i SCP. *Prz. Hod.* 5, 19–21.
- Holst D. von, 1998. The concept of stress and its relevance for animal behavior. *Adv. Study Behav.* 27, 1–131.
- Junkuszew A., Gruszecki T.M., Lipiecka C., Dudko P., Bojar W., Bracik K., Kasha M., Greguła-Kania M., Wiercińska K., 2015. Analiza wzrostu jagniąt syntetycznych linii pełno-mięsnych BCP i SCP. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zoot.* 11(2), 9–16, Lublin.

- Kamieniak J., Sapuła M., Budzyńska M., Hetman M., Brejta M., 2002. Dzienna aktywność koni huculskich na pastwiskach. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 20, 235–241.
- Kluczek J., 1994. *Behawior owiec*. Bydg. Tow. Nauk., Bydgoszcz.
- Kowalski A., 2000. Zjawisko dominacji i jego fizjologiczne implikacje u zwierząt. *Med. Weter.* 1, 1–4.
- Molik E., Milejska P., 2012. Zachowania dziedziczne i sposoby komunikowania się owiec. *Prz. Hod.* 3–4, 18–19.
- Nowicki J., Klocek C., 2009. Obserwacje zachowania zwierząt gospodarskich – kilka uwag praktycznych. *Prz. Hod.* 7, 26–29.
- Spinka M., Newberry R., Bekoff M., 2001. Mammalian play: training for the unexpected. *Q. Rev. Biol.*, 76(2), 141–68.
- Sztuch D., Ziemińska A., 2001. Ocena zachowania płciowego tryków. *Rocz. Nauk. Zoot., supl.* 11, 443–451.
- Sztuch D., Krośnicka-Bombala B., 2009. Zachowania społeczne owiec. *Prz. Hod.* 5, 10–13.
- Valdez R., Cardenas M., Sanchez J., 1991. Disruptive mating behavior by subadult Armenian wild sheep in Iran. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 29(1–4), 165–171.
- Wierzchoś E., 2006. *Wypas wspólnotowy a zdrowie zwierząt*. AR w Krakowie, Instytut Botaniki PAN, Kraków.

REAKCJA STRESOWA KONI NA WYBRANE CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

Ewa Galka¹, Claudia Metto¹, Sylwester Tkaczyk¹

Zjawisko stresu

Zjawisko stresu, pomimo że wszystkim dobrze znane, nie jest łatwe do zdefiniowania [Duncan i Chang 1970]. Działanie czynników zewnętrznych może wywołać pobudzenie emocji konia, którego konsekwencją jest stres. Przyjmuje się, że u zwierząt stres jest efektem wpływu niekorzystnych warunków środowiska, które wymuszają powstanie fizjologicznej odpowiedzi na działający czynnik, pozwalając tym samym na adaptację w nowym środowisku.

Pojęcie stresu wprowadził w latach 30. XX w. kanadyjski uczonec Hans Selye [1960]. W jego ujęciu każdy organizm żywy jest stale narażony na rozmaite, czyli zewnętrzne i wewnętrzne oraz psychiczne i fizyczne bodźce zaburzające homeostazę. Są to czynniki tak różne, jak wysoka lub niska temperatura otoczenia, zatrucie toksynami, hałas czy silne wrażenia emocjonalne. Zostały one nazwane przez Selyego stresorami. To pod ich wpływem w organizmie kształtuje się tzw. ogólny zespół przystosowawczy (ang. *general adaptation syndrome*, GAS), czyli nieswoisty, ale charakteryzujący się specyficzną aktywnością neurohormonalną i w konsekwencji zmianami patologicznymi (np. powiększenie nadnerczy, zanik grasicy, owrzodzenia w układzie pokarmowym).

Badania Selyego kontynuowali i rozwijali inni badacze [Bargiel 1997]. Dużą rolę odegrały wówczas obserwacje z zakresu psychologii i zachowania się zwierząt. Okazało się, że w wytworzeniu reakcji stresu ogromne znaczenie ma postrzeganie przez organizm sytuacji, czyli tzw. poczucie kontroli. Silny stres powstaje wówczas, gdy następuje utrata poczucia kontroli, tj. zwierzę nie może dzięki własnej aktywności, czyli odpowiedniego zachowania się, uniknąć stresorów.

Wymienia się wiele określeń czynników stresogennych [Burrows 1995]. Bardzo trafne wydaje się stwierdzenie, że stresor to czynnik, „którego działanie powoduje przekroczenie zdolności adaptacyjnych organizmu”. Inaczej mówiąc, powoduje zaburzenia w równowadze środowiska wewnętrznego organizmu. Stan taki może być spowodowany przez jeden bardzo silny bodziec bądź też „bombardowanie” organizmu często powtarzającymi się bodźcami o znacznie słabszym natężeniu. Stresory działające na zwierzęta można podzielić na fizyczne i socjalne (powstające w wyniku interakcji z przedstawicielami tego samego gatunku oraz związane z obecnością człowieka). Stresory mają działanie addytywne. Oznacza to, że efekt działania wielu czynników stresowych na zwierzę w danym momencie będzie większy

¹ Katedra Hodowli i Użytkowania Koni, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

niż w przypadku tylko jednego czynnika. Dlatego czynniki takie jak odsadzenie czy transport mogą być szczególnie trudne do zniesienia przez zwierzęta.

Jak podają Frindt i in. [2006], źródła stresu zwierząt użytkowych mogą być następujące: niewłaściwe parametry zoohigieniczne (np. temperatura, wilgotność, oświetlenie, jakość powietrza, promieniowanie elektromagnetyczne i inne), niewłaściwe żywienie niezaspokajające potrzeb fizjologicznych, niewłaściwe systemy utrzymania (np. utrzymywanie kur w klatkach), czynniki chorobotwórcze, brak poczucia bezpieczeństwa, transport, czynniki psychologiczne (np. napięcie emocjonalne, zagrożenia fizyczne, przeciążenia, izolacja, monotonia, uwięzienie).

Sytuacja stresowa powoduje wystąpienie różnorodnych działań adaptacyjnych organizmu, gdyż każdy stresor wywołuje reakcję alarmową, w której wyróżnić można dwie fazy: wstrząs (szok) oraz adaptacyjne reakcje przeciwstresowe. Do charakterystycznych objawów pierwszej fazy stresu należy pobudzenie nerwowe, podniesienie ciśnienia krwi, hiperglikemia, wzrost temperatury, leukopenia. Organizm pozostający w równowadze ma zdolności adaptacyjne, gdy poziom stresu jest albo relatywnie niski, nieuciążliwy dla zwierzęcia, lecz w pełni możliwy do adaptacji, albo średni – wtedy jest już szkodliwy dla organizmu. Wysoki poziom stresu, szkodliwy dla zwierząt i powodujący ich cierpienia, jest trudny do adaptacji, a określa się go jako *distres*. Już w fazie wstrząsu organizm aktywizuje szereg przemian metabolicznych, które można uznać za działania odpornościowe.

Jeśli działanie stresowe o dużym nasileniu występuje nadal, dochodzi zwykle do wyczerpania organizmu [Frindt i in. 2006]. Stadium to manifestuje się znacznym osłabieniem działania nadnerczy, dużym zmniejszeniem rezerw kortykoidów, cholesterolu i witaminy C. Występują zmiany patologiczne, takie jak w przypadku niedoczynności nadnerczy, kończące się nieodwracalnymi zmianami i śmiercią.

Każdy organizm, znajdujący się w sytuacji stresowej, dąży do adaptacji [Bargiel 1997]. Podstawową rolę w tym procesie odgrywa ośrodkowy układ nerwowy i kora nadnerczy. Czynniki stresogenne pobudzają neurony w podwzgórzcu. Ich aktywizacja powoduje uwalnianie kolejnych hormonów – etap ten zapoczątkowuje uruchomienie tzw. osi przysadkowo-nadnerczowej. Równolegle następuje aktywizacja głównego ośrodka układu współczulno-nadnerczowego, jądra sinawego, zlokalizowanego w centralnym ośrodkowym układzie nerwowym, a odpowiedzialnego za wydzielanie noradrenaliny. W bezpośrednim związku z pobudzeniem osi przysadkowo-nadnerczowej i układu współczulno-nadnerczowego pozostaje układ limbiczny. Odgrywa on bardzo ważną rolę w generowaniu emocji związanych z motywacjami. Steruje m.in. popędem strachu i wściekłości oraz innymi emocjami. Równoczesne pobudzenie dwóch ośrodków: osi przysadkowo-nadnerczowej oraz układu limbicznego powoduje zdecydowane wzmocnienie reakcji na stres, co skutkuje wyraźnym zwiększeniem zawartości glikokortykoidów w osoczu.

W początkowej fazie wzrost stężenia glikokortykoidów działa korzystnie, ponieważ powoduje uruchomienie procesów lipolizy i dostarczenie w ten sposób energii dla procesów adaptacyjnych. Długotrwałe działanie stresu, powodujące utrzymującą się wysoką zawartość glikokortykoidów, staje się w późniejszym czasie wyraźnie szkodliwe dla organizmu. Występuje bowiem upośledzenie i hamowanie wielu fizjologicznych procesów. Długotrwała duża zawartość glikokortykoidów we krwi może powodować zmniejszenie się masy takich narządów, jak gruczoł, śledziona, węzły chłonne. Stan taki może prowadzić także do osłabienia bariery immunologicznej.

Uwidoczniła się tu różnica pomiędzy stresem krótkotrwałym (ang. *acute stress*) a przewlekłym (ang. *chronic stress*) [Fuchs i Flugge 2002]. Można powiedzieć bardzo ogólnie, że w trakcie reakcji stresowej te same środki obronne użyte na krótką metę dają pozytywny rezultat, natomiast w dłuższym czasie mogą przyczynić się do poważnych zaburzeń. Wpływ

stresu na układ krążenia na krótko stymuluje pewien typ reakcji obronnej. Przy działaniu długotrwałym jednak może prowadzić do nadciśnienia tętniczego. Ze względu na powiązanie ze sobą rozmaitych mechanizmów fizjologicznych stres może wpływać negatywnie nie tylko na zdrowotność, ale również choćby na rozród i odporność organizmów.

Według Cockrem [2005] występują dwa typy reakcji stresowej: czynna (typu atak – ucieczka) i bierna (zniecieruchomienie, depresja). Każda z nich charakteryzuje się innym profilem kontroli neurohormonalnej. W pierwszym przypadku wykazano pobudzenie aktywności rdzenia nadnerczy – wyrzut adrenaliny i noradrenaliny, w drugim – zwiększenie poziomu hormonów kory nadnerczy – kortykosteroidów. Te dwa rodzaje reakcji stanowią dwa style zmagania się organizmu z trudnymi i niebezpiecznymi sytuacjami, gdy musi zostać zaktywizowany system obronny.

Odpowiedź behawioralna na stres następuje często na podstawie utrwalonych wzorców nabytych w trakcie życia osobniczego. Takim przykładem może być stres wynikający z przeniesienia zwierzęcia do nowego pomieszczenia. W obrębie tego samego gatunku występują też znaczne różnice w zachowaniu się poszczególnych zwierząt w odpowiedzi na ten sam czynnik stresujący. Istotną rolę wywierają tutaj uwarunkowania genetyczne. Radzenie sobie ze stresem jest więc indywidualną cechą każdego organizmu. Duże znaczenie ma temperament zwierzęcia oraz inne cechy osobnicze, które w znacznej mierze warunkują odpowiedź organizmu na działanie stresorów. Postrzeganie określonego bodźca jako stresora uzależnione jest bowiem m.in. od wieku zwierzęcia, płci, rasy. Stres jest więc zjawiskiem wielowymiarowym, mającym swoje komponenty fizjologiczne i behawioralne.

Każdy organizm, w tym również organizm konia domowego, jest w ciągu doby narażony na działanie ogromnej liczby bodźców środowiskowych, a niektóre z nich mogą być tak silne, że wynikiem ich działania jest naruszenie homeostazy, rozumianej jako zdolność do utrzymywania przez organizm równowagi środowiska wewnętrznego [Duncan i Chang 1970]. Reakcja organizmu na działanie czynników zewnętrznych uzależniona jest od wrażliwości indywidualnej, wieku, płci, aktualnego stanu zdrowia i szeregu innych czynników. Odpowiedź organizmu zależy również od zmian fizjologicznych organizmu [Lambert i in. 2002]. Dobrym przykładem jest ilość produkowanej serotoniny, ściśle skorelowana z długością dnia świetlnego. Ważny jest również fakt, że istnieje zróżnicowanie osobnicze w obrębie tego samego gatunku, które wynika z przystosowywania się zwierząt do środowiska, ale i z uwarunkowań genetycznych [Haupt 2011]. Genotyp nie tylko determinuje wrażliwość osobniczą na różnorodne bodźce ze środowiska, ale również kreuje powstawanie ogólnych form zachowania. Specyficzna budowa anatomiczna, właściwy przebieg procesów fizjologicznych oraz behavior ułatwiają zwierzętom zmniejszenie obciążenia organizmu spowodowanego przez stresogenne czynniki środowiska zewnętrznego, np. utrata ciepła z organizmu jest uzależniona od temperatury otoczenia oraz odmienna u koni różnego typu [Cohen 2011].

Czynniki atmosferyczne a stres koni

Konie należą do zwierząt stalocieplnych [Avery 1982]. W niekorzystnych warunkach mogą niestety tracić zbyt dużo ciepła, bądź też, pomimo mechanizmu termoregulacyjnego, borykać się z problemami w jego oddawaniu. Po przekroczeniu możliwości termoregulacyjnych może dojść do przegrzania organizmu, porażenia ośrodka termoregulacji, udaru cieplnego, a nawet śmierci termicznej. Temperatura powietrza ma wpływ na przejawianie różnych form zachowania koni, począwszy od odpoczynku i aktywności, poprzez poszukiwanie

schronienia lub komfortu cieplnego, przytulanie się zwierząt do siebie, aż po występowanie zachowań stereotypowych [Arnold i in. 2006]. Wysoka temperatura powoduje u koni senność i spadek aktywności oraz wzmożone poszukiwanie cienia [Jørgensen i Bøe 2007]. Zaobserwowano również, że dla poprawy cyrkulacji powietrza wokół ciała zwierzęta rzadko kładą się podczas bardzo wysokich temperatur [Schütz i in. 2010]. Stwierdzono również występowanie istotnej korelacji pomiędzy częstotliwością skurczów serca a temperaturą powietrza. Średnia częstość skurczów serca osiąga najwyższe wartości latem, najniższe zaś zimą. Brinkmann i in. [2012] podają, że średnia częstotliwość skurczów serca latem wynosi 52,8 uderzeń/min., następnie zimą spada do 29 uderzeń/min. Wykazano również istnienie korelacji między temperaturą ciała i temperaturą otoczenia [Arnold i in. 2006]. Brinkmann i in. [2012] sugerują, że obniżona temperatura podskórna oraz spadek częstotliwości skurczów serca w okresie zimowym są przejawem hipometabolizmu. Arnold i in. [2006] również zwrócili uwagę na osłabienie procesów metabolicznych zachodzących zimą. Zjawisko to jest znane wśród zwierząt hibernujących.

Ekstremalnie wysoka temperatura działa niekorzystnie zarówno na zwierzęta, jak i na ludzi [Huey i Kingsolver 1993]. Upały są bardziej niebezpieczne dla zwierząt niż przebywanie nawet w bardzo niskiej temperaturze. Obecnie użytkowane konie w porównaniu z ich przodkami są gorzej przystosowane do pracy w wysokiej temperaturze. Zbyt wysoka temperatura może prowadzić do stresu cieplnego u koni, co przekłada się na ich mniejszą zdolność do wykonywania określonych zadań [Freeman 2012]. Zaaklimatyzowane zwierzęta powinny radzić sobie z podwyższoną temperaturą, jednak w trakcie pracy z końmi w gorące i wilgotne dni człowiek musi być świadom tego zagrożenia.

Zwiększona sekrecja hormonów tarczycy pobudzających metabolizm jest częścią długoterminowej adaptacji organizmu do zimnego środowiska [Möstl i Palme 2002]. Stwierdzono 66-procentowy wzrost zawartości tyroksyny u koni nieprzystosowanych do zimna w odpowiedzi na nagłe ochłodzenie (spadek temperatury z 11,1 do 2,8°C wraz z występowaniem deszczu) oraz 17-procentowy wzrost zawartości tego hormonu u koni przystosowanych do zimnego otoczenia [Mejdell i Bøe 2005]. Konie zimnokrwiste i kuce lepiej radzą sobie w trudnych warunkach środowiskowych niż konie gorącokrwiste. Odpowiedź organizmu związana jest z aklimatyzacją zwierząt do danych warunków środowiskowych, wiekiem oraz poziomem żywienia. Autio [2008] sugeruje, że najniższą wartością krytyczną temperatury otoczenia dla koni jest -15°C, natomiast wg badań Mejdell i Bøe [2005] konie islandzkie dobrze radzą sobie nawet w temperaturze -31°C. Wymienieni autorzy sugerują, że temperatura -31°C nie jest wyzwaniem dla termoregulacji tych koni pod warunkiem, że dostają paszę wysokiej jakości i mają dostęp do schronienia.

Wiatr z kolei zwiększa pobudliwość koni [Jørgensen i Bøe 2007]. Podczas wietrznej pogody konie przejawiają wzmożoną aktywność związaną z grzebaniem przednią nogą, co może być objawem zaniepokojenia. Również „pozycja alarmowa” jest przyjmowana przez konie zdecydowanie częściej podczas chłodniejszych, wietrznych dni niż w okresie „spokojnej” pogody. Autorzy ci sugerują, że grzebanie oraz wzmożona lokomocja mogą być objawem frustracji oraz zniecierpliwienia zwierząt z powodu braku możliwości ucieczki przed zmianą czynników atmosferycznych.

Użytkowanie i trening koni a stres

Jednym z czynników najbardziej dokuczliwych dla koni jest w tym przypadku hałas, czyli wszystkie dźwięki, które powodują dokuczliwość bądź są szkodliwe dla zdrowia [Frindt

i in. 2006]. O szkodliwości decyduje natężenie dźwięku, częstotliwość i długość fali akustycznej. Uważa się, że w pomieszczeniach dla koni natężenie dźwięków nie powinno przekraczać 70 dB. Niestety zwłaszcza konie sportowe lub wyścigowe są narażone na hałaśliwe otoczenie podczas startu w zawodach lub gonitwach. Wieloletnie użytkowanie sportowe koni może przyczynić się nawet do stopniowej utraty przez nie słuchu [Jørgensen i Bøe 2007].

Kolejnym czynnikiem stresogennym jest transport, pomimo że warunki przewozu zwierząt określają odpowiednie przepisy mające na celu ich dobrostan [Gavinelli i Simonin 2003]. Transport koni pociąga za sobą występowanie potencjalnych stresorów, takich jak: załadunek oraz rozładunek, zamknięcie w nieznanym środowisku, niedostateczna wentylacja, wibracje, hałas, brak dostępu do wody i pożywienia oraz gwałtowne zmiany temperatury i wilgotności otoczenia. Skutkiem działania tych stresorów jest odpowiedź organizmu w postaci zmian w fizjologii oraz zachowaniu. Duże znaczenie mają też temperament zwierzęcia oraz inne cechy osobnicze, które w znacznej mierze warunkują odpowiedź organizmu na czynniki o charakterze stresorów. Zauważono, że u zwierząt agresywnych występuje wyjściowo większe stężenie ACTH w porównaniu ze zwierzętami spokojnymi [Fazio i in. 2000]. Warty uwagi stresorem są dźwięki o wysokiej częstotliwości, generowane przez urządzenia mechaniczne, niesłyszalne dla ludzi, a powodujące zaniepokojenie wśród koni. Na dobrostan znaczący wpływ ma również wielkość przestrzeni dostępnej w przyczepie, jakość drogi, sposób prowadzenia auta oraz ustawienie zwierzęcia względem kierunku ruchu [Hartung 2003, Stull 1999]. Duże znaczenie dla zachowania się zwierząt ma też obsługa transportu i sposób wprowadzania koni do pojazdu. Istnieją również publikacje świadczące o zmianach wartości niektórych parametrów biochemicznych krwi u zwierząt transportowanych na różne odległości [Gupta i in. 2007, Krawczel i in. 2007, Stull i Rodiek 2000].

Wysiłek fizyczny i proces treningowy powodują liczne zmiany w organizmie, a w szczególności w układzie krążenia i układzie oddechowym [Gordon 1994]. Zjawiska te zachodzą w obu układach równocześnie i w sposób zintegrowany jako część reakcji zachowania homeostazy organizmu. W czasie wysiłku fizycznego zwiększa się pojemność minutowa serca dzięki wzrostowi objętości wyrzutowej i zwiększeniu częstości skurczów. Częstość skurczów jest wprost proporcjonalna do intensywności wysiłku, a także do pobrania tlenu [Czerw 2000].

Większość badań z zakresu fizjologii wysiłku koni dotyczy koni wyścigowych oraz koni rajdowych [Hyypä i in. 1997, Davie i Evans 2000, Szarska 2001, Kędziński i Podolak 2001]. Autorzy koncentrowali się na określeniu poszczególnych parametrów lub poszczególnych procesów zachodzących w organizmie pod wpływem wysiłku i treningu. Zwykle przeprowadzano testy wysiłkowe na bieżniach lub testy polowe na określonych dystansach. Nieliczne są jednak badania na koniach sportowych startujących w klasycznych dyscyplinach jeździeckich, gdyż ta grupa koni charakteryzuje się brakiem stałego punktu odniesienia, jak np. przebyty dystans gonitwy lub prędkość na kolejnych odcinkach toru u koni wyścigowych.

Wskaźniki fizjologiczne organizmu są bardzo pomocne przy ocenie stanu fizycznego zwierząt [Kędziński i Podolak 2001]. U koni w spoczynku częstość skurczów serca powinna wynosić ok. 40 uderzeń/min., liczba oddechów między 12 a 20/min., a temperatura ciała ok. 38°C. Przy bardzo intensywnym wysiłku częstość skurczów serca może wzrosnąć do 200 uderzeń/min., liczba oddechów dwu- lub nawet trzykrotnie, a temperatura ciała może osiągnąć 40°C. Są to naturalne zmiany fizjologiczne związane z wysiłkiem organizmu, jednak nie mogą trwać zbyt długo. Po ok. 5 min od zakończenia treningu powinno się obserwować radykalne obniżenie parametrów fizjologicznych, a powrót do wartości spoczynkowych (wyjściowych) powinien nastąpić najpóźniej po 15 min.

W najnowszych badaniach coraz więcej wagi przywiązuje się do powiązań dzielności koni z cechami ich psychiki. Zrównoważenie nerwowe jest szczególnie istotne u koni, których większość form wykorzystania sprowadza się do bezpośredniego kontaktu z człowiekiem. Dlatego też zastosowanie łatwo mierzalnych wskaźników stanu psychicznego i jego zmian ma znaczną przydatność praktyczną. Odpowiednie właściwości układu nerwowego są podstawowym atrybutem konia sportowego wysokiej wartości, użytkowanego czy to wierzchowo, czy też zaprzęgowo.

Oprócz wieku i temperamentu koni warunki pogodowe są jednym z ważniejszych wskaźników, które należy brać pod uwagę, planując odpowiedni trening. Mogą one mieć znaczenie zarówno z uwagi na stan emocjonalny i reakcje behawioralne koni, jak również z powodu specyficznej odpowiedzi fizjologicznej. Schurink i in. [2009] wskazują, że istnieje zależność między panującymi warunkami atmosferycznymi a szybkością koni startujących na wyścigach.

Bibliografia

- Arnold W., Ruf T., Kuntz R., 2006. Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*). II. Energy expenditure. J. Exp. Biol. 209, 4566–4573.
- Autio E., 2008. Loose housing of horses in a cold climate. Praca dokt., Department of Biosciences, University of Kuopio.
- Avery R.A., 1982. Field studies of body temperatures and thermoregulation. W: C. Gans (red.), Biology of the Reptilia, vol. 12, Academic Press of Cornell University, Ithaca, 93–166.
- Bargiel Z., 1997. Stres – problem otwarty. UMK, Toruń.
- Brinkmann L., Gerken M., Riek A., 2012. Adaptation strategies to seasonal changes in environmental conditions of a domesticated horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). J. Exp. Biol. 215, 1061–1068.
- Burrows E., 1995. Animal Behavior Desk Reference. CRC Press, Boca Raton–Ann Arbor–London–Tokyo, 527–528.
- Cockrem J., 2005. Conservation and behavioral neuroendocrinology. Horm. Behav. 48, 492–501.
- Cohen A.H., 2011. Climate, weather and political behavior. Praca dokt., University of Iowa.
- Czerw P., 2000. Rola erytrocytów i potu w utrzymaniu homeostazy wysiłkowej u koni o sprecyzowanej wydolności fizycznej. Praca dokt., AR Wrocław.
- Davie A.J., Evans D.L., 2000. Blood Lactate Response to Submaximal Field Exercise Tests in Thoroughbred Horses. Vet. J. 159(3), 252–258.
- Duncan J.M., Chang C.Y., 1970. Nonlinear analysis of stress and strain in soils. J. Soil Mech. Found. Div. 96(5), 1629–1653.
- Fazio E., Cavaleri S., Medica P., Ferlazzo A., 2000. Livelli sierici medi di ACTH e cortisolo in vitelli Limousine dopo trasporto di lunga durata: influenza del temperamento e del calo ponderale. Atti Congr. Naz. Soc. Ital. Buoiat. 32, 197–201.
- Freeman D.W., 2012. Water, feeding practices and heat stress in horses. OSU Department of Animal Science, Extension Equine Specialist.
- Frindt A., Zoń A., Bielański P., 2006. Stres jako forma zachowania się zwierzęcia. Wiad. Zootech. 44(1), 15–18.
- Fuchs E., Flugge G., 2002. Social stress in tree shrews. Effect on physiology, brain function and behavior of subordinate individuals. Pharmacol. Biochem. Behav. 73, 247–258.
- Gavinelli A., Simonin D., 2003. The transport of animals in European Union: the legislation, its enforcement and future evolutions. Vet. Res. Commun. 27 (Suppl.), 529–534.
- Gordon W.F., 1994. Fizjologia. PZWL, Warszawa.
- Gupta S., Earley B., Crowe M.A., 2007. Effect of 12-hour road transportation on physiological, immunological and haematological parameters in bulls housed at different space allowances. Vet. J. 3, 605–616.

- Hartung J., 2003. Effect of transport on health of farm animals. *Vet. Res. Commun.* 27 (Suppl.), 525–527.
- Haupt K.A., 2011. Domestic animal behavior for veterinarians and animal scientists. John Wiley & Sons, Hoboken, USA.
- Huey R.B., Kingsolver J.G., 1993. Evolution of resistance to high temperature in ectotherms. *Am. Nat.* 142, S21–S46.
- Hyypä S., Räsänen L.A., Pösö R., 1997. Resynthesis of glycogen in skeletal muscle from standard-breed trotters after repeated bouts of exercise. *Am. J. Vet. Res.* 58, 162–170.
- Jørgensen G.H.M., Bøe K.E., 2007. A note on the effect of daily exercise and paddock size on the behaviour of domestic horses (*Equus caballus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, 166–173.
- Kędzierski W., Podolak M., 2001. Zmiany metaboliczne u koni w procesie ujeżdżania. *Med. Weter.* 57, 207–209.
- Krawczel P.D., Friend T.H., Caldwell D.J., Archer G., Ameiss K., 2007. Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. *J. Anim. Sci.* 85, 468–476.
- Lambert G.W., Reid C., Kaye D., Jennings G.L., Esler M.D., 2002. Effect of sunlight and season on serotonin turnover in the brain. *Lancet* 360, 1840–1842.
- Mejdell C.M., Bøe K.E., 2005. Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 85, 307–308.
- Möstl E., Palme R., 2002. Hormones as indicators of stress. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23(1), 67–74.
- Schurink M.C., Theunissen J., Ducro B.J., Bijma P., Grevenhof E.M. van, 2009. Identification of environmental factors affecting the speed of purebred Arabian racehorses in the Netherlands. *Livest. Sci.* 125, 97–100.
- Schütz K.E., Rogers R., Poulouin Y., Cox N.R., Tucker C.B., 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93, 125–133.
- Selye H., 1960. *Stres życia*. PZWL, Warszawa.
- Stull C.L., 1999. Responses of horses to trailer design, duration, and floor area during commercial transportation to slaughter. *J. Anim. Sci.* 77, 2925–2933.
- Stull C.L., Rodiek A.V., 2000. Physiological responses of horses to 24 hours of transportation using a commercial van during summer conditions. *J. Anim. Sci.* 78, 1458–1466.
- Szarska E., 2001. Zmiany wybranych parametrów krwi koni rajdowych w zależności od długości dystansu. *Med. Weter.* 57, 522–526.

ZMIANY W ZACHOWANIU WYBRANYCH RAS OWIEC W TRAKCIE PRYZWYCZAJANIA DO PRACY Z PSEM PASTERSKIM

Jacek Sokołowski¹, Gabriela Rodak¹, Anna Wieszczyk¹, Izabela Ołończyk¹,
Małgorzata Goleman², Krzysztof Patkowski³

Owce są zwierzętami stadnymi, o dobrze rozwiniętym zmyśle wzroku, słuchu i węchu. Silny instynkt stadny sprawia, że owce trzymają się w grupie, nawet gdy mają do dyspozycji duże, wysokiej jakości pastwisko. Owca odłączona od stada stara się wrócić do niego jak najszybciej, nie zważając na przeszkody [Szytych i Krośnicka-Bombała 2009, Molik i Milejska 2012]. Życie w stadzie wymusza zachowania hierarchiczne, więc stado podporządkowane jest osobnikowi dominującemu, „przewodnikowi” grupy [Nowicki i Zwolińska-Bartczak 1983]. Ta zależność umożliwia kierowanie stadem zarówno przez człowieka, jak i przez psa.

Owce w dzisiejszym chowie utrzymywane są w środowisku stworzonym przez człowieka, z podziałem na grupy hodowlane o podobnych cechach użytkowania. Poszczególne rasy owiec są wynikiem celowej selekcji hodowlanej, a różnice pomiędzy nimi wynikają z kierunków użytkowości oraz cech osobników użytych do tworzenia rasy. Ingerencja człowieka w kształtowanie ras wywarła silny wpływ nie tylko na cechy fizyczne, ale też na cechy psychiczne wszystkich hodowanych gatunków [Węglarzy i Skrzyżala 2012].

Zachowania pastwiskowe poszczególnych ras owiec różnią się od siebie. Owce ras stadnych pasą się w zwartym szyku, pozostając w stałym kontakcie wzrokowym. Owce fryzjskie i mieszańce tej rasy nie wykazują stadności i pasą się w rozproszeniu. Wielkość stada również ma wpływ na sposób wypasu owiec; jeżeli stado jest liczne, to po wyjściu na pastwisko dzieli się na kilka mniejszych grup. Gdy zmniejszają się zasoby pastwiska, stado zaczyna dzielić się na mniejsze podgrupy. Zachowania owiec podczas przebywania na pastwisku są też cechą osobniczą, jedne zwierzęta są bardzo aktywne i skupiają się na pobieraniu pokarmu, inne niechętnie skubią roślinność, wykonując za to szereg innych czynności. Umiejętność korzystania z pastwiska nie jest cechą wrodzoną. Zaobserwowano, że półroczne owce, które od urodzenia przebywały w owczarni, po wypuszczeniu na pastwisko przez długi czas stały bezradnie i wokalizowały, nie pobierając pokarmu, pomimo że widziały inną grupę owiec pasących się na pobliskim pastwisku. Indywidualne cechy ras owiec odgrywają więc znaczącą rolę w przystosowaniu się do pastwiskowego systemu utrzymania [Kluczek 1994].

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Kynologiczna, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Katedra Etologii i Dobrostanu Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

³ *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Wybrane rasy owiec

Świniarka jest jedną z pierwotnych ras owiec, występującą w Europie Środkowej i Zachodniej. W okresie międzywojennym występowała licznie na terenie całej Polski. Później została wyparta przez rasy owiec, które były bardziej dochodowe. Poglówie tej owcy spadło na tyle, że w 1987 r. podjęto próbę jej reintrodukcji. W wyniku ostrej selekcji z kilku owiec w typie świniarki odtworzono owce o wyglądzie typowym dla rasy. Owca ta ze względu na swój pierwotny genotyp stanowi cenny element różnorodności biologicznej [Bielska 2010]. Świniarki świetnie przystosowują się do lokalnych warunków środowiskowych, mają niewielkie wymagania żywieniowe oraz są odporne na choroby. Ze względu na te cechy zostały wykorzystane do stworzenia krzyżówek regionalnych. Masa ich ciała wynosi 40–50 kg u tryków i 25–35 kg u maciorek [Sikora i Kawęcka 2011].

Prace nad powstaniem owcy uhruskiej rozpoczęły się w 1957 r. pod kierownictwem prof. Adama Domańskiego w Uhrusku. Do wytworzenia tej rasy użyto w linii żeńskiej maciorek merynosowych i długowelnistych, a w linii męskiej tryków rasy leine i kent oraz tryków sprowadzonych z RZD Żelazna. Dalsze prace hodowlane w Stacji Badawczej Bezek prowadził prof. dr hab. Tadeusz Efner. Dążył on do wyrównania rasy oraz poprawy takich cech, jak wydajność wełny, jej gęstość, pole obrostu i charakter, a także do zwiększenia plenności. W latach 90. XX w. owcę uhruską włączono do programu doskonalenia plenności* (p.d.p.) owiec i uznano ją za polską owcę niziną. Masa ciała owiec tej rasy wynosi 55–80 kg u maciorek i 95–110 kg u tryków [Gruszecki i Pięta 2013].

Rasa SCP powstała w wyniku zapotrzebowania na rynku na mięso owcze i spadającego zapotrzebowania na wełnę owczą. Jest to rasa syntetyczna, która została utworzona z inicjatywy profesorów: Tomasza M. Gruszeckiego i Czesławy Lipeckiej z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Do krzyżówki użyto ras rodzimych: merynosów polskich (MP) i owiec uhruskich (PON), zagranicznych ras mięsnych: suffolk (S) i charolaise (C) oraz ras plennych, takich jak owca romanowska i fińska. Do wyboru tych ras przyczyniły się wcześniejsze badania naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie oraz z innych ośrodków naukowych. Powstanie rasy nastąpiło w dwóch etapach:

Etap 1: ♀ suffolk (S) × ♂ charolaise (C)

Etap 2: ♀ z „p.d.p.”* (25% rasy plennej, 75% PON lub MP) × ♂ SC

♂ z „p.d.p.”* (25% rasy plennej, 75% PON lub MP) × ♀ SC

Owce te są stosunkowo duże i mają dobrze zaznaczone umięśnienie, maciorki mogą osiągać masę ok. 70 kg, a tryki ok. 100 kg [Gruszecki i in. 2016].

Wykorzystanie psa pasterskiego

Zdolności psów pasterskich ważne są nie tylko dla farmerów, ale także dla owiec i ich dobrostanu. Dzięki selekcji pod kątem użyteczności można polepszyć zdolności psa do pracy z owcami [Arvelius i in. 2013]. Praca psa pasterskiego jest zróżnicowana w zależności od tego, czy wypas owiec prowadzony jest na rozległych łąkach i pastwiskach, na górskich halach, czy też na terenach z rozwiniętą uprawą roli i dużymi arealami tych upraw.

Wyodrębnić można dwa style pracy psa: tradycyjny oraz angielski, związane z różnicami w wypasie owiec i wielkości terenu. W stylu tradycyjnym pies pracuje blisko stada, chroni je przed drapieżnikami, zbiera oraz przeprowadza na miejsce wypasu często wąskimi drogami. W takich warunkach pasterz często korzystał z pracy dwóch psów, które miały za zadanie utrzymać stado w zwartym szyku, tak aby nie dopuścić do wypasu na terenie upraw.

Kiedy jakaś owca odłączała się, pies nagał ją do stada, podszczypując w razie konieczności, bez ranienia owcy. W stylu tradycyjnym pracują takie rasy, jak: owczarek niemiecki, biały owczarek szwajcarski, owczarek belgijski, owczarek francuski [Goleman 2001, Redlicki 2018]. Styl angielski charakteryzuje praca psa na rozległych przestrzeniach, gdzie do jego zadań należy pozbieranie rozpiezchniętych owiec z pastwiska i pomoc w ich przepędzaniu między pastwiskami. W stylu angielskim pracuje border collie.

Hodowla psów pasterskich ukierunkowana była na zdolność i efektywność w pracy, dlatego do kojarzeń wybierane były psy najlepiej pracujące, czyli o silnym instynkcie i podatne na szkolenie. Silny instynkt pasterski wymusza stosowanie podczas szkolenia psa pasterskiego zarówno wzmocnienia pozytywnego, jak i negatywnego [Marschark i Baenninger 2002].

Początkowo nazwą collie określano wszystkie owczarki pasterskie. W celu poprawienia cech psa pracującego zaczęto krzyżować owczarki collie z psami myśliwskimi, np. seterami, pointerami. Prawdopodobnie użycie ras psów myśliwskich przyczyniło się do wykształcenia takich cech, jak skradanie się oraz przyjmowanie pozy nazwanej u border collie „silnym okiem”. Sposób poruszania się jest bardzo charakterystyczny podczas pracy i zachowanie to zostało utrwalone genetycznie u tej rasy. Styl pracy border collie to praca szeroko i cicho, w sposób, który przypominał polowanie, z wyłączeniem ostatniej fazy polowania, czyli zabicia ofiary [Spady i Ostrander 2008, Arvelius i in. 2009, Storteig Horn i in. 2017, Redlicki 2018].

Na hodowlę border collie ogromny wpływ miało powstanie w 1906 r. International Sheep Dog Society (ISDS), którego celem była hodowla, szkolenie i doskonalenie psów owczarskich na terenie Wielkiej Brytanii. Użytkowość psów zaczęto sprawdzać na konkursach pracy. Selekcja utrwaliła takie cechy border collie, jak: brak szczekania podczas pracy, „silne oko” i stalking [Early i in. 2016, Taylor i in. 2016, Redlicki 2018].

Pożądaną cechą u border collie jest „silne oko” – jest to umiejętność stanowczego i opanowanego wpatrywania się w stado owiec, pies jest w stanie utrzymywać stado zebrane w grupę, dzięki czemu nie musi nadmiernie obiegać stada. Umiejętność ta ma znaczący wpływ na utrzymanie stada w spokoju i mniejsze jego zmęczenie [Quarion i Presberg 1998].

Border collie jest rasą wyhodowaną na pograniczu Szkocji i Anglii, w regionie Northumbrian. Sama nazwa rasy „border collie” powstała w Wielkiej Brytanii ok. 1916 r. i choć została zaakceptowana, często używana była nadal nazwa „working sheepdog” [Collins 2012, Redlicki 2018]. Border collie w obrębie rasy różni się znacznie charakterem, ale nie stwierdzono różnic zależnych od płci [Riemer i in. 2016]. We wszystkich rodowodach można doszukać się wspólnego przodka, którym był Old Hemp, silny pies pracujący o żywym temperamencie, który pozostawił po sobie ponad 200 szczeniąt. Border collie na początku były hodowane w czterech liniach użytkowych:

- typ Northumbrian – powstał w wyniku połączenia suki o powściągliwym temperamencie i „silnym oku” oraz psa o słabym oku i przyjaznym usposobieniu; fenotypowo to pies średniej wielkości, o długim włosie, z niewielką ilością białych znaczeń; typ ten prezentował Hemp;

- typ Nap – jego nazwa wywodzi się od psa zwanego Whitehope Nap; psy tego typu mają krótki włos, są szybkie, silne i wydajne w pracy, często proporcje ich sylwetki wpisane są w kwadrat ze względu na krótszy korpus i długie nogi; w Ameryce wykorzystywane były do pracy z bydłem;

- typ Wiston Cap – zapoczątkowany został od psa Cap należącego do J.M. Wilsona oraz Wiston Capa, który był wyjątkowym psem pracującym; psy tego typu były zazwyczaj większe, o mocnej budowie głowy, długowłose, z dużą ilością białych znaczeń;

w pracy wyróżniały się zdolnością do naturalnie bardzo szerokich outranów i miały uległe usposobienie;

– typ Tommiego Herdmana – nazwa tego typu przyjęła się od psa Herdman's Tommy, o mocnej budowie, średniej wielkości i długim włosie; psy te odznaczały się dobrym charakterem, siłą i nieustępliwością [Kennel].

Wpływ pracy psa pasterskiego na zachowanie owiec

W badaniach własnych prowadzono obserwacje zachowania trzech ras owiec: owcy uhruskiej, owiec linii SCP i świniarki, podzielonych na stadka po 15 maciorek z każdej rasy. Obserwacje prowadzono w Stacji Dydaktyczno-Badawczej Małych Przeżuwaczy im. prof. Tadeusza Efniera w Bezku. Celem obserwacji było zbadanie wpływu pracy doświadczonego psa pasterskiego na zachowanie owiec. Obserwacje prowadzono przez 14 dni na przylegającym do owczarni, ogrodzonym pastwisku o powierzchni 3 ha. Zmiany zachowania owiec i pracujących psów oceniano według przyjętych kryteriów. Do przeprowadzenia badania użyto trzech psów rasy border collie, które od najmłodszych lat codziennie pracują w prywatnym gospodarstwie przy owcach, ponadto startują w zawodach pasterskich. Były to:

– samiec J., wiek 4 lata, wyszkolenie IHT2-CS; pies spokojny i pewny siebie, pracuje zarówno wzrokiem, jak i ciałem; zachowuje dobry dystans do stada owiec, potrafi zatrzymać rozpedzone owce; na flankach pracuje szybko, w bezpośrednim kontakcie z owcami, sporadycznie używa zębów, nie kalecząc owiec; wydaje się być najbardziej zbliżony do typu Nap;

– suka L., wiek 4 lata, wyszkolenie IHT2-CS; mniej pewna siebie, ale na flankach jest bardzo szybka, spokojnie prowadzi owce, zachowuje dobry dystans, spokojna przy prowadzeniu owiec, lekko ustępuje owcom w kontakcie bezpośrednim, pracuje głównie ciałem;

– suka A., wiek 6 lat, wyszkolenie IHT2-CS; jest psem wolniejszym, podchodzi zbyt blisko owiec; pomimo największego doświadczenia potrzebuje wsparcia przewodnika w bezpośrednim kontakcie z owcami, obawia się dużych owiec; gdy nie jest pewna siebie, pomaga sobie zębami, szczypie owce; obie suki najbardziej przypominają typ Northumbrian.

Podczas doświadczenia przewodnikiem psów był ich właściciel, doświadczony zawodnik sportów pasterskich.

W pierwszym dniu, który został uznany za próbę 0, wszystkie owce zapoznały się z pastwiskiem. Przebywały na nim po 2 h, w stadach po 15 szt. W okresie trwania obserwacji (14 dni) treningi odbywały się codziennie (po ok. 15 min), a każdy pies trenował równomiernie z wszystkimi stadami owiec (każdy pies odbył 5 treningów z każdym stadem). Psy miały za zadanie wyprowadzić owce z owczarni, zaprowadzić na pastwisko, przeprowadzić przez przeszkody i wprowadzić do koszar ustawionego na pastwisku.

Ocenie poddano treningi w 1. dniu doświadczenia, w połowie doświadczenia (7. dzień) i na koniec doświadczenia (14. dzień). U owiec zgodnie ze skalą od 1 do 4 oceniane były takie zachowania, jak: płochliwość, agresja, podatność na manewrowanie, natomiast w skali od 1 do 3 oceniano dystans ucieczki. Podczas tych samych treningów u psa ocenione zostały w skali od 1 do 6 cechy pracy, takie jak: siła pracy, siła oka, pewność siebie, opanowanie.

Kryteria oceny owiec:

I. Dystans ucieczki:

- 1 – mały, 1–5 m (bliski kontakt);
- 2 – średni, 5–10 m;
- 3 – duży, 10–20 m.

II. Płochliwość:

- 1 – brak płochliwości (owce nie uciekają przed psem znajdującym się w odległości mniejszej niż 5 m);
- 2 – płochliwość na krótkim dystansie, bliski kontakt z psem (owce odbiegają od psa na odległość kilku metrów);
- 3 – płochliwe, ale zwracają uwagę na przeszkody (owce, uciekając, omijają przeszkody lub zatrzymują się przed nimi);
- 4 – uciekają w popłochu i wpadają na przeszkody.

III. Agresja:

- 1 – owca nie stawia oporu;
- 2 – owca ustawia się w kierunku napierającego psa;
- 3 – owca straszy psa przez tupanie;
- 4 – owca atakuje psa głową.

IV. Podatność na manewrowanie:

- 1 – owca nie współpracuje (nie reaguje na sygnały psa, stara się iść w innym kierunku, niż prowadzi ją pies);
- 2 – owca zaczyna reagować na podstawowe, czytelne sygnały psa;
- 3 – owca zaczyna współpracować (reaguje na sygnały psa, jednak czasami stara się iść w innym kierunku);
- 4 – owca współpracuje (owca respektuje psa, porusza się zgodnie z wyznaczonym przez niego kierunkiem).

Kryteria oceny psów:

I. Siła pracy, napieranie:

- 1 – nie napiera na owce, nie podejmuje pracy;
- 2 – aby ruszyć owce, musi podejść bardzo blisko (do 0,5 m), szczypie, żeby ruszyć owce;
- 3 – podchodzi bardzo blisko (do 0,5 m) do owiec, ale ich nie szczypie;
- 4 – podchodzi do owiec na odległość 1–2 m;
- 5 – częściej rusza owce z odległości większej niż 5 m;
- 6 – w pracy zachowuje odległość od owiec.

II. Oko psa, dystans:

- 1 – pies nie jest w stanie ruszyć owiec;
- 2 – pies jest w stanie ruszyć owce przy jednoczesnym napieraniu;
- 3 – stojącemu psu sporadycznie udaje się ruszyć owce okiem (skuteczność w 25%);
- 4 – stojącemu psu w połowie przypadków udaje się ruszyć owce okiem;
- 5 – psu w większości przypadków udaje się ruszyć owce okiem (skuteczność w 75%);
- 6 – psu prawie zawsze udaje się ruszyć owce okiem (niemal 100% skuteczności).

III. Pewność siebie:

- 1 – pies wycofuje się przed patrzącymi owcami;
- 2 – pies prawie zawsze cofa się przed stawiającą się owcą (w ok. 75% przypadków);
- 3 – pies czasami cofa się przed stawiającą się owcą (w ok. 25 % przypadków);
- 4 – pies ucieka przed rozpędzonym stadem, ale nie cofa się przed stawiającą się owcą;
- 5 – pies zabiega przed rozpędzone stado (bezskuteczna próba zatrzymania stada);
- 6 – pies zatrzymuje rozpędzone owce.

IV. Opanowanie, doświadczenie:

- 1 – pies goni za owcami zamiast je zaganiać, nie zbiera stada, tylko je rozpędza;
- 2 – pies traci cierpliwość w pracy, przestaje precyzyjnie wykonywać polecenie, samodzielnie podejmuje złe decyzje;
- 3 – pies wykonuje komendy, ale nie zawsze precyzyjnie;
- 4 – pies w spokojnych sytuacjach wykonuje prawidłowo komendy;
- 5 – mimo trudnej sytuacji pies precyzyjnie wykonuje polecenia;
- 6 – pies sam, przed wydaniem komendy rozwiązuje problem.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji punktowo oceniono wybrane zachowania zarówno owiec, jak i psów (tab. 1, 2).

Tabela 1. Ocena zachowania owiec

Kryterium oceny zachowania	PON (uhruska)			SCP			Świniarka		
	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.
Dystans ucieczki	2	2	2	3	2	1	2	1	1
Płochliwość	4	2	2	3	2	2	2	3	3
Agresja	3	2	2	4	3	3	2	2	1
Podatność na manewrowanie	1	2	3	1	2	3	2	3	4

dz.o. – dzień obserwacji

Tabela 2. Ocena zachowania psów

Kryterium oceny zachowania	Suka A.			Samiec J.			Suka L.A.		
	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.	1. dz.o.	7. dz.o.	14. dz.o.
Sila pracy, napieranie	2	3	4	5	5	6	4	4	4
Oko psa, dystans	1	2	2	4	5	6	2	3	3
Pewność siebie	2	2	3	4	5	6	4	5	5
Opanowanie, doświadczenie	3	4	4	3	5	6	5	5	5

dz.o. – dzień obserwacji

Przeprowadzone obserwacje wykazały, że dystans ucieczki u owcy uhruskiej utrzymywał się na stałym poziomie dystansu średniego. U rasy SCP wzrastał systematycznie od 1. do 14. dnia obserwacji. Z kolei u świniarki dystans ucieczki zmienił się nieznacznie ze średniego w 1. dniu do dużego w dniu 7. i 14.

Oceny poszczególnych zachowań w kolejnych dniach, zarówno u owiec, jak i u psów, zsumowano i wyciągnięto średnie. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że płochliwość owiec w kolejnych ocenianych treningach zmniejszyła się u wszystkich ras. Również agresja owiec wraz z kolejnymi treningami spadała. Z kolei podatność na manew-

rowanie wyraźnie wzrosła. Świadczy to o stopniowym przyzwyczajaniu się owiec do pracy psa i spokojnym reagowaniu na jego presję.

Wszystkie oceniane cechy pracy psa, czyli siła pracy, oko psa i dystans, pewność siebie oraz opanowanie i doświadczenie, systematycznie poprawiały się w kolejnych dniach trenin-gów. Zaobserwowano również różnicę w pracy psów, które wzięły udział w badaniu.

W badaniach wykazano różnice w zachowaniu oraz stopniu przyzwyczajania się do pra-cy z psem poszczególnych ras owiec. Wszystkie rasy owiec przyzwyczały się do tego typu wypasu. Świniarki wykazywały największą reaktywność na działania psa, co przełożyło się na najszybsze przystosowanie tej rasy do pracy z psem. Owce rasy uhruskiej miały największe problemy z odczytywaniem zachowań pracującego psa i wykazywały największą dezorientację podczas ucieczki. Owce rasy SCP wykazywały najsilniejszy opór przed pracą psa, najczęściej spośród badanych ras kierowały agresję w stosunku do psa. W ostatnim dniu doświadczenia wszystkie 3 obserwowane rasy owiec, prowadzone przez psa, spokojnie wychodziły na pastwi-sko, dawały się prowadzić po określonej trasie i wchodziły do małego koszar.

W początkowym etapie pracy z owcami reaktywnymi, takimi jak świniarka, ważne jest, aby pies pracował spokojnie, precyzyjnie wykonywał komendy oraz zachowywał odległość od stada. Z kolei w początkowej fazie pracy z owcami o cechach, jakimi wykazywały się rasy uhruska i SCP, ważne jest, aby pies pasterski pracował zdecydowanie, nie wahając się po-dejmowania konfrontacji ze stadem owiec.

Bibliografia

- Arvelius P., Malm S., Svartberg K., Strandberg E., 2009. Genetic analysis of hearing behavior in Swedish Border collie dogs. *J. Vet. Behav.* 4, 237–257.
- Arvelius P., Malm S., Svartberg K., Strandberg E., 2013. Measuring herding behavior in Border collie – effect of protocol structure on usefulness for selection. *J. Vet. Behav.* 8, 9–18.
- Bielska M., 2010. Program ochrony zasobów genetycznych owiec rasy świniarka. Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, Kraków.
- Collins J., 2012. The Hardest-Working Dog in New England. *Yankee – New England's Magazine*, 76, 4.
- Early J.B., Arnott E.R., Wade C.M., McGreevy P.D., 2016. Interval dogs: Result and evaluation of Global Positioning System units in measuring athletic performance in stock-herding dogs. *J. Vet. Behav.* 14, 1–4.
- Goleman M., 2001. Owczarek niemiecki – 100-letnia historia rasy. *Aktual. Akad. Rol. Lub.*, V, 4(20), s. 20.
- Gruszecki T., Lipecka C., Szymanowska A., Junkuszew A., Patkowski K., Greguła-Kania M., Bo-jar W., Dudko P., 2016. Owce syntetycznych linii BCP i SCP w praktycznej hodowli i doświad-czalnictwie. *Rocz. Nauk. PTZ*, 12(4), 19–31.
- Gruszecki T., Pięta M., 2013. Owca uhruska i syntetyczne linie SCP i BCP na Lubelszczyźnie. Uniwer-sytet Przyrodniczy, Lublin.
- Kennel. The Border Collie. Online: http://www.bordercolliekennel.nl/the_border_collie.htm [dostęp: 28.09.2018].
- Kluczek J.P., 1994. *Behawioryzm Owiec*. Pr. Wydz. Nauk Przyr., Ser. B (BTN), 42.
- Marschark E.D., Baenninger R., 2002. Modification of instinctive herding dog behavior using rein-forcement and punishment. *Anthrozoos* 15, 51–68.
- Molik E., Milejska P., 2012. Zachowania dziedziczne i sposoby komunikowania się owiec. *Prz. Hod.* 3–4, 18–19.
- Nowicki B., Zwolińska-Bartczak I., 1983. *Zachowanie się zwierząt gospodarskich*. PWRiL, Warszawa.
- Quarton M., Presberg C.L., 1998. *The Working Border Collie*. TFH Publications, Neptune City, USA.
- Redlicki M., 2018. Border collie. *Pies Rasowy* 1(15), 12–18.
- Riemer S., Müller C., Virányi Z., Huber L., Range F., 2016. Individual and group level trajectories of behavioural development in Border collies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 180, 78–86.

- Sikora J., Kawęcka A., 2011. Charakterystyka owiec rasy świniarka. *Wiad. Zootech.* 49(1), 5–10.
- Spady T.C., Ostrander E.A., 2008. Canine Behavioral Genetics: Pointing Out the Phenotypes and Herding up the Genes. *Am. J. Hum. Genet.* 82, 10–18.
- Storteig Horn S., Steinheim G., Fjerdingsby Olsen H., Gjerjordet H.F., Klemetsdal G., 2017. Genetic analyses of herding traits in the Border Collie using sheepdog trail data. *J. Anim. Breed. Genet.* 134, 144–151.
- Szytych D., Krośnicka-Bombala B., 2009. Zachowanie społeczne owiec. *Prz. Hod.* 5, 10–13.
- Taylor S., Shmon C., Su L., Epp T., Minor K., Mikelson J., Patterson E., Shelton G.D., 2016. Evaluation of Dogs with Border Collie Collapse, Including Response to Two Standardized Strenuous Exercise Protocols. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 52, 281–290.
- Węglarzy K., Skrzyżala I., 2012. Porównanie owczarstwa krajowego z owczarstwem w Słowacji. *Prz. Hod.* 3–4, 16–18.

CHARAKTERYSTYKA PREDYSPOZYCJI WYBRANYCH RAS KONI DO UŻYTKOWANIA W TURYSTYCE I REKREACJI

Katarzyna Bednarz¹, Karolina Ochęduszek¹, Helena Chmielewska¹,
Adam Miedzwicki¹

Turystyka i rekreacja konna to obecnie coraz bardziej popularne formy spędzania wolnego czasu. Obcowanie z końmi działa na człowieka uspokajająco i relaksująco. Ponadto zbliża do natury i pozwala odpocząć od problemów życia codziennego. Jednak należy pamiętać, że nie każda rasa konia nadaje się do rekreacji. Bardzo ważny jest więc dobór zwierząt ze względu na rodzaj uprawianej turystyki konnej, gdyż inne rasy sprawdzą się lepiej w wyjazdach w teren, inne w pokazach, jeszcze inne w zaprzęgu. Koń, aby był odpowiedni do pracy w rekreacji, musi spełniać szereg wymagań i wybór odpowiedniego wierzchowca nie jest łatwy. Konie w rekreacji pracują częściej z mniej zawansowanymi w jeździe osobami niż z zawodowcami. Charakteryzować je powinien zrównoważony temperament i spokojne usposobienie, tak jak w przypadku rasy małopolskiej czy huculskiej. Z tego względu mniej pożądaną rasą są konie pełnej krwi angielskiej, które mają żywy charakter oraz bywają nerwowe i płochliwe.

Turystyka konna, zgodnie z definicją Fédération Internationale de Tourisme Equestre, to „ogół czynności hippicznych podejmowanych przez turystów poza środowiskiem ich codziennego przebywania” [Wiśniewska 2017]. Obejmuje więc ona poza jeździectwem również inne dyscypliny hippiczne, a także m.in. wyjazdy szkoleniowe, przejażdżki bryczką, uczestnictwo w imprezach hippicznych, a także wyjazdy w celu zwiedzenia stadniny czy kupna konia. Turystyka konna ma więc powiązania nie tylko z turystyką kwalifikowaną, ale również sportową, krajoznawczą, biznesową, wiejską, leczniczą i edukacyjną [Janiszewska i Cieśla 2006].

Celem opracowania było przedstawienie charakterystyki ras koni odpowiednich do pracy w turystyce i rekreacji ze względu na ich usposobienie oraz temperament uwarunkowany genetycznie. Do najważniejszych cech koni rekreacyjnych zalicza się: odporność na choroby, właściwe wykorzystanie paszy, dobrze zbudowane kończyny, odwagę i wytrzymałość oraz łagodne usposobienie. Właściwy dobór odmiany gatunkowej pozwala na przyjemną i bezpieczną naukę obcowania z tymi zwierzętami.

Podstawowe znaczenie genetyki koni

W dzisiejszym świecie codzienność stanowią praca, szkoła oraz dom. Wszystkie te elementy życia są nieodłącznie związane z rutyną, stresem wynikającym z nowych wyzwań, a także z brakiem zagospodarowania czasu wolnego w przestrzeni miejskiej. Jednakże coraz częściej mieszkańcy miast przejawiają zainteresowanie aktywnością rekreacyjną bądź poby-

¹ *Studenckie Koło Naukowe Turystyczno-Krajoznawcze, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

tem na łonie natury. Takie możliwości daje obcowanie z końmi podczas jazdy. Skutkować to może rozkwitem turystyki konnej oraz ofert agroturystycznych związanych z hipoterapią [Janiszewska i Cieśla 2006]. Z roku na rok powstają nowe ośrodki oferujące rekreacyjne jazdy, często będące aktywną formą wypoczynku w czasie wolnym. Dodatkowo rynek wzbogacają kwatery agroturystyczne oferujące terapie jazdą konną dla osób niepełnosprawnych. Zaś wyprawy w góry często urozmaicają letnie przejażdżki bryczką bądź zimowe kuligi z zaprzęgiem koni. Wśród wielu ras najczęściej użytkowane są koniki polskie i kuce [http://ksow.pl/fileadmin/user_upload/ksow.pl/Projekty_z_konkursu_I_KSOW/Wystawa_Ras_Rodzimych/konie.pdf].

W wieku XX nastąpił rozwój badań nad zachowaniem zwierząt, w głównej mierze prowadzonych w USA. Termin „behawioryzm” wywodzi się od angielskiego słowa *behavior* oznaczającego zachowanie. Behawioryzm jako dziedzina nauki skupia się na obserwacji neutralnych zachowań i analizie konkretnych reakcji wywołanych przez określone bodźce. A zatem jest to nurt psychologiczny, który poszukuje uwarunkowań pewnych zachowań w usposobieniu danej grupy [Behawioryzm 1994].

U podstaw behawioru koni leży ich instynkt samozachowawczy, który obrazuje dwie cechy charakterystyczne usposobienia tych zwierząt, mianowicie: konie są charakteryzowane jako ciche zwierzęta oraz uciekający roślinożercy [Skorupski 2006]. Oba te wyróżniki mają swoje uwarunkowania historyczne. Otóż dzisiejsze konie wykorzystywane w turystyce i rekreacji powielają zachowania swoich przodków bytujących na stepach. Konie mają szczególne predyspozycje adaptacyjne ze względu na warunki, w jakich żyły. Uznawane przede wszystkim za zwierzęta stadne, mają stałą potrzebę przemieszczania się, gdyż niegdyś podążały w poszukiwaniu pożywienia, a także bezpieczeństwa [Roberts 1996]. W wyniku prowadzenia hodowli przez człowieka konie zostały oswojone oraz stały się mniej płochliwe w porównaniu z dzikimi końmi żyjącymi na wolności, których aktualnie pozostało bardzo niewiele na całym świecie. Zwierzęta hodowlane są również mniej agresywne w wyniku długotrwałego procesu udomowienia. Już od początków wykorzystywania koni w hodowli ludzie poszukiwali zwierząt spokojnych, łagodnych w usposobieniu i łatwych w wychowywaniu, a cechy te ugruntowały się w genetyce osobniczej. Ponadto konie w hodowlanych warunkach życia przystosowały się do otaczającego środowiska, co przyczyniło się do zmniejszenia poziomu stresu oraz rzadszych prób ucieczki w obronie własnej. Duży wpływ na zróżnicowanie koni miał człowiek; poprzez dobór odpowiednich osobników pod względem budowy ciała, kondycji oraz maści znacząco oddziaływał na tworzenie nowych ras koni, które musiały sprostać jego oczekiwaniom i celom hodowli. Wszystkie te aspekty rzutowały na kształtowanie się usposobienia i temperamentu tych zwierząt.

Zmysły naturalne koni

Konie jako uciekający roślinożercy mają liczne zdolności, które są uwarunkowane ich pochodzeniem oraz genetyką. Najstarszy ewolucyjnie i najważniejszy jest zmysł dotyku, który przekazuje informacje o odczuciu zimna, ciepła oraz bólu. Nie istnieje jeden charakterystyczny punkt, który pełniłby rolę narządu czucia, gdyż w przypadku konia cała powierzchnia jego ciała rejestruje bodźce czuciowe. Ponadto długie włosy czuciowe na wargach również odbierają impulsy.

Drugim istotnym zmysłem jest wzrok. Szerokie pole widzenia konia wynosi aż 300° i daje możliwości widzenia większe niż u człowieka, którego wzrok ma zasięg 180°. Mimo słabej ostrości widzenia koń doskonale rejestruje ruch, dzięki temu jest w stanie dostrzec

choćby małe zwierzęta [Dunphy 2014]. Ogromne znaczenie ma również umiejętność rozróżniania 4 kolorów: czerwonego, żółtego, zielonego i niebieskiego, co pozwala koniom na pokonywanie różnych przeszkód w terenie.

Zmysł słuchu jest tak wrażliwy, że konie nie cierpią krzyków i hałasów, zaś uspokaja je cisza i szept. Decydujące znaczenie ma węch, który pozwala tym zwierzętom odbierać ich emocje. Konie identyfikują się po zapachu, dzięki zmysłowi węchu budują także niesamowite więzi (relacja klacz – źrebię). Poprzez wieloletnie nawyki nauczyły się rozróżniać smaki, stąd potrafią określić, który pokarm jest dla nich najlepszy [Janiszewska i Cieśla 2006].

Komunikacja koni z otoczeniem

Każde zwierzę ma swój regularny rytm życia. Konie również żyją w naturalnym rytmie, w którym przejawiają określone zachowania związane z funkcją, jaką pełnią w środowisku. Jako zwierzęta stadne uwielbiają towarzystwo innych osobników, jednak w warunkach naturalnych potrafią postępować agresywnie poprzez walki między ogierami, aby ustanowić odpowiednią hierarchię i zasięg terytorialny. Jednak oprócz atawistycznych zachowań koni niezmiernie ważne są ich zachowania społeczne, wykształcane w procesie socjalizacji [Zeitler-Feicht 2014].

Do porozumiewania się między sobą, a także z człowiekiem konie używają swoich zmysłów. Poprzez różnorakie wydawane dźwięki i odgłosy mogą one przekazać wiadomość innym członkom stada. Do najczęściej wskazywanych sygnałów dźwiękowych należą: ciche i głośne rżenie, ciche i głośne parskanie oraz kwik. Poprzez takie bodźce przesyłane są informacje o emocjach konia (radość, szczęście) lub ostrzeżenia przed zagrożeniem. Niektóre konie swoim zachowaniem pokazują dominację w stadzie. Mimo to koń nie jest w stanie zrozumieć słów wypowiedzianych przez człowieka, aczkolwiek w procesie uczenia się zapamiętuje je i łączy z określonymi sytuacjami [Albinson 1999].

Największe znaczenie w kontakcie między koniem i człowiekiem ma sposób, w jaki koń się zachowuje, przekazując w ten sposób swoje uczucia i emocje. Wśród pozytywnych reakcji koni należy wymienić przede wszystkim:

- wymach ogonem,
- dotyk nosem,
- spuszczonej głowę,
- żucie,
- spoglądanie do tyłu,
- odwracanie wzroku,
- łagodne spojrzenie [Cherry 2015].

Postępowania, które świadczą o negatywnym nastawieniu koni to:

- horyzontalne ułożenie uszu,
- wysoko podniesiona głowa,
- ugięcie tylnych nóg,
- pokazanie zębów,
- grzebanie kopytem w podłożu,
- rozdęte nozdrza [Morris 1997].

Analizując wyżej wymienione działania, należy jednoznacznie stwierdzić, iż konie swoim zachowaniem przekazują człowiekowi nie tylko to, co czują, lecz również swoje lęki, obawy, niezadowolenie, a także sygnalizują stan zdrowotny. Tymczasem, aby dobrze zro-

zumić, co koń chce nam zasignalizować, należy uczyć się jego zachowań, a także pracować z nim nad jego zachowaniem, tak by wzajemnie rozumieć swoje potrzeby i dążyć do zmian na lepsze [Neumann-Cosel 2010].

Konie odpowiednie do turystyki i rekreacji

Przy wyborze ras preferowanych do wykorzystywania w turystyce i rekreacji decydujące znaczenie mają specyficzny charakter i temperament koni. Podstawą do użytkowania zwierząt poszczególnych ras jest otrzymanie przez nie licencji konia turystycznego, która wymaga spełnienia siedmiu wymagań: dobrego stanu zdrowia fizycznego i psychicznego, należytej budowy ciała, kopyt, a także poprawnego chodu i ruchu oraz wzrostu do 165 cm w kłębie, odpowiedniego wieku (ukończone 5 lat) i posiadania dokumentów (paszport) [<https://gtj.pttk.pl/index.php/regulaminy/licencje-koni/>]. Prawidłowo wypełnione wnioski należy złożyć do Komisji Górskiej Turystyki Jeździeckiej. Oprócz tego przy doborze odmian bierze się pod uwagę indywidualne preferencje jeźdźców, określane za pomocą 12 cech ogólnych i użytkowych. Jednakże czynnikami o decydującym znaczeniu są anatomia oraz psychika koni. Konie przydatne do rekreacji powinny być zatem cierpliwe, łagodne w usposobieniu, bez wybujalego temperamentu, jednak mogą mieć zróżnicowaną budowę, gdyż będą wykorzystywane w różnych warunkach turystyki.

Do najczęściej hodowanych w Polsce ras należą:

- konie czystej krwi arabskiej,
- konie pełnej krwi angielskiej,
- konie wielkopolskie,
- konie małopolskie
- polskie konie szlachetne półkrwi,
- konie śląskie,
- konie zimnokrwiste: sztumskie, sokólskie, łowicko-sochaczewskie, lidzbarskie,
- koniki polskie,
- konie huculskie [Janiszewska i Cieśla 2006].

W wyniku analizy wszystkich cech spośród najbardziej popularnych ras przydatnych do rekreacji wybrano rasę małopolską, huculską oraz polskie konie szlachetne półkrwi (tab. 1).

Konie małopolskie zaliczane są do rodzimej rasy koni półkrwi. Ukształtowały się na bazie dawnych koni krajowych na przełomie XIX i XX w. Krzyżówka z innymi ras, rodów czy prądów krwi spowodowała ugruntowanie modelu konia małopolskiego jako polskiego angloaraba półkrwi [Gibała 2011]. Koń ten cechuje się prawidłowej budowy szyją i piękną, elegancką głową. Łopatki są długie, ukośnie ustawione, co zapewnia wydajny i piękny ruch. Kłoda, z wyraźnym kłębem i głęboką klatką piersiową, jest dobrze związana, raczej krótka. Zad mocno umięśniony, lekko ścięty, ogon czasem noszony z arabską odsadą. Kończyny tych koni są doskonale pod względem tkanki i skatowania, mają ścięga suche i mocno zarysowane, kopyta niewielkie, o twardym zdrowym rogu. Knie tej rasy najczęściej są maści podstawowej, czyli gniadej, kasztanowatej i siwej. W niektórych miejscach prowadzi się hodowlę koni o maści tarantowej. Konie małopolskie cieszą się dużą popularnością jako wszechstronne konie wierzchowe. Zyskały one dużą grupę miłośników, którymi są osoby uprawiające jazdę w stylu western [Piechocka i in. 2007].

Tabela 1. Charakterystyka cech wybranych ras koni; oprac. na podst. Heller [2015]

Cechy koni	Koń małopolski (m)	Koń huculski (hc)	Polski koń szlachetny półkrwi (Sp)	Koń pełnej krwi angielskiej (xx)
Wykorzystanie paszy	dobrze	dobrze	dobrze	dobrze, wymagają intensywnego żywienia
Zdrowie	odporny i wytrzymały	dobrze, odporne	uwarunkowane genetycznie, zahartowane	mocne, silne i dobrze rozwinięte
Charakter	łagodny	łagodny	łagodny	orientalny
Temperament	żywe	uparte	spokojne	nerwowe
Wzrost	klacze 155 cm ogierzy 160 cm	klacze 130–140 cm ogierzy 132–145 cm	klacze 165 cm ogierzy 167 cm	klacze 158 cm ogierzy 168 cm
Cechy wyróżniające	długowieczne, szybkie	nieduże, odważne, szybko się uczą	posłuszne, dzielne, wszechstronne	szybkie, wytrzymałe
Wykorzystanie	sport jeździecki, turystyka i rekreacja	turystyka i rekreacja, jazda konna w górach, hipoterapia	sport jeździecki, turystyka i rekreacja	sport jeździecki, wyścigi
Hodowle w Polsce	Janów Podlaski, Walewice, Prudnik	Gładyszów, Odrzechów	Nowielice, Kadyny, Rieczna	importowane z Wielkiej Brytanii

Konie małopolskie powinny cechować się wysoką plennością, długowiecznością, odpornością zarówno na choroby, jak i złe warunki bytowe oraz wytrzymałością. Szczególnie pożądaną cechą są też predyspozycje do długiej jazdy terenowej w niełatwych warunkach. Do znamienych cech warto zaliczyć również żywy temperament, ale łagodny charakter, bardzo ważny przy wyborze konia w rekreacji [Sondji 2011].

Konie huculskie to rasa powstała ze skrzyżowania potomków tarpana i koni mongolskich. Z czasem uszlachetniono je krwią arabską oraz turecką. Ich nazwa pochodzi od Huculów, czyli górali ruskich, dla których konie stanowiły ważny element życia codziennego [http://www.huculskiedukty.pl/Program_ochrony_huculow_2010.pdf]. Konie huculskie są rasą prymitywną i jedną z najstarszych pochodzących z terenów Polski. Wytworzone zostały na obszarach Bukowiny i Karpat Wschodnich oraz ukształtowane przez górskie warunki klimatyczne, hodowlę naturalną, a także częściowo poprzez kontakt z człowiekiem. Trudne warunki, w jakich żyły, spowodowały powstanie koni odpornych, zręcznych i bardzo dobrze radzących sobie na niełatwym terenie oraz niewybrednych co do wyboru paszy. Konie huculskie charakteryzują się ponadto bardzo dobrym zdrowiem i łagodnym charakterem. Rasa ta nadaje się zarówno do jazdy wierzchem, jak i zaprzęgiem. Bardzo chętnie wykorzystywane są w rekreacji konnej, a także hipoterapii. Cechą charakterystyczną koni rasy huculskiej jest masywna i krępa budowa (tab. 2).

Tabela 2. Budowa ciała przedstawicieli rasy huculskiej [Janiszewska i Cieśla 2006]

Cechy budowy ciała	Klacz	Ogiery
Wysokość w kłębie	130–140 cm	132–145 cm
Obwód klatki piersiowej	165–180 cm	170–185 cm
Obwód nadpęcia	16,5–18,5 cm	17,5–19,0 cm

W dzisiejszych czasach zaobserwować można wzrost zapotrzebowania na małe konie, jakimi są konie huculskie. Ze względu na liczne zalety, w tym spokojny charakter i niski wzrost, hucule idealnie nadają się zarówno na tzw. konia rodzinnego, jak i na konie rekreacyjne.

Polski koń szlachetny półkrwi powstał ze skrzyżowania ras gorącokrwistych, krajowych oraz zagranicznych, które z racji pochodzenia nie mogą zostać zakwalifikowane do ksiąg stadnych koni śląskich, wielkopolskich czy małopolskich. Populacja tych koni reprezentuje wspólny typ konia wierzchowego. Oznacza to, że są szczególnie przydatne w jeździectwie, a zwłaszcza w ujeżdżaniu i skokach. Nie są jednak w pełni wyrównane co do pokroju – ich wysokość w kłębie może się wahać od 160 do ponad 170 cm. Zamyśl hodowli polskich koni szlachetnych półkrwi związany jest ze światowymi kierunkami hodowli koni sportowych, opierającymi się zarówno na krzyżowaniu kilku ras sprawdzających się w wysokim wyczynie, jak i jednoczesnej niezwykle ostrej selekcji w kierunku ich sportowej wartości użytkowej.

Konie pełnej krwi angielskiej uważane są za rasę o najwyższej wartości hodowlanej, nadzwyczajnie wyspecjalizowane pod kątem dzielności. Charakteryzują się małą lub średnią, suchą, lecz pełną wyrazu głową o prostym profilu i szyją średniej długości. Mają długie i ukośnie ustawione łopatki oraz wysoki kłęb (150–170 cm) i krótki grzbiet. Wyróżniają się także dosyć wąską klatką piersiową, ale bardzo długą i głęboką. W kondycji wyścigowej bądź sportowej wyraźnie zauważyć można podkasany brzuch. Ponadto konie pełnej krwi angielskiej mają długie, szczupłe oraz suche kończyny. Od samego początku hodowane do celów wyścigowych. W okresie panowania Tudorów i Stuartów prowadzono systematyczną hodowlę tej rasy w kierunku cechy dzielności. Z czasem konie pełnej krwi angielskiej upowszechniły się na całym świecie i wywarły bardzo duży wpływ niemalże na wszystkie nowe rasy koni sportowych [Heller 2006].

Podsumowanie – konie a ich predyspozycje do turystyki i rekreacji

Obecnie zainteresowanie rekreacją konną stale rośnie. Świadczą o tym licznie pojawiające się stajnie w okolicach dużych miast czy gospodarstw agroturystycznych. Prowadzona jest w nich zarówno nauka jazdy konnej, jak i jazda rekreacyjna. Ponadto konie wykorzystywane są w hipoterapii. Z tych też względów bardzo ważny jest odpowiedni dobór zwierząt.

Podobne rozważania dotyczące charakterystyki koni wykorzystywanych w turystyce i rekreacji podjęły Chmiel [2009]. W swoich badaniach ujęły opis budowy anatomicznej różnych ras koni, wyszczególniając wysokość w kłębie, obwód klatki piersiowej oraz nadpęcia przedniego. Na tej podstawie wyróżniły rasę małopolską, wielkopolską, konika polskiego oraz polskie konie szlachetne półkrwi. W wyniku analizy własnej uzyskano podobne spostrzeżenia dotyczące oceny ras pod względem ich cech charakterystycznych i jako najbardziej odpowiednie do rekreacji i turystyki wyodrębniono rasę małopolską, huculską i polskie konie szlachetne półkrwi, natomiast jako niepożądaną w turystyce i rekreacji wskazano rasę pełnej krwi angielskiej.

Organizacja którejkolwiek z form turystyki konnej wymaga odpowiedniej infrastruktury, ale również wiedzy i umiejętności instruktorów oraz odpowiedniego wyszkolenia koni. Bardzo ważny jest również dobór zwierząt ze względu na rodzaj uprawianej turystyki konnej, gdyż inne rasy sprawdzą się lepiej w wyjazdach w teren, inne w pokazach, a jeszcze inne w zaprzęgu. Wiele polskich ras koni cechuje się wszechstronnością, np. koń wielkopolski, koń małopolski i polski koń szlachetny półkrwi. Natomiast do długich wypraw w terenie, użytkowania jucznego oraz dla niższych jeźdźców doskonale będą konie huculskie i koniki polskie [Janiszewska i Cieśla 2006].

Bibliografia

- Albinson C., 1999. Koń. Poradnik miłośnika. Bellona, Warszawa.
- Behawioryzm, 1994. W: Czopek L. (red.), Popularna encyklopedia powszechna. Oficyna Wydawnicza Fogra, Kraków.
- Cherry H., 2015. Myśleć jak koń. Jak zrozumieć zachowania konia. Wyd. Galaktyka, Łódź.
- Chmiel K. (red.), 2009. Koń w turystyce i rekreacji. Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Instytut Turystyki i Rekreacji, Biała Podlaska.
- Dunphy H., 2014. Sekretny język koni: mowa ciała naszych pięknych przyjaciół. Grupa Wydawnicza Foksal, Warszawa.
- Gibala M., 2011. Znaczenie ogierów w hodowli koni rasy małopolskiej. Wiad. Zootech. 49(1), 85–87.
- Heller M., 2006. Rasy koni. Wyd. Multico, Warszawa.
- Heller M., 2015. Rasy koni. Wszystkie rasy koni i kuców, 30 najnowszych ras. Oficyna Wydawnicza Multico, Warszawa.
- http://ksow.pl/fileadmin/user_upload/ksow.pl/Projekty_z_konkursu_I_KSOW/Wystawa_Ras_Rodzimych/konie.pdf [dostęp: 16.03.2018 r.].
- http://www.huculskiedukty.pl/Program_ochrony_huculow_2010.pdf [dostęp:16.03.2018].
- <https://gtj.pttk.pl/index.php/regulaminy/licencje-koni/> [dostęp:17.03.2018].
- Janiszewska J., Cieśla A., 2006. Hodowla i użytkowanie koni z elementami hipoterapii, AR w Szczecinie, Szczecin.
- Morris D., 1997. Dlaczego koń rzy. O czym mówią nam zachowania konia. Książka i Wiedza, Warszawa.
- Neumann-Cosel I., 2010. Język koni – Język ludzi. Porozumienie jest możliwe! Akademia Jeździecka, Warszawa.
- Piechocka K., Banasiak T., Modzelewska E., 2007. Poradnik. Jazda konna. Wyd. Pascal, Bielsko-Biala.
- Roberts P. (red.), 1996. Wszystko o koniu. Wyd. Ryszard Kluszczyński, Kraków.
- Skorupski K., 2006. Psychologia treningu koni. PWRiL, Warszawa.
- Sondji F., 2011. Hodowla koni rasy małopolskiej – rys historyczny i sytuacja aktualna. Wiad. Zootech. 49(2), 25–30.
- Wiśniewska A., 2017. Turystyka konna jako szansa rozwoju przedsiębiorczości na obszarach wiejskich w województwie kujawsko-pomorskim. Acta Univ. Nicolai Copernici, Nauki Humanist.-Społecz., Zarz. 44(1), 121–129, DOI : http://dx.doi.org/10.12775/AUNC_ZARZ.2017.011.
- Zeitler-Feicht M.H., 2014. Zachowanie koni: przyczyny, terapia i profilaktyka. Świadome Jeździectwo, Warszawa.

ZAPALENIE PODESZWY STOPY U DROBIU (FPD) – CHARAKTERYSTYKA I SKUTKI SCHORZENIA

Ewelina Misiec¹, Monika Wiśniewska¹, Jakub Ceregrzyn¹, Justyna Batkowska²

Zapalenie poduszki stopy jest schorzeniem drobiu charakteryzującym się występowaniem na stopach płytkich i głębokich stanów zapalnych oraz owrzodzeń. FPD występowało od zawsze i nie jest nową jednostką chorobową. Ze względu na to, że do połowy lat 80. XX w. nie przykładano uwagi do kondycji łap, zjawisko to nie stanowiło problemu dla przemysłu. Potem nastąpił przełom i zaczęto obserwować rozwój rynku zagranicznego w aspekcie możliwości eksportu łap kurzych, a ich wysoka jakość zyskała na znaczeniu. Ciągły i rosnący popyt na łapy spowodował, że stały się one trzecim najbardziej cennym i pożądanym surowcem drobiarskim. W związku z tym obecnie dokłada się wszelkich starań, aby zminimalizować liczbę kur, u których obserwuje się FPD. Celem pracy było scharakteryzowanie samego schorzenia (FPD), jak również przybliżenie czynników warunkujących jego występowanie i możliwości zapobiegania.

Opis schorzenia

Zapalenie poduszki stopy (ang. *foot pad dermatitis*, FPD) jest znane pod wieloma nazwami, np. *pododermatitis* lub kontaktowe zapalenie skóry. Jednakże wszystkie nazwy odnoszą się do schorzenia, które charakteryzuje się stanem zapalnym oraz zmianami martwiczymi obejmującymi zarówno powierzchnie, jak i głębokie warstwy skóry. Zmiany te zwykle dotyczą brojlerów i indyków utrzymywanych w systemie ściółkowym. FPD to rodzaj choroby skóry wywołanej infekcją bakteryjną, podobnie jak proces zakaźny i zgorzelinowe zapalenie skóry. Wtórne schorzenia, takie jak odparzenia stawu skokowego czy blistry na piersi, nie wiążą się z działaniem bakterii i są określane jako kontaktowe zapalenia skóry [Shepherd i Fairchild 2010]. Głębokie wrzody mogą prowadzić do powstawania ropni oraz zgrubień w głębszych warstwach strukturalnych tkanek [Greene i in. 1985].

Ptaki z ciężkimi zmianami mogą wykazywać mniejszy przyrost masy ciała z powodu zmniejszonego przez ból spożycia paszy [Martland 1984, 1985]. Bolesność w trakcie poruszania i ze względu na to brak dostępu do karmidła przyczyniają się do dziobania materiału ściółkowego, zatykania przewodu pokarmowego i śmierci [Bobrek i in. 2014].

¹ *Studenckie Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowli Drobiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instituut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Na podstawie badań dowiedziono, że ptaki dotknięte schorzeniem odczuwają ból o różnej intensywności, co w efekcie powoduje zmniejszenie ruchu, trudności w przyswajaniu paszy, obniżenie libido, a w konsekwencji spadek wydajności i straty ekonomiczne [Maslić-Striżak i Spalević 2016].

Problem FPD dotyczy nie tylko brojlerów. W związku z różnicami w komercyjnym chowie tych ptaków występują znaczne rozbieżności pomiędzy masą ciała indyków, adekwatne do systemu ich odchowu. Badania wykazały, że masa ciała ptaka ma istotny wpływ na występowanie zmian zapalnych i istnieje korelacja pomiędzy wzrostem masy ciała a częstotliwością występowania FPD. U indyków z najcięższej klasy znacznie częściej obserwowano występowanie uszkodzeń niż u ptaków z innych klas. U wszystkich badanych grup czynniki ryzyka związane z zapaleniem skóry, takie jak skład paszy, stan ściółki i zagęszczenie, były podobne [Hafez i in. 2004]. Dodatkowym pośrednim czynnikiem wiążącym się z częstotliwością występowania FPD jest czas, w którym zwierzę ma kontakt z podłożem, dlatego klasa ciężka jest obciążona dużo większym ryzykiem hodowlanym. Ptaki, u których stwierdzono zapalenie skóry na stopach, mają problem z utrzymaniem prawidłowej postawy oraz poruszaniem się. Fakt, że takie osobniki większość czasu spędzają, leżąc na klatce piersiowej, ma wpływ także na jakość pozyskiwanego surowca. Na skórze, a dalej na mięśniach pojawiają się odparzenia, przechodzące następnie w owrzodzenia, dyskwalifikujące tuszkę [Gouveia i in. 2009]. Ptaki trafiające do ubojni są klasyfikowane ze względu na stopień zaawansowania martwicy. Pośrednio pozwala to na wnioskowanie o jakości tuszki, a w konsekwencji determinuje jej cenę.

Budowa kończyny miednicznej ptaków

Zainteresowanie FPD wzrosło w momencie odnotowania sprzedaży kurzych łap jako produktu spożywczego, a nie odpadowego. Wzrost ich wartości rynkowej spowodował zwrócenie uwagi na kwestie dobrostanu w celu zminimalizowania uszkodzeń tej części ciała.

Zgodnie z definicją kurza łapa jest częścią poniżej ostrogi, obejmuje dolną część nogi oraz całą stopę [Christensen 1996]. Terminy stopa i łapa są używane wymiennie. W toku ewolucji kończyna miedniczna ptaków przystosowała się głównie do chodzenia bądź pływania. W przypadku drobiu zmiany anatomiczne ukierunkowały się w sposób, który ułatwia poruszanie się na lądzie. Kość udowa ptaków ustawia się w płaszczyźnie poziomej, dzięki czemu zapewnia rozłożenie środka ciężkości ciała ptaka w największym stopniu na stopę. Kość piszczelowa jest znacznie dłuższa, towarzyszy jej uwsteczniony trzon kości strzałkowej. U ptaków nie występują osobno wyodrębnione kości stępu, a kości śródstopia połączyły się, tworząc kość stępowo-śródstopową, określaną w nomenklaturze zootechnicznej mianem skoku (łac. *tarsometatarsus*). Pierwsza kość śródstopia występuje samodzielnie, ale pozostaje w połączeniu z kością stępowo-śródstopową. Zestawia się z kością palca I, który skierowany jest do tyłu.

Palce składają się z różnej liczby członów połączonych stawami bloczkowymi. Stawy te pokryte są podskórną tkanką tłuszczową, która wraz z okrywającą ją skórą tworzy strukturę o charakterze ochronnej poduszki. Wyróżniamy trzy rodzaje poduszczy: poduszczykę stawu śródstopowo-członowego, poduszczykę śródstopową oraz poduszczyki członowe związane ze stawami międzyczłonowymi. Te ostatnie są najmniej narażone na stany zapalne spowodowane czynnikami postępującego cyklu produkcyjnego, w przeciwieństwie do dwóch pierwszych. Stopę pokrywa skóra, która jest barierą chroniącą przed czynnikami zewnętrznymi. Jej ciągłość zabezpiecza przed wnikaniem do organizmu patogenów, jakimi

są drobnoustroje oraz grzyby. W okolicy uda znajduje się tętnica biodrowa zewnętrzna oraz żyła przyśrodkowa śródstopia [Dyce i in. 2011], natomiast do okolicy podeszwy dochodzą nieliczne naczynia krwionośne, których zadaniem jest zaopatrywanie organizmu m.in. w komórki układu immunologicznego. Z tego względu zakażenie tej części kończyny może stanowić poważne zagrożenie dla organizmu.

Czynniki sprzyjające występowaniu *foot pad dermatitis*

Zapalenie skóry podeszwy stopy w stadach kurcząt brojlerów jest istotnym wskaźnikiem dobrostanu ptaków i stanowi powszechny problem w intensywnych systemach chowu [Meluzzi i in. 2008]. Pierwsze objawy choroby mogą pojawiać się już u jednodniowych kurcząt, a po trzech tygodniach choroba jest w pełni rozwinięta [Mayne i in. 2007]. W przypadku indyków nadmierne rogowacenie i oddzielenie warstwy keratynowej obserwowano w wieku 6 tygodni [Platt i in. 2001].

Wystąpienie FPD może informować o złych warunkach środowiskowych, jak również o nieodpowiednim sposobie utrzymania. Szczególną uwagę zwraca się na rodzaj i jakość materiału ściółkowego, a przede wszystkim na jego wilgotność. Wielokrotnie podkreślano znaczenie mokrej ściółki jako głównej przyczyny zapalenia skóry podeszwy stopy [Martland 1984, Mayne i in. 2007]. Takie podłoże powoduje rozmiękczenie skóry, pękanie i większą podatność na uszkodzenia. Wpływ mokrej ściółki na patogenezę FPD może również wynikać z obecności substancji drażniących wydalanych z kałem i przywierania odchodów do skóry poduszki stopy [Nairn i Waston 1972], co wiąże się z ułatwionym wnikaniem patogenów przez uszkodzoną powłokę, rozwojem stanu zapalnego i martwicy. Poprawa jakości podłoża łagodzi objawy FPD. Opisany został przypadek, w którym stwierdza się zanik uszkodzeń podeszwy stopy po 15 dniach od przeniesienia stada indyków na suchą ściółkę [Martland 1985]. Wykazano, że podczas chowu brojlerów na wiórach sosnowych FPD występowało rzadziej w porównaniu z chowem prowadzonym na słomie [Grimes i in. 2002].

Istotne znaczenie mają także rodzaj i skład zadawanej paszy. Czynniki żywieniowe pośrednio wpływają na wilgotność ściółki. Duże zapotrzebowanie brojlerów na białko wymusza stosowanie w diecie śruty sojowej, która zawiera spore ilości potasu, co niekorzystnie wpływa na konsystencję odchodów. Znaczne stężenie minerałów w paszy może prowadzić do zwiększenia ilości pobieranej wody prowadzącego do zawilgocenia ściółki. Żywienie drobiu paszą kukurydziano-sojową z dodatkiem biotyny przyczyniło się do zmniejszenia zapadalności na FPD kurcząt utrzymywanych na suchej ściółce, ale nie miało wpływu na stada utrzymywane na ściółce mokrej [Harms i Simpson 1975, Eichner i in. 2007, Veldkamp i in. 2017]. Podobnie negatywny wpływ ma dieta z dużą ilością białka surowego (ogólnego). Nadwyżka azotu w organizmie pochodzącego z paszy musi zostać wydalona, przyczynia się to do zwiększenia spożycia wody oraz do zmiany konsystencji kału i zawilgocenia ściółki [Marks i Pestí 1984]. Niedobory witamin i aminokwasów, takich jak biotyna, ryboflawina, metionina i cystyna, w dietach rosnących ptaków zwiększają częstość występowania FPD [Veldkamp i in. 2017].

Intensywność występowania FPD w pewnej mierze zależy od okresu odchowu. Największą liczbę przypadków zapalenia skóry podeszwy stopy odnotowywano u piskląt odchowywanych w zimie. Częstość zapadalności na FPD zmniejsza się w ciepłych, suchych porach roku i wzrasta w chłodniejszych miesiącach. Stwierdzono również wpływ rasy na zachorowalność i przebieg *foot pad dermatitis*. Najbardziej podatne na FPD były brojlery

Ross, najmniej Hubbard Flex [De Jong i in. 2012]. Wynikać to może z genetycznego upośledzenia wchłaniania witamin w przewodzie pokarmowym niektórych linii kurcząt, ponieważ sugeruje się, że niedobór biotyny może powodować pogorszenie stanu stóp u drobiu [Harms i Simpson 1975, Kjaer i in. 2006]. Badania wykazują, że zapalenie skóry podszwy stopy częściej występuje u samców niż u samic [Hashimoto i in. 2011]. Gęstość obsady nie wpływa bezpośrednio na częstość występowania FPD i wzrost śmiertelności [Meluzzi i in. 2008], jednak może przyczynić się do zwiększenia wilgotności powietrza, a tym samym ściółki, i pogorszenia warunków chowu zwierząt [Dawkins i in. 2004].

Nadmiar wilgoci sprzyja rozwojowi bakterii obecnych w środowisku i predysponuje ptaki z FPD do rozwoju u nich poważniejszych infekcji bakteryjnych [Butterworth 1999]. Ze zmienionej chorobowo tkanki najczęściej izoluje się bakterie *Staphylococcus aureus* i *Staphylococcus hyicus*. Do zakażenia dochodzi poprzez uszkodzoną skórę, która stanowi naturalną barierę chroniącą przed drobnoustrojami ze środowiska zewnętrznego. W stadach indyków i kur gronkowce powodują zapalenie stawów skokowych i ścięgien. Pojawia się postępująca kulawizna, co prowadzi do częstego zalegania. Obserwuje się zgrubienie skóry na podszwie, palcach, a nawet w okolicy stawu skokowego. Na spodniej stronie stóp skóra staje się czarna i chropowata [Grudzień i Jędrzycki 2013]. Równie często za FDP u kurcząt odpowiedzialne są bakterie *Escherichia coli*, *Proteus* i *Pseudomonas* [Dzik i Mituniewicz 2017] oraz grzyby *Candida*, *Aspergillus*.

Klasyfikacja łap drobiu pod względem *foot pad dermatitis*

Na stan zdrowia kurzych łap wpływają różne czynniki, takie jak predyspozycje genetyczne, czynniki środowiskowe, jakość żywienia oraz ściółki. Unia Europejska uznała, że częstość zapalenia podszwy stopy jest jednym z wyznaczników dobrostanu zwierząt. Istnieje kilka systemów oceny obecności i ostrości FPD. Kryteria klasyfikacji muszą być ujednoczone i łatwe do zrozumienia. Ocena jakości opiera się na subiektywnej opinii, zatem system punktacji musi być powtarzany przez kilku klasyfikatorów. Pod uwagę bierze się obecność i głębokość zmian oraz dodatkowe uszkodzenia. Ocenia się losowe osobniki wybrane z każdego stada.

Propozycja przyjęcia prostego systemu ogólnoeuropejskiego, stosowanego w zakładach uboju została przyjęta przez zdecydowaną większość na posiedzeniu europejskiej federacji WPSA, które odbyło się w Berlinie w dniach 21–23 czerwca 2007 r. [Hocking i in. 2008]. System ten składa się z pięciu kategorii (0–4). Zero oznacza brak zewnętrznych oznak FPD, natomiast 4 to widoczny obrzęk, powiększenie całkowitego rozmiaru poduszki oraz martwica obejmująca ponad połowę powierzchni stopy. Do oceny jakości kurzych stóp wykorzystuje się również 3-punktową skalę od 0 do 2 [Bilgili i in. 2006], 7-punktową skalę od 0 do 6 [Ekstrand i in. 1997] lub skalę od 1 do 3 [Ekstrand i in. 1998].

Jakość odnosi się do ogólnego stanu zdrowia stopy, zarówno palców, jak i poduszek. Klasyfikacja jest oparta na ocenie wielkości zmian chorobowych, przebarwień oraz okaleczeń (np. złamania palców). Łapy są oddzielane i wyceniane według wielkości. Można wyróżnić małe, średnie i duże rozmiary. Łapy o dużych rozmiarach są najlepiej wyceniane, a to stanowi wyzwanie dla hodowców oraz firm drobiarskich.

Kontrola dobrostanu i czynników środowiskowych, a w efekcie utrzymanie kurcząt w dobrym zdrowiu, prowadzi do wzrostu produktywności i zysków. Przyjęcie jednolitego systemu punktacji w Europie ułatwiłoby obiektywną ocenę z uwzględnieniem systemu hodowli, praktyk hodowlanych i strategii żywieniowych, co powinno doprowadzić do zmniejszenia częstości występowania FPD [Hocking i in. 2008].

Zapobieganie występowaniu *foot pad dermatitis*

Leczenie choroby jest trudne i zazwyczaj spóźnione [Grudzień i Jędrzycki 2013]. Aby skutecznie zapobiegać FPD, należy skupić uwagę na stanie podłoża i parametrach mikroklimatu, takich jak temperatura i wilgotność powietrza, oraz wpływać na nie poprzez właściwą wentylację budynku. Równie ważna jest dbałość o odpowiednie ustawienie systemu pojenia i jego szczelność. Istotna jest dobrze zbilansowana pasza. Stosowanie białka roślinnego z mniejszym stężeniem potasu w składzie, w porównaniu ze śrutą sojową, powoduje niższy bilans elektrolitów w diecie, co wpływa korzystnie na jakość ściółki. Obniżenie stężenia białka ogólnego i zwiększenie ilości aminokwasów wolnych w diecie zmniejsza wilgotność kału, ściółki, a w rezultacie zmniejsza zachorowalność na FPD [Veldkamp i in. 2017].

W badaniach nad wodorowęglanem sodu jako substancją poprawiającą jakość ściółki stwierdzono jego użyteczność i potwierdzono zmniejszenie występowania FDP w stadzie podczas używania NaHCO_3 . Działanie wodorowęglanu sodu polega na zmniejszaniu uwalniania NH_3 ze ściółki. Utrzymanie NH_3 na właściwym poziomie poprawia jakość podłoża [Nagaraj i in. 2007]. Można również stosować środki farmakologiczne o działaniu osuszającym i wspomagającym gojenie się ran. Głównym składnikiem takich preparatów jest kwas salicylowy, który działa biobójczo, dezynfekująco, wiąże amoniak i pobudza proces regeneracji skóry właściwej [Dzik i Mituniewicz 2017]. Zaleca się również regularne i częste dościenianie. Na ściółkę można także stosować preparaty mikrobiologiczne z bakterii saprofitycznych (np. *Lactobacillus* sp., *Bifidobacter* sp.), które wypierają na zasadzie konkurencji chorobotwórcze drobnoustroje [Grudzień i Jędrzycki 2013].

Zapalenie poduszki stopy ma istotne znaczenie gospodarcze w branży drobiarskiej. Właściwe zarządzanie hodowlą i zapewnienie odpowiedniego środowiska, z uwzględnieniem przede wszystkim właściwego poziomu wilgoci, jest najlepszym sposobem zapobiegania FPD. Ponadto jakość łap podczas kontroli dobrostanu wskazuje na poziom, jaki reprezentuje hodowca, i na to, jakie utrzymuje warunki w kurniku.

Bibliografia

- Bilgili S.F., Alley M.A., Hess J.B., Nagaraj M., 2006. Influence of age and sex on footpad quality and yield in broiler chickens reared on low and high density diets. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 433–441.
- Bobrek K., Bobusia K., Gaweł A., 2014. *Pododermatitis* kontaktowe zapalenie skóry podeszwy stopy u drobiu. *Pol. Drob.* 11, 36–38.
- Butterworth A., 1999. Infectious components of broiler lameness: A review. *World's Poult. Sci. J.* 55, 327–352.
- Christensen H., 1996. An insatiable market in southern China and Hong Kong changes a chicken by-product into a snack food. *Poult. Market. Technol.* 5/6, 38–41.
- Dawkins B., Donnelly M., Jones T.A., 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427, 342–344.
- De Jong I., Van Harn J., Gunnink H., Hindle V., Lourens A., 2012. *Footpad dermatitis* in Dutch broiler flocks: Prevalence and factors of influence. *Poult. Sci.* 91, 1569–1574.
- Dyce K.M., Sack W.O., Wensing C.J.G., 2011. *Anatomia weterynaryjna*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław.
- Dzik S., Mituniewicz T., 2017. FDP (*foot pad dermatitis*) – ważny problem w produkcji drobiarskiej. *Ogólnopol. Inf. Drob.* 308(5), 20–28.
- Eichner G., Vieira S.L., Torres C.A., Coneglian J.L.B., Freitas D.M., Oyarzabal O.A., 2007. Litter moisture and footpad dermatitis as affected by diets formulated on an all-vegetable basis or having the inclusion of poultry by-product. *J. Appl. Poult. Res.* 16(3), 1, 344–350.

- Ekstrand C., Algers B., Svedberg J., 1997. Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish broiler chickens. *Prev. Vet. Med.* 31, 167–174.
- Ekstrand C., Carpenter T.E., Andersson I., Algers B., 1998. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. *Br. Poult. Sci.* 39, 318–324.
- Gouveia K.G., Vaz-Pires P., da Costa P.M., 2009. Welfare assessment of broilers through examination of haematomas, foot-pad dermatitis, scratches and breast blisters at processing. *Anim. Welfare* 18(1), 43–48.
- Greene J.A., Mccracken R.M., Evans R.T., 1985. A contact dermatitis of broilers – Clinical and pathological findings. *Avian Pathol.* 14, 23–38.
- Grimes J.L., Smith J., Williams C.M., 2002. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. *World's Poult. Sci. J.* 58, 515–526.
- Grudzień W., Jędryczko W., 2013. *Vademecum chorób drobiu rzeźnego*. Pro Agricola Sp. z o.o., Warszawa.
- Hafez H.M., Wase K., Haase S., Hoffmann T., Simon O., Bergmann V., 2004. Leg disorders in various lines of commercial turkeys with especial attention to pododermatitis. *Proc. of the 5th Int. Symp. on Turkey Diseases, Berlin*, 11–19.
- Harms R.H., Simpson C.F., 1975. Biotin deficiency as a possible cause of swelling and ulceration of foot pads. *Poult. Sci.* 54(5), 1711–1713.
- Hashimoto K., Yamazaki K., Obi T., Takase K., 2011. Footpad dermatitis in broiler chickens in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 73, 293–297.
- Hocking P.M., Mayne R.K., Else R.W., French N.A., Gatcliffe J., 2008. Standard European footpad dermatitis scoring system for use in Turkey processing plants. *World's Poult. Sci. Jour.* 64(3), 323–328.
- Kjaer J.B., Su G., Nielsen B.L., Sørensen P., 2006. Foot pad dermatitis and hock burn in broiler chickens and degree of inheritance. *Poult. Sci.* 85(8), 1342–1348.
- Marks H.L., Pesti G.M., 1984. The roles of protein level and diet form in water consumption and abdominal fat pad deposition of broilers. *Poult. Sci.* 63, 1617–1625.
- Martland M.F., 1984. Wet litter as a cause of plantar pododermatitis leading to foot ulceration and lameness in fattening turkeys. *Avian Pathol.* 13, 241–252.
- Martland M.F., 1985. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. *Avian Pathol.* 14(3), 353–364.
- Maslić-Strižak D., Spalević L., 2016. Foot-pad dermatitis influence on poultry fertility. *2nd Int. Symp. of Veterinary Medicine*, 143.
- Mayne R.K., Else R.W., Hocking P.M., 2007. High litter moisture alone is sufficient to cause footpad dermatitis in growing turkeys. *Br. Poult. Sci.* 48(5), 538–545.
- Meluzzi A., Fabbri C., Folegatti E., Sirri F., 2008. Survey of chicken rearing conditions in Italy: effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *Br. Poult. Sci.* 49(3), 257–264.
- Nagaraj M., Wilson C.A.P., Saenmahayak B., Hess J.B., Bilgili S.F., 2007. Efficacy of a litter amendment to reduce pododermatitis in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 16(2), 255–261.
- Nairn M.E., Watson A.R.A., 1972. Leg weakness of poultry – a clinical and pathological characterization. *Aust. Vet. J.* 48, 645–656.
- Platt S., Buda S., Budras K.D., 2001. The influence of biotin on foot pad lesions in turkey poults. *Proc. of the 8th Symp.: Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, Germany. Micro Nutrients, Jena, Thuringen, Germany*, 143–148.
- Shepherd E.M., Fairchild B.D., 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.* 89(10), 2043–2051.
- Veldkamp T., Hocking P.M., Vinco L.J., 2017. Effect of crude protein concentration and dietary electrolyte balance on litter quality, foot pad dermatitis, growth performance and processing yields in two medium heavy turkey hybrids. *Br. Poult. Sci.* 58(5), 557–568.

SYSTEM CHOWU NIOSEK JAKO CZYNNIK MODYFIKUJĄCY JAKOŚĆ JAJ KURZYCH

Patrycja Chabroszewska¹, Kamil Drabik¹, Kostiantyn Vasiukov¹,
Justyna Batkowska²

Produkcja jaj na szeroką skalę ma na celu nie tylko pozyskanie pełnowartościowego surowca, ale przede wszystkim zaspokojenie zapotrzebowania rynku na produkty pochodzenia zwierzęcego. W tym kontekście, prócz oczywistych cech wpływających na decyzje zakupowe konsumentów czy jakości uzyskanego surowca, istotna jest także produktywność stad, warunkowana zarówno genotypem ptaków, jak i systemem ich utrzymania. Wiele prac dowodzi, że uwarunkowania genetyczne ptaków rzutują na jakość pozyskanego od nich surowca [Biesiada-Drzazga i Janocha 2009, Krawczyk 2009b]. W aspekcie produkcji nieśnej widoczna jest jednak swoista korelacja pomiędzy genotypem a sposobem chowu niosek [Batkowska i Brodacki 2017]. Poszczególne genotypy charakteryzują się różną produktywnością oraz jakością jaj w zależności od systemu utrzymania, który wpływa zarówno na liczbę jaj, jak i na ich jakość [Batkowska i in. 2017]. Celem pracy było przybliżenie zróżnicowania systemów chowu drobiu nieśnego oraz wskazanie ich możliwego wpływu na jakość pozyskiwanych jaj.

Systemy chowu niosek

Różnice w warunkach chowu polegają na odmiennych warunkach środowiskowych oraz docelowej wielkości produkcji [Kratz i in. 2009]. Jaja konsumpcyjne pochodzą od niosek utrzymywanych w systemach o różnej intensywności. Informację, z jakiego systemu pochodzi dane jajo, konsument może znaleźć na skorupie, istnieją bowiem odpowiednie oznaczenia stosowane przez producentów jaj. W praktyce producenci wyróżniają cztery zasadnicze systemy utrzymania ptaków, które odzwierciedlają oznakowania na jajach (pierwsza cyfra numeru identyfikacyjnego). Są to zatem systemy: ekologiczny (0), wybiegowy (1), ściółkowy (2) oraz klatkowy (3).

W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach UE, najwyższy odsetek jaj na rynku pochodzi z chowu klatkowego [Sokołowicz i in. 2016]. Z uwagi na możliwość zwiększenia obsady na jednostkę powierzchni system ten pozwala na ograniczenie kosztów produkcji

¹ *Studenckie Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowli Drobiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

w przeliczeniu na jedno jajo [Biesiada-Drzazga i Janocha 2009], a także na redukcję emisji metanu i amoniaku do atmosfery [Xin i in. 2011]. Dzięki znacznej intensyfikacji pozwala on również na redukcję obciążenia środowiska naturalnego w porównaniu z systemami ekstensywnymi [Leinonen i in. 2012]. System klatkowy umożliwia także automatyzację zbioru jaj poprzez zastosowanie taśmociągów oraz utrzymanie jaj w czystości, bez kontaktu z odchodami ptaków, co z kolei zapewnia ich bezpieczeństwo mikrobiologiczne. Odpowiednio dobrany program świetlny oraz warunki temperaturowe zapewniają dobrostan ptaków. Możliwość pełnej kontroli warunków środowiskowych pozwala na uzyskanie większej stabilności cech jakościowych w trakcie przechowywania jaj [Batkowska i in. 2016]. Mimo oczywistych zalet chowu klatkowego w ostatnim czasie stał się on systemem często nieakceptowanym społecznie z uwagi na niski komfort życia ptaków oraz na brak możliwości przejawiania przez nie naturalnego behawioru. W odpowiedzi na te uwagi w 2012 r. wprowadzono w Unii Europejskiej przepisy mówiące o wzbogaceniu klatek w poidło, grzędę oraz urządzenia do ścierania pazurów.

Do zalet chowu ściółkowego niosek zalicza się niższy koszt budowy pomieszczeń i ich wyposażenia, a także warunki bytowania ptaków zbliżone są do naturalnych. Wadą tego sposobu chowu jest stały kontakt ptaków ze ściółką, co stwarza zagrożenie przeniesienia chorób i pasożytów. Odnotowuje się także większe zużycie energii na potrzeby bytowe, w porównaniu z systemem klatkowym, ale też trudności z zakupem i przewozem dużej ilości materiału ściółkowego oraz zagospodarowaniem zużytej ściółki [Thiele i Pottgüter 2008].

Wraz ze wzrostem świadomości społeczeństwa oraz zgodnie z aktualnie panującymi trendami konsumenci coraz częściej wybierają jaja z systemów bardziej ekstensywnych. Uważają jednocześnie, że ptaki tak utrzymywane są w mniejszym stopniu podatne na stres, a także wykazują naturalny behawior. Tymczasem w rzeczywistości, w chowie wybiegowym lub ekologicznym ptaki narażone są na dodatkowe czynniki stresowe, jak chociażby obecność innych zwierząt, co rzutuje na jakość jaj, np. przez występowanie w nich plam krwistych. Ponadto potwierdzono, że jaja od ptaków utrzymywanych na ściółce mogą charakteryzować się mniejszą masą w porównaniu z tymi z chowu klatkowego [Biesiada-Drzazga i Janocha 2009]. Jest to parametr tym bardziej istotny, że wielkość jaj jest jednym z najważniejszych czynników determinujących wybory zakupowe konsumentów [Trziszka i in. 2006].

Porównując barwę żółtka jaj pozyskanych od kur utrzymywanych w systemach ekstensywnych, z dostępem do pasz zielonych i bogatych w karotenoidy, oraz w klasycznym systemie klatkowym, wykazano wyższe wartości koloru żółtka w jajach od niosek utrzymywanych intensywnie, co może być spowodowane dodatkiem do pasz syntetycznych barwników [Rossi 2007]. Barwa żółtka jest cechą stanowiącą jedno z podstawowych kryteriów wyboru jaj przez konsumentów, którzy zdecydowanie częściej wybierają te o ciemniejszej barwie żółtka [Cywa-Benko i in. 1998, Biesiada-Drzazga i Janocha 2009]. Odnotowano także istotne różnice takich parametrów jakościowych jaj, jak grubość i waga skorupy, w zależności od systemu chowu [Mugnai i in. 2009, Biesiada-Drzazga i Janocha 2009]. Jest to parametr ważny w aspekcie zbioru i dystrybucji surowca jajczarskiego. Konsumenci poszukują jaj o ciemniejszej skorupie, kojarząc błędnie kolor skorupy z jakością jaj oraz barwą żółtka [Biesiada-Drzazga i Janocha 2009], podczas gdy w rzeczywistości barwa skorupy jest definiowana wyłącznie przez czynniki genetyczne [Roberts 2004].

Jakość świeżych jaj

Jakość jaj zależy od szeregu czynników: genotypu ptaków, ich masy, warunków środowiskowych czy systemu chowu. Pewne aspekty można modyfikować w celu uzyskania jak najlepszego surowca. Odpowiednie kojarzenie pozwala na otrzymanie mieszańców o pożądanym cechach produkcyjnych. Poza tym za pomocą celowych zmian w programie świetlnym w kurniku produkcyjnym można nie tylko sterować liczbą i jakością pozyskiwanych jaj, lecz także w zasadniczy sposób ułatwić logistycznie ich zbiór dzięki możliwości oszacowania, w którym momencie dnia świetlnego nieśność jest największa. Jest to jednak cecha zależna zarówno od genotypu ptaków, jak i warunków oświetlenia [Tůmová i in. 2007].

Ocena jakości jaj oparta jest na szeregu różnych parametrów pozwalających zakwalifikować jaja do poszczególnych klas, nie tylko ze względu na masę czy obecność zabrudzeń skorupy (dyskwalifikujących jaja towarowe z klasy jaj spożywczych „A”), ale również choćby głębokość komory powietrznej czy barwę oraz indeks żółtka. Wykazano istotne różnice takich parametrów jakościowych jaj, jak grubość i waga skorupy czy intensywność zabarwienia żółtka, w zależności od systemu chowu [Mugnai i in. 2009]. Biorąc pod uwagę preferencje konsumentów, poszukiwany jest surowiec o żółto-pomarańczowej barwie żółtka. Jej intensywność warunkowana jest zawartością karotenoidów w paszy, często syntetycznych, co dotyczy chowu klatkowego. W chowie wybiegowym karotenoidy są przyswajane przez ptaki wraz ze spożywaną roślinnością porastającą wybiegi bądź z zielonkami [Krawczyk i Gornowicz 2010].

Jak donoszą Sokołowicz i in. [2012], w jajach kur utrzymywanych w systemie ekologicznym zauważono korzystny wpływ wieku ptaków na masę żółtek i jaj. Te same badania dowiodły, iż zielononóżka kuropatwiana utrzymywana w systemie ekologicznym znosi jaja o intensywniejszej barwie żółtka oraz większej zawartości witamin A i E.

Jakość mikrobiologiczna jaj

Na jakość mikrobiologiczną jaja wpływ ma wiele czynników, takich jak: stan zdrowia niosek, system utrzymania, oddziaływanie mikroflory stałej czy przejściowej, zanieczyszczenie mikrobiologiczne paszy i pomieszczeń produkcyjnych, a także bezpośrednie postępowanie z jajami po ich zniesieniu czy rodzaj opakowań stosowanych do jaj [Jones i in. 2004, Świerczewska i Siennicka 2005, Adesiyun i in. 2006, Węsierska 2006, Wall i in. 2008].

Ogromną wagę do oceny mikrobiologicznej skorup i treści jaj w zależności od systemu utrzymywania ptaków przywiązuje się zarówno u nas w kraju, jak i za granicą [De Rue i in. 2008]. Od systemu utrzymywania niosek zależny jest skład jakościowy i ilościowy izolowanej mikroflory pochodzącej z kurnika [Gawęcka 2002, De Reu i in. 2008].

Ze względu na różnice warunków w miejscu zniesienia jaj przez nioski skorupy narażone są zarówno na uszkodzenia mechaniczne, jak i na zabrudzenia pochodzące chociażby ze ściółki. Staje się to poważnym problemem przede wszystkim w systemach, gdzie wprowadzenie pełnej mechanizacji zbioru jaj jest trudne lub wręcz niemożliwe, czyli w chowie ekologicznym i wybiegowym.

Bezściółkowy system chowu charakteryzuje powstawanie w kurniku gnojowicy, która poza podstawowym składnikiem, jakim są odchody ptaków, zawiera również resztki paszy, kwasy tłuszczowe oraz złuszczone nablönki. Skład gnojowicy, który jest niewątpliwie bardzo urozmaicony, umożliwia rozwój oraz przetrwanie flory bakteryjnej nawet w ilości 10^{14} komórek bakterii w 1 g, mimo iż ogólna liczba drobnoustrojów występujących na po-

wierzchni skorupy wynosi od 10^4 do 10^6 jtk [Świerczewska i Siennicka 2005, De Rue i in. 2008]. Na skorupie jaj obserwuje się występowanie patogennych mikroorganizmów, są nimi bakterie *E. coli*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* oraz *Yersinia* [Jones i in. 2004, Węsierska 2006]. W systemach ściółkowych występują natomiast, zgromadzone w ściółce, bakterie pochodzące zarówno z odchodów niosek, jak i mikroflora bytująca na roślinach, w tym również grzyby mikroskopowe oraz wytwarzane przez nie mykotoksyny [Kuo i in. 1997, De Rue i in. 2008].

Czynnik ludzki również znacznie wpływa na mikroflorę powierzchni skorupy [Węsierska 2006]. Na powierzchni ludzkiej skóry, głównie na rękach, występują dwa rodzaje mikroflory: przejściowa oraz stała. W skład tej drugiej wchodzi bakterie Gram-dodatnie, a u niektórych osób można także zaobserwować niewielkie ilości bakterii Gram-ujemnych czy drożdży. Do mikroflory przejściowej zaliczane są gronkowce koagulazododatnie oraz pałeczki *Salmonella*. Nosicielami gronkowców jest od 30 do 60% osób [Soriano i in. 2002].

Porównywalny wpływ na jakość mikrobiologiczną jaj mają pasze oraz dodatki paszowe, które stosowane są w żywieniu drobiu. Udowodniono, iż pałeczki *Salmonella* wprowadzone do organizmu niosek wraz z paszą, pozostają w przewodzie pokarmowym ptaków. *Salmonella* wydalana jest sukcesywnie z organizmu w trakcie przechodzenia jaj przez kloakę, w momencie ich znoszenia [Gantois i Immerseel 2008].

Przechowalnicza jakość jaj

W czasie przechowywania w jajach podobnie jak we wszystkich surowcach, zwłaszcza nieprzetworzonych, zachodzi wiele zmian pogarszających ich jakość technologiczną.

W aspekcie przechowalnictwa podstawowymi parametrami oceny jakościowej są ubytek wody i związany z nim ubytek masy jaja [Samli i in. 2005, Akyurek i Okur 2009, Calik 2013, Batkowska i Brodacki 2014, Biesiada-Drzazga i in. 2016, Sokołowicz i in. 2016]. W kolejnym etapie porównuje się zmiany głębokości komory powietrznej. Ich dynamika zależy w dużej mierze od temperatury przechowywania oraz względnej wilgotności w przechowalni. Potwierdzono ścisłą korelację pomiędzy głębokością komory powietrznej a czasem przechowywania [Samli i in. 2005, Calik 2013, Batkowska i Brodacki 2014]. Głębokość komory powietrznej to parametr tym bardziej istotny, że jest ściśle uzależniony od temperatury chowu ptaków, gdyż komora powietrzna powstaje już w momencie zniesienia jaja na skutek różnicy temperatur między ciałem nioski i otoczeniem. Na tej podstawie można wnioskować, że jaja pozyskane od ptaków utrzymywanych w systemach ekstensywnych, gdzie możliwość zapewnienia stabilnych warunków termicznych jest znacznie ograniczona, już w momencie zniesienia będą charakteryzować się większą głębokością komory powietrznej.

Zmiany dotyczą również treści jaja, a więc parametrów jakościowych białka i żółtka. Istotną z punktu widzenia przechowalnictwa jaj zmianą zachodzącą w białku jest ubytek jego objętości o ok. 17%. Podobna relacja zachodzi także dla masy białka oraz jego procentowego udziału w masie całego jaja. Dodatkowo w wyniku dysocjacji kwasu węglowego z jaj uwalniany jest dwutlenek węgla, w następstwie czego dochodzi do alkalizacji środowiska, a zatem wzrostu pH białka [Monira i in. 2003], co wpływa na rozluźnienie jego struktury i wysokości frakcji gęstej.

W czasie przechowywania w żółtku zachodzi szereg procesów. Podstawowym jest zmiana jego wielkości oraz spadek wartości indeksu. Powiększanie się żółtka jest procesem powodowanym ruchem wody wewnątrz jaja, a dokładniej wspomnianą już jej dyfuzją przez

blonę witelinową w kierunku z białka do żółtka [Menezes i in. 2012]. Proces zachodzi do momentu osiągnięcia równowagi osmotycznej między tymi elementami. W procesie starzenia dochodzi do osłabienia wytrzymałości błony witelinowej oraz spłaszczenia żółtka [Kralik i in. 2014]. Wraz ze upływem czasu przechowywania błona witelinowa na skutek osłabienia pęka, co prowadzi do wymieszania się treści jaja [Calik 2013].

Biorąc pod uwagę poprawę dobrostanu i wymagania konsumentów, na popularności zyskuje tzw. chów ekologiczny, przydomowy czy ekstensywny [Ferrante i in. 2009, Krawczyk 2009b, Tůmová i in. 2009]. Hodowca często nie ma wpływu na czynniki genetyczne niosek, poza wyborem odpowiedniego materiału do chowu, dostosowanego do warunków panujących na fermie. Jednak na rynku obecnych jest niewiele ptaków nieśnych, które w takich warunkach byłyby w stanie osiągnąć oczekiwane efekty produkcyjne. Biorąc pod uwagę opinię, iż w warunkach chowu ekstensywnego popularne komercyjne mieszańce nieśne nie są w stanie maksymalnie wykorzystać swojego potencjału genetycznego, wskazane jest wykorzystanie lokalnych ras bądź ich mieszańców do chowu organicznego, z uwagi na ich lepsze przystosowanie do zróżnicowanych warunków środowiskowych [Rizzi i Chiericato 2005, Zita i in. 2009].

Bibliografia

- Adesiyun A., Offiah N., Seepersadsingh N., Rodrigo S., Lashley V., Musai L., 2006. Frequency and antimicrobial resistance of enteric bacteria with spoilage potential isolated from table eggs. *Food Res. Int.* 39, 212–219.
- Akyurek H., Okur A.A., 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(10), 1953–1958.
- Batkowska J., Brodacki A., 2014. Wpływ mycia skorupy na wybrane cechy jakości jaj kurzych w czasie przechowywania. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 21, 204–213.
- Batkowska J., Brodacki A., 2017. Selected quality traits of eggs and the productivity of newly-created laying hens dedicated to extensive system of rearing. *Arch. Tierzucht* 60, 87–93.
- Batkowska J., Brodacki A., Gryzińska M., 2016. Effects of laying hen husbandry system and storage on egg quality. *Europ. Poult. Sci.* 80, DOI: 10.1399/eps.2016.158.
- Batkowska J., Drabik K., Brodacki A., 2017. Quantity and quality of poultry products depending on birds' rearing system. *J. Anim. Sci. Biol. Bioecon.* 85(3), 57–66.
- Biesiada-Drzazga B., Janocha A., 2009. Wpływ pochodzenia i systemu utrzymania kur na jakość jaj spożywczych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 64(3), 67–74.
- Biesiada-Drzazga B., Banaszewska D., Wereszczyńska A., Olędzki Ł., 2016. Wpływ warunków przechowywania na wybrane cechy jaj pochodzących od kur rasy zielononóżka kuropatwiana. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1(104), 79–87.
- Calik J., 2013. Zmiany cech jakościowych jaj pochodzących od kur nieśnych żółtonóżka kuropatwiana (Ż-33), w zależności od warunków ich przechowywania. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 2(87), 73–79.
- Cywa-Benko K., Krawczyk J., Strojny J., Wyk S., 1998. Upodobania konsumentów jaj. *Pol. Drob.* 6, 3–5.
- De Rue K., Messens W., Heyndrickx M., Rodenburg T.B., Uyttendaele M., Herman L., 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poult. Sci.* 64, 5–19.
- Ferrante V., Lolli S., Vezzoli G., Cavalchini L.G., 2009. Effects of two different rearing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.* 8, 165–174.

- Gantois I., Immerseel F., 2008. Mechanizm zakażenia jaj *Salmonella enteritidis*: szczególne właściwości tego serotypu. Pol. Drob. 12, 61–62.
- Gawęcka K.E., 2002. Za i przeciw utrzymywania kur w klatkach. Pol. Drob. 4, 16–18.
- Jones D.R., Musgrove M.T., Northcutt J.K., 2004. Variations in external and internal microbial populations in shell eggs during extended storage. J. Food Prot. 67, 2657–2660.
- Kralik Z., Kralik G., Grcević M., Galović A., 2014. Effect of storage period on the quality of table eggs. Acta Agrar. Kvar. 18, Suppl. 1, 200–206.
- Kratz S., Halle I., Rogasik J., Schnug E., 2009. Nutrient balances as indicators for sustainability of broiler production systems. Br. Poult. Sci. 45(2), 149–157.
- Krawczyk J., 2009a. Effect of layer age and egg production level on changes in quality traits of eggs from hens of conservation breeds and commercial hybrids. Ann. Anim. Sci. 9(2), 185–193.
- Krawczyk J., 2009b. Quality of eggs from Polish native Greenleg Partridge chicken-hens maintained in organic vs. backyard production systems. Anim. Sci. Pap. Rep. 27(3), 227–235.
- Krawczyk J., Gornowicz E., 2010. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. Arch. Geflügelkd. 74(3), 151–157.
- Kuo F., Carey J., Ricke S., 1997. UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, molds and inoculated *Salmonella typhimurium*. J. Food Prot. 60, 639–643.
- Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I., 2012. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. Poult. Sci. 91(1), 26–40.
- Menezes P.C.D., Lima E.R.D., Medeiros J.P.D., Oliveira W.N.K.D., Evêncio-Neto J., 2012. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. Rev. Bras. Zootecn. 41(9), 2064–2069.
- Monira K., Salahuddin M., Miah G., 2003. Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken. Int. J. Poult. Sci. 4(2), 261–263.
- Mugnai C., Dal Bosco A., Castellini C., 2009. Effect of rearing system and season on the performance and egg characteristics of Ancona laying hens. Ital. J. Anim. Sci. 8(2), 175–188.
- Rizzi C., Chiericato G.M., 2005. Organic farming production. Effect of age on the productive yield and egg quality of hens of two commercial hybrid lines and two local breeds. Ital. J. Anim. Sci., 4, 160–162.
- Roberts J.R., 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. J. Poult. Sci. 41(3), 161–177.
- Rossi M., 2007. Influence of the laying hen housing systems on table egg characteristics. Proc. of the XVIII Europ. Symp. on the Quality of Poultry Meat and XII Europ. Symp. of the Quality of Eggs and Egg Products. Prague, September 2–5, 49–51.
- Samli H.E., Agma A., Senkoğlu N., 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. J. Appl. Poult. Res. 14(3), 548–553.
- Sokolowicz Z., Krawczyk J., Herbut E., 2012. Jakość jaj z chowu ekologicznego w pierwszym i drugim roku użytkowania niosek. Żywn. Nauka Technol. Jakość 4(83), 185–194.
- Sokolowicz Z., Krawczyk J., Dykiel M., 2016. Wpływ czasu przechowywania na jakość i właściwości funkcjonalne jaj od kur objętych w Polsce programem ochrony. Żywn. Nauka Technol. Jakość 2(104), 49–57.
- Soriano J.M., Font G., Molto C., Manes J., 2002. Enterotoxigenic staphylococci and their toxins in restaurants foods. Trends Food Sci. Technol. 12, 60–67.
- Świerczewska E., Siennicka A., 2005. Mycie jaj – temat ciągle kontrowersyjny. Pol. Drob. 10, 36–38.
- Thiele H.H., Pottgüter R., 2008. Management recommendations for laying hens in deep litter, perchery and free range systems. Lohman Inf. 43(1), 53.
- Trziszka T., Nowak M., Kaźmierska M., 2006. Preferencje konsumentów jaj na rynku wrocławskim. Żywn. Nauka Technol. Jakość 3(48), 107–117.

- Tůmová E., Zita L., Hubený M., Skřivan M., Ledvinka Z., 2007. The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech J. Anim. Sci.* 52(1), 26–30.
- Tůmová E., Skřivan M., Englmaierová M., Zita L., 2009. The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. *Czech J. Anim. Sci.* 54(1), 17–23.
- Wall H., Tauson R., Sorgjerd S., 2008. Bacterial contamination of eggshells in furnished and conventional cages. *J. Appl. Poult. Res.* 17, 11–16.
- Węsierska E., 2006. Czynniki jakości mikrobiologicznej spożywczych jaj kurzych. *Med. Weter.* 11, 1222–1228.
- Xin H., Gates R.S., Green A.R., Mitloehner F.M., Moore Jr. P.A., Wathes C.M., 2011. Environmental impacts and sustainability of egg production systems. *Poult. Sci.* 90(1), 263–277.
- Zita L., Tůmová E., Štolc L., 2009. Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Vet. Brno* 78, 85–91.

ZIOŁA W ŻYWIENIU I ODCHOWIE CIELĄT

Paulina Główka¹, Krystian Strojny¹, Anna Olko¹, Renata Klebaniuk^{1,2},
Edyta Kowalczyk-Vasilev^{1,2}, Maciej Bąkowski^{1,2}, Piotr Jarzyna^{1,2},
Magdalena Olcha^{1,2}, Marlena Rychta¹

Pierwszy okres odchowu cieląt determinuje ich dalszą użytkowość i zdolność produkcyjną, jednak upadki młodych zwierząt to w dalszym ciągu jeden z podstawowych problemów hodowców. Najwyższy odsetek strat żywo urodzonych cieląt następuje w pierwszym tygodniu życia. Potwierdza to szczególne znaczenie statusu immunologicznego i metabolicznego nowo narodzonych zwierząt w adaptacji do warunków środowiska. Zwierzęta narażone są na infekcje bakteryjne i wirusowe powodujące schorzenia układu pokarmowego i oddechowego czy inwazję pasożytów.

W ostatnim czasie, zwłaszcza od chwili wejścia w życie zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu (AWS) coraz intensywniej poszukuje się metod alternatywnych, szeroko rozumianej profilaktyki, umożliwiających ograniczenie strat ekonomicznych związanych z występowaniem chorób u cieląt. Hodowcy sięgają po dodatki mające na celu uzyskanie równowagi biologicznej w obrębie przewodu pokarmowego zwierząt, wspomagające ich układ immunologiczny poprzez wzmocnienie wielu różnych mechanizmów nieswoistych, czyli niezwiązanych z wybiórczym rozpoznawaniem czynnika infekcyjnego. Jest to szczególnie ważny aspekt w gospodarstwach ekologicznych, gdzie stosowanie chemioterapii i chemioprophylaktyki z założenia jest niemożliwe. Stąd też hodowcy w celu profilaktyki, jak również leczenia zwierząt, sięgają po zioła i rośliny lecznicze. Wprowadzenie ziół do dawek pokarmowych uruchamia i stymuluje mechanizmy wielokierunkowego oddziaływania na układ trawienny, układ odpornościowy, status antyoksydacyjny organizmu, a także ma działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciw pasożytnicze, co może skutkować jednoczesną stymulacją wzrostu i poprawą zdrowia zwierząt.

W chwili obecnej cielęta ras mlecznych utrzymuje się na dwa zasadnicze sposoby: tradycyjnie w oborach lub stosując tzw. zimny wychów. Stosowanie drugiej z wymienionych metod wymaga zapewnienia wybiegów z budkami dającymi schronienie przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Cielęta, dzięki ustabilizowanemu już w chwili porodu systemowi termoregulacji, od pierwszych dni życia radzą sobie w niskich temperaturach, o ile zapewni im się wystarczającą ilość energii niezbędnej do ogrzania ciała oraz suche, czyste stanowisko zabezpieczone przed przeciągami [Litwińczuk i Szulc 2005]. Mimo zachowania odpowiednich warunków należy pamiętać, że istnieją pewne zakresy temperatur

¹ *Studenckie Koło Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instytut Żywnienia Zwierząt i Bromatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

krytycznych związanych z wiekiem zwierzęcia, których nie należy przekraczać. Dwutygodniowe cielę wymaga dostarczenia dodatkowej energii w temperaturze 10–15°C, podczas gdy dla zwierząt starszych zakres ten wynosi już 6–10°C [Earley i in. 2004]. Zimny wychów cieląt sprzyja hartowaniu organizmu zwierzęcia [Górka 2010]. Możliwość bytowania na wybiegu zmniejsza ryzyko infekcji ze strony układu oddechowego dzięki mniejszej koncentracji szkodliwych gazów i pyłów w powietrzu na zewnątrz. Swobodny dostęp do promieni słonecznych także pozytywnie wpływa na zdrowotność cieląt. Bezpośrednio jest to związane z syntezą witaminy D, której prowitamina znajduje się w skórze, a jej przemiana wymaga działania promieni słonecznych.

Utrzymywanie cieląt pojedynczo lub w grupach w sposób znaczący wpływa na ich zdrowotność oraz przyrosty. Dane literaturowe nie są jednak spójne w tym zakresie. Uważa się, że cielęta odchowywane indywidualnie wykazują lepszą zdrowotność z uwagi na brak kontaktu ze zwierzętami chorymi [Ząbek 2010], potwierdza to także wyższy wskaźnik upadków w odchowie grupowym [Svensson i Liberg 2006]. Choć inne badania nie wykazują takiej zależności [Wells i in. 1996]. Przyczyną negatywnego oddziaływania odchowu grupowego może być znaczna dynamika zmian zachodzących w obrębie grupy. Badania wykazały, że w grupach ustabilizowanych utrzymanie zbiorowe wpłynęło korzystnie na przyrosty oraz niemal dwukrotnie zredukowało ilość chorób układu oddechowego [Gulliksen i in. 2009, Pedersen i in. 2009]. Bez względu na wybrany system wychowu należy pamiętać, że wszystkie zaniedbania w początkowych fazach chowu rzutują na późniejszą zdrowotność i produktywność zwierząt, a co za tym idzie na ekonomikę produkcji [Razzaque i in. 2009].

Pierwszym pokarmem, a tym samym pierwszą paszą o kluczowym znaczeniu dla nowo narodzonego cielęcia jest siara (łac. *colostrum*). Jest to gęsta wydzielina gruczołu mlekowego samicy w krótkim okresie po porodzie, bogata w składniki pokarmowe, witaminy oraz substancje warunkujące odporność bierną osesków [Weaver i in. 2000, Płusa 2009, Grodzki i Przysucha 2011]. Po okresie siarowym w żywieniu cieląt wprowadza się mleko lub stosowane coraz częściej preparaty mlekozastępcze. Ich stosowanie wynika bezpośrednio z przyczyn ekonomicznych [Górka i Kowalski 2007]. Niestety skład chemiczny preparatów mlekozastępczych w dużej mierze różni się od naturalnego składu mleka. Jest to spowodowane faktem, że znaczna część bioaktywnych peptydów wykazujących różnokierunkowe oddziaływanie na cielęta (działanie antybakteryjne, przeciwbiegunkowe czy stymulujące rozwój przewodu pokarmowego) pochodzi z enzymatycznego rozkładu białek mleka [Górka i Kowalski 2007]. Czynnikiem ekonomicznym w produkcji preparatów mlekozastępczych przyczynił się do wykorzystania białek roślinnych jako podstawowego źródła białka w żywieniu cieląt [Górka i Kowalski 2007, Jamroz i Potkański 2009].

Ekonomika odchowu nie może jednak wpływać na jakość ich żywienia w pierwszych dniach życia. Stosowanie preparatów mlekozastępczych od pierwszych dni odchowu (4.–6. doba) spowalnia rozwój jelit [Blättler i in. 2001, Górka i Kowalski 2007]. Należy jednak pamiętać, że w pierwszym okresie odchowu w preparacie powinny znajdować się przede wszystkim białka zwierzęce, jak kazeina czy albuminy jaj kurzych. Badania Godden i i in. [2005] wykazały także, że większa w porównaniu z preparatami mlekozastępczymi wartość energetyczna mleka wpływa korzystnie na przeżywalność cieląt w czasie odchowu, zwłaszcza w okresie zimowym.

Żywienie cieląt paszami płynnymi w początkowych fazach rozwoju należy wzbogacić o pasze treściwe, a w dalszym etapie także objętościowe. Jest to zabieg konieczny z uwagi na potrzebę stymulowania rozwoju żwacza. Spożycie pasz stałych powoduje namnażanie się komórek bakteryjnych żwacza oraz produkcję lotnych kwasów tłuszczowych, które wpływają na zapoczątkowanie rozwoju nabłonka żwacza [Niwińska i in. 2004]. Równie istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój żwacza jest jakość zastosowanych pasz treściwych,

a właściwie ilość i skład powstających produktów rozkładu mikrobiologicznego, które w największym stopniu wpływają na rozwój komórek nabłonka oraz skład mikroflory [Heinrichs i Lesmeister 2005].

Dla prawidłowego rozwoju i zdrowotności cieląt zalecane jest wprowadzanie pasz treściwych już od 5. d.ż. [Bach i in. 2007, Jamroz i Potkański 2009]. Podstawę granulatów dla cieląt stanowią ziarna zbóż (65%) oraz cenne źródło białka – śruty poekstrakcyjne (sojowa, rzepakowa). Standardowo pierwszą paszą treściwą są „mieszanki starterowe”. Dzięki odpowiedniemu zbilansowaniu dostarczają energii w ilości 0,9–1,0 JMP/kg, a także od 100 do 110 g białka trawionego jelitowo (BTJ) w kg mieszanki. Zapewnia to zachowanie równowagi między BTJN i BTJE w dawce. Istotność składu starterów w żywieniu cieląt doprowadziła do wprowadzenia normalizacji w tym zakresie [IZ PIB-INRA, 2009].

W kolejnych etapach odchowu wprowadza się pasze objętościowe. Najczęściej jest to siano, choć jego wpływ na rozwój cielęcia nie jest jednoznaczny. Badania dowodzą, że podawanie siana wraz z paszami płynnymi wpływa niekorzystnie na tempo rozwoju żywca [Suárez i in. 2007], jednak wyniki uzyskane przez Khan i in. [2011] nie potwierdzają tych doniesień.

Przystosowanie cieląt do pasz stałych wymaga czasu. Dlatego też istotne jest, aby miały one stały, nieograniczony dostęp do tego typu pasz, ale o wysokiej jakości. Po przedstawieniu na pasze stałe wraz z upływem czasu dawkę pokarmową należy wzbogacić w pasze objętościowe soczyste, np. kiszonki z kukurydzy, sianokiszonki lub zielonkę.

Naturalne stimulatory wzrostu i rozwoju cieląt

Już od niepamiętnych czasów rośliny, a w głównej mierze zioła, miały bardzo duże znaczenie w profilaktyce leczenia chorób zwierząt, a także ludzi [Grela i Semeniuk 2006]. Naturalne pochodzenie i szerokie spektrum działania roślin zielarskich oraz preparatów ziołowych powoduje stały wzrost zainteresowania nimi jako środkami stosowanymi w żywieniu zwierząt.

Właściwości chemiczne ziół wynikają z zawartości wielu substancji biologicznie czynnych, takich jak: glikozydy, naturalne garbniki, alkaloidy i amidy, które stymulująco wpływają na funkcjonowanie systemu odpornościowego i trawiennego zwierząt. Działają moczopędnie, krwiotwórczo, kojąco oraz łagodzą stres [Kraszewski in. 2008], poprawiają również apetyt [Grela 2003, Kraszewski i in. 2008], a także nasilają wrażenia smakowe [Grela 2003]. Innymi substancjami biologicznie czynnymi i składnikami ziół są olejki eteryczne, śluz, saponiny, terpeny, tłuszcze, glukokiny, gorycze, fitoncydy, związki aromatyczne [Grela i Klebaniuk 2001] oraz pektyny, sole mineralne, witaminy i kwasy organiczne [Grela 2003]. Zioła zawierają także składniki farmakologiczne, czyli takie, które zawarte w konkretnej roślinie, gwarantują jej unikalne właściwości lecznicze. Skład ziół i zawartość w nich oczekiwanych substancji uwarunkowany jest wieloma czynnikami. Poza gatunkiem ma na to wpływ faza rozwoju rośliny, termin zbioru określonej jej części, a nawet czas zbioru, a następnie przechowywanie.

Efekt działania substancji czynnych zawartych w poszczególnych częściach roślin zielarskich zależy w głównej mierze od trafności doboru ziół [Kraszewski in. 2008]. Dowiedziono, że stosując mieszaninę ziół adekwatnie zestawionych dla wyznaczonego gatunku zwierząt, ich wieku oraz kierunku produkcji, uzyskuje się korzystniejszy efekt niż po wprowadzeniu do dawki pokarmowej pojedynczego zioła [Kraszewski i in. 2002]. Dodatkowo potwierdzono silniejsze oddziaływanie naturalnie występujących w ziołach związków aktywnych w porównaniu z ich syntetyzowanymi sztucznie odpowiednikami [Kowalczuk i in. 2008].

Zależnie od zamierzonego efektu zioła podaje się pod różną postacią. Wśród dodatków roślinnych stosowanych w żywieniu zwierząt, zarówno domowych, jak i gospodarskich, rozróżnić można przyprawy i zioła w postaci świeżej lub suszonej. Występują pojedyncze preparaty ziołowe oraz mieszanki ziół zapewniające synergiczne ich działanie. Często wykorzystuje się rośliny zielarskie w formie maceratu, odwaru lub naparu. Na uwagę zasługują także gotowe preparaty ziołowe w formie wyciągów wodnych, alkoholowych lub mieszanych [Grela i Klebaniuk 2001].

Zioła mogą pozytywnie wpływać na przyrosty, zdrowotność oraz ogólne wykorzystanie pasz u cieląt [Kraszewski in. 2002]. Zawartość substancji aktywnych w ziołach jest ściśle skorelowana z fazą rozwoju rośliny oraz warunkami środowiskowymi na polu uprawnym. Na ich ilość wpływa także prawidłowo prowadzone suszenie, a także czas i warunki przechowywania [Kowalczyk i in. 2008]. W odniesieniu do czynników kształtujących jakość prozdrowotną ziół należy zwrócić uwagę na termin oraz warunki zbioru. Często zalecane jest wykonywanie zbioru co najmniej po kilku dniach słonecznych, ponieważ pozytywnie wpływa to na koncentrację związków aktywnych. Niedopuszczalna jest uprawa ziół na terenach skażonych oraz w pobliżu ruchliwych tras komunikacyjnych, gdyż prowadzi nie tylko do znacznego pogorszenia jakości surowca, ale zagraża także jego bezpieczeństwu przez możliwość akumulacji metali ciężkich.

Zebrane zioła bezwzględnie należy wysuszyć oraz przechowywać w ciemnych, suchych i wentylowanych pomieszczeniach, tak aby nie traciły właściwości leczniczych [Grela 2003]. Sporządzone mieszanki ziół na ogół dodaje się do pełnoporcjowych mieszanek paszowych w ilości 0,2–2 do 4% [Karniewicz i Różański 2006, Klebaniuk 2011]. Pozytywny wpływ na skład siary, a co za tym idzie na zdrowotność cieląt, ma stosowanie dodatku zaszuszonych ziół w dawkach dla krów już na 8 tygodni przed planowanym wycieleniem [Klebaniuk i in. 2012].

Do roślin zielarskich często zaliczane są nasiona lnu, zwane również siemieniem lnianym. Swój charakter cennego surowca leczniczego zawdzięczają przede wszystkim składnikom bioaktywnym, takim jak: niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, zwłaszcza α -linolenowy, przeciwutleniacze oraz cenne mikroelementy, chociażby selen. Dzięki bogatemu składowi nasiona lnu wykazują szereg korzystnych właściwości, działając ochronnie na układ pokarmowy, przeciwzakrzepowo oraz przeciwnowotworowo [Silaska 2016].

Dodatek siemienia lnianego przynosi korzystne efekty w żywieniu zwierząt gospodarskich. Badania wykazują poprawę cech jakościowych jaj pozyskiwanych od kur żywionych paszą z dodatkiem lnu [Niemiec i in. 2001]. Roślina ta znalazła także zastosowanie w żywieniu przeżuwaczy. Wyniki produkcyjne owiec w aspekcie masy tuszy oraz jej budowy wskazują na korzystne działanie tego dodatku [Kawęcka i in. 2016]. Pozytywne działanie siemienia lnianego na skład mleka owiec wykazują także Marciński i in. [2003]. Skład chemiczny nasion lnu przekłada się również na jakość tłuszczu mleka krów żywionych paszą z jego dodatkiem, co z kolei przekłada się na odchów pozyskanych od nich cieląt [Klebaniuk i in. 2012].

Siemię lniane zależnie od wieku zwierząt stosuje się w formie całych, gniecionych czy ekstrudowanych nasion lub też w postaci wodnych maceratów z nasion. Ze względu na charakter śluzowy działają one powlekająco na błony śluzowe. Z uwagi na te właściwości ograniczają wchłanianie niektórych substancji odżywczych oraz soli mineralnych [Sadowska i in. 2014] lub też wspomagają wykorzystanie substancji leczniczych, zwłaszcza olejkowych.

Zioła a jakość siary. Immunostymulujące działanie ziół

Cielęta przychodzą na świat ze słabo rozwiniętym układem odpornościowym. Drogi przekazywania odporności biernej potomstwu są silnie uzależnione od gatunku zwierzęcia. Przekazywanie to może zachodzić na drodze transportu przez łożysko lub wraz z siarą albo na oba wymienione sposoby. Krowy przekazują odporność za pośrednictwem siary. Nowonarodzone oseski (cielęta) rodzą się praktycznie bez odporności, wynika to z tego, iż łożysko przeżuwaczy jest tworem nieprzepuszczalnym dla IgG. Cielęta zaraz po urodzeniu są bardzo narażone na atak patogenów i choroby. Najlepszym przeciwdziałaniem infekcjom cieląt jest podanie pochodzącej od matki siary zawierającej przeciwciała, które stanowią najlepszą bierną ochronę [Blik 2013, Wereme i in. 2001]. Bardzo istotną rolę w tym okresie stanowią białka, które dzięki temu, że są łatwo trawione, pokrywają całkowite zapotrzebowanie oseska na niezbędne aminokwasy. Białka, takie jak np. lizozym czy laktoferyna, wspólnie z immunoglobulinami stanowią istotny czynnik ochronny, skutecznie działający przeciw patogenom, ale także stymulujący prawidłowy rozwój układu odpornościowego noworodka [Zimecki 2005].

Ważnym czynnikiem, który wpływa na zdrowotność cieląt jest wypicie przez nie w pierwszych dwóch godzinach życia dostatecznej ilości siary, co pozwala na uzyskanie biernej odporności organizmu [Beam i in. 2009]. Związki zawarte w siarze – immunoglobuliny – chronią organizm cieląt w pierwszych dniach życia. Wyróżnia się trzy zasadnicze grupy immunoglobulin występujących w siarze: IgG, IgM oraz IgA [Stelwagen i in. 2009]. Zwłaszcza immunoglobulina IgA warunkuje odporność i zapobiega infekcjom. Pobudza również rozwój limfocytów B i T oraz hamuje odpowiedź autoimmunologiczną [Rak i in. 2014]. Dodatkowo wykazano w siarze obecność cytokinin [Schulz 2006] oraz komórek immunokompetentnych, pełniących funkcje immunologiczne.

Ilość wyprodukowanej siary oraz zawartość w niej immunoglobulin to cechy osobnicze. Typ użytkowy zwierząt wpływa istotnie na ilość produkowanej siary. Krowy ras mlecznych produkują znacznie większe jej ilości w porównaniu z rasami mięsnymi. Badania wykazały, że dzięki zmniejszonej objętości siary produkowanej przez krowy mięsne koncentracja w niej immunoglobulin jest bardzo wysoka [Zachwieja 1995, Tyler i in. 1999] i często przekracza 100 g/l [McGee i in. 2005, 2006]. Zatem mimo podobnej objętości siary pobranej przez oseska ilość przyswojonych immunoglobulin może być różna [Błaszowska i Twardoń 2005]. Również zwiększenie produktywności zwierząt przyczyniło się do zmian w produktywności i jakości siary. Krowy z wysoko produkcyjnych stad mlecznych z uwagi na znacznie skrócony czas zasuszania produkują siarę o mniejszej koncentracji składników immunogennych. Koncentracja immunoglobulin mieści się u nich w zakresie 40–80 g/l, co wynika wprost ze znacznego ich rozcieńczenia [Kehoe i in. 2007, Chigerwe i in. 2009].

Siara, która zostanie przeznaczona dla noworodka, powinna być pobrana od krów zdrowych, najlepiej gdy zdojona zostanie od matki cielęcia. Niekiedy jednak takie działanie jest niemożliwe lub siara jest słabej jakości, wówczas należy podać siarę z tzw. banku siary. Najlepsza siara, która nadaje się do zamrożenia w banku siary, pochodzi od starszych krów po czwartej laktacji [Mirek i Pustuła 2009, Kowalski 2011].

Kontrolę jakości siary przeprowadza się za pomocą siaromierza, czyli areometru. Wyróżniamy siarę złą, dostateczną, dobrą i bardzo dobrą. Tym typom jakościowym odpowiadają konkretne kolory na skali areometru: czerwony – siara zła, żółty – siara dostateczna, zielony – siara dobra i bardzo dobra [Stefaniak 2005]. Innym sposobem oceny jakości siary jest test zmętnieniowy (ZSTT – test zmętnieniowy z siarczanem cynku). Polega on na pobraniu próbki krwi od cieląt, które wypily siarę i oznaczeniu miary przyswojonych immuno-

globulin. Badanie najlepiej wykonać pomiędzy 48. a 72. godziną po urodzeniu. Wynik, który jest satysfakcjonujący, to stwierdzony poziom immunoglobulin min. 15 g/l. Możliwość późniejszego zachorowania cieląt karmionych siarą z optymalnym mianem przeciwciał jest bardzo mała, a jeżeli jednak nastąpi choroba, najczęściej przebiega bez powikłań. Słaba odporność siarowa (koncentracja immunoglobulin na poziomie 5–15 g/l) powoduje bardzo dużą wrażliwość osesków, a co za tym idzie – ostry przebieg późniejszych chorób [Stefaniak i Jawor 2006].

Badania własne

Wprowadzenie do dawek pokarmowych ziół uruchamia i stymuluje mechanizmy wielokierunkowego oddziaływania na układ trawienny, układ odpornościowy, status antyoksydacyjny organizmu, a także działa przeciwbakteryjnie, przeciwwirusowo i przeciw pasożytniczo, co skutkuje jednoczesną stymulacją wzrostu i zdrowia zwierząt.

Celem przeprowadzonych badań była ocena jakości siary krów otrzymujących w okresie okołoporodowym w mieszankach paszowych dodatek mieszanki ziołowej o działaniu prozdrowotnym i immunomodulującym.

Badaniami objęto 20 krów podzielonych na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną, po 10 szt. w grupie. Podczas trwania badań krowy grupy doświadczalnej w okresie okółowycieleniowym otrzymywały wraz z wprowadzaną przed wycieleniem mieszanką treściwą dodatek mieszanki ziół w ilości 30 g na 100 kg masy ciała. Zastosowano mieszankę ziołową własną o składzie: ziele jeżówki purpurowej (*Echinaceae purpureae herba*), ziele tymianku pospolitego (*Thymus vulgaris*), liść szalwii (*Salvia folium*), czosnek (*Allium sativum*), oregano – lebiodka pospolita (*Origanum vulgare*), cykoria (*Cichorium intybus* L.), nasiona ostropestu plamistego (*Silybum marianum*), korzeń mydlnicy lekarskiej (*Saponaria officinalis* L.), kłącze ostryżu (*Curcuma longae rhizoma*). Proporcje i forma mieszanki to opracowanie własne, stanowiące własność Instytutu Żywności Zwierząt i Bromatologii, przy którym działa SZZiP i w którym realizowano niniejsze badania.

W trakcie badań monitorowano żywienie krów oraz wykonano kolostrometryczną ocenę jakości siary. Ocenę jakości siary 2, 12 i 24 h po wycieleniu wykonano siaromierzem, którego zasada pomiarowa wykorzystuje prostą zależność pomiędzy ciężarem właściwym siary a stężeniem immunoglobulin w niej zawartych. Pozwala to ocenić jej jakość, odczytowaną ze skali. Kolor zielony na skali (siara dobra lub bardzo dobra) – cielę powinno otrzymać siarę w ilości odpowiadającej ok. 5% masy ciała, co daje co najmniej 150–200 g Ig. Kolor żółty na skali (siara dostateczna) – w takiej sytuacji cielę powinno otrzymać siarę na dwa pierwsze pojenia tak, aby drugie pojenie nastąpiło nie później niż 6–8 h po urodzeniu. Kolor czerwony na skali (siara złej jakości) – może być podawana cielętom jedynie na kolejne pojenia. Po zdojeniu próbkę siary wlewało do pojemnika na ok. 250–500 ml, następnie zanurzano siaromierz. Po chwili, gdy pozycja siaromierza się ustabilizowała, odczytywano gęstość siary na skali.

Przeciętne ciele, o masie urodzeniowej ok. 40 kg, powinno otrzymać jak najszybciej po urodzeniu (najlepiej do 2 h) 150 g immunoglobulin w celu uzyskania bardzo dobrej odporności [Stefaniak i in. 2012]. Jeżeli jakość siary udojonej od krowy jest znana, można dokonać oceny ilości immunoglobulin oraz określić, jaką ilość siary należy podać cielęciu. Gdy siara zawiera 75 g Ig/l, cielę musi wypić co najmniej 2 l, ale jeśli siara zawiera jedynie 50 g Ig/l, cielę musi wypić co najmniej 3 l siary. W takim wypadku należy podać 2 l do drugiej godziny, a kolejne 2 l do 6–8 h po urodzeniu. Im niższe stężenie immunoglobulin w siarze oraz

im dalej od porodu, tym mniejszy odsetek podanych immunoglobulin ulega wchłonięciu do krwi [Stefaniak 2005]. Do pojenia nadaje się siara o prawidłowym wyglądzie, zapachu, bez nadmiernej domieszki krwinek. Najlepiej wstępnie oceniona co do zawartości immunoglobulin. Temperatura siary podczas mierzenia powinna być zbliżona do 25°C.

Cielęta miały do dyspozycji głównie dobrą i bardzo dobrą jakościowo siarę (tab. 1). Można jednak zauważyć intensywniejszy spadek zawartości immunoglobulin w siarze krów nieotrzymujących dodatku mieszanki ziołowej jako dodatku do dawek pokarmowych, a w efekcie pojawienia się u pojedynczych krów siary ocenionej jako dostateczna. Natomiast u krów otrzymujących mieszankę ziołową stwierdzono intensywne gromadzenie immunoglobulin w siarze i znacznie lepszą jej jakość. U cieląt w wieku do dwóch tygodni, pozyskanych od krów charakteryzujących się najlepszą jakością siary (otrzymujących mieszankę ziołową w końcowym okresie ciąży), stwierdzono znaczne ograniczenie występowania objawów chorobowych, zwłaszcza biegunek.

Tabela 1. Kolostrometryczna ocena jakości siary krów

Okres doświadczalny po wycieleniu (h)	Wyszczególnienie	Grupa	
		kontrolna	eksperymentalna
2	Kolor na skali siaromierza	zielony	zielony
	Ocena siary	dobra	dobra
	Gęstość siary (g/ml)	1,057–1,070	1,057–1,070
	Udział krów z daną oceną jakości siary (%)*	83	100
12	Kolor na skali siaromierza	zielony	zielony
	Ocena siary	dobra	bardzo dobra
	Gęstość siary (g/ml)	1,050–1,067	>1,071
	Udział krów z daną oceną jakości siary (%)*	87	100
24	Kolor na skali siaromierza	żółty/zielony	zielony
	Ocena siary	dostateczna	dobra
	Gęstość siary (g/ml)	1,041–1,050	1,053–1,068
	Udział krów z daną oceną jakości siary (%)*	87	100

* Pozostały procent krów charakteryzowała gorsza jakość siary.

W praktyce można zalecać stosowanie dla krów w końcowym okresie zasuszenia dodatku mieszanki ziołowej o wymienionym wcześniej składzie jako czynnika immunomodulującego poprawiającego jakość siary krów.

Bibliografia

- Bach A., Giménez A., Juaristi J.L., Ahedo J., 2007. Effects of physical form of a starter for dairy replacement calves on feed intake and performance. *J. Dairy Sci.* 90(6), 3028–3033.
- Beam A.L., Lombard J.E., Koprak C.A., Garber L.P., Winter A.L., 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. *J. Dairy Sci.* 92, 3973–3980.
- Błaszowska M., Twardoń J., 2005. Koncentracja IgG1, IgG2 i IgM w siarze krów oraz w surowicy cieląt pobranej w różnym czasie po porodzie. *Med. Weter.* 61(11), 1308–1811.

- Blättler U., Hammon H.M., Morel C., Philipona C., Rauprich A., Romé V., Blum J.W., 2001. Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. *J. Nutr.* 131(4), 1256–1263.
- Chigerwe M., Tyler J.W., Summers M.K., Middleton J.R., Schultz L.G., Nagy D.W., 2009. Evaluation of factors affecting serum IgG concentrations in bottle-fed calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 234, 785–789.
- Earley B., Murray M., Farrell J.A., Nolan M., 2004. Rearing calves outdoors with and without calf jackets compared with indoor housing on calf health and live-weight performance. *Ir. J. Agric. Food Res.* 43, 59–67.
- Godden S.M., Fetrow J.P., Feirtag J.M., Green L.R., Wells S.J., 2005. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226(9), 1547–1554.
- Górka P., 2010. Dobre miejsce dla cieląt. *Hod. Chów Bydła* 12, 15–17.
- Górka P., Kowalski Z.M., 2007. Preparaty mlekozastępcze w odchowie cieląt ras mlecznych. *Med. Weter.* 63(11), 1296–1299.
- Grela E.R., 2003. Rola ziół w żywieniu zwierząt gospodarskich. *Wiś Jutra* 11, 19–22.
- Grela E.R., Klebaniuk R., 2001. Ziola oraz substancje barwiące i aromatyczne. W: E.R. Grela (red.), *Dodatki w żywieniu bydła, Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe VIT-TRA, Kusowo*, 126–139.
- Grela E.R., Semeniuk W., 2006. Konsekwencje wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu z żywienia zwierząt. *Med. Weter.* 62(5), 502–507.
- Grodzki H., Przysucha T., 2011. Odchów cieląt przeznaczonych na opas. *Cz. 2. Bydło* 4, 22–25.
- Gulliksen S.M., Jor E., Lie K.I., Løken T., Åkerstedt J., Østerås O., 2009. Respiratory infections in Norwegian dairy calves. *J. Dairy Sci.* 92(10), 5139–5146.
- Heinrichs A.J., Lesmeister K.E., 2005. Rumen development in the dairy calf. W: P.C. Garnworthy (red.), *Calf and Heifer Rearing: Principles of Rearing the Modern Dairy Heifer from Calf to Calving*, Nottingham University Press, Nottingham, UK, 53–65.
- IZ PIB-INRA, 2009. Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz. IZ PIB, Balice.
- Jamroz D., Potkański A., 2009. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Karniewicz D., Róžański H., 2006. Efektywność substancji aktywnych pochodzenia roślinnego w żywieniu świń. *Mag. Wet. Supl. Świnie* 2, 22–24.
- Kawęcka A., Sosin-Bzducha E., Sikora J., 2016. Ocena jakości tusz i mięsa jagniąt rodzimej owcy wrzosówki żywionych paszą z dodatkiem nasion lnu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1(104), 68–78.
- Kehoe S.I., Jayarao B.M., Heinrichs A.J., 2007. A survey of bovine colostrum's composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *J. Dairy Sci.* 90, 4108–4116.
- Khan M.A., Weary D.M., Von Keyserlingk M.A.G., 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *J. Dairy Sci.* 94(7), 3547–3553.
- Klebaniuk R., 2011. Ziola i wyciągi ziołowe. W: E.R. Grela (red.), *Chemia i biotechnologia w produkcji zwierzęcej*. PWRiL, Warszawa.
- Klebaniuk R., Grela E., Kowalczyk-Vasilev E., Florek M., Góźdz J., Pecka S., Danek-Majewska A., 2012. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt, w tym ryb, na ich zdrowotność z uwzględnieniem efektów produkcyjnych. Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego w 2011 roku. *MRiRW, Warszawa–Falenty*, 139–149.
- Kowalczyk E., Klebaniuk R., Lechtańska M., 2008. Dodatki ziołowe w żywieniu bydła. *Hod. Bydła* 9, 10–12.
- Kowalski Z.M., 2011. Siara i jej znaczenie w profilaktyce biegunek cieląt. *Lecz. Dużych Zwierząt* 2, 6.
- Kraszewski J., Wawrzyńczak S., Wawrzyński M., 2002. Effect of herb feeding on cow performance, milk nutritive value and technological suitability of milk for processing. *Ann. Anim. Sci.* 2(1), 147–158.

- Kraszewski J., Wawrzyński M., Radecki P., 2008. Wpływ dodawania ziół do paszy dla krów na zdrowotność wymion i obraz cytologiczno-mikrobiologiczny mleka. *Wiad. Zootech.* 46(3), 3–8.
- Litwińczuk Z., Szulc T., 2005. Hodowla i użytkowanie bydła. PWRiL, Warszawa.
- Marciński M., Borowiec F., Micek P., Zając T., 2003. Wpływ skarmiania nasion lnu oleistego na skład chemiczny mleka owiec. *Rocz. Nauk. Zootech. Supl.* 17(1), 245–248.
- McGee M., Drennan M.J., Caffrey P.J., 2005. Effect of suckle cow genotype on cow serum immunoglobulin (Ig) levels, colostrum yield, composition and Ig concentration and subsequent immune status of their progeny. *Ir. J. Agric. Food Res.* 44, 173–183.
- McGee M., Drennan M.J., Caffrey P.J., 2006. Effect of age and nutrient restriction pre partum on beef suckler cow serum immunoglobulin concentrations, colostrums yield, composition and immunoglobulin concentration and immune status of their progeny. *Ir. J. Agric. Food Res.* 45, 157–171.
- Mirek A., Pustuła Z., 2009. O mleku zza wielkiej wody. *Hoduj z Głową, Bydło* 5, 64–68.
- Niemiec J., Stępińska M., Świerczewska E., Riedel, J., Boruta A., 2001. Wpływ żywienia kur mieszanekami zawierającymi nasiona rzepaku „00”, lnu i wiesiolka na wyniki produkcyjne, jakość jaj i profil wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w żółtku. *Rośl. Oleiste* 22(2), 631–636.
- Niwińska B., Strzetelski J.A., Bilik K., 2004. Effects of liquid diet composition and feeding frequency on rumen fermentation and performance in calves. *W: Book of Abstracts of the 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, 10.
- Pedersen R.E., Sørensen J.T., Skjøth F., Hindhede J., Nielsen T.R., 2009. How milk-fed dairy calves perform in stable versus dynamic groups. *Livestock Sci.* 121(2), 215–218.
- Plusa T., 2009. Immunomodulacyjne białka zawarte w siarze. *Pol. Merkurusz Lek.* 153, 234–238.
- Rak K.A., Bronkowska M., 2014. Immunologiczne znaczenie siary. *Hygeia* 49(2), 249–254.
- Razzaque M.A., Bedair M., Abbas S., Al-Mutawa T., 2009. Economic impact of calf mortality and dairy farms in Kuwait. *Pak. Vet. J.* 29(3), 97–101.
- Sadowska A., Skarżyńska E., Rakowska R., Batogowska J., Waszkiewicz-Robak B., 2014. Substancje bioaktywne w surowcach pochodzenia roślinnego i roślinach zielarskich. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.* 2, 131–135.
- Schultz R., 2006. Transfer of humoral and cellular immunity through colostrum. *Proc. of Merial European Vaccinology Symposium, Ateny*, 58.
- Silska G., 2016. Polska Kolekcja Lnu – źródłem nasion o terapeutycznym działaniu. *Zag. Doradz. Rol.* 4(86), 73–81.
- Stefaniak T., 2005. Pod ochroną siary. *Hoduj z Głową* 5, 18–20.
- Stefaniak T., Chelmońska-Soyta A., Bajzert J., Jawor P., Rzęsa A., Sitnik O., 2012. Rozwój układu odpornościowego u przeżuwaczy w okresie pre- i postnatalnym. *Med. Weter.* 68(9), 534.
- Stefaniak T., Jawor P., 2006. Najważniejsze przyczyny niedoboru odporności siarowej u cieląt na fermach bydła mlecznego. *Folia Univ. Agric. Stetin., Zootechnica* 48, 45–49.
- Stelwagen K., Carpenter E., Haigh B., Hodgkinson A., Wheeler T.T., 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87(13), 3–9.
- Suárez B.J., Van Reenen C.G., Stockhofe N., Dijkstra J., Gerrits W.J.J., 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J. Dairy Sci.* 90(5), 2390–2403.
- Svensson C., Liberg P., 2006. The effect of group size on health and growth rate of Swedish dairy calves housed in pens with automatic milk-feeders. *Prev. Vet. Med.* 73(1), 43–53.
- Tyler J.W., Parish S.M., Besser T.E., Van Metre D.C., Barrington G.M., Middleton J.R., 1999. Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves. *J. Vet. Intern. Med.* 13, 40–3.
- Weaver D.M., Tyler J.W., Van Metre D.C., Hostetler D.E., Barrington G.M., 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 6, 569–577.
- Wells S.J., Dargatz D.A., Ott S.L., 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prev. Vet. Med.* 29(1), 9–19.

- Wereme A., Strabel M., Grongnet J.F, Piot M., 2001 Immunoglobulin G absorption from pooled maternal colostrum, commercial powder and freeze-dried colostrum by newborn calves. *Anim. Res.* 50, 315–323.
- Zachwieja A., 1995. Uwarunkowania zmienności składu siary krów i poziomu frakcji białkowych w surowicy krwi ich cieląt. Cz. I. Wpływ stada, wieku krów i sezonu ich ocielenia. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zootechnika* 40(271), 155–175.
- Ząbek K., 2010. Zimny wychów cieląt. *Hod. Bydła* 9, 24-27.
- Zimecki M., 2005. Właściwości terapeutyczne białek i peptydów z siary i mleka. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 59, 309–323.

ZASTOSOWANIE TERMOGRAFII W HODOWLI I UŻYTKOWANIU KONI

Sylwia Kuśmierz¹, Karina Brzozowska¹, Marta Liss¹

Termografia jest metodą pozwalającą na pomiar zewnętrznej (powierzchniowej) temperatury obiektu [Barnes 1963]. W przypadku koni metoda ta znajduje zastosowanie w weterynarii, podczas indywidualnego dopasowania siodła do grzbietu konia oraz w badaniach wysiłkowych [Van Hoogmoed i in. 2002]. Obecnie kamery termowizyjne, pozwalające na uzyskanie obrazów termograficznych, znajdują zastosowanie w wykrywaniu subklinicznych stanów zapalnych aparatu ruchu i wczesnym diagnozowaniu kulawizn [Soroko 2014].

Każdy obiekt emituje promieniowanie podczerwone z powierzchni swojego ciała, co można skutecznie wizualizować dzięki termografii [Polakowski 2000]. Kamera termowizyjna rejestruje elektromagnetyczną radiację, po czym przekształca ją w wartości temperaturowe. Termogram, czyli obraz, który powstaje, jest wynikiem jej pomiaru. Każdy kolor ma odzwierciedlenie w temperaturach powierzchniowych poszczególnych części badanego ciała.

Uzyskanie prawidłowego obrazu z kamery termowizyjnej wiąże się z zastosowaniem odpowiedniej odległości od obiektu (tab. 1), w przypadku konia powinna wynosić ok. 1 m przy badaniu dolnych partii kończyn i 7 m przy pomiarach całej sylwetki zwierzęcia [Purohit 2009]. Ciężota pomieszczenia, w którym koń przebywa, powinna być ustabilizowana [Turner 2001]. W związku z tym zwierzę należy ustawić z daleka od okien, które przepuszczają promieniowanie słoneczne, wszelakich urządzeń grzewczych czy przegród konstrukcyjnych. Podczas wykonywania pomiarów należy uwzględnić warunki środowiskowe, takie jak temperatura otoczenia czy wilgotność. Optymalnie badania termograficzne powinno się wykonywać, gdy koń jeszcze nie pracował lub dzień po wysiłku fizycznym [Jodkowska 2005].

Przed badaniem termografem konieczne powinno się wykonać pomiar temperatury rektalnej, a wynik potraktować jako wskaźnik ogólnego stanu zdrowia zwierzęcia [Flores 1978]. Stwierdzono, że podczas punktowych pomiarów temperatura powierzchni ciała zdrowego konia przyjmuje najwyższą wartość w okolicach oczu, chrap, nozdrzy, szyi, łokcia, przedramienia oraz ramienia, łopatek, słabizn, łędźwi, ud i podudzi, gdzie oscyluje w granicach 27,5–32,3°C [Flores 1978, Jodkowska i in. 1990]. Najniższe temperatury występują w takich okolicach kończyn, jak pięciny, stawy pięcinowe, nadgarstkowe, stępu, kości śródstopia i śródreżca (24,0–26,2°C).

Pierwsze krajowe badania z zakresu termografii koni prowadzone były na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu już od lat 80. ubiegłego wieku [Jodkowska i in. 1990]. Dzięki wynikom określono m.in. znaczenie intensywności termoregulacji i jej wpływu na poszczególne

¹ Katedra Hodowli i Użytkowania Koni, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

części ciała konia. Dowiedziono, że powierzchniowa temperatura ciała koni jest cechą indywidualną każdego osobnika. Zależy od wielu czynników, takich jak fizjologiczny stan organizmu, indywidualne ukrwienie lub warunki w środowisku zewnętrznym [Jodkowska i in. 2001]. Wyniki te były potwierdzeniem wcześniejszych badań Purohit i in. [1980] oraz Waldsmith i Oltmann [1994]. Ważne okazało się również, że najcieplejsze i najzimniejsze miejsca występują u konia z określoną powtarzalnością, co jest cechą charakterystyczną dla danego osobnika [Palmer 1981, 1983, Jodkowska 2005].

Tabela 1. Zalecane odległości między koniem a kamerą dla określonych okolic ciała konia [Soroko 2014]

Okolica ciała	Odległość (m)
Dystalne partie kończyn w każdym ujęciu	1
Okolica grzbietu i zadu od strony dogrzebtywowej	1,5
Okolica głowy, szyi, klatki piersiowej, zadu od strony bocznej	2
Sylwetka ciała konia od strony bocznej	7

Tabela 2. Temperatura (°C) w poszczególnych miejscach na przedniej powierzchni ciała koni, przed wysiłkiem i po nim oraz po restytucji [Jodkowska 2005]

Miejsce	Strona ciała	Przed wysiłkiem				Po wysiłku				Po restytucji			
		\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s
Czoło	C	21,0	10,1	29,8	5,59	29,3	23,1	33,6	3,51	29,3	26,0	32,0	2,80
Nos	C	17,4	3,0	29,3	5,95	26,9	21,8	32,2	3,74	30,0	27,0	33,0	2,80
Chrapy	C	26,5	20,2	32,6	3,16	32,5	27,8	35,6	2,20	32,4	30,0	34,0	1,40
Podgardle	C	27,4	18,1	30,4	3,43	32,9	29,7	36,3	2,16	31,6	31,0	33,0	0,90
Piers̄/bark	L	25,1	18,7	29,6	3,17	33,4	29,2	36,7	2,50	32,6	31,5	33,8	0,82
	P	24,9	18,9	29,0	3,02	33,3	29,9	36,7	2,42	32,5	31,2	33,7	0,88
Piers̄/lokiceć	L	24,9	17,2	30,2	3,63	33,1	30,3	36,5	2,18	31,5	31,0	32,0	0,50
	P	25,6	21,2	32,2	3,08	33,0	30,2	36,5	2,20	31,6	30,9	32,1	0,45
Piers̄	C	21,0	10,1	29,8	5,59	33,6	28,8	36,8	2,76	33,3	31,9	34,3	0,78
Przedramię	L	21,1	10,5	26,2	4,06	29,7	20,1	34,8	3,98	28,7	24,0	30,0	2,50
	P	21,2	10,1	26,9	4,02	29,4	19,5	35,0	4,07	28,9	23,0	31,0	2,90
Napięstek	L	14,9	5,5	26,2	5,83	24,1	18,9	30,6	3,70	25,1	24,0	27,0	1,30
	P	14,7	3,7	26,1	6,21	23,7	17,8	30,8	4,08	25,1	23,0	27,0	1,50
Nadpęcie p.	L	12,3	3,5	21,1	4,64	22,9	12,7	29,3	4,48	25,7	22,1	29,2	2,44
	P	12,0	3,7	21,8	5,10	22,5	13,1	28,6	4,47	25,9	22,0	29,3	2,60
Staw pęciny p.	L	12,7	3,8	21,9	4,90	23,5	15,0	28,5	2,89	25,7	24,0	27,0	1,60
	P	11,9	3,1	21,8	5,09	23,4	14,5	28,2	3,81	25,8	23,5	27,5	1,77
Pęcina p.	L	11,9	3,7	21,1	5,45	21,6	14,7	26,9	3,82	22,4	19,4	26,3	2,54
	P	11,6	3,5	21,3	5,35	21,7	15,2	26,6	3,86	22,7	19,6	26,4	2,48
Kopyto p.	L	14,0	3,9	23,1	5,21	18,8	11,7	25,3	4,03	22,3	17,0	26,0	3,00
	P	13,4	4,0	23,3	4,82	18,9	13,5	24,3	3,49	22,3	17,0	26,0	3,00

C – całe ciało, L – lewa strona, P – prawa strona

Tabela 3. Temperatura (°C) w poszczególnych miejscach na tylnej powierzchni ciała koni, przed i po wysiłku oraz po restytucji [Jodkowska 2005]

Miejsce	Strona ciała	Przed wysiłkiem				Po wysiłku				Po restytucji			
		\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	s
Rzep ogona	C	20,7	11,2	31,7	4,71	24,4	20,9	28,6	2,48	28,6	25,0	31	3,21
Kulsze	L	21,5	15,0	28,8	3,97	30,8	28,7	33,2	1,48	30,2	28,0	33	2,50
	P	21,5	15,9	29,2	4,15	30,4	28,1	33,5	2,08	30,1	28,0	32,5	2,26
Zad	L	21,5	12,8	28,0	3,88	30,1	26,2	32,9	2,12	30,0	26,7	32,9	3,12
	P	21,2	12,9	28,1	3,87	30,0	26,8	33,1	2,03	30,1	27,0	33,0	2,71
Zad/ogon	L	24,6	17,4	30,3	3,33	32,2	30,5	33,4	1,12	32,3	29,7	33,8	2,29
	P	25,1	17,4	30,7	3,52	31,8	28,2	33,9	1,91	32,2	29,8	33,6	2,11
Udo	L	23,1	15,9	31,6	3,96	31,6	29,3	33,2	1,39	31,2	29,0	33,0	1,92
	P	23,1	16,0	31,2	3,47	32,0	29,5	33,5	1,51	31,0	29,0	32,0	2,11
Podudzie	L	17,0	6,8	27,1	6,24	27,9	24,9	31,3	2,16	29,3	27,0	32,0	2,23
	P	16,0	7,5	26,4	6,15	28,0	24,3	30,6	2,29	29,3	27,0	31,0	2,03
Staw skokowy	L	14,5	6,5	27,8	5,46	24,1	18,2	29,5	3,12	25,9	24,5	27,5	1,51
	P	14,2	6,1	28,2	5,48	24,1	18,5	29,5	3,05	26,0	24,6	27,7	1,56
Nadpęcie t.	L	14,3	5,3	26,7	6,02	22,7	19,3	27,2	2,99	26,7	27,0	27,0	0,32
	P	14,3	5,1	26,5	6,17	22,1	19,3	26,5	2,37	26,9	26,2	27,3	0,59
Staw pęciny t.	L	14,6	5,8	26,0	5,56	25,3	20,1	30,9	3,17	28,7	25,0	29,2	0,47
	P	15,0	6,0	26,0	5,77	25,5	20,6	29,0	2,67	28,3	24,7	29,2	2,32
Pęcina t.	L	15,5	5,6	29,0	6,11	24,1	15,2	31,0	5,00	25,9	25,1	27,2	1,23
	P	15,7	5,9	30,6	6,49	24,7	15,3	30,9	4,84	26,0	25,0	27,0	1,41
Kopyto t.	L	20,5	8,5	31,8	6,21	29,2	27,4	31,6	1,47	31,4	30,0	33,0	1,32
	P	20,1	8,5	31,6	6,26	29,3	27,6	31,0	1,28	31,2	29,0	33,0	1,90

C – całe ciało, L – lewa strona, P – prawa strona

Tabela 4. Różnice temperatury w miejscach symetrycznych z przodu konia [Jodkowska 2005]

Miejsce	Przed wysiłkiem			Po wysiłku			Po restytucji		
	Δt	$s_{\Delta t}$	\bar{p}	Δt	$s_{\Delta t}$	\bar{p}	Δt	$s_{\Delta t}$	\bar{p}
Piers'/bark	0,16	0,58	0,08	0,08	0,52	0,31	0,09	0,48	0,24
Piers'/łokieć	0,04	0,37	0,63	0,08	0,40	0,19	0,06	0,38	0,29
Przedramię	-0,15	0,60	0,23	0,28	1,03	0,10	0,18	0,95	0,24
Napiętek	0,24	1,50	0,42	0,42	1,84	0,08	0,38	0,99	0,05
Nadpęcie p.	0,32	2,18	0,47	0,43	2,35	0,25	0,37	2,04	0,25
St. pęciny p.	0,38	1,40	0,19	0,09	1,62	0,72	0,14	1,48	0,54
Pęcina p.	0,35	1,14	0,14	-0,10	0,88	0,44	0,07	0,90	0,59
Kopyto p.	0,58	1,94	0,15	-0,08	1,62	0,76	0,12	1,57	0,62

Biorąc pod uwagę pomiary temperatury w sposób liniowy (tab. 2, 3), wykazano, że obszary bark-zad, szyja, bark-kląb, mostek-kląb, bark-łokieć i zad-slabizna są najcieplejsze [Palmer 1983, Jodkowska i Dudek 2000, Jodkowska 2005]. Tym samym kończyny w odcinkach dystalnych, czyli kopyto-staw nadgarstkowy/staw stępu, mają temperaturę najniższą. Została potwierdzona hipoteza dotycząca symetrycznego rozkładu wartości temperatury powierzchniowej po jednej i po drugiej stronie ciała konia (tab. 4, 5). Stwierdzono też, że u różnych koni występują takie same wartości temperatury na tożsamych powierzchniach ciała. Ciało konia podzielono na strefy termostabilne i termolabilne. Celem takiego podziału było określenie, jak czynniki zewnętrzne wpływają na zmiany temperatury powierzchniowej i w jakim fizjologicznym zakresie zmieniają się. Rozkład powierzchniowy temperatury ciała koni jest zależny od ukrwienia tkanek danego osobnika, co jest cechą o dużej zmienności [Purohit i in. 1980]. Uniemożliwia to ustalenie normatywnych wartości powierzchniowej temperatury ciała koni.

Tabela 5. Różnice temperatury w miejscach symetrycznych z tyłu ciała konia [Jodkowska 2005]

Miejsce	Przed wysiłkiem			Po wysiłku			Po restytucji		
	Δt	$s_{\Delta t}$	\hat{p}	Δt	$s_{\Delta t}$	\hat{p}	Δt	$s_{\Delta t}$	\hat{p}
Kulsze	0,00	0,89	0,982	0,45	0,82	0,072	0,30	0,80	0,195
Zad	-0,28	0,86	0,085	0,11	0,51	0,467	0,03	0,50	0,822
Zad/ogon	-0,51	1,66	0,154	0,36	1,24	0,313	0,13	1,05	0,664
Udo	0,05	1,11	0,826	-0,31	0,95	0,087	-0,14	0,38	0,208
Podudzie	-0,18	1,91	0,664	-0,07	0,82	0,754	-0,09	0,78	0,692
Staw skokowy	0,33	1,98	0,426	0,01	0,61	0,972	0,07	0,75	0,748
Nadpęcie tylne	-0,37	1,42	0,230	0,63	1,21	0,084	0,26	1,08	0,407
Staw pięciny t.	-0,42	1,74	0,259	-0,24	1,38	0,541	-0,24	1,28	0,509
Pęcina tylna	-0,25	1,93	0,546	-0,58	1,38	0,152	-0,35	1,11	0,282
Kopyto tylne	0,39	2,75	0,498	-0,10	0,77	0,641	0,08	1,00	0,788

Wykorzystanie termografii w weterynarii

Pierwsze badania koni z użyciem techniki termograficznej opisano w 1965 r. [Delahanty i Georgi 1965]. Wykazano w nich istotne znaczenie tej metody w wykrywaniu stanów zapalnych u koni. Badania posłużyły diagnozie komórek rakowych, złamań III kości nadgarstka, ropnia szyjnego i urazów stawu skokowego. Wyniki uzyskane termografem zostały potwierdzone radiologicznie.

Termografią w badaniu kontuzji kończyn koni wyścigowych w latach 70. XX w. zajął się Stromberg [1971, 1972, 1974], kiedy metody termograficzne zaczęto uznawać za coraz bardziej przydatne w medycynie weterynaryjnej. Wykazano wyższość termogramu nad obrazem radiologicznym podczas wykrywania zwiększonej ciepłoty w miejscu kontuzji, gdyż prześwietlenie nie było w stanie tego wykazać. Uznano, że dzięki termografii można wykryć uraz, zanim przejdzie on w stan kliniczny i pojawią się pierwsze zmiany patologiczne.

W kolejnych latach termowizja okazała się przydatna w diagnozie takich chorób, jak ochwat lub ropne zapalenie kopyta. Wskazano także na możliwość kontrolowania skuteczności działania przeciwzapalnych leków podawanych zwierzętom. Sukcesem była diagnoza zespołu Homera (choroba neurologiczna, w której porażeniu ulegają nerwy układu współczulnego), co umożliwiło jej skuteczne wyleczenie [Purohit i in. 1980]. Promieniowanie podczerwone okazało się też pomocne w diagnozie i leczeniu stanów zapalnych stawu stępu u koni [Vaden i in. 1980]. Bowman i in. [1983] potwierdzili użyteczność termografii w diagnozie i kuracji schorzeń stawów, a także dowiedli, że stosowanie leków kortykosteroidowych skraca istotnie czas leczenia. Metodę tę wykorzystano również do diagnozy zespołu trzyczekci [Turner i in. 1983]. Braverman [1989] rozpoczął badania termograficzne nad wykrywaniem zapalenia skóry w wyniku ukąszeń owadów u koni nadwrażliwych.

W latach 90. XX w. dzięki diagnostyce termograficznej ponownie skupiono się na badaniach dotyczących kontroli działania leków i ich skuteczności [Turner 1991]. Zajęto się przewidywaniem stanu podklinicznego zapalenia w kończynach o wiele wcześniej niż wystąpiły kliniczne objawy kulawizny. Dalej wykazywano też użyteczność termografii w badaniach nad zespołem Homera i jego leczeniu [Ghafir i in. 1996]. Turner [1998] zajmował się możliwością diagnozy podklinicznego zapalenia górnych partii kończyn, a Schweinitz [1999] schorzeniami grzbietu i chorobą nerwowo-mięśniową. Obaj również wykazali przydatność diagnozy termograficznej.

Termografia zaczęła być równolegle stosowana do wykrywania dopingu u koni sportowych [Hoogmoed i in. 2000]. Stan zapalny po iniekcji irytantów utrzymywał się kilka dni, co można było łatwo dostrzec, używając termografu. Zastosowano go również do wykrywania kontuzji koni wyścigowych. Dzięki temu możliwa była szybsza reakcja, zanim powstała poważna kulawizna, co dalej ułatwiało kontrolę stanu zdrowia koni i wykrywanie stanów zapalnych [Turner i in. 2001]. Fonseca i in. [2006] badali urazy grzbietu i kręgosłupa u koni, używając oprócz termografu również ultrasonografu, który służył do opisanego rodzaju urazu. Promieniowanie podczerwone można również używać do monitorowania ran powstałych pod gipsem w wyniku jego noszenia [Levet i in. 2009]. W 2009 r. termografia została wykorzystana do diagnozy zaawansowanej ciąży u klaczy. Wykryto, że temperatura klaczy żrebnych w okolicach słabizny jest wyższa w porównaniu z nieżrebnymi o 2,4°C [Bowers i in. 2009].

Niepodważalny dowód na przydatność obrazu termograficznego w wykrywaniu podklinicznych stanów zapalenia dali w swoich badaniach Turner i in. [2001]. Zbadali oni 45 koni użytkowanych w intensywnym sporcie, z czego 9 zostało wykluczonych z treningu z powodu kontuzji stawów i naderwania ścięgien. Dzięki termografii zaobserwowano podkliniczne oznaki urazów już 2 tygodnie przed wystąpieniem klinicznych oznak zapalenia. Soroko [2011a, b] potwierdziła te badania, badając konie wyścigowe. Termograf w III kości śródrcza wykrywał podkliniczne zapalenia okostnej ok. 4 tygodnie przed wystąpieniem klinicznych oznak tego schorzenia. Dzięki cyklicznym badaniom temperatury zlokalizowano również różne zmiany wynikające z przeciążeń w dystalnych odcinkach kończyn koni, a także stare kontuzje. Takie miejsca są o wiele bardziej narażone na choroby ortopedyczne. Regularne pomiary temperatury są przydatne w przypadku podejmowania decyzji o zapobiegawczym leczeniu konia czy o dokonaniu zmian w jego treningu. W badaniach określona została wartość progowa zmian temperatury, która wynosi 1,25°C. Stosowana jest, by zdiagnozować stany zapalne w dystalnych częściach kończyn piersiowych występujące jednostronnie u koni wyścigowych. Ograniczeniem jest jednak zapalenie obustronne, w takim przypadku analizuje się wartości dla każdej z kończyn osobno [Soroko 2011a, b].

Choroby kręgosłupa należą do jednych z najtrudniejszych do zdiagnozowania [Purohit i in. 1980, Vaden i in. 1980, Turner 1991]. Niektóre schorzenia mogą wywoływać zmiany powierzchniowej temperatury ciała. W tym przypadku termografia okazuje się być bardzo przydatna, ułatwiając diagnozę chorób i urazów koni sportowych. Termografia umożliwia lokalizację i identyfikację schorzeń grzbietu koni [Schweinitz 1999, Turner 2003]. Można zdiagnozować zapalenie wyrostków kolczystych, więzadeł międzykolcowych i nadgrzebieniowych oraz odcinka piersiowo-łędźwiowego [Fonseca i in. 2006]. Badania wykazały, że tkanka w odcinku piersiowym i w okolicach stawu krzyżowo-biodrowego jest bardziej ukrwiona [Kold i Chappell 1998]. Badania ultrasonografem i metoda radiologiczna są ograniczone w porównaniu z podczerwienią w diagnostyce urazów kręgosłupa [Turner 2003]. Zostało to potwierdzone badaniem 3. kręgu w odcinku łędźwiowym i zmian jego lokalizacji. Występująca w tej okolicy duża masa mięśni skutecznie uniemożliwiła użycie do tego celu metody radiologicznej, natomiast termogram ukazał dokładnie miejsce występowania schorzenia [Purohit i in. 1980]. Została opracowana termograficzna mapa, na której przedstawiono rozkład temperatur piersiowego odcinka kręgosłupa. Grzbiet podzielono na horyzontalne linie i dokonano pomiarów temperatury na wysokości 9. i 12. kręgu piersiowego. Badanie wykazało temperaturę grzbietu w odcinku piersiowym wyższą o 3°C w stosunku do temperatury boków konia [Tunley i Henson 2004]. Zbliżone wyniki otrzymał Schweinitz [1999], według niego grzbiet zdrowego konia był cieplejszy o 2°C w stosunku do boków ciała.

Wykorzystanie termografii w kontroli treningu koni sportowych

Coraz częściej termografia znajduje swoje zastosowanie w testach wysiłkowych [Soroko i in. 2014]. Niezależne badania wielu autorów wskazały, że spoczynkowa temperatura zewnętrzna konia jest niższa w tylnej części ciała w stosunku do części przedniej. Stwierdzono również, że bezpośrednio po wysiłku obraz termograficzny ciała konia zmienia się, gdyż najcieplejsze są obszary ciała obłożone dużymi partiami mięśni, czyli zad, łopatką, ramię itp. [Jodkowska i in. 2011].

Obecnie są prowadzone badania nad użytecznością termografii w sportowym użytkowaniu koni [Soroko 2011a, b]. Dowiedziono, że rodzaj wysiłku, temperatura otoczenia i ruch wpływają na to, jaka jest temperatura powierzchniowa ciała konia. Oceniając pracę kolejnych partii ciała, można docelowo posłużyć się termogramami [Jodkowska 2005]. Wykrywanie przeciążeń występujących u koni wyścigowych umożliwiające jest przez kontrolowanie temperatury ich kończyn. Podatność koni na kontuzje ma związek z ich użytkowaniem przez człowieka. Głównie są to przeciążenia i schorzenia grzbietu, w takich odcinkach kręgosłupa, jak piersiowy i lędźwiowy, oraz stawów biodrowo-krzyżowych. Podczas wysiłku obciążone są również mięśnie, więzadła i ścięgna, a w ich tkankach z różną intensywnością zachodzą przemiany biochemiczne [Kold i Chappell 1998]. Im są one intensywniejsze, tym wyższa jest powierzchniowa temperatura ciała konia. Jest to związane z termoregulacją zwierzęcia.

Podczas badań grzbietu wykazano, że powierzchniowa temperatura ciała zdrowego konia w odcinku piersiowo-lędźwiowo-krzyżowym jest wyższa niż temperatura jego bocznych obszarów, niezależnie od tego, czy koń był użytkowany sportowo [Turner 1991, Tunley i Henson 2004]. Jodkowska i in. [2015] odnotowali w swojej pracy, że temperatura powierzchniowa odcinka piersiowego i krzyżowego jest najwyższa. Ponadto odcinek piersiowy różni się znacznie temperaturą od pozostałych partii kręgosłupa [Soroko i in. 2012]. Niektórzy autorzy wykazują znaczną różnicę temperatury powierzchniowej ciała koni zależnie od procesów przebiegających w ich organizmie [Kold i Chappell 1998]. Młode ogiery mają powierzchniową temperaturę ciała wyższą niż starsze. Jak wykazał Czernicki [1983], rasa koni nie miała jednak wpływu na temperaturę zewnętrzną ani na wartość tętna.

Okresowe badania termograficzne konia mogą okazać się przydatne do kontroli porównawczej jego stanu zdrowia, pozwalając na szybkie wykrycie ewentualnych schorzeń czy zmian użytkowych [Jodkowska i in. 2001]. Ponadto dzięki termogramom możliwe jest określenie pracy poszczególnych partii mięśni koni użytkowanych wyścigowo. Opracowany został specjalny model pokazujący, jak rozkładane są temperatury powierzchniowe ciała przed treningiem i po nim, a także podczas odpoczynku, czyli restytucji. Dzięki symetryczności analogicznych partii ciała koni możliwa stała się diagnoza patologicznych stanów, które zaburzają odpowiadający sobie rozkład temperatury lewej i prawej strony ciała [Turner 1991]. Konie użytkowane sportowo narażone są na większe ryzyko pojawienia się urazów dystalnych partii kończyn, przede wszystkim przez przeciążenia następujące podczas treningu. Konie, u których w wyniku takich przeciążeń wystąpiła kulawizna, są eliminowane z czynnego treningu. Dzięki kontroli temperatury można szybciej zdiagnozować uraz podkliniczny, zanim pojawi się pełny obraz kliniczny, i dzięki temu szybciej wdrożyć leczenie, co uniemożliwi pojawienie się trwałych uszkodzeń [Williams i in. 2001].

Soroko i in. [2012] zbadali wpływ treningu na zmiany temperatury powierzchni ciała koni trenowanych wyścigowo w pierwszym roku. Wykazali wzrost temperatury powierzchniowej w odcinkach kręgosłupa piersiowego, lędźwiowego i stawu biodrowo-krzyżowego wraz ze wzrostem intensywności treningu. W tabelach 5 i 6 zamieszczono zalecane różnice

średnich wartości temperatur dla poszczególnych struktur w danych okolicach ciała zdrowego konia oraz różnice średnich wartości temperatur spoczynkowych pomiędzy symetrycznymi ROI (ang. *region of interest*) dla wyznaczenia stanu zapalnego związanego z nadmierną intensywnością treningu [Soroko 2014].

Tabela 6. Zalecane różnice średnich wartości temperatur dla poszczególnych struktur w danych okolicach ciała dla zdrowego konia [Soroko 2014]

Okolica ciała	Struktura w danej okolicy ciała	Dopuszczalna temperatura struktury
Dystalne partie kończyn	korona	2–3°C wyższa od temp. pozostałej części kopyta
	kopyto: rowek przysrzalkowy	2°C wyższa od temp. pozostałej powierzchni podeszwy kopyta
	okolica zagłębienia nad piętami kopyta	5°C wyższa od temp. otaczającej powierzchni ciała
Grzbiet	kręgosłup	maks. 3°C wyższa od temp. powierzchni przykręgosłupowych
Łopatka	staw ramienny	1,5°C wyższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	staw łokciowy	1,5°C niższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	okolica za stawem łokciowym	1°C wyższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	okolica przed łopatką	1°C wyższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
Szyja	szyjny odcinek kręgosłupa	1–1,5°C niższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	tchawica	2°C wyższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
Zad	zewnątrzna powierzchnia zadu	1°C niższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	staw kolanowy	1,5°C niższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała
	ślazina	2°C wyższa od temp. otaczającej go powierzchni ciała

Tabela 7. Różnice średnich wartości temperatur spoczynkowych pomiędzy symetrycznymi ROI sygnalizujące występowanie stanu zapalnego [Soroko 2014]

Okolica ciała	Różnice temperatur dla symetrycznych okolic ciała	Różnice temperatur dla symetrycznych okolic ciała według FEI
Dystalne partie kończyn	>1°C	1°C
Kręgosłup – okolica grzbietu	>2°C	
Pozostałe okolice ciała	>3°C	

Termografia jest zatem szybką, bezinwazyjną i bezpieczną metodą pomiaru temperatury na powierzchni ciała zwierzęcia [Palmer 1981]. Sprzęt jest ciągle doskonalony, a jego możliwości są coraz większe. Coraz lepszej jakości obraz pomaga w interpretacji zdjęć, wzmacniając ich wiarygodność. Najnowszej generacji sprzęt jest wrażliwy na wykrywanie różnicy temperatury rzędu 0,1°C [Bathe 2007]. Tego typu kamery są czule 10-krotnie bardziej od ludzkiej ręki [Turner 1991]. Dużym atutem jest też możliwość badania konia w środowisku znanym mu, które jest dzięki temu dla niego przyjazne. W konsekwencji zwierzę czuje się bezpiecznie i mniej się stresuje [Otilia i in. 2006].

Bibliografia

- Barnes R.B., 1963. Thermography of the human body. *Science* 140(3569), 870–877.
- Bathe P.A., 2007. Thermography. W: A. Floyd, R. Mansmann (red.), *Equine Podiatry*, Saunders Elsevier Inc., St. Louise, 167–170.
- Bowers S., Gandy S., Anderson B., Ryan P., Willards S., 2009. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology* 72, 372–377.
- Bowman K.F., Purohit R.C., Ganjam V.K., Pechman R.D., Vaughan J.T., 1983. Thermographic evaluation in corticosteroid efficacy in amphotericin B-induced arthritis in ponies. *Am. J. Vet. Res.* 44(1), 51–56.
- Braverman Y., 1989. Potential of infra-red thermography for the detection of summer seasonal recurrent dermatitis (sweet itch) in horses. *Vet. Rec.* 125, 372–374.
- Czernicki A., 1983. Telemetric measurements of heart rate, rhythm disorders and skin temperature in stud stallions examined for breeding hygiene, with reference to breed, relationship, age, size and performance. Inaugural Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Giessen, Fonseca B.P.A., Alves A.L.G.
- Delahanty D.D., Georgi J.R., 1965. Thermography in equine medicine. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 147, 235–238.
- Flores S.C., 1978. Berührungslose Temperaturmessung an der Haut Oberfläche beim Pferd. *Vet. Med. Diss., Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule, Hannover.*
- Fonseca B.P.A., Alves A.L.G., Nicoletti J.L.M., Thomassian A., Hussini C. A., Mikaik S., 2006. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Eq. Vet. Sci.* 26(11), 507–516.
- Ghafir Y., Art T., Lekeus P., 1996. Thermography facial patterns following an alpha2-adrenergic agonist injection on two horses suffering from Horner's syndrome. *Equine Vet Educ.* 8(4), 192–195.
- Hoogmoed L.M. van, Snyder J.R., Allen A.K., Waldsmith J.D., 2000. Use of infrared thermography to detect performance – enhancing techniques in horses. *Equine Vet. Edu.* 12, 102–107.
- Jodkowska E., 2005. Temperatura powierzchni ciała jako kryterium predyspozycji wysiłkowych konia. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 511, Rozprawy 228.
- Jodkowska E., Rojkowski A., Sobczak Z., 1990. Wpływ niektórych czynników meteorologicznych na temperaturę powierzchni ciała koni półkrwi i prymitywnych. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Zootechnika* 33, 161–170.
- Jodkowska E., Dudek K., 2000. Badania nad symetrią temperatury powierzchni ciała koni wyścigowych. *Przegl. Nauk. Lit. Zootech.* 50, 307–319.
- Jodkowska E., Dudek K., Bek-Kaczowska I., 2001. Wpływ treningu wyścigowego na temperaturę powierzchni ciała koni różnych ras (Effect of training on body surface temperature of racehorses). *Rocz. Nauk. Zoot.* 14, 63–72.
- Jodkowska E., Dudek K., Przewozny M., 2011. The maximum temperatures (T_{max}) distribution on the body surface of sport horses. *J. Life Sci.* 5, 291–297.

- Jodkowska E., Dudek K., Soroko M., 2015. Temperature range analysis (T_{max}) on dorsal surface of sporting horses. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 39, 229–232.
- Kold S.E., Chappell K.A., 1998. Use of computerized thermographic image analysis (CTIA) in equine orthopedics: review and presentation of clinical cases. *Equine Vet. Edu.* 10(4), 198–204.
- Levet T., Martens A., Devisscheer L., Duchateau L., Bogaert L., Vlamink L., 2009. Distal limb cast sores in horses: risk factors and early detection using thermography. *Equine Vet. J.* 41(1), 18–23.
- Otilia C., Tanase A., Miclaus I., 2006. Digital thermography in assessing soft tissue injuries on sport equines. *Buletin Informativ.* 63, 228–233.
- Palmer S.E., 1981. Use of portable infrared thermometer as a means of means of measuring limb surface temperature in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 42(1), 105–108.
- Palmer S.E., 1983. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of equine limb. *Am. J. Vet. Res.* 44(6), 1098–1101.
- Polakowski H., 2000. Zastosowanie termografii w badaniach nieniszczących, metoda fali cieplnej, termografia impulsowa. IV Konferencja Krajowa Termografia i Termometria w Podczzerwieni i Szkoła Termograficzna, Łódź, 16–18.11.
- Purohit R., 2009. Standards for thermal imaging in veterinary medicine. 11th European Congress of Thermology, *Thermol. Int.* 19, 99.
- Purohit R.C., McCoy M.D., Bergfeld W.A., 1980. Thermographic diagnosis of horner's syndrome in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 41(8), 1180–1182.
- Schweinitz D.G. von, 1999. Thermographic diagnosis in equine back pain. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.* 15, 161–177.
- Soroko M., 2011a. Analiza powierzchniowego rozkładu temperatur dolnych partii kończyn u młodych koni wyścigowych. *Pomiary Autom. Kontr.* 57, 1157–1160.
- Soroko M., 2011b. Badania kończyn koni sportowych metodą termograficzną. *Inż. Biomed.* 17(2), 104–109.
- Soroko M., 2014. Termografia koni w praktyce. Stowarzyszenie na rzecz Zrównoważonego Rozwoju, Wrocław.
- Soroko M., Jodkowska M., Zablocka M., 2012. The use of thermography to evaluate back musculo-skeletal responses of young racehorses to training. XII Kongres Termograficzny, Porto, Portugalia, 5–8.09.
- Soroko M., Dudek K., Howell K., Jodkowska E., Henklewski R., 2014. Thermographic evaluation of racehorse performance. *J. Equine Vet. Sci.* 34(9), 1076–1083.
- Stromberg B., 1971. The normal and diseased superficial flexor tendon in racehorses. A morphologic and physiologic investigation. *Acta Radiol. Suppl.* 305, 7–94.
- Stromberg B., 1972. Thermography of the superficial flexor tendon in racehorses. *Acta Radiol. Suppl.* 319, 295–297.
- Stromberg B., 1974. The use of the thermography in equine orthopedics. *J. Am. Vet. Radiol. Assoc.* 5, 94–97.
- Tunley B.V., Henson F.M., 2004. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Vet. J.* 36(4), 306–312.
- Turner T.A., 1991. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 7, 311–338.
- Turner T.A., 1998. The use of thermography in lameness evaluation. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.* 44, 224–226.
- Turner T.A., 2001. Diagnostic thermography. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 17, 95–113.
- Turner T.A., 2003. Back Problems In Horses. 49th Annual Convention of the Proc. Am. Assoc. Equine Pract., New Orleans, Louisiana, 21–25.11.
- Turner T.A., Fessler J.F., Lamp M., Pearce J.A., Geddes L.A., 1983. Thermographic evaluations of podotrochlosis in horses. *Am. J. Vet. Res.* 44(4), 535–539.

- Turner T.A., Pansch J., Wilson J.H., 2001. Thermographic assessment of racing Thoroughbreds. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.* 47, 344–346.
- Vaden M.F., Purohit R.C., McCoy M.D., Vaughan J.T., 1980. Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. *Am. J. Vet. Res.* 41, 1175–1180.
- Van Hoogmoed L.M., Snyder J.R., 2002. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *Vet. J.* 164(2), 129–141.
- Waldsmith J.K., Oltman J.I., 1994. Thermography: subclinical inflammation, diagnosis, rehabilitation and athletic evaluation. *J. Equine Vet. Sci.* 14, 8–10.
- Williams R.B., Harkins L.S., Hammond C.J., Wood J.L., 2001. Racehorse injuries, clinical problems and fatalities recorded on British racecourses from flat racing and National Hunt racing during 1996, 1997 and 1998. *Equine Vet. J.* 33(5), 478–486.

WPLYW ŚRODOWISKA NA BEHAVIOR DZIKA (*Sus scrofa*)

Katarzyna Dziki-Michalska¹, Leszek Drozd¹

Silna eksploatacja środowiska przyrodniczego przez człowieka jest przyczyną zmniejszenia obszarów bytowania zwierzyny dzikiej. Obserwujemy coraz większą fragmentację siedlisk spowodowaną rozwojem infrastruktury drogowej. Produkcja rolnicza coraz częściej zwraca się ku monokulturom. Ma to wymierny efekt w postaci znikających zadrzewień śródpolnych i wylesienia, a brak różnorodności środowiska wpływa niekorzystnie na większość gatunków zwierząt wolno żyjących. Nie wszystkie z nich mają jednak problemy z adaptacją do dynamicznie zmieniających się warunków [Drozd 1988, Franklin i in. 2003, Bieber i Ruf 2005].

Warunki środowiskowe niesprzyjające większości gatunków zwierząt dzikich okazują się idealne dla dzika. To najlepszy przykład zwierzęcia doskonale wykorzystującego szybko zachodzące zmiany środowiskowe. Dzik jako gatunek wszystkożerny bierze istotny udział w ochronie lasu, uwalniając go od pasożytów drzew. Niestety wzrost liczebności populacji dzika powoduje coraz większe szkody łowieckie. Szacuje się, że 90% wszystkich szkód łowieckich powodowanych jest przez dziki. Monokultury i coraz większa popularność wielkołanowych upraw kukurydzy sprzyja zwiększonemu rozrodowi tego gatunku [Bieber i Ruf 2005].

Dodatkowo narasta konflikt pomiędzy zarządcami łowisk a rolnikami, którzy narażeni są na straty finansowe spowodowane żerowaniem dzików. Konieczne jest znalezienie skutecznych rozwiązań, które zminimalizują ten narastający z każdym rokiem problem, a jednocześnie zachowają odpowiednią liczebność dzików w łowiskach [Flis 2009, 2010].

W badaniach własnych dokonano analizy wpływu dostępności żeru na zmiany liczebności dzika będące efektem modyfikacji zachowań reprodukcyjnych zwierzyny czarnej na terenie Lubelszczyzny. Należy zwrócić uwagę, iż na początku XX w. dziki występowały jedynie wyspowo na terenie Polski. Jednak od kilku dekad obserwuje się tendencję wzrostu liczebności tego gatunku, a w konsekwencji zajmowanie nowych siedlisk. W latach 90. wzrost liczebności był szacowany na 12% w stosunku do roku poprzedzającego [Fruziński 1992]. Obecnie dzika spotkać można na terenie całego kraju. Według danych GUS szacowana liczebność gatunku w Polsce na 10 marca 2000 r. wynosiła 118,3 tys. szt., natomiast w 2015 r. już 264 tys. Stan liczbowy populacji na marzec 2015 r. w województwie lubelskim to 16,8 tys. [Urząd Statystyczny w Lublinie 2016].

¹ Katedra Etologii i Dobrostanu Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Szacuje się, że ok. 90% szkód łowieckich jest spowodowanych przez dzika [Flis 2009] i, jak podają Flis [2013] oraz Kniżewska i Rekiel [2015], występuje istotna statystycznie zależność pomiędzy ich wzrostem a zwiększaniem się populacji dzików na danym terenie. Z danych GUS wynika, że w 2014 r. odszkodowania za szkody wyrządzone przez dzikie zwierzęta wyniosły 67 mln 344 tys. zł [Leśnictwo 2015].

Liczebność zwierzyny czarnej ciągle rośnie pomimo zwiększenia presji łowieckiej. Dzikie nie zasiedlają tylko i wyłącznie swoich naturalnych habitatów, czyli poddanych małej presji człowieka dużych kompleksów leśnych. Zwierzęta te doskonale odnajdują się w niewielkich lasach, w pobliżu których znajdują się pola uprawne, czy też w tak skrajnych środowiskach, jak miasta lub miejscowości z rozwiniętą infrastrukturą rekreacyjną [Podgórski i in. 2013]. Aktualnie to nie las jest dla nich głównym źródłem pożywienia. W zachodniej Polsce w cyklu rocznym to rośliny uprawne stanowią 81% bazy żerowej dla tego gatunku [Wlazelko 2009].

Silna eksploatacja środowiska przyrodniczego powoduje coraz większe rozdrobnienie kompleksów leśnych, co przekłada się bezpośrednio na wzrost długości granic polno-leśnych i sprzyja zwiększaniu się liczebności populacji dzika [Czyżowski i in. 2011, Sporek 2014]. Ponadto zmiany w gospodarce rolnej powodują, iż dziki mają łatwy dostęp do wysokoenergetycznego żeru, co tworzy dla nich idealne warunki bytowania [Flis 2009]. Monokulturowe uprawy kukurydzy i innych roślin zapewniają im pożywienie praktycznie przez cały rok. Jak podaje Zawadzki [2011], ze względu na rozwój stosowanych technik agrotechnicznych i odmian roślin w latach 2000–2004 zwiększyła się znacząco ilość potencjalnego żeru dla dzikich zwierząt.

W ostatnich dekadach można zauważyć istotne zmiany w preferencjach pokarmowych dzika. Jeszcze w latach 70. i 80. ubiegłego wieku najczęściej zjadaną przez dziki rośliną uprawną był ziemniak [Drozd 1988], natomiast pod koniec lat 90. stała się nią kukurydza [Dubas 1993, Flis 2009]. Aktualnie zajmuje ona jedno z pierwszych miejsc w rankingu preferencji żerowych dzika [Flis 2010].

Korzystanie z wysokoenergetycznych upraw zbóż, kukurydzy i ziemniaków jest efektem typowego dla gatunku ekonomicznego zachowania pokarmowego [Zawadzki i in. 2011]. Należy zauważyć, że wybór pokarmu jest uzależniony od rejonu, a co za tym idzie, od dostępności określonych upraw. Jednak jak podaje Flis [2010, 2011a], w przypadku pełnej dostępności najbardziej atrakcyjne są kukurydza i ziemniaki, a najmniej rośliny zbożowe. Dodatkową zaletą żerowania w kukurydzy jest możliwość skutecznego ukrycia się, co podnosi poziom bezpieczeństwa i zachęca zwierzęta do dłuższego przebywania na żerowisku.

Aby zminimalizować szkody w uprawach rolnych, stosuje się różnego rodzaju metody odstraszające zwierzynę dziką od pól. Najpopularniejsze, głównie ze względu na stosunkowo niską cenę, dostępność i łatwość stosowania, są metody chemiczne [Flis 2011a]. Jednakże odporność na stosowane repelenty pojawia się w większości przypadków dość szybko i jest trwała. Wyniki badań dotyczących tego problemu są zbliżone u różnych populacji, co dowodzi, że stosunkowo szybkie nabywanie odporności jest cechą gatunkową [Węgorek i in. 2014].

Typowe dla dzików zachowania reprodukcyjne charakteryzują się sezonowością. Największe nasilenie aktywności płciowej jest obserwowane w okresie jesienno-zimowym, od października do grudnia [Zawadzki i in. 2011]. Czynniki warunkujące aktywność reprodukcyjną gatunku są dostępność pokarmu, długość dnia świetlnego, temperatura oraz struktura socjalna grupy [Kozdrowski i Dubiel 2004]. Przystąpienie samic do rozrodu zależy także od uzyskania odpowiedniej masy ciała (ok. 30 kg). Aktualnie jednak u dzików obserwuje się tendencję do całorocznego rozmnażania [Zawadzki i in. 2011], przy jednoczesnym dużym udziale młodych osobników. Jest to ewidentny efekt obfitej bazy żerowej, a co za

tym idzie szybszego otłuszczenia i gotowości do rozrodu osobników poniżej 1. r.ż. Efektem zmian w cyklu rozrodczym są także zaburzenia wewnątrzpopulacyjne związane z nadmiarem samic i młodzięży [Kozdrowski i Dubiel 2004]. Jak podaje Flis [2011b], przyrost populacji dzików można szacować na 150–200% wiosennego stanu. Zmiany w prezentowanych zachowaniach reprodukcyjnych są przykładem znacznej plastyczności behawioru gatunkowego, co skutkuje rodzeniem przez lochę dwóch miotów w ciągu roku. Wzrost obszaru wielkołanowych upraw kukurydzy ma wpływ na rozród dzików nie tylko z uwagi na łatwość dostępu do wysokoenergetycznego pokarmu. Udowodniono, że metabolity grzybów pleśniowych z rodzaju *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum* zearalenon znajdujące się w kolbach kukurydzy powodują modyfikację cyklu rozrodczego, głównie w kontekście obniżenia wieku dojrzałości płciowej i przedłużenia okresu rui, co bezpośrednio wpływa na możliwość zwiększenia liczebności populacji, a więc wielkości szkód w uprawach rolnych [Pałubicki i Grajewski 2010].

Charakterystyka przyrodnicza

Wykorzystane w badaniach własnych roczne plany łowieckie (z lat 2010–2016) dla Okręgu Lublin podają, iż obejmuje on 98 obwodów łowieckich o ogólnej powierzchni 613 181 ha, z czego 114 509 ha stanowi powierzchnia leśna. Wielkość pozyskania zwierzyny czarnej na tym terenie oraz stan populacji w kolejnych latach zawierają raporty Okręgowej Rady Łowieckiej w Lublinie. Obszar działania Rady stanowią dwa rejonu hodowlane, które zostały powołane na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Lublinie. Obejmuje on rejon lubelski, w skład którego wchodzi Nadleśnictwo Kraśnik i Świdnik, oraz rejon puławsko-lubartowski z Nadleśnictwem Puławy, Radzyń Podlaski i Lubartów. Teren ten ma łączną powierzchnię 613 181 ha, a jego lesistość wynosi 18,87%.

Cechą charakterystyczną rejonu puławsko-lubartowskiego (część północna) jest większa lesistość (23,05%) i znacznie mniejsza fragmentacja leśnych kompleksów (współczynnik rozdrobnienia wynosi 2,02). Natomiast sektor lubelski (południowy) charakteryzuje się niższą lesistością (15,88%) i większą fragmentacją (współczynnik rozdrobnienia kształtuje się na poziomie 2,91). Brak tutaj zwartych i dużych kompleksów leśnych, występują liczne lasy o niewielkiej powierzchni tworzące długą linię kontaktu z polami.

Struktura zasiewów a pozyskanie zwierzyny czarnej

W badaniach własnych zestawiono również informacje dotyczące struktury zasiewów wybranych upraw w latach 2010–2015 w województwie lubelskim opublikowane przez Główny Urząd Statystyczny w Lublinie. Dotyczyły one rodzaju upraw oraz ich powierzchni [Urząd Statystyczny w Lublinie 2012–2016]. Województwo lubelskie jest rejonem o charakterze typowo rolniczym, a użytki rolne zajmują tu aż 57,8% powierzchni całkowitej, podczas gdy wskaźnik ten dla całego kraju kształtuje się na poziomie 49,4%.

W 2011 r. całkowita powierzchnia zasiewów w województwie lubelskim wyniosła 1062,8 tys. ha. W porównaniu z rokiem 2010 zaznaczył się wzrost powierzchni upraw zbóż (pszenica, jęczmień, pszenżyto, żyto, owies), ziemniaków i kukurydzy z przeznaczeniem na zielonkę. W porównaniu z zasiewami krajowymi na terenie województwa lubelskiego zasiano o 4,1% więcej zbóż, a ich udział w całkowitej strukturze zasiewów wyniósł aż 77,1%. Jednocześnie odstrzał zwierzyny czarnej w sezonie łowieckim 2010/2011 na terenie Okręgu

Lublin wyniósł 2247 szt. (1248 warchlaków, 735 przelatków), a stan zwierzyny na dzień 10.03.2011 r. oszacowano na 3406 osobników. Na kolejny sezon łowiecki zaplanowano pozyskanie 3236 zwierząt.

Tabela 1. Struktura upraw (tys. ha) na terenie województwa lubelskiego w latach 2010–2015; oprac. wł na podst. danych Urzędu Statystycznego w Lublinie [2011–2016]

Uprawy	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pszenica	261,9	299,6	277,4	271,6	281,6	310,3
Jęczmień	125,8	121,3	126,5	106,5	98,4	103,2
Pszenżyto	117,7	100,5	98,1	110,9	136,5	155,6
Żyto	63,8	92,8	72,7	73,8	53,3	–
Owies	73	66,1	66,8	62,6	67,2	–
Kukurydza	21,7	27	24,5	35,9	47,3	38,8
Ziemniaki	–	31	30,5	29,5	20,9	22,9

Powierzchnia analizowanych zasiewów w 2012 r. zmalała nieco, ale nastąpił, w stosunku do roku poprzedniego, wzrost powierzchni upraw kukurydzy wykorzystywanej na zielonkę i na ziarno. Zmniejszeniu natomiast uległy powierzchnie upraw ziemniaków i pozostałych zbóż. W sezonie łowieckim 2011/2012 odstrzelono 1972 osobników (w tym 1027 warchlaków, 695 przelatków), a stan dzików na dzień 10.03.2012 r. szacowano na 3511 szt. Zaplanowano na kolejny sezon odstrzał 3165 dzików.

W roku 2013 powierzchnię zasiewów oszacowano na 1022,7 tys. ha. O 2,2%, w porównaniu z rokiem poprzednim, zmniejszyła się powierzchnia uprawy zbóż (pszenica, jęczmień, pszenżyto, żyto, owies) – tab. 1. Jednak powierzchnia zasiewów kukurydzy wzrosła o 11,4 tys. hektarów, czyli aż o 46,5%, odnotowano zaś spadek obszarów obsadzonych ziemniakiem. W sezonie łowieckim 2012/2013 wielkość populacji dzików oszacowana została, na 3953 szt. Liczba zwierząt pozyskanych w tym sezonie to 2437, a na kolejny zaplanowano odstrzał 3747 osobników.

Całkowita powierzchnia zasiewów na terenie województwa lubelskiego w roku 2014 wynosiła 1051,1 tys. ha. Jednocześnie zaznaczył się wzrost upraw podstawowych zbóż (do 790,8 tys. ha) oraz kukurydzy na ziarno. Jej zasiewy wzrosły aż o 11,4 tys. ha w stosunku do roku poprzedniego, a powierzchnia uprawy ziemniaków znowu nieco zmalała. Sezon łowiecki 2013/2014 zamknął się odstrzałem 2589 dzików (1234 warchlaki, 216 odyńców i 96 loch), natomiast stan populacji na dzień 10.03.2014 r. wyniósł 3999 szt. Do odstrzału w kolejnym sezonie zaplanowano 4579 osobników.

W roku 2015 powierzchnia uprawy zbóż (pszenica, jęczmień, pszenżyto, żyto, owies) wyniosła 818,7 tys. ha i stanowiło to o 3,5% więcej stosunku do roku poprzedniego. Kukurydza na ziarno była uprawiana na powierzchni 38,8 tys. ha. W roku 2015 zwiększyła się powierzchnia upraw ziemniaków (o 9,7% w stosunku do roku poprzedniego). W sezonie łowieckim 2014/2015 stan zwierzyny czarnej na dzień 10.03.2015 r. oszacowano na 394 osobniki. Pozyskano 3207 szt., a na sezon 2015/2016 zaplanowano odstrzał 5181.

Gospodarstwa rolne na terenie Lubelszczyzny charakteryzują się znacznym rozdrobieniem. Według danych statystycznych w roku 2015 liczba gospodarstw rolnych wynosiła 180,5 tys., a 79,1% stanowiły te o powierzchni nieprzekraczającej 10 ha.

Ogólnopolska tendencja wskazuje na wzrost popularności uprawy kukurydzy. Zjawisko to dotyczy także rolnictwa na terenie województwa lubelskiego. Obserwuje się wyraźny wzrost powierzchni obsiewanych kukurydzą z przeznaczeniem zbiorów na ziarno, co wynika przede wszystkim z opłacalności tego typu upraw.

Powierzchnia zasiewów jęczmienia, pszenżyta, żyta i owsa ogółem na terenie Lubelszczyzny od wielu lat pozostaje na dość stabilnym poziomie. Odnotowano nieznaczne odchylenia oscylujące w granicach 1–2% w stosunku do lat poprzednich, jednak nie zauważono istotnego wpływu na ogólną strukturę zasiewów. Potwierdzają to dane statystyczne dotyczące okresu od 2010 do 2015 r.

Plany łowieckie dla Okręgu Lublin zakładają od sezonu 2010/2011 coraz większy odstrzał zwierzyny czarnej, ale pomimo tych działań liczebność populacji na 10.03 każdego kolejnego roku wyraźnie rośnie. Faktem jednak jest, iż rzeczywisty odstrzał w kolejnych sezonach łowieckich był znacząco mniejszy od planowanego, co także może być czynnikiem sprzyjającym wzrostowi liczebności populacji dzików (tab. 2). Około 40% pozyskanych podczas odstrzału zwierząt stanowią warchlaki i przelatki.

Tabela 2. Realizacja odstrzału i liczebność zwierząt w poszczególnych sezonach łowieckich; oprac. na podst. PZŁ [2010–2015]

Sezon łowiecki	Plan odstrzału	Odstrzał zrealizowany	Liczebność na dzień 10.03
2010/2011	2758	2247	3406
2011/2012	3253	1972	3511
2012/2013	3289	2437	3953
2013/2014	3900	2589	3999
2014/2015	4779	3207	3940

Podsumowanie

Postępująca intensyfikacja produkcji rolnej ma bezpośrednie przełożenie na zmniejszenie obszarów bytowania dostępnych dla zwierząt dzikich. Także rozwój infrastruktury drogowej oraz utrzymująca się duża liczba gospodarstw rolnych w województwie lubelskim powodują coraz większą fragmentację siedlisk. Stan ten sprawia, iż populacje niektórych zwierząt są coraz mniej liczne. Jednak badania wskazują, iż coraz większe rozdrobnienie kompleksów leśnych i bliskość pól uprawnych sprzyja zwiększaniu się populacji dzika. Jest to gatunek, który doskonale adaptuje się do takich siedlisk przede wszystkim ze względu na dostępność pokarmu zgodnego z aktualnymi preferencjami gatunkowymi. Modyfikacja behawioru pokarmowego u wszystkożernych jest dość powszechnym zjawiskiem, ale w przypadku dzików charakteryzuje się szybkim tempem i, dzięki dostępności preferowanego pokarmu, znaczną trwałością [Fruziński 1992, Bieber i Ruf 2005]. Wzrost popularności zasiewów kukurydzy jest więc znaczącym czynnikiem stymulującym rozród zwierzyny czarnej. Na przestrzeni lat zauważono zwiększającą się preferencję żywieniową w kierunku kukurydzy, ziemniaki zaś straciły na wartości jako źródło energii dla populacji dzika. Kukurydza jest obecnie łatwo dostępna i osiąga znaczną wysokość umożliwiającą całkowite ukrycie. Zwierzęta pozostają niezauważone i mogą żerować nieniepokozone. Ma to oczywiście bezpośrednie przełożenie na wzrost szkód łowieckich, co z kolei powoduje narastające konflikty pomiędzy rolnikami narażanymi na straty finansowe a administratorami łowisk [Flis 2009, 2010].

Dotychczasowe metody radzenia sobie z problemem zbyt dużej liczebności dzików nie przynoszą oczekiwanych rezultatów. Dzik jako zwierzę wszystkożerne, inteligentne i szybko adaptujące się do zmieniających warunków środowiskowych przyzwyczajają się do repelentów zapachowych i innych metod odstraszania [Węgorzek i in. 2014]. Ułatwiony dostęp do żeru skutkuje szybszym przybieraniem na wadze młodych loch i ich przystępowaniem do rozrodu przed ukończeniem 1. r.ż., co jeszcze bardziej zwiększa z roku na rok populację dzika [Bieber i Ruf 2005]. Oczywista jest konieczność takiego planowania odstrzałów, aby skutecznie minimalizować szkody wyrządzane w uprawach rolnych. Celowe byłoby planowanie odstrzału na podstawie corocznej rzetelnej inwentaryzacji oraz dokładnego realizowania zakładanych działań. Ponadto wydaje się, że obecnie pozyskuje się zbyt małą liczbę osobników młodocianych, co ma wpływ na niekontrolowany wzrost populacji. W planach pozyskania należy także zwrócić uwagę na wielkość szkód występujących na danym terenie. Mimo że dziki są głównymi sprawcami szkód, populacja nie może zostać zbyt ograniczona.

Biorąc pod uwagę fakt, iż wzrost dostępności preferowanego pokarmu wpływa znacząco na behavior rozrodczy i podnosi wskaźniki reprodukcyjne, należy także, w celu skutecznego przeciwdziałania zjawisku niszczenia zasiewów, rozważyć wdrożenie strategii uwzględniającej zarówno zwiększenie pozyskania łowieckiego tego gatunku (z jednoczesnym zachowaniem odpowiedniej struktury populacji), jak i opracowania działań mających na celu ograniczenie korzystania z upraw rolnych jako podstawy żywienia. Nie należy także zapominać, że dzik jako zwierzę żywiące się pasożytami drzew jest ważnym ogniwem ochrony lasu. Konieczne są kompleksowe działania gwarantujące utrzymanie populacji adekwatnej do dostępnego arealu, przy jednoczesnym ograniczeniu szkód w uprawach rolnych. Wydaje się jednak, iż monokultury kukurydzy są dla dzików zbyt atrakcyjne by, bez zapewnienia im alternatywnych możliwości żerowania, realnie ograniczyć wyrządzane przez nie szkody w uprawach rolnych. Zakładanie większej ilości poletek łowieckich ma tu duże uzasadnienie.

Bibliografia

- Bieber R.C., Ruf T., 2005. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elastic of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *J. Appl. Ecol.* 42, 1203–1213.
- Czyżowski P., Karpiński M., Rachwałowski R., 2011. Influence of forest fragmentation on the game species population. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 29(1), 1–9.
- Drozd L., 1988. Wpływ rozdrobnienia kompleksów leśnych na szkody wyrządzane przez dziki w uprawach polowych w makroregionie środkowo-wschodniej Polski. *Sylvan* 11–12, 79–84.
- Dubas J.W., 1993. Szkody łowieckie w przyleśnych uprawach rolnych w północno-wschodniej Polsce. *Sylvan* 10, 45–56.
- Flis M., 2009. Wielkość szkód wyrządzanych przez dziki w uprawach rolniczych w obwodzie łowieckim polnym w latach 1999–2000 i 2008–2009. *Biul. IHAR* 254, 179–187.
- Flis M., 2010. Zmienność wielkości szkód wyrządzanych przez dziki w zróżnicowanych strukturach agrocenoz. *Biul. IHAR* 256, 193–204.
- Flis M., 2011a. Profilaktyka w zakresie szkód wyrządzanych przez zwierzęta dzikie w uprawach rolniczych. *Biul. IHAR* 262, 207–214.
- Flis M., 2011b. Gospodarowanie populacją dzika w świetle uwarunkowań wyrządzonych szkód w ujęciu ekonomicznym i społecznym. *Ann. Warsaw. Univ. Life Sci.* 50, 43–50.
- Flis M., 2013. Intensity of damages made by wild boars under diverse environmental conditions on a background of the population dynamics. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 31, 10–21.

- Franklin A.B., Noon B.R., George T.L., 2003. What is habitat fragmentation? *Stud. Avian Biol.* 25, 20–29.
- Fruziński B., 1992. *The wild boar*. Wyd. Cedrus, Warszawa.
- Knížewska W., Rekiel A., 2015. Ocena zróżnicowania szkód łowieckich powodowanych przez dziką europejskiego (*Sus scrofa* L.) na terenie dwóch obwodów łowieckich o charakterze leśnym w sezonach 2005/2006 i 2012/2013. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zoot.* 11(3), 81–93.
- Kozdrowski R., Dubiel A., 2004. *Biologia rozrodu dzika*. *Med. Weter.* 60(12), 1251–1253.
- Leśnictwo, 2015. GUS, Warszawa.
- Pałubicki J., Grajewski J., 2010. Wpływ zasiewów kukurydzy na wzmożoną rozrodczość dziczych populacji a problem odszkodowań łowieckich. *Zarz. Ochr. Przyr. Lasach* 4, 111–119.
- Pałubicki J., Labudzki L., 2011. Wpływ struktury pozyskania dzików na rozwój populacji i wielkość szkód łowieckich. *Zarz. Ochr. Przyr. Lasach* 5, 110–121.
- Podgórski T., Baś G., Jędrzejewska B., Sönnischen L., Śnieżko S., Jędrzejewski W., Okarma H., 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *J. Mammal.* 94(1), 109–119.
- PZŁ, 2010-2015. Roczne plany hodowlane Zarządu Okręgowego PZŁ, dokumenty niepublikowane.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2011. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2010 roku.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2012. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2011 roku.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2013. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2012 roku.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2014. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2013 roku.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2015. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2014 roku.
- Urząd Statystyczny w Lublinie, 2016. <http://lublin.stat.gov.pl/> Rolnictwo w województwie lubelskim w 2015 roku.
- Sporek M., 2014. Szkody łowieckie w uprawach rolnych. *J. Agribus. Rural Dev.* 2(32), 181–188.
- Węgorzek P., Zamojska J., Bandyk A., Olejarski P., 2014. Wyniki monitoringu skuteczności działania substancji zapachowych do odstraszenia dzika od upraw polowych. *Prog. Plant. Prot.* 54(2), 159–162.
- Wlazelko M., Labudzki L., Górecki G., 2009. Seasonal pattern of wild boar's diet in western Poland – research in the Zielonka game investigation centre. *Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ing. Lignar.* 8(3), 55–70.
- Zawadzki A., Szuba-Trznadel A., Fuchs B., 2011. Baza pokarmowa, charakterystyka populacji i sezonowość rozrodu dzików (*Sus scrofa*) na terenach Gór Kaczawskich. *Zesz. Nauk. UP Wroc.* 583, *Biol. Hod. Zwierz.* 63, 363–376.

WPŁYW POLIMORFIZMU GENU HORMONU WZROSTU (GH) ORAZ GENU RECEPTORA HORMONU WZROSTU (GHR) NA KSZTAŁTOWANIE WYDAJNOŚCI MLECZNEJ ORAZ SKŁADU CHEMICZNEGO MLEKA

Karolina Kasprzak-Filipek², Justyna Wróblewska¹, Monika Kędzierska-Matysek², Anna Wolanciuk²

Skład chemiczny mleka oraz wydajność mleczna determinowane są szeregiem czynników, wśród których wyróżnia się: czynniki genetyczne (m.in. rasę), fizjologiczne (tj. stan zdrowotny, stadium laktacji, wiek) oraz środowiskowe (warunki utrzymania, żywienie, pora roku) [Miciński i Klupczyński 2006]. Cechy związane z mlecznością zaliczane są do cech ilościowych, których mechanizm dziedziczenia jest znacznie bardziej skomplikowany niż w przypadku cech jakościowych. Kształtowanie cech ilościowych warunkowane jest wpływem zarówno czynników genetycznych, jak i środowiskowych. Ponadto ze względu na poligenowy charakter większości cech ilościowych ich poznanie wymaga uwzględnienia wpływu kilku genów [Charon i Świtoński 2012]. W ostatnich latach prowadzone są liczne badania mające na celu poszukiwanie genów wykazujących ścisły związek z cechami gospodarczymi, tj. wydajnością mleczną i zawartością składników pokarmowych w mleku [Duszyńska-Stolarska i in. 2015].

Laktacja jest złożonym mechanizmem, na który wpływa wiele hormonów, m.in. prolaktyna, laktogen łożyskowy, progesteron, estrogen, glikokortykoidy, hormony tarczycowe, insulina, oksytocyna [Neville i in. 2002]. Ponadto dużą rolę w kontroli procesów związanych z sekrecją mleka przypisuje się genom osi somatotropowej, w tym genom: hormonu wzrostu oraz receptora hormonu wzrostu. Jak podają Charon i Świtoński [2012], głównym elementem tej osi jest hormon wzrostu (GH), zwany inaczej somatotropiną, odpowiadający za transport substancji odżywczych do komórek gruczołu mlekowego. Uwalnianie somatotropiny koreluje natomiast z aktywnością przysadkowego czynnika transkrypcyjnego – PIT-1, stanowiącego kolejne ogniwo osi somatotropowej, jak również z poziomem insulinowego czynnika wzrostu – IGF-1, mającego bezpośredni wpływ na wydajność mleczną. Kształtowanie wydajności mlecznej i składu chemicznego mleka związane są więc z poziomem ekspresji genów osi somatotropowej, m.in. genów GH i GHR [Zych i in. 2005]. Celem pracy było przedstawienie charakterystyki hormonu wzrostu oraz wpływu polimorfizmu genów hormonu wzrostu i receptora hormonu wzrostu na wydajność mleczną oraz skład chemiczny mleka.

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Towaroznawstwa i Bezpieczeństwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Charakterystyka hormonu wzrostu (GH)

Hormon wzrostu należy do grupy hormonów polipeptydowych i zbudowany jest ze 190–191 aminokwasów. Stanowi ważny element w stymulacji postnatalnego rozwoju i metabolizmu u ssaków oraz bierze udział w pobudzaniu procesów anabolicznych: proliferacji komórek, wzroście szkieletu, modulowaniu ekspresji wielu genów [Burton i in. 1994, Etherton i Bauman 1998]. Ponadto pobudza wzrost i metabolizm mięśni szkieletowych, chrząstek, tkanki tłuszczowej oraz tkanki łącznej właściwej [Obrępańska-Stęplowska i in. 2003]. Somatotropina poprzez hamujący wpływ na transport glukozy do i z komórek oraz na glikolizę odpowiedzialna jest również za produkcję insuliny [Gołyński i Adamek 2011]. Działanie hormonu widoczne jest zarówno na poziomie metabolicznym, jak i fizjologicznym [Chagas i in. 2007].

Wydzielanie hormonu wzrostu zachodzi w przysadce mózgowej i znajduje się pod ścisłą kontrolą neuropeptydów podwzgórza: somatoliberyny (GHRH) – stymulującej uwalnianie GH – oraz somatostatyny (SRIF) – wykazującej działanie hamujące dla GH [Renaville i in. 2002]. Działanie hormonu wzrostu może przebiegać bezpośrednio lub też poprzez indukcję syntezy insulinopodobnych czynników wzrostu (IGF-1 i IGF-2), których uwalnianie przyspiesza transkrypcję i translację mRNA, a także powoduje wzrost ilości jąder w komórkach mięśniowych oraz zwiększenie objętości oraz masy włókien mięśniowych [Asciacio-Martinez i Barrera-Saldaña 2012].

Jak podają Habel i in. [2015], hormon wzrostu znajduje szerokie zastosowanie w medycynie i weterynarii. Somatotropina wykorzystywana jest m.in. w leczeniu zaburzeń wzrostu wynikających z niedoczynności przysadki, przewlekłej niewydolności nerek, u chorych z zespołem Turnera [Hilczler i Lewiński 2004]. W weterynarii natomiast GH stosowany jest w leczeniu uszkodzeń kości, naprawie ścięgien i tkanki mięśniowej oraz gojeniu ran. Poza wykorzystaniem hormonu wzrostu w pobudzaniu wzrostu i wczesnego dojrzewania młodych osobników wykazano również jego pozytywny wpływ na procesy rozrodu, w tym indukcję owulacji oraz wydajność mleczną u bydła, kóz, owiec i koni [Asciacio-Martinez i Barrera-Saldaña 2012].

Gen hormonu wzrostu u bydła oraz wpływ polimorfizmu genu na wydajność mleczną i skład chemiczny mleka

Gen hormonu wzrostu u bydła zmapowano na 19. chromosomie. Gen składa się z pięciu eksonów i czterech intronów o łącznej długości 1792 pz [Gordon i in. 1983]. Jak podają Charon i Świtoński [2012], gen hormonu wzrostu należy do najczęściej badanych w kontekście wydajności mlecznej krów. Liczne badania potwierdzają znaczącą rolę somatotropiny w regulacji laktacji, dlatego też analiza polimorfizmu w *locus* GH stanowi istotny wskaźnik cech genetycznych związanych ze składem chemicznym mleka i wydajnością mleczną [Żukiewicz i in. 2012].

Jednym ze zidentyfikowanych polimorfizmów w obrębie genu GH jest substytucja C/G występująca w V eksonie, w wyniku której w pozycji 127 leucyna (Leu) zostaje zastąpiona waliną (Val). Jak podają Żukiewicz i in. [2012], jest to zdecydowanie najczęściej analizowany polimorfizm w *locus* genu GH. Jego identyfikacja przeprowadzana jest za pomocą trawienia restrykcyjnego enzymem *AluI*. Z badań Lucy i in. [1993] wynika, że wykryty polimorfizm GH/*AluI* ma związek z cechami mleczności krów. Wśród osobników rasy holendersko-fryzyjskiej stwierdzono, iż wyższą wydajnością charakteryzowały się homozygo-

ty LL, natomiast u krów rasy Jersey lepszą produktywność osiągały homozygoty VV. Również inne wskaźniki związane z mlecznością, tj. zawartość tłuszczu i białka w mleku, wykazują związek z polimorfizmem GH/*AluI* [Lee i in. 1993, Sabour i in. 1997, Dybus i in. 2003, Pawar i in. 2007]. Jak podają Sadeghi i in. [2008], osobniki o genotypie LL uzyskiwały wyższą wydajność mleczną i większą zawartość tłuszczu w mleku w porównaniu z osobnikami o genotypie LV. Ponadto występowanie allelu L związane było także z większą zawartością białka w mleku. Podobnie w badaniach Reis i in. [2001] oraz Jakaria i in. [2009] uzyskano wyniki wskazujące na wyższą procentową zawartość zarówno tłuszczu, jak i białka w mleku osobników z allelem L w *locus* GH.

Kolejnym opisanym polimorfizmem w *locus* GH było miejsce identyfikowane endonukleazą restrykcyjną *MspI* [Cowan i in. 1989, Hilbert i in. 1989]. Polimorfizm ten zlokalizowano w III intronie genu hormonu wzrostu w pozycji 1547 [Zchang i in. 1993]. Pomimo dużego zaawansowania badań dotyczących związku polimorfizmu GH/*MspI* z cechami produkcyjnymi bydła brak jest zgodności wyników uzyskiwanych przez różnych autorów [Dybus 2002, Zhou i in. 2005, Duszyńska-Stolarska i in. 2015]. Jak wynika z analiz przeprowadzonych przez Zhou i in. [2005], wspólnym rezultatem uzyskanych dotychczas badań było stwierdzenie, iż zwierzęta mające allel A w *locus* genu GH uzyskują wyższą wydajność mleczną oraz niższą procentową zawartość białka i tłuszczu w mleku w porównaniu z osobnikami GH^B. Z powyższych badań wynika również, że osobniki o genotypie AA osiągały najwyższą wydajność mleczną, przy jednoczesnej najmniejszej zawartości tłuszczu w mleku. Homozygoty AA charakteryzowały się również wysokim udziałem procentowym białka w mleku w pierwszej i trzeciej laktacji. Odmiennie wyniki uzyskali Rincón i in. [2013], w badaniach których najwyższą wydajność mleczną uzyskiwały osobniki homozygotyczne BB. Również w badaniach Krasnopiorova i in. [2012] wskazano osobniki o genotypie GH^{BB} jako zwierzęta charakteryzujące się najkorzystniejszym genotypem w *locus* GH pod względem wydajności mlecznej. U osobników tych zaobserwowano również najniższą procentową zawartość tłuszczu w mleku.

Gen receptora hormonu wzrostu (GHR) u bydła oraz wpływ polimorfizmu genu na cechy mleczności

Działanie hormonu wzrostu na tkanki docelowe możliwe jest za pośrednictwem specyficznego receptora błonowego – receptora hormonu wzrostu (GHR) [Moody i in. 1995]. Receptor hormonu wzrostu pośredniczy w procesach biologicznych typowych dla hormonu wzrostu, ale jest także czynnikiem indukującym transkrypcję wielu innych genów, np. IGF1 [Rotwein i in. 1994, Argentsinger i Carters 1996].

Gen receptora hormonu wzrostu (GHR) u bydła zlokalizowano na 20. chromosomie [Georges i in. 1995]. Gen składa się z 9 eksonów (ponumerowanych od 2 do 10) w obszarze translacyjnym oraz z długiego, niekodującego regionu 5' obejmującego 9 regionów niepodlegających translacji, z których kilka zostało szczegółowo opisanych, tj. 1A, 1B oraz 1C [Jiang i Lucy 2001]. W obszarze genu receptora hormonu wzrostu zidentyfikowano kilka miejsc polimorficznych [Falaki i in. 1996, Moisis i in. 1998, Aggrey i in. 1999, Hale i in. 2000]. Gen GHR opisywany jest jako potencjalny marker cech ilościowych (QTL) dla wskaźników użytkowości mlecznej [Georges i in. 1995, Arranz i in. 1998, Signorelli i in. 2009, Rahbar i in. 2010]. Jak wynika z analiz przeprowadzonych przez Aggrey i in. [1998], polimorfizm GHR/*AluI* w rejonie 5'UTR jest związany z wydajnością mleczną u rasy HF. Kolejne analizy, w których wykorzystano do badań 3 miejsca polimorficzne (GHR/*AluI*,

GHR/*StuI* oraz GHR/*AclI*), jednoznacznie wykazały, iż jedynie polimorfizm w *locus* GHR identyfikowany z użyciem enzymu restrykcyjnego *AclI* ma związek z poziomem wskaźników użytkowości mlecznej, tj. zawartością tłuszczu w mleku [Aggrey i in. 1999]. To niesynonimiczne podstawienie (A > T) w eksonie 8, powodując zamianę fenyloalaniny na tyrozynę, wywiera tym samym wpływ na parametry produkcyjne, tj. skład mleka. Pomimo iż właściwy mechanizm zmian zachodzących na skutek mutacji, przejawiających się w zróżnicowanych parametrach produkcji mlecznej, nie został wyjaśniony, pewne jest, iż efekt tej substytucji jest spójny we wszystkich rasach oraz analizowanych populacjach [Zho i Jiang 2006]. Jak dowodzą badania przeprowadzone przez Blott i in. [2003], zidentyfikowany polimorfizm SNP jest ściśle powiązany z wydajnością mleczną oraz składem mleka. Podobnie Viitala i in. [2006], analizując *locus* GHR u osobników rasy Ayrshire, wykazali związek polimorfizmu genu z cechami użytkowości mlecznej, tj. procentowym udziałem tłuszczu oraz białka w mleku.

Podsumowanie

Dotychczas przeprowadzono liczne badania mające na celu określenie wpływu polimorfizmu genów osi somatotropowej (w tym genów hormonu wzrostu – GH – oraz receptora hormonu wzrostu – GHR) na kształtowanie wydajności mlecznej oraz składu chemicznego mleka. Pomimo braku jednoznaczności dostępnych wyników badań (np. analiz dotyczących zależności polimorfizmu w *locus* GH/*MspI* oraz cech mleczności, tj. wydajności mlecznej oraz składu chemicznego mleka) istotny jest fakt, iż zarówno gen hormonu wzrostu (GH), jak i gen receptora hormonu wzrostu (GHR) odgrywają istotną rolę w procesie laktacji, modyfikując zarówno wydajność mleczną, jak i udział poszczególnych składników mleka.

Bibliografia

- Aggrey S., Yao J., Zadworny D., Hayes J., Kuhnlein U., 1998. Synergism between genetic markers in the growth hormone and growth hormone receptor genes in influencing milk related traits in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 80(1), 229–232.
- Aggrey S., Yao J., Lin, C., Zadworny D., Hayes F., Kuhnlein U., 1999. Markers within the regulatory region of the growth hormone receptor gene and their association with milk related traits in Holsteins. *J. Hered.* 90, 148–151.
- Argetsinger L., Carters U., 1996. Growth hormone signalling mechanisms: involvement of the tyrosine kinase JAK2. *Horm. Res.* 45, 22–24.
- Arranz J., Coppieters W., Berzi P., Cambisano N., Grisart B., Karim L., 1998. A QTL affecting milk yield and composition maps to bovine chromosome 20: A confirmation. *Animal Genet.* 29, 107–115.
- Asciacio-Martinez J.A., Barrera-Saldaña H.A., 2012. Genetic Engineering and Biotechnology of Growth Hormones. W: H.A. Barrera-Saldaña (red.), *Genetic Engineering – Basics, New Applications and Responsibilities*, InTech (online), 173–196, DOI: 10.5772/38978.
- Blott S., Kim J., Moisiso S., Schmidt-Kuntzel A., Cornet A., Berzi P., 2003. Molecular dissection of a quantitative trait *locus*: A phenylalanine-to-tyrosine substitution in the transmembrane domain of the bovine growth hormone receptor is associated with a major effect on milk yield and composition. *Genetics* 163, 253–266.
- Burton J., McBride B., Block E., Glimm D., Kenelly J., 1994. A review of bovine growth hormone. *Canadian J. Anim. Sci.* 74, 167–201.

- Chagas L., Bass J., Blanche D., Burke C., Kay J., Lindsay D., 2007. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 4022–4032.
- Charon K., Świtoński P., 2012. *Genetyka i genomika zwierząt*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Cowan C.M., Dentine M.R., Ax R.L., Schuler L.A., 1989. Restriction fragment length polymorphism associated with growth hormone and prolactin genes in Holstein bulls: evidence for a novel growth hormone allele. *Anim. Genet.* 20, 157–165.
- Duszyńska-Stolarska O., Górecka M., Habel A., Bogdzińska M., 2015. The factors which are create the level of selected nutrients in milk of Holstein Friesian cows that affect the attractiveness of the diet. *J. Edu. Health Sport.* 5(6), 258–266.
- Dybus A., 2002. Associations of growth hormone (GH) and prolactin (PRL) genes polymorphisms with milk production traits in Polish Black-and-White cattle. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 20(20), 203–212.
- Dybus A., Kmiec M., Sobek Z., Pietrzyk W., Wiśniewski B., 2003. Associations between polymorphisms of growth hormone releasing hormone (*GHRH*) and pituitary transcription factor 1 (*PIT1*) genes and production traits of Limousine cattle. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 46, 527–534.
- Etherton T., Bauman D., 1998. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Physiol. Rev.* 78, 745–761.
- Falaki M., Sneyers M., Prandi A., Massart S., Corradini C., Formigoni A., 1996. *TaqI* growth hormone polymorphism and milk production traits in Holstein-Friesian cattle. *Anim. Sci.* 63, 175–181.
- Georges M., Nielsen D., Mackinnon M., Mishra A., Okimoto R., 1995. Mapping quantitative trait *loci* controlling milk production in dairy cattle by exploiting progeny testing. *Genetics.* 139, 907–920.
- Golyński M., Adamek Ł., 2011. Kliniczne postacie zaburzeń w wydzielaniu hormonu wzrostu u psów i kotów. *Życie Wet.* 8, 598–601.
- Gordon D.F., Quick D.P., Erwin C.R., Donelson J.E., Maurer R.A., 1983. Nucleotide sequence of bovine growth hormone chromosomal gene. *Mol. Cell. Endocrinol.* 33, 81–95.
- Habel A., Górecka M., Duszyńska-Stolarska O., Mroczkowski S., 2015. Variability of growth hormone gene and its association with growth of body and meat production. *J. Educ. Health Sport.* 5(6), 313–320.
- Hale C.S., Herring W.O., Shibuya H., Lucy M.C., Lubahn D.B., Keisler D.H., Johnson G.S., 2000. Decreased growth in Angus steers with a short TG-microsatellite allele in the P1 promoter of the growth hormone receptor gene. *J. Anim. Sci.* 78, 2099–2104.
- Hilbert P., Marcotte A., Schwes A., Hanset R., Vassart G., Georgens M., 1989. Analysis of genetic variation in the Belgian Blue Cattle breed using DNA sequence polymorphism at the growth hormone, low density lipoprotein receptor, α -subunit of glycoprotein hormones and thyroglobulin *loci*. *Anim. Genet.* 20, 383–394.
- Hilczer M., Lewiński A., 2004. Wskazania do leczenia hormonem wzrostu dzieci i dorosłych. *Prz. Pediatr.* 34, 170–175.
- Jakaria R., Noor R., Martojo H., Duryadi D., Tappa B., 2009. Identification of growth hormone (GH) gene *MspI* and *AhaI* loci polymorphism in beef cattle. 1st International Seminar on Animal Industry, Bogor, 23–24.11, 42–46.
- Jiang H., Lucy M., 2001. Involvement of hepatocyte nuclear factor-4 in the expression of the growth hormone receptor 1A messenger ribonucleic acid in bovine liver. *Mol. Cel. Endocrinol.* 15, 1023–1034.
- Krasnopiorova N., Baltrėnaitė L., Miceikienė I., 2012. Growth hormone gene polymorphism and its influence on milk traits in cattle bred in Lithuania veterinarija ir zootechnika. *Vet. Med. Zoot.* 58(80), 42–46.
- Lee B., Lin G., Crooker B., Murtaugh M., Hansen L., Chester-Jones H., 1993. Association of somatotropin (bST) gene polymorphism with selection for milk yield in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76, 149.
- Lucy M.C., Hauser S.D., Eppard P.J., Krivi G.G., Clark J.H., Bauman D.E., Collier R.J., 1993. Variants of somatotropin in cattle: gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production. *Domest. Anim. Endocrinol.* 10(4), 325–33.

- Miciński J., Klupczyński J., 2006. Correlations between polymorphic variants of milk proteins and milk yield and chemical compositions in Black-and-White and Jersey cows. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 15(1), 137.
- Moisio S., Elo K., Kantanen J., Vilkki J., 1998. Polymorphism within the 3'flanking region of the bovine growth hormone receptor gene. *Anim. Genet.* 29, 55–57.
- Moody D., Pomp D., Barendse W., Womack J., 1995. Assignment of the growth hormone receptor gene to bovine chromosome 20 using linkage analysis and somatic cell mapping. *Anim. Genet.* 26, 341–343.
- Neville M.C., McFadden T.B., Forsyth I., 2002. Hormonal regulation of mammary differentiation and milk secretion. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 7(1), 49–66.
- Obrepalska-Stepłowska A., Kędzia A., Goździcka-Józefiak A., 2003. Analysis of the human growth hormone receptor and IGF-I coding sequences in children with growth disorders. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 16, 819–825.
- Pawar R.S., Tajane K.R., Joshi C.G., Rank D.N., Bramkshtri B.P., 2007. Growth hormone gene polymorphism and its association with lactation yield in dairy cattle. *Indian J. Anim. Sci.* 77(9), 884–888.
- Rahbar R., Rahimi G., Pirsarai Z., Gholizadeh M., 2010. Identification of polymorphism in promoter region of growth hormone receptor (GHR) gene and its association with milk related traits in Holstein cows. *Afr. J. Biotechnol.* 9(33), 5460–5464.
- Reis C., Navas D., Pereira M., Cravador A., 2001. Growth hormone *AluI* polymorphism analysis in eight Portuguese bovine breeds. *Arch. Zootec.* 50(189–190), 41–48.
- Renaville R., Hammadi M., Portetelle D., 2002. Role of the somatotrophic axis in the mammalian metabolism. *Dom. Anim. Endocrinol.* 23(1–2), 351–360.
- Rincón C., López-Herrera A., Echeverri J., 2013. Effect of two single nucleotide polymorphisms on milk yield and composition. *Genet. Mol. Res.* 12(2), 995–1004.
- Rotwein P., Gronowski A., Thomas M., 1994. Rapid nuclear actions of growth hormone. *Horm. Res.* 42(4–5), 170–175.
- Sabour M.P., Lin C.Y., Smith C., 1997. Association of genetic variants of bovine growth hormone with milk production traits in Holstein cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 114, 435–442.
- Sadeghi M., Shahr-e-Babak M.M., Rahimi G., Javaremi A.N., 2008. Association between gene polymorphism of bovine growth hormone and milk traits in the Iranian Holstein Bulls. *Asian J. Anim. Sci.* 2, 1–6.
- Signorelli F., Orrù L., Napolitano F., De Matteis G., Scatà M., Catillo G., 2009. Exploring polymorphisms and effects on milk traits of the DGAT1, SCD1 and GHR genes in four cattle breeds. *Liv. Sci.* 125(1), 74–79.
- Viitala S., Szyda J., Blott S., Schulman N., Lidauer M., Maki-Tanila A., 2006. The role of the bovine growth hormone receptor and prolactin receptor genes in milk, fat and protein production in Finnish Ayrshire dairy cattle. *Genetics* 173, 2151–2164.
- Zhang H.M., Maddock K.C., Brown D.R., Denise S.K., Ax R.L., 1993. A novel allele of the bovine somatotropin gene detected by PCR-RFLP analysis. *J. Anim. Sci.* 71, 2276.
- Zho Y., Jiang H., 2006. A milk trait-associated polymorphism in the bovine growth hormone receptor does not affect receptor signaling. *J. Dairy Sci.* 89, 1761–1764.
- Zhou L., Jin G., Liu C., Ghou L., Zhu Q., Wu Y., 2005. Association of genetic polymorphism in GH gene with milk production traits in Beijing Holstein cows. *J. Biosci.* 30, 595–598.
- Żukiewicz A., Grzesiak W., Szatkowska I., Błaszczak P., Dybus A., 2012. Genetic factors of milk yield in dairy cattle – advances in the quest for universal markers. *Israel J. Vet. Med.* 67(2).
- Zych S., Szatkowska I., Dybus A., 2005. Oś somatotropowa (GH/GHR/IGF-I) i jej rola w kontroli procesu laktacji u bydła. *Med. Weter.* 61, 857–860.

MASA CIAŁA ORAZ STRUKTURA PŁCI I WIEKU ZAJĘCY W WYBRANYCH REJONACH WYŻYNY LUBELSKIEJ

Dominika Szmit¹, Bogusław Rataj², Marian Flis²

W ostatnich dziesięcioleciach obserwowany jest spadek liczebności podstawowych gatunków polnej zwierzyny drobnej, głównie zajęcy i kuropatw. Trend ten występuje nie tylko na terenie naszego kraju, ale także w innych państwach europejskich, w których do niedawna gatunki te były dość powszechne. Pomimo prowadzenia wielu badań w tym zakresie trudno wskazać jednoznaczną przyczynę tego niekorzystnego zjawiska. Niemniej jednak najczęściej wymieniane jest kompleksowe oddziaływanie wielu czynników, zarówno natury środowiskowej, jak i antropogenicznej. Z reguły najczęściej wymienia się intensywne zmiany w krajobrazach rolniczych, stanowiących areale życiowe zwierzyny drobnej. Zmiany te przede wszystkim objawiają się znacznym uproszczeniem struktury upraw rolniczych, co znacznie zmniejsza heterogenność środowisk bytowania [Burel i Baudry 1990, Dziedzic i in. 2002, Flis 2016, Panek 2018].

Jednocześnie należy wskazać, iż oprócz zmian środowiskowych dość istotne znaczenie dla funkcjonowania populacji zwierzyny drobnej odgrywają procesy intensyfikacji rolnictwa. Intensywna mechanizacja prac polowych, w połączeniu z powszechnym stosowaniem różnicowanych środków ochrony roślin, wpływa znacząco na przebieg procesów populacyjnych, oddziałując dość istotnie na wskaźniki rozrodczości i śmiertelności populacji tych gatunków [Schmidt i in. 2004, Kryński i in. 2007, Flis 2009, Nasiadka i Dziedzic 2014, Panek 2018].

Kolejnym nie mniej ważnym czynnikiem wpływającym na dynamikę liczebności zajęcy jest drapieżnictwo. Najczęściej wymieniany jest negatywny wpływ drapieżnictwa lisów wolno żyjących, których liczebność w ostatnich latach dość diametralnie się zwiększyła, co z kolei spowodowane było wyeliminowaniem podstawowego czynnika śmiertelności, jakim była wścieklizna, poprzez rokrocznie prowadzone akcje doustnej immunizacji [Goszczyński i Wasilewski 1992, Wasilewski 2007, Chroust i in. 2012, Flis i in. 2017].

Niemniej ważnymi czynnikami wpływającymi na dynamikę liczebności zajęcy są liczne jednostki chorobowe stwierdzane u tego gatunku. Jako najważniejsze wymienia się kokcydiozę oraz szereg innych chorób pasożytniczych. Istotnym czynnikiem śmiertelności są także choroby bakteryjne i wirusowe, wśród których jako podstawową wymienia się krwotoczną chorobę zajęcy – EBHS [Chrobocińska 1995, Pikula i in. 2004, Nasiadka i Dziedzic 2014].

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Zwierząt Lownych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

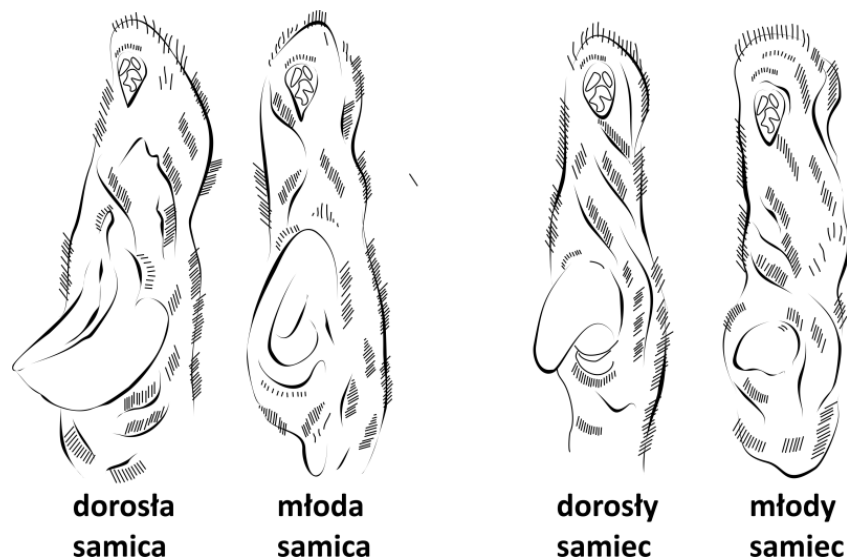
² *Katedra Zoologii, Ekologii Zwierząt i Lownictwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Dynamika liczebności zajęcy uwarunkowana jest kondycją osobniczą zwierząt, która dość często warunkuje także stan zdrowotny populacji. Z kolei u zwierząt dzikich miarą jakości osobniczej jest masa ciała. Kondycja osobnicza w połączeniu ze wskaźnikami populacyjnymi, czyli strukturą płci i wieku, wpływa wprost na procesy reprodukcyjne, a tym samym warunkuje roczny bilans populacji. Z reguły osobniki o słabszej kondycji osobniczej są bardziej podatne na czynniki selekcji naturalnej [Frylestam 1980, Hackländer i in. 2011, Flis 2015].

Badania własne

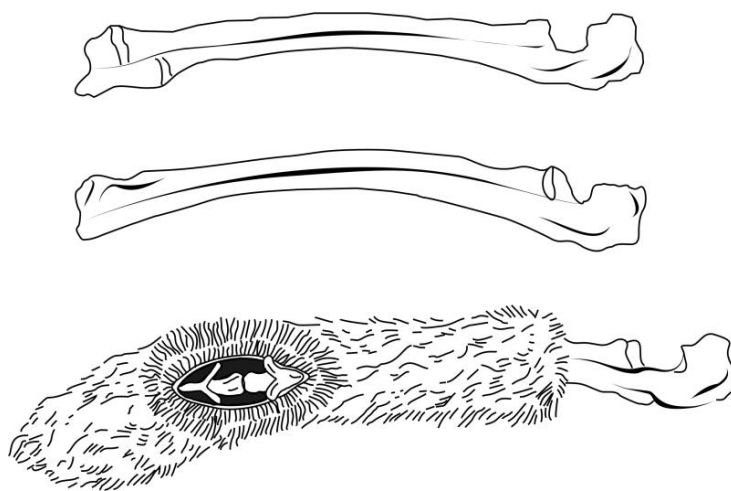
Badania prowadzono w dwóch sąsiadujących obwodach łowieckich polnych, w których zagęszczenie populacji zajęcy jest na tyle duże, że prowadzi się tam jeszcze odłowy. Obwody te zlokalizowane są w zachodniej części Lubelszczyzny, w mezoregionie Kotliny Chodelskiej i północnej części Wzniesień Urzędowskich [Kondracki 2000]. Rejon ten cechuje się rozdrobnieniem upraw polowych, co bezpośrednio warunkuje znaczną heterogenność środowisk bytowania zajęcy. Ze względu na występowanie żyznych gleb w strukturze upraw, oprócz typowych rolniczych roślin uprawnych, znaczny udział stanowią sady i plantacje wieloletnie owoców miękkich. W krajobrazie rolniczym występują liczne nieużytki oraz niewielkie enklawy zadrzewieniowe i kompleksy leśne [Witek 1991].

Badania prowadzono podczas polowań zbiorowych w grudniu 2017 r. Podczas każdego polowania odstrzelone zajęce ważono bezpośrednio po pozyskaniu oraz określano ich wiek i płeć. Oceny płci dokonano na podstawie wyglądu drugorzędowych cech płciowych (ryc. 1). Wiek zajęcy określano także bezpośrednio w terenie na podstawie oceny palpacyjnej występowania lub zaniku znamienia Stroha (chrząstkowe zgrubienie nasady kości łokciowej). Ocena taka umożliwia podział zajęcy na młode (do 1. r.ż.) oraz dorosłe (powyżej 1. r.ż.) – ryc. 2 [Stroh 1931, Pielowski 1979].



Ryc. 1. Rozpoznawanie płci zajęcy na podstawie wyglądu zewnętrznych narządów rozrodczych

Ogółem oceną objęto 79 pozyskanych osobników. Całość materiału podzielono na grupy wiekowo-plciowe, z uwzględnieniem miejsca pozyskania. Pozwolilo to na ustalenie wskaźnika struktury płci i wieku pozyskanych zwierząt. Aby określić różnice pomiędzy średnimi wartościami masy ciała w zależności od wieku i płci zajęcy, wykonano dwuczynnikową analizę wariancji. Celem weryfikacji ewentualnego występowania różnic pomiędzy średnimi wykonano obliczenia z wykorzystaniem testu Tukeya, w programie Statistica. Do opisu dynamiki liczebności populacji zastosowano wskaźnik reprodukcji i wskaźnik sukcesu rozrodczego [Pintur i in. 2006].



Ryc. 2. Rozpoznawanie wieku zajęcy na podstawie znamienia Stroha

Wskaźnik reprodukcji obliczono jako liczbę młodych zajęcy, które przeżyły do okresu polowań, przypadającą na 1 dorosłego osobnika:

$$W_r = \frac{N_{juv}}{N_{ad}}$$

Wskaźnik sukcesu rozrodczego określono jako liczbę młodych zajęcy, które przeżyły do okresu polowań, przypadającą na 1 dorosłą samicę:

$$W_{sr} = \frac{N_{juv}}{N_{adf}}$$

Wykonane badania i analizy kształtowania się masy ciała pozyskanych zajęcy wykazały niewielkie zróżnicowanie tej cechy zajęcy młodych, niezależnie od płci, pomiędzy rejonami badań (tab. 1, 2). Średnie wartości tej cechy pomiędzy rejonami badań zarówno u samców, jak i u samic, zarówno u zwierząt młodych, jak i dorosłych nie różniły się statystycznie istotnie. Z kolei statystycznie istotną różnicę ($P \leq 0,05$) stwierdzono pomiędzy masą ciała młodych i dorosłych samic w obydwu rejonach badań oraz młodych i dorosłych samców pochodzących z rejonu Urzędowa. Wartości odchylenia standardowego wskazują, że wystąpiła względna stabilizacja tej cechy, z wyjątkiem masy młodych samic z rejonu Opola Lubelskiego i dorosłych samic z rejonu Urzędowa.

Struktura wieku pozyskanych zajęcy wykazywała zróżnicowanie w grupach płciowych, jednak we wszystkich przypadkach przeważały zwierzęta młode (do 1. r.ż.). U samców ponad 75% stanowiły osobniki młode, zaś u samic udział zwierząt młodych był nieco mniejszy i wynosił 67,7% w rejonie Opola Lubelskiego oraz 61,5% w rejonie Urzędowa (ryc. 3). U zajęcy młodych pozyskanych w rejonie Opola Lubelskiego wystąpiła przewaga samic, a wskaźnik płci wynosił 1 : 1,40 (ryc. 4). Z kolei w rejonie Urzędowa w tej grupie wiekowej przeważały samce, których udział wynosił 60%. W grupie osobników dorosłych w obydwu rejonach badań przeważały samice, a ich udział wynosił odpowiednio 71,4% oraz 55,6%.

Wartość wskaźnika reprodukcji dla populacji w rejonie Opola Lubelskiego wynosiła – 2,57, a w rejonie Urzędowa – 2,22. Z kolei wartości wskaźnika sukcesu rozrodczego były wyższe i wynosiły odpowiednio 3,60 i 4,00. Takie wielkości wskaźników reprodukcji są bardzo optymistyczne, gdyż warunkują wysoki potencjał rozrodczy populacji w kolejnym sezonie łowieckim, a tym samym wskazują na potencjalne trendy rozwoju populacji w rejonach objętych badaniami.

Tab. 1. Masa ciała (kg) młodych i dorosłych samców (♂) zajęcy

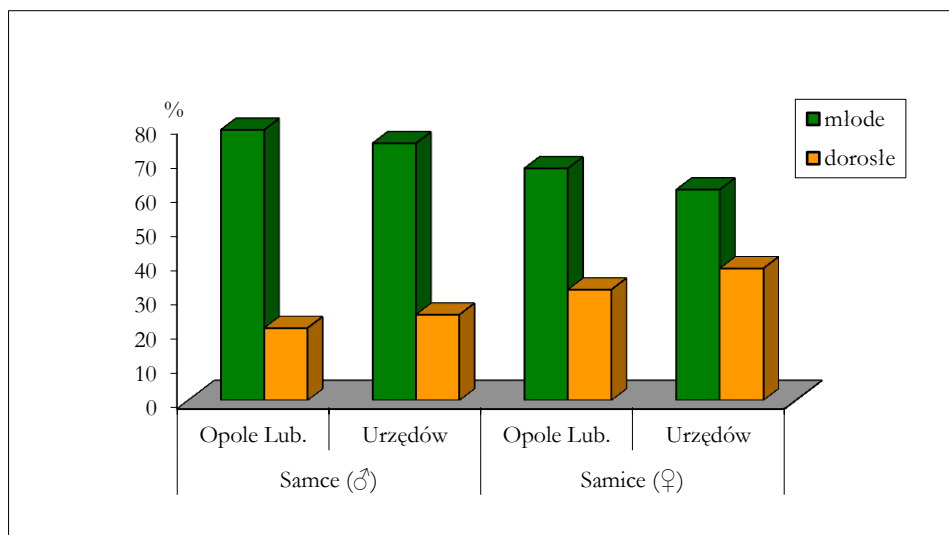
Wiek	Cecha	Rejon pozyskania	
		Opole Lubelskie	Urzędów
Młode	<i>n</i>	15	12
	\bar{x}	4,19 _a	4,01 _a
	SD	0,26	0,34
Dorosłe	<i>n</i>	4	4
	\bar{x}	4,65 _a	4,70 _b
	SD	0,05	0,14

n – liczba zwierząt, \bar{x} – średnia statystyczna, SD – odchylenie statystyczne
a, b, c – różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$

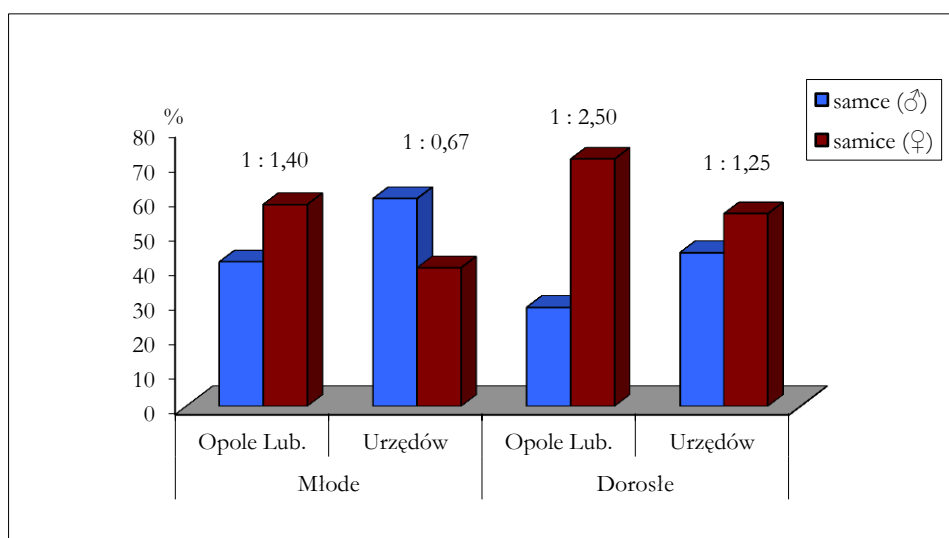
Tab. 2. Masa ciała (kg) młodych i dorosłych samic (♀) zajęcy

Wiek	Cecha	Rejon pozyskania	
		Opole Lubelskie	Urzędów
Młode	<i>n</i>	21	8
	\bar{x}	4,06 _a	4,13 _a
	SD	0,50	0,22
Dorosłe	<i>n</i>	10	5
	\bar{x}	4,75 _b	4,96 _b
	SD	0,21	0,46

n – liczba zwierząt, \bar{x} – średnia statystyczna, SD – odchylenie statystyczne
a, b, c – różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$



Ryc. 3. Struktura wieku samców i samic zajęcy w rejonach badań



Ryc. 4. Struktura płci młodych i dorosłych zajęcy w rejonach badań

Masa ciała zajęcy pochodzących z rejonów objętych badaniami była wyższa w porównaniu z tą podaną przez Flisa [2015] dla wybranych obwodów Wyżyny Lubelskiej w sezonie łowieckim 2014/2015. Uzyskane wyniki wskazują także na większą masę ciała w porównaniu ze średnimi wartościami tej cechy w rejonie Wyżyny Lubelskiej i Podlasia w połowie lat 90. ubiegłego stulecia [Dziedzic i in. 1998]. W badaniach prowadzonych w sezonie łowieckim 2009/2010 w rejonach o największym zagęszczeniu populacji zajęcy na terenie kraju średnia masa zajęcy zawierała się w przedziale 3,42–4,31 kg. Statystycznie istotna różnica średniej masy ciała została stwierdzona wyłącznie w grupach wiekowych [Misiorowska i in.

2014]. Uzyskane wartości są także wyższe niż stwierdzone w Chorwacji w sezonie łowieckim 2004/2005 przez Pintura i in. [2006], jak również na Węgrzech, zarówno w grupach wiekowych, jak i płciowych, przez Farkasa i in. [2016].

Wyraźna przewaga młodych samic w populacjach z obszarów, gdzie były prowadzone badania, wskazuje, iż cechują je parametry populacji rozwijającej się. Potwierdzeniem tego są wysokie wartości wskaźnika reprodukcji i wskaźnika sukcesu rozrodczego. Według badań Misiorowskiej i in. [2014] prowadzonych w rejonach o największej liczebności zajęcy w Polsce w sezonie łowieckim 2009/2010 uzyskany wskaźnik reprodukcji zawierał się w przedziale 0,36–1,26. W tych samych badaniach wskaźnik sukcesu rozrodczego wynosił 0,7–2,7. W badaniach prowadzonych na Chorwacji wskaźnik reprodukcji zajęcy był zależny od środowiska i mieścił się w zakresie 0,61–1,50, a wskaźnik sukcesu rozrodczego – w przedziale 1,33–3,40 [Pintur i in. 2006].

Wykonane badania i analizy dały optymistyczne rezultaty, gdyż struktury populacyjne ustalone na podstawie losowego rozkładu z polowań zbiorowych wskazują na populację rozwijającą się. Potwierdzeniem tego są także wysokie wartości wskaźnika reprodukcji i sukcesu rozrodczego. Zatem na terenach, gdzie były prowadzone badania, spodziewać się należy rozwoju populacji badanego gatunku w kolejnych sezonach łowieckich.

Masa ciała zarówno osobników młodych, jak i dorosłych z badanych terenów była wyrównana. Jednocześnie w większości zwierzęta dorosłe były istotnie cięższe od młodych. Uzyskane dane wskazują także na ponadprzeciętną masę ciała zajęcy w porównaniu z innymi badaniami z regionu Lubelszczyzny, a także z danymi z innych terenów w kraju. Świadczy to o wysokiej kondycji osobniczej zwierząt tego gatunku w rejonie prowadzenia badań.

Bibliografia

- Burel F., Baudry J., 1990. Structural dynamic of hedgerow network landscape in Brittany, France. *Landscape Ecol.* 4, 197–210.
- Chrobocińska M., 1995. Wirusowa choroba zajęcy nazwana European Brown Hare Syndrome (EBHS). *Łow. Pol.* 11, 30–31.
- Chroust K., Vodnansky M., Pikula J., 2012. Parasite load of European brown hares in Austria and Czech Republic. *Veterinari Med.* 57, 551–558.
- Dziedzic R., Flis M., Olszak K., Wójcik M., Beeger S., 1998. Masa ciała zajęcy na Wyżynie Lubelskiej i Podlasiu. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 16, 261–267.
- Dziedzic R., Kamieniarz R., Majer-Dziedzic B., Wójcik M., Beeger S., Flis M., Olszak K., Żontala M., 2002. Przyczyny spadku populacji zająca szaraka w Polsce. Ministerstwo Środowiska, Fundacja Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych, Warszawa.
- Farkas P., Kusza S., Majzinger I., 2016. Analysis of some population parameters of the brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1758) in two hunting areas on the Hungarian great plain. *Lucr. Ştiinţ.* 18, 71–74.
- Flis M., 2009. Zmienność zagęszczeń i preferencji siedliskowych zajęcy w warunkach obwodu łowieckiego w latach 1998–2008. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zoot.* 5, 139–147.
- Flis M., 2015. Zróżnicowanie wieku, płci oraz masy ciała zajęcy w warunkach niskiego zagęszczenia na Wyżynie Lubelskiej. *Sylwan* 159, 579–585.
- Flis M., 2016. Zróżnicowanie zagęszczenia oraz preferencji siedliskowych zajęcy w warunkach obwodu łowieckiego położonego na Wyżynie Lubelskiej. *Sylwan* 160, 829–836.
- Flis M., Grela E.R., Gugala D., 2017. Occurrence of rabies in Poland in 2011–2015 in relation to the free-living fox population. *Med. Weter.* 73, 43–47.
- Frylestam B., 1980. Reproduction in the European hare in southern Sweden. *Ecography* 3, 74–80.
- Goszczyński J., Wasilewski M., 1992. Predation of foxes on a hare population in central Poland. *Acta Theriol.* 37, 329–338.

- Hackländer K., Zeitlhofer C., Ceulemans T., Suchentrunk F., 2011. Continentality affects body condition and size but not yearly reproductive output in female European hares (*Lepus europaeus*). *Mammalian Biol. – Z. Säugetierkd.* 76, 662–664.
- Kondracki J., 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kryński A., Chudzińska-Popek M., Majdecka T., 2007. Środowisko współczesnych agrocenoz a sytuacja zająca szaraka. W: *Nauka łowiectwu. Cz. 2. Zajacowi na ratunek*. Samorząd Województwa Mazowieckiego, Warszawa, 110–113.
- Misiorowska M., Ludwisiak Ł., Nasiadka P., 2014. Wybrane parametry populacyjne zająca szaraka (*Lepus europaeus* L.) w rejonach największej liczebności gatunku w Polsce. *Sylvan* 158, 901–910.
- Nasiadka P., Dziedzic R., 2014. Podręcznik najlepszych praktyk ochrony kuropatwy i zająca. Dla różnorodności biologicznej. Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych, Warszawa, 66–118.
- Panek M., 2018. Habitat factors associated with the decline in brown hare abundance in Poland in the beginning of the 21st century. *Ecol. Indicat.* 85, 915–920.
- Pielowski Z., 1979. *Zajac*. Monografia przyrodniczo-łowiecka. PWRiL, Warszawa.
- Pikula J., Beklova M., Holesovska Z., Tremel F., 2004. Ecology of European brown hare and distribution of natural foci of tularemia in the Czech Republic. *Acta Vet. Brno* 73, 267–273.
- Pintur K., Popović N., Alegro A., Severin K., Slavica A., Kolić E., 2006. Selected indicators of brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) population dynamics in northwestern Croatia. *Veterinarski Arh.* 76, 199–209.
- Schmidt N.M., Asferg T., Forchhammer M.C., 2004. Long-term patterns in European brown hare population dynamics in Denmark: effects of agriculture, predation and climate. *BMC Ecol.* 4, 1–7.
- Stroh G., 1931. Zwei sichere Altersmerkmale beim Hasen. *Berliner Tierärztl. Wschr.* 47, 180–181.
- Wasilewski M., 2007. Drapieżnictwo a zwierzyna drobna. W: *Nauka łowiectwu. Cz. 1. Kryzys zwierzyny drobnej i sposoby przeciwdziałania*. Samorząd Województwa Mazowieckiego, Warszawa, 34–38.
- Witek T., 1991. *Warunki przyrodnicze produkcji rolnej: woj. lubelskie*. IUNG, Puławy.

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA ANALIZY WITAMINY C ORAZ KWASU MOCZOWEGO W DIAGNOSTYCE ZDROWIA DROBIU

Daniel Stępniewski¹, Tomasz Wodyk¹, Aleksandra Wojewoda¹,
Ewelina Cholewińska², Katarzyna Ognik², Anna Stępniewska²

Okolo 2,7 mld lat temu dzięki organizmom fotosyntetyzującym, które produkowały tlen, powstało życie na ziemi. W tym właśnie okresie podczas nieustannych przemian tlenu pojawiły się jego reaktywne formy – RFT [Singh i in. 2017]. Organizmy wykształciły wiele mechanizmów enzymatycznych oraz nieenzymatycznych, których zadaniem jest ograniczenie ilości RFT. Niestety bardzo często różne czynniki prowadzą do zachwiania równowagi pomiędzy wolnymi rodnikami a przeciwutleniaczami, przyczyniając się do powstania tzw. stresu oksydacyjnego.

Stres oksydacyjny jest to stan, w którym równowaga pomiędzy wolnymi rodnikami a przeciwutleniaczami zostaje zaburzona. Istnieje wiele naturalnych źródeł, które mogą indukować stres oksydacyjny, przykładem mogą być utleniacze środowiskowe, toksyny, promieniowanie oraz szok termiczny [Schrader i Fahimi 2006]. W warunkach fizjologicznych reaktywne formy tlenu pełnią wiele istotnych funkcji w organizmie. Jednym z ważniejszych zadań RFT jest indukowanie procesu starzenia, apoptozy komórki czy też współdziałanie z komórkami fagocytarnymi w pozbywaniu się patogenów [Zablocka i Janusz 2008].

Wysoki poziom wolnych rodników powoduje również toksyczny wpływ na biocząsteczki, takie jak DNA, białka oraz lipidy. W wyniku utlenienia dochodzi do nagromadzenia utlenionych cząstek w różnych miejscach w komórce, co wywołuje stany patologiczne organizmu. Choroby, które mogą być spowodowane wolnymi rodnikami, to m.in. miażdżyca tętnic, nadciśnienie tętnicze, cukrzyca typu drugiego, nowotwory oraz choroby Parkinsona i Alzheimerera [Schrader i Fahimi 2006].

Czynniki wpływające na modyfikacje poziomu witaminy C

Witamina C to pochodna cukrów, w organizmach zwierząt syntetyzowana z D-głukozy. Jest bardzo ważnym składnikiem pokarmowym, ponieważ bierze udział w utrzymaniu prawidłowej równowagi oksydoredukcyjnej oraz wspomaga działanie układu immunologicznego [Janda i in. 2015]. W organizmie ptaków występuje enzym oksydaza

¹ *Studenckie Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Biochemiczna, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Katedra Biochemii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

L-gulonolaktonowa, dzięki czemu mogą samodzielnie syntetyzować kwas askorbinowy w organizmie [Dmoch i Solan 2008]. W tej sytuacji suplementacja witaminą C wydaje się pozornie niepotrzebna. Niestety istnieje wiele czynników zewnętrznych oraz wewnętrznych, które mogą zmniejszać stężenie witaminy C we krwi oraz tkankach drobiu.

Stres cieplny jest to jeden z czynników, który modyfikuje stężenie witaminy C w tkankach drobiu. Powstaje na skutek podwyższenia temperatury w kurniku. Podczas tego procesu ptaki próbują obniżyć temperaturę ciała, zwiększając tym samym przepływ krwi oraz powierzchnię parowania. Dalszy wzrost temperatury prowadzi do zaburzeń równowagi oddechowo-kръżeniowej, utraty niezbędnych metabolitów oraz zmniejszenia stężenia witaminy C [Ismail i in. 2013].

Kolejnym czynnikiem, który zmniejsza stężenie witaminy C w tkankach, jest występowanie w organizmie drobiu metali ciężkich, takich jak arsen (As), kadm (Cd), chrom (Cr), ołów (Pb) i rtęć (Hg), które mogą dostawać się do ciała ptaków z zanieczyszczonego powietrza [García-Niño i Pedraza-Chaverri 2014]. Powodują one zwiększenie ilości reaktywnych reaktywnych form tlenu, których nadmiar prowadzi do stresu oksydacyjnego. Witamina C jako przeciwutleniacz, przekazując im elektrony, zapobiega utlenianiu innych związków w komórce. Proces ten może przyczyniać się do zmniejszenia stężenia witaminy C w tkankach drobiu, jest to spowodowane tym, iż utleniona cząsteczka witaminy C staje się rodnikiem askorbylowym, który może ulec degradacji.

Wiek i płeć drobiu a zawartość witaminy C

Stężenie witaminy C u drobiu jest różne, wartości te są uzależnione od wieku, płci oraz tkanki ptaków. Z dostępnych danych literaturowych wynika, że wiek istotnie wpływa na zawartość kwasu askorbinowego w tkankach oraz krwi drobiu. W przypadku badań Nagórnej-Stasiak i in. [1999] prowadzonych na gęsiach spadek zawartości kwasu askorbinowego o 14,43% nastąpił w mięśniach udowych w 6. tygodniu życia w porównaniu z 3. tygodniem. Ponadto według Nagórnej-Stasiak i in. [2001] do obniżenia tego wskaźnika o 6,25% u kaczek w tym samym okresie doszło w mięśniach piersiowych oraz w 8. tygodniu w porównaniu do 6. tygodnia o 47,2% w sercu. Natomiast w przypadku kurcząt według badań Dmoch i Solan [2008] wraz z wiekiem (1., 3., 6. tydzień) dochodziło do spadku zawartości witaminy C odpowiednio o 32,25% oraz 20,63% w śledzionie.

Płeć jest to kolejny czynnik, który może modyfikować stężenie kwasu askorbinowego we krwi oraz tkankach drobiu. Według badań Ognik i in. [2013] przeprowadzonych na indykach większa ilość witaminy C (o 8,42%) występowała u płci męskiej w porównaniu z płcią żeńską. Wynik ten jest prawdopodobnie spowodowany tym, że płeć determinuje tempo przemian metabolicznych, które powodują zmiany parametrów redoks. Niemniej jednak czynnik ten wymaga dalszych badań, zwłaszcza u innych gatunków drobiu.

Żywnienie drobiu a zawartość witaminy C

Prawidłowe żywienie drobiu przez hodowców, połączone z rozsądną suplementacją, jest bardzo ważnym czynnikiem decydującym o rozwoju ptaków. Jest to spowodowane faktem, iż ok. 30% życia drobiu wiąże się z przebywaniem w jaju, dlatego trzeba dobierać odpowiednie pasze nioskom, aby zarodek mógł się rozwijać.

Ognik i Wertelecki [2012] odnotowali wzrost zawartości kwasu askorbinowego w mięśniach piersiowych indyków po zastosowaniu naturalnej formy tokoferolu (tab. 1). Natomiast suplementacja sztuczną formą witaminy E w dawce dwa razy większej niż zalecana według tych autorów nie powodowała zwiększenia zawartości witaminy C w wątrobie, mięśniach piersiowych oraz udowych indyków. W badanych tkankach następował nawet spadek zawartości kwasu askorbinowego.

Według badań Ognik [2012] podczas stosowania L-karnityny jako dodatku do żywności następował wzrost stężenia witaminy C we krwi indyków. Jest to prawdopodobnie spowodowane tym, że odpowiednia ilość L-karnityny w diecie drobiu powoduje oszczędzanie witaminy C, która jest jednym z czynników potrzebnych w jej biosyntezie. Karnityna, ponieważ powoduje wzrost zawartości witaminy C w osoczu i tkankach, ułatwia funkcjonowanie układu odpornościowego, zwiększa potencjał przeciwutleniający organizmu, dzięki czemu drób może przeciwstawiać się stresowi oksydacyjnemu.

Tabela 1. Żywnienie drobiu a zawartość witaminy C

Gatunek	Dodatek żywieniowy	Zawartość witaminy C		Literatura
		krew	inne tkanki	
Indyki	dodatek naturalnej formy prekursora witaminy E	–	mięśnie piersiowe 97,82%↑	Ognik i Wertelecki [2012]
Indyki	dodatek syntetycznej formy prekursora witaminy E w dawce dwa razy większej niż zalecana	–	wątroba 7,5%↓ mięśnie piersiowe 2,17%↓ mięsień udowy 9,73%↓	
Indyki	L-karnityna 83 ml/l	175%↑	–	Ognik [2012]
Kurczęta rasy Arbor Acres	olejek sojowy 2 ml	–	wątroba 16,67%↓ śledziona 24,5%↓ nerki 5,32%↓	Nagórna-Stasiak i in. [2003]
Broilery	cynk 100 mg/kg diety podstawowej	2,96%↑	–	Ismail i in. [2013]

Nagórna-Stasiak i in. [2003] badali natomiast wpływ dodatku oleju sojowego do paszy na zawartość kwasu askorbinowego w tkankach kurcząt. Zauważono, że podawanie kurczętom 2 ml oleju sojowego zmniejsza zawartość witaminy C w wątrobie, śledzionie oraz nerkach. Jest to spowodowane tym, że olej sojowy dostarcza sporych ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych, które mogą ulec peroksydacji lipidów, przyczyniając się do zmniejszenia zawartości witaminy C.

Wysoka temperatura jest to jeden z czynników, który może indukować powstawanie wolnych rodników w organizmie ptaków, przyczyniając się do powstawania stresu oksyda-

cyjnego. W badaniach Ismail i in. [2013] analizowano wpływ dodatku cynku na stopień zmniejszenia stresu cieplnego u ptaków. W doświadczeniu tym zanotowano podwyższenie stężenia witaminy C we krwi broilerów. W wysokiej temperaturze ptaki nie potrafią syntetyzować wystarczającej ilości kwasu askorbinowego, jednak stosowanie cynku jako dodatku paszowego może zmniejszyć niekorzystny wpływ ekspozycji kur na wysoką temperaturę, a co za tym idzie, ograniczyć stres oksydacyjny.

Czynniki wpływające na zawartość kwasu moczowego

Kwas moczowy to produkt enzymatycznej degradacji nukleozydów purynowych i wolnych zasad u zwierząt. Drób należy do licznej grupy zwierząt, w których organizmie występuje enzym zwany urykazą, katalizujący konwersję kwasu moczowego do alatoiny [Sautin i Johnson 2008]. Jedną z głównych funkcji kwasu moczowego jest unieszkodliwianie rodników nadtlenkowych oraz rodników hydroksylowych, a tym samym ochrona komórek przed oksydacyjnymi uszkodzeniami [Sautin i Johnson 2008]. Niestety istnieje wiele czynników zewnętrznych oraz wewnętrznych, które mogą zmniejszać stężenie kwasu moczowego we krwi drobiu. Przede wszystkim stężenie tego przeciwutleniacza zależy od szybkości jego syntezy w wątrobie. Ponieważ powstaje w wyniku degradacji puryn, na jego zawartość wpływa zarówno ilość puryn zsyntetyzowanych w organizmie, jak tych wchłanianych z diety. Również wchłanianie kwasu moczowego z nerek wpływa istotnie na jego zawartość w organizmie. W stanach patologicznych nerek może dojść do zwiększenia zawartości tego wskaźnika we krwi drobiu.

Wiek i płeć drobiu a zawartość kwasu moczowego

Stężenie kwasu moczowego u poszczególnych gatunków drobiu różni się dość znacząco. Z dostępnych danych literaturowych wynika, że wiek istotnie wpływa na zawartość kwasu moczowego we krwi drobiu. W badaniach Ismail i in. [2013] odnotowano wzrost zawartości kwasu moczowego we krwi broilerów o 4,75% pomiędzy 2. a 6. tygodniem życia. Natomiast Krauze i in. [2012] stwierdzili, że u indyków wraz z wiekiem stężenie kwasu moczowego ulega zmniejszeniu o 19,46% pomiędzy 9. a 15. tygodniem życia. Jedynie w 11. tygodniu odnotowano jego wzrost o 4,26%. Kolejno w badaniach Okorie-Kanu i in. [2016] zauważono spadek stężenia kwasu moczowego wraz z wiekiem (3., 12., 21. dzień) we krwi kaczek odpowiednio o 14% oraz 4,09%. Natomiast Kececi i Çöl [2011] odnotowali wzrost zawartości kwasu moczowego o 35,5% we krwi bażantów jedynie w 5. miesiącu.

Stężenie kwasu moczowego we krwi różni się dość znacząco u obu płci. W badaniach Hartmana i in. [2006] przeprowadzonych na indykach Blue Slate, Royal Palm oraz burbońskich odnotowano większą zawartość tego wskaźnika u płci męskiej niż u płci żeńskiej, odpowiednio o 83,88%, 9,74% oraz 38,20%. Natomiast w przypadku płci żeńskiej wzrost stężenia kwasu moczowego we krwi nastąpił jedynie u gęsi, bażantów oraz indyków Narragansett, odpowiednio o 5,67%, 7,39%, 9,3% w porównaniu z płcią męską [Hartman i in. 2006, Kececi i Çöl 2011, Jahantigh i Zamani-Ahmadmahmudi 2016].

Reasumując, wiek, płeć oraz gatunek drobiu to istotne czynniki, które mogą modyfikować stężenie kwasu moczowego we krwi.

Żywnienie drobiu a zawartość kwasu moczowego

Zawarte w tkankach oraz krwi drobiu składniki mineralne odgrywają w organizmach różnorodne funkcje, dlatego bardzo ważne jest utrzymanie odpowiedniego ich stężenia, by nie dochodziło do zmian w organizmie. Niezbędnymi elementami mineralnymi u drobiu są selen oraz miedź, które jako pierwiastki śladowe pełnią funkcję kofaktorów w licznych reakcjach biochemicznych.

Apsite i in. [2012], analizując wpływ dodatku selenu oraz miedzi, odnotowali niezauważalny spadek zawartości kwasu moczowego we krwi kurcząt w wyniku suplementacji selenem (tab. 2). Jest to spowodowane tym, że selen praktycznie nie wpływa na metabolizm białka. Pod wpływem suplementacji miedzią doszło do zwiększenia stężenia tego wskaźnika we krwi. Jest to wynik zaburzenia czynności wydalania kwasu moczowego przez nerki oraz zmiany intensywności metabolizmu puryn.

Karnityna jako organiczny związek chemiczny odgrywa kluczową rolę w transporcie długocząsteczkowych kwasów tłuszczowych będących pochodnymi acylowymi L-karnityny w mitochondriach. Według badań Ognik [2012] u indyków po suplementacji L-karnityną nastąpił spadek stężenia kwasu moczowego we krwi. Jest to prawdopodobnie spowodowane tym, że karnityna bierze udział w ochronie białek, których jednym z końcowych produktów rozpadu jest kwas moczowy.

Kwas moczowy, jako składnik osocza krwi, pełni wiele funkcji, przede wszystkim jest wskaźnikiem prawidłowego metabolizmu białka w organizmie drobiu. Analizując wpływ dodatku preparatu czosnkowego, Krauze i in. [2012] odnotowały spadek stężenia kwasu moczowego we krwi indyków. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że czosnek przyczynia się do lepszego wykorzystania białka paszowego, ograniczając tym samym stężenie kwasu moczowego.

Fallah i Mirzaei [2016] badali natomiast wpływ kurkumy oraz tymianku na zawartość kwasu moczowego we krwi broilerów. Zauważono, że suplementacja tymi składnikami zmniejsza zawartość kwasu moczowego we krwi badanych ptaków. Jest to spowodowane tym, że tymianek oraz kurkuma powodują wzrost parametru zużycia paszy na kilogram masy ciała (FCR). Wskaźnik ten informuje o tym, że podczas trawienia i wchłaniania składników pokarmowych, takich jak białko, nie dochodzi do zaburzeń, co świadczy o zmniejszeniu wytwarzania kwasu moczowego.

Ołów jest metalem ciężkim, który negatywnie wpływa na zwierzęta. U drobiu powoduje utratę wagi, upośledzenie rozmnażania, zatrucia, a nawet śmierć [Hoshiari i Pourkhabbaz 2012]. W tkankach takich organów drobiu, jak wątroba oraz nerki, może utrzymywać się duża zawartość ołowiu, zatem w przypadku konsumpcji zakażonego mięsa przez człowieka może dojść w jego organizmie do szeregu zaburzeń fizjologicznych i biochemicznych. Hamidipour i in. [2016], analizując wpływ dodatku octanu ołowiu, odnotowali wzrost zawartości kwasu moczowego we krwi przepiórek (tab. 2). Wynika to z istotnego wpływu octanu ołowiu na czynność nerek, co prowadzi do zwiększenia zawartości kwasu moczowego w organizmie drobiu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że witamina C oraz kwas moczowy są silnymi przeciwutleniaczami, które przyczyniają się do unieszkodliwiania reaktywnych form tlenu, powstających podczas tlenowego metabolizmu. Niestety stężenie tych antyoksydantów nie jest stałe, ponieważ może być modyfikowane przez wiele czynników zewnętrznych oraz wewnętrznych, dlatego omawiane przeciwutleniacze mogą być wskaźnikami w diagnostyce zdrowia drobiu.

Tabela 2. Żywnienie drobiu a zawartość kwasu moczowego

Gatunek	Dodatek żywnościowy	Zawartość kwasu moczowego we krwi	Literatura
Kurczęta	selen 1 mg/kg żywności	3,24%↓	Apsite i in. [2012]
	miedź 100 mg/kg żywności	14,59%↑	
Indyki	L-karnityna 83 ml/l	25,92%↓	Ognik [2012]
Indyki	preparat czosnkowy <i>Allivet</i> (firmy Centaur) 0,5 ml/dm ³	19,39%↓	Krauze i in. [2012]
Broilery	kurkuma 5 g/kg diety podstawowej	5,65%↓	Fallah i Mirzaei [2016]
	tymianek 5 g/kg diety podstawowej	8,19%↓	
Przepiórki	octan ołowiu 0,4 mg/kg diety podstawowej	15,12%↑	Hamidipour i in. [2016]

Wiek drobiu istotnie wpływa na zawartość witaminy C. Spadek stężenia tego przeciwutleniacza obserwuje się u drobiu w późniejszym wieku. Większą zawartość kwasu askorbinowego stwierdza się u ptaków płci męskiej. Niemniej jednak z powodu małej liczby badań dotyczących tego zagadnienia wymagają one kontynuacji. Stosowanie jako dodatek paszowy cynku, karnityny oraz naturalnej formy witaminy E istotnie zwiększa stężenie kwasu askorbinowego. Natomiast suplementacja olejem sojowym powoduje spadek tego wskaźnika we krwi drobiu.

Wiek wpływa również na modyfikację stężenia kwasu moczowego we krwi drobiu. Do spadku zawartości tego przeciwutleniacza dochodzi zazwyczaj wraz z wiekiem ptaków. Również płeć modyfikuje stężenie kwasu moczowego we krwi drobiu. Większą zawartość tego wskaźnika stwierdza się zazwyczaj u ptaków płci męskiej. W przypadku kwasu moczowego do wzrostu jego stężenia dochodziło podczas suplementacji miedzią oraz octanem ołowiu. Spadek zawartości tego przeciwutleniacza we krwi drobiu był wywołany suplementacją selenem, karnityną, preparatem czosnkowym oraz kurkumą i tymiankiem.

Bibliografia

- Apsite M., Bęrzyła N., Basova N., 2012. Effects of high but non-toxic dietary intake of selenium and copper on indices of the antioxidant defence system and on accumulation of trace elements in chicks. *Proc. Latv. Acad. Sci., sec. B, Nat. Exact Appl. Sci.* 66(3), s. 117–124.
- Dmoch M., Solan M., 2008. Rola witaminy C w organizmach ptaków domowych. *Wiad. Zootech.* 2, 21–28.
- Fallah R., Mirzaei E., 2016. Effect of dietary inclusion of turmeric and thyme powders on performance, blood parameters and immune system of broiler chickens. *J. Livestock Sci.* 7, 180–186.
- García-Niño W.R., Pedraza-Chaverri J., 2014. Protective effect of curcumin against heavy metals-induced liver damage. *Food Chem. Toxicol.* 69, 182–201.

- Hamidipour F., Pourkhabbaz H.R., Banaee M., Javanmardi S., 2016. Bioaccumulation of Lead in the Tissues of Japanese Quails and Its Effects on Blood Biochemical Factors. *Iran. J. Toxicol.*, 10(2), 13–21.
- Hartman S., Taleb S.A., Geng T., Gyenai K., Guan X., Smith E., 2006. Comparison of Plasma Uric Acid Levels in Five Varieties of the Domestic Turkey, *Meleagris gallopavo*. *Poult. Sci.* 85(10), 1791–1794.
- Hoshiari E., Pourkhabbaz A., 2012. A Study of Heavy Metal (Pb, Zn, Cd) Accumulation in Different Tissues of Sebría Gull (*Larus heuglini*) from Hara Biosphere Reserve. *Environ. Sci.* 9(2), 89–100.
- Ismail I.B., Al-Busadah K.A., El-Bahr S.M., 2013. Biochemical Markers of Oxidative Stress in Tissues of Broiler Chickens Fed Zinc Bacitracin and Ascorbic Acid under Hot Climate. *Am. J. Biochem. Mol. Biol.* 3(2), 202–214.
- Jahantigh M., Zamani-Ahmadmahmudi M., 2016. Hematology and serum biochemistry values in greylag geese (*Anser anser*) in Southeast Iran. *Comp. Clin. Pathol.* 25(4), 671–675.
- Janda K., Kasprzak M., Wolska J., 2015. Vitamin C – structure, properties, occurrence and functions. *Pomeranian J. Life Sci.* 61(4), 419–425.
- Kececi T., Çöl R., 2011. Haematological and biochemical values of the blood of pheasants (*Phasianus colchicus*) of different ages. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* 35(3), 149–156.
- Krauze M., Merska M., Gryzińska M., Strachecka A., 2012. Effect of garlic (*Allium sativum*) on selected indices of blood metabolic profile and rearing efficiency turkey hens. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 30(3), 48–59.
- Nagórna-Stasiak B., Kowalczyk M., Lechowski J., 1999. Synteza witaminy C u gęsi w okresie życia zarodkowego i postnatalnego. *Med. Weter.* 55(09), 619–622.
- Nagórna-Stasiak B., Kowalczyk M., Lechowski J., Rogus M., 2001. Witamina C w mięśniach, sercu i wątrobie kaczek. *Med. Weter.* 57(4), 268–272.
- Nagórna-Stasiak B., Badzian B., Kowalczyk M., 2003. Wpływ diety bogatotłuszczowej na poziom witaminy C i lipidów u kurcząt. *Med. Weter.* 59(3), 40–43.
- Ognik K., 2012. Effect of L-carnitine on the level of biochemical and antioxidant indices of blood of turkey hens. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 1(30), 23–32.
- Ognik K., Wartecki T., 2012. Effect of different vitamin E sources and levels on selected oxidative status indices in blond and tissues as well as on rearing performance of slaughter turkey hens. *J. Appl. Poult. Res.* 21(2), 259–271.
- Ognik K., Czech A., Stachyra K., 2013. Effect of natural versus a synthetic antioxidant, and sex and age on the redox profile in the blood of growing turkeys. *South Afr. J. Anim. Sci.* 43(4), 473–481.
- Okorie-Kanu Ch.O., Okorie-Kanu O.J., Okoye J.O.A., 2016. Blood biochemistry responses of ducks infected with a velogenic Newcastle disease virus. *Comp. Clin. Pathol.* 25(4), 681–688.
- Sautin Y.Y., Johnson R.J., 2008. Uric acid: the oxidant-antioxidant paradox. *Nucleosides, Nucleotides, and Nucleic Acids* 27 (6–7), s. 608–619.
- Schrader M., Fahimi H.D., 2006. Peroxisomes and oxidative stress. *Biochim. Biophys. Acta* 1763(12), 1755–1766.
- Simaraks S., Chinrasri O., Aengwanich W., 2004. Hematological, electrolyte and serum biochemical values of the Thai indigenous chickens (*Gallus domesticus*) in northeastern, Thailand, Songklanakarin. *J. Sci. Technol.* 26(3), 425–430.
- Singh R., Parihar P., Singh S., Mishra R.K., Singh V.P., Prasad S.M., 2017. Reactive oxygen species signaling and stomatal movement: Current updates and future perspectives. *Redox Biol.* 11, 213–218.
- Zablocka A., Janusz M., 2008. The two faces of reactive oxygen species. *Post. Hig. Med. Dośw.* 62, 118–124.

WYKORZYSTANIE DIALDEHYDU MALONOWEGO ORAZ NADTLENKÓW LIPIDOWYCH JAKO WSKAŹNIKÓW W DIAGNOSTYCE ZDROWIA DROBIU

Tomasz Wodyk¹, Daniel Stepniowski¹, Aleksandra Wojewoda¹,
Ewelina Cholewińska¹, Katarzyna Ognik¹, Anna Stepniowska¹

Stres oksydacyjny jest definiowany jako zaburzenie równowagi pomiędzy wytwarzaniem a usuwaniem reaktywnych form tlenu (RFT). Ich powstawanie zależy od różnych czynników, takich jak choroby, zatrucia czy stres. W nadmiernej ilości RFT powodują uszkodzenia lipidów, białek oraz DNA. Głównymi produktami peroksydacji lipidów są dialdehyd malonowy oraz nadtlenki lipidowe, z uwagi na to stały się biomarkerami w obrazowaniu statusu oksydacyjnego u drobiu oraz innych gatunków zwierząt. Ich zawartość może być oznaczana w różnych tkankach, m.in. we krwi (zarówno w osoczu, jak i w surowicy), w wątrobie, mięśniach piersiowych czy jelicie cienkim.

Celem niniejszej pracy było ustalenie na podstawie dostępnej literatury, czy i w jaki sposób czynniki, takie jak: płeć, wiek, żywienie, dodatek probiotyków, zatrucia i choroby, modyfikują zawartość dialdehydu malonowego oraz nadtlenków lipidowych w tkankach drobiu.

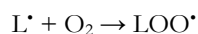
Mechanizm utleniania lipidów

Lipidy jako składniki pokarmowe są zróżnicowaną grupą związków pełniącą wiele istotnych funkcji w organizmie, jednak ich podstawową rolą jest dostarczanie energii komórkom w procesie utleniania. Gdy lipidy utleniane są bez wytwarzania energii, proces taki, powodowany głównie przez wolne rodniki tlenowe, nazywany jest peroksydacją lipidów [Catalá 2010].

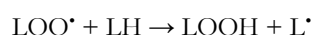
Wolnorodnikowy i nieenzymatyczny proces peroksydacji lipidów składa się z trzech etapów: inicjacji, propagacji i terminacji. W fazie inicjacji atom wodoru zostaje oderwany od cząsteczki lipidu w reakcji z wolnym rodnikiem, jakim może być: rodnik hydroksylowy (OH^\bullet), alkoksylowy (LO^\bullet), nadtlenkowy (LOO^\bullet), alkilowy (L^\bullet), wodoronadtlenkowy (HO_2^\bullet), ale nie anionorodnik ponadtlenkowy ($\text{O}_2^{\bullet-}$) bądź nadtlenek wodoru (H_2O_2). Powstaje wówczas rodnik alkilowy (L^\bullet) mający w miejscu oderwanego wodoru niesparowany elektron. W cząsteczce następuje przegrupowanie wiązań podwójnych, w wyniku czego powstają wiązania sprzężone [Catalá 2010, Bartosz 2008].

¹ *Katedra Biochemii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Następnie zachodzi propagacja, podczas której rodnik alkilowy wchodzi w reakcję z tlenem, tworząc rodnik nadtlenkowy:



LOO^{\bullet} odrywa wodór z kolejnej cząsteczki lipidu, tworząc nowy rodnik alkilowy (który kontynuuje reakcję łańcuchową) oraz nadtlenek lipidowy (LOOH) [Ayala i in. 2014]:



Terminacja procesu peroksydacji może następować w wyniku różnych reakcji pomiędzy wolnymi rodnikami, prowadząc do powstania nierodnikowych produktów. Mogą to być reakcje między dwoma rodnikami alkilowymi, nadtlenkowymi lub pomiędzy różnymi rodnikami. Jednak jedną z najważniejszych jest reakcja z antyoksydantami, np. z witaminą E [Devasagayam i in. 2003, Bartosz 2008].

Dalsze przemiany produktów peroksydacji (m.in. drogą β -eliminacji) lub reakcje nasyconych kwasów tłuszczowych z tlenem ostatecznie prowadzą do powstawania wielu związków, wśród których najważniejszymi są: dialdehyd malonowy (MDA), 4-hydroksynonenal (HNE) oraz w mniejszym stopniu propanal, heksanal, 4-hydroksyalkenal, 5-hydroksyoktanal, a także węglowodory [Ayala i in. 2014].

Charakterystyka nadtlenków lipidowych

W fazie propagacji wytwarzane są nadtenki lipidowe, stanowiące jeden z głównych produktów wolnorodnikowej peroksydacji lipidów. Grupa wodorotlenowa tych związków może być przyłączona do różnych struktur lipidowych, np. wolnych kwasów tłuszczowych, triacylogliceroli, fosfolipidów i steroli, prowadząc do ich uszkodzenia [Girotti 1998]. Nadtenki lipidowe w przeciwieństwie do wolnych rodników, zazwyczaj wysoce reaktywnych i chemicznie niestabilnych, w umiarkowanych warunkach, takich jak niska temperatura i brak jonów metali, są względnie stabilnymi związkami. Związki te są przydatne do określania poziomu stresu oksydacyjnego w tkankach [Arguelles i in. 2004].

Charakterystyka dialdehydu malonowego

Dialdehyd malonowy (MDA) jest trójwęglowym dialdehydem z grupą aldehydową w pozycji C-1 i C-3. Powstaje w wyniku peroksydacji enzymatycznej i nieenzymatycznej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 i n-6 [Papastergiadis i in. 2014].

Cząsteczka dialdehydu malonowego jest elektrofilem, co sprawia, że silnie reaguje z cząsteczkami lub grupami nukleofilowymi, do których należy część aminokwasów: lizyna, histydyna czy arginina. Reakcje te prowadzą do powstawania zasad Schiffa. Jeden z produktów metabolizmu MDA, jakim jest aldehyd octowy, w warunkach stresu oksydacyjnego i w obecności MDA może tworzyć z białkami produkty określane w języku angielskim jako *malondialdehyde acetaldehyde adducts* (MAA) [Ayala i in. 2014], które mogą indukować odpowiedź immunologiczną [Narkunarajaa i in. 2008].

Biologiczne funkcje dialdehydu malonowego nie są jeszcze dokładnie poznane, gdyż zależą one od zawartości tego związku w komórkach, jednak można stwierdzić, że jest on bardziej stabilny i mniej toksyczny niż 4-hydroksy-2-nonenal. Badania wskazują, że dialdehyd malonowy powstający podczas peroksydacji enzymatycznej bierze udział w przenoszeniu sygnałów i regulacji ekspresji genów [Ayala i in. 2014]. Przykładem jest udział MDA jako przekaźnika sygnałów w stymulowanym glukozą wydzielaniu insuliny, głównie szlakiem Wnt [Wangi in. 2014].

Wiek i płeć drobiu a zawartość dialdehydu malonowego oraz nadtlenków lipidowych

Jak podają Ognik i in. [2013], zawartość dialdehydu malonowego we krwi indyków maleje wraz z wiekiem ptaków, z 0,424 $\mu\text{mol/l}$ krwi w 9. tygodniu życia do 0,381 $\mu\text{mol/l}$ krwi w 15. tygodniu. Podobną tendencję zaobserwowano u brojlerów. Zawartość MDA w dwunastnicy zmalała z 5,69 nmol/mg w 3. tygodniu chowu do 0,90 nmol/mg w 6. tygodniu. Podobne wyniki zanotowano w przypadku badania jelita czczego ptaków w 3. i 6. tygodniu ich życia (odpowiednio 2,96 i 0,98 nmol/mg) oraz jelita krętego (odpowiednio 12,4 oraz 0,62 nmol/mg) [Liao i in. 2015]. Spadek zawartości dialdehydu malonowego wraz z wiekiem zaobserwowali również Zhang i in. [2009] w badaniach brojlerów. Autorzy ci stwierdzili spadek zawartości MDA z 12,53 nmol/ml surowicy w 3. tygodniu życia do 10,29 nmol/ml w 6. tygodniu. W badaniach Ognik i in. [2016a] również odnotowano spadek zawartości nadtlenków lipidowych z 4,12 $\mu\text{mol/l}$ osocza w 3. tygodniu życia brojlerów do 1,62 $\mu\text{mol/l}$ osocza w 5. tygodniu życia zwierząt.

Zawartość MDA u indyków jest większa u samców (0,57 $\mu\text{mol/l}$ krwi) w porównaniu z samicami (0,24 $\mu\text{mol/l}$ krwi), co jest najprawdopodobniej związane z działalnością hormonów płciowych [Ognik i in. 2013].

Żywnienie drobiu a zawartość dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych

Czarnuszka siewna jest wykorzystywana jako dodatek pobudzający trawienie i zwiększający pobieranie paszy. Wykazano również jej właściwości przeciwpalne, przeciwbakteryjne i antyoksydacyjne. Dodatek nasion czarnuszki stanowiący 3% paszy brojlerów w znaczący sposób obniżył zawartość dialdehydu malonowego w porównaniu z dodatkiem stanowiącym 1% paszy oraz grupą kontrolną: w surowicy z 1,986 do 1,570 nmol/ml, wątrobie z 1,534 do 1,189 nmol/g oraz mięśniach piersiowych z 0,802 do 0,350 nmol/g. Efekt ten wynika prawdopodobnie z obecności w nasionach czarnuszki tymolu, karwakrolu i tymochinonu, czyli związków mających właściwości antyoksydacyjne [Guler i in. 2007].

Bylica piołun wykorzystywana jest jako surowiec zielarski oraz może być stosowana jako dodatek do pasz. Wykazano jej właściwości antyseptyczne, przeciwbólowe i antyoksydacyjne. Dodatek tej rośliny w dawce 200 g/kg paszy w znaczący sposób obniżył zawartość dialdehydu malonowego we krwi brojlerów. Zależności tej nie zaobserwowano jednak w przypadku wątroby, gdzie nastąpił jedynie niewielki spadek zawartości MDA. Pokazuje to, że obecność *Artemisia absinthium* w diecie hamuje procesy peroksydacji lipidów [Kostadinović i in. 2015].

Jak podają Ognik i in. [2013], rezultatem narażenia zwierząt na stres, czynniki immunosupresyjne i przyspieszenie metabolizmu komórek, związane z hodowlą (duże zagęszczenie czy nieodpowiednia temperatura powietrza), jest destabilizacja równowagi antyoksydacyjnej związana z nadmierną aktywnością wolnych rodników. Aby temu zapobiec, jako dodatek paszowy stosuje się antyoksydanty. Suplementacja w postaci antyoksydantów naturalnych (ekstrakt polifenolowy z karczocha zwyczajnego) i syntetycznych (butylowany hydroksytoluen – BHT 17%, galusan propylu 6%, etoksychina 2,4%, kwas cytrynowy 25%) w dawce 200 g/t paszy spowodowała spadek zawartości MDA w osoczu indyków.

Czech i in. [2017] przeprowadzili dwuetapowe doświadczenie z udziałem indyków, którym podawano jako dodatek żywieniowy len zwyczajny (*Linum usitatissimum*). Wprowadzenie nasion zawierających duże ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych stwarza ryzyko stresu oksydacyjnego. Potwierdzają to wyniki eksperymentu, ponieważ zaobserwowano wzrost zawartości dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych w mięśniach piersiowych indyków, co wskazuje na nasilenie procesów peroksydacji lipidów. W drugiej części doświadczenia przeprowadzonego przez Czech i in. [2017] indykom podawano wytłoczone nasiona lnu w ilości 4% paszy. Miało to na celu eliminację składników antyodżywczych. Nastąpiła redukcja procesów oksydacyjnych, obserwowana jako zmniejszenie zawartości dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych w mięśniach.

Nawiązując do pracy Ognik i in. [2016b], można stwierdzić, że zwiększony poziom RFT wywołuje zmiany mające na celu ograniczenie stresu oksydacyjnego. Zwiększa się synteza i aktywność enzymów antyoksydacyjnych (dysmutazy ponadtlenkowej, peroksydazy glutationowej i katalazy). Ze względu na te zmiany stopień nasilenia procesów peroksydacji w warunkach fizjologicznych jest niewielki i nie jest zagrożeniem dla zdrowia.

Podwyższona temperatura chowu oraz żywienie w warunkach stresu cieplnego a zawartość dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych

Stres cieplny jest jednym z najważniejszych stresorów w chowie drobiu, występującym głównie w cieplejszych regionach świata. Zwiększona temperatura obniża wydajność produkcji poprzez zmniejszenie pobierania paszy i wykorzystania składników odżywczych, zmniejszenie liczby jaj oraz obniżenie ich jakości. Stres cieplny zwiększa produkcję wolnych rodników, prowadząc do nasilenia procesów peroksydacji lipidów. Wszystkie te czynniki powodują straty ekonomiczne w utrzymywaniu drobiu.

Dodatek DL- α -octanu tokoferylu oraz cynku ma na celu ograniczenie skutków działalności wolnych rodników. Na podstawie wyników badań Hosseini-Mansoub i in. [2010] można stwierdzić, że zawartość dialdehydu malonowego jest zdecydowanie mniejsza u brojlerów utrzymywanych w standardowej temperaturze (22°C) w porównaniu z grupą poddaną działaniu stresu cieplnego (35°C). Ponadto dodatek antyoksydacyjny (100 mg DL- α -octanu tokoferylu/kg paszy oraz 50 mg Zn/kg paszy) spowodował znaczące obniżenie zawartości MDA w osoczu u ptaków utrzymywanych zarówno w standardowej, jak i podwyższonej temperaturze [Hosseini-Mansoub i in. 2010].

Na podstawie badań przeprowadzonych przez Aydilek i in. [2012] można stwierdzić, że utrzymywanie brojlerów w temperaturze podwyższonej do 30°C (w okresie od 21. do 42. d.ż.) powoduje zwiększenie zawartości nadtlenków lipidowych, co jest oznaką nasilenia peroksydacji lipidów.

Dodatek probiotyków a zawartość dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych

Aluwong i in. [2013] przeprowadzili doświadczenie z udziałem brojlerów, którym podawano doustnie probiotyk w postaci drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Odnotowano wzrost zawartości dialdehydu malonowego w grupie otrzymującej dodatek probiotyku w ilości 0,25 ml. Natomiast znaczący spadek zawartości MDA we krwi stwierdzono po podawaniu dodatku w ilości 1 ml. Wzrost zawartości dialdehydu malonowego może wynikać z niezdolności nadawania odpowiedniej ochrony antyoksydacyjnej podczas wzrostu ptaków, gdy probiotyk jest podawany w zbyt małej ilości. W badaniu przeprowadzonym przez Rajput i in. [2013] odnotowano znaczący spadek zawartości MDA w surowicy po podawaniu jako probiotyków zarówno *Saccharomyces boulardii* (1×10^8 CFU/g), jak i *Bacillus subtilis* (1×10^8 CFU/g). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dodatek tych mikroorganizmów jako probiotyków stymuluje procesy antyoksydacyjne i ogranicza skutki stresu oksydacyjnego.

Ognik i in. [2017] przeprowadzili doświadczenie na brojlerach, którego przedmiotem był probiotyk zawierający $3,3 \times 10^{12}$ CFU/g bakterii *Enterococcus faecium* z dodatkiem 5 mg cholekalcyferolu oraz 450 mg witaminy C. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że podawanie probiotyku przez cały okres odchowu, zarówno w dawce 0,1, jak i 0,25 g/l, znacząco obniżyło zawartość LOOH oraz MDA. Należy również zaznaczyć, że dawkowanie probiotyku w dawce 0,25 g/l przez całe doświadczenie w największym stopniu zmniejszyło zawartość MDA we krwi ptaków.

Choroby drobiu a zawartość dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych

Wirus zakaźnego zapalenia oskrzeli wywołuje ostre zakażenie układu oddechowego u drobiu. Obecnie stanowi dosyć poważny problem w Chinach, ponieważ choroba wywoływana tym wirusem cechuje się dużą śmiertelnością oraz zaraźliwością, prowadząc do dużych strat ekonomicznych. Na podstawie badań można stwierdzić, że zawartość dialdehydu malonowego w surowicy brojlerów zakażonych wirusem była wyższa niż w grupie kontrolnej, a największe różnice obserwowano 6. i 9. dnia po zakażeniu [Wang i in. 2011].

Martwicze zapalenie jelit (wywoływane przez *Clostridium perfringens*) oraz kokcydioza (wywoływana m.in. przez *Eimeria maxima*) należą do najgroźniejszych chorób w produkcji drobiu, gdyż powodują znaczne straty ekonomiczne na całym świecie. Potwierdzono, że wcześniejsze zarażenie kokcydiami sprzyja rozwojowi martwiczego zapalenia jelit. W przeprowadzonym doświadczeniu brojlery były infekowane oocytami *E. maxima* w 14. d.ż., po czym w 18. d.ż. zostały zainfekowane bakteriami *C. perfringens*. Następnie po 6 dniach pobrano od nich krew do analizy. Stwierdzono, że zawartość dialdehydu malonowego była zdecydowanie większa w grupie badawczej w porównaniu z grupą kontrolną [Lee i in. 2014].

Ornithobacterium rhinotracheale jest Gram-ujemną bakterią wywołującą zakaźne choroby układu oddechowego u drobiu. Stanowi ona problem w produkcji drobiu ze względu na straty ekonomiczne spowodowane zmniejszeniem wzrostu masy ciała ptaków oraz zmniejszeniem produkcji jaj w przebiegu choroby, a także zwiększeniem śmiertelności drobiu w wyniku zakażenia tym drobnoustrojem. Zwiększona zawartość MDA w osoczu zainfekowanych brojlerów (4,61 nmol/ml osocza) w porównaniu

z grupą kontrolną (3,06 nmol/ml) osocza świadczy o nasileniu procesu peroksydacji lipidów w przebiegu zakażeń tą bakterią [Benzer i Yilmaz 2009].

Na podstawie licznych badań można stwierdzić, że:

1. Wraz z wiekiem zawartość dialdehydu malonowego i nadtlenków lipidowych zmniejsza się niezależnie od gatunku ptaków.

2. Zawartość MDA jest większa u samców niż u samic indyków.

3. Stosowanie dodatków żywieniowych wykazujących właściwości antyoksydacyjne – niektórych probiotyków, mikroelementów, a także witamin – zmniejsza zawartość dialdehydu malonowego oraz nadtlenków lipidowych w tkankach drobiu.

4. Choroby oraz stres cieplny wywołują nasilenie procesów peroksydacji lipidów, co jest obserwowane jako zwiększenie zawartości MDA oraz LOOH w organizmach ptaków.

Bibliografia

- Aluwong T., Kawu M., Raji M., Dzenda T., Govwang F., Sinkalu V., Ayo J., 2013. Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. *Antioxidants* 2, 326–339.
- Arguelles S., Garcia S., Maldonado M., Machado A., Ayala A., 2004. Do the serum oxidative stress biomarkers provide a reasonable index of the general oxidative stress status? *Biochim. Biophys. Acta, Gen. Subj.* 1674(3), 251–259.
- Ayala A., Munoz M.F., Argüelles S., 2014. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxid. Med. Cell. Longev.* Article ID 360438, DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/360438>.
- Aydilek N., Cadirci S., Can A., Denek N., Celik H., Koncagul S., 2012. Effect of Free Choice Feeding as to Protein Levels on Oxidative Status in the Broilers Exposed to Heat Stress. *Kafkas Üniversitesi Vet. Fak. Derg.* 18(6), 1049–1054.
- Bartosz B., 2008. *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*. Wyd. 2 zmien., Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 19–26, 99–103, 105, 119.
- Benzer F., Yilmaz S., 2009. Effects on oxidative stress and antioxidant enzyme activities of experimentally induced *Ornithobacterium rhinotracheale* infection in broilers. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(3), 548–553.
- Catalá A., 2010. A synopsis of the process of lipid peroxidation since the discovery of the essential fatty acids. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 399, 318–323.
- Czech A., Ognik K., Laszewska M., Sembratowicz I., 2017. The effect of raw and extruded lin seed on the chemical composition, lipid profile and redox status of meat of turkey hens. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 35(1), 57–69.
- Devasagayam T.P.A., Boloor T.K., Ramasarma T., 2003. Methods for estimating lipid peroxidation: An analysis of merits and demerits. *Indian J. Biochem. Biophys.* 40, 300–308.
- Girotti A.W., 1998. Lipid hydroperoxide generation, turnover, and effector action in biological systems. *J. Lipid Res.* 39, 1529–1542.
- Guler T., Ertas O.N., Kizil M., Dalkilic B., Ciftci M., 2007. Effect of dietary supplemental black cumin seeds on antioxidant activity in broilers. *Med. Weter.* 63(9), 1060–1063.
- Hosseini-Mansoub N., Chekani-Azar S., Tehrani A., Lotfi A., Manesh M.K., 2010. Influence of dietary vitamin E and zinc on performance, oxidative stability and some blood measures of broiler chickens reared under heat stress (35°C). *J. Agrobiol.* 27(2), 103–110.
- Kostadinović L., Lević J., Popović S., Cabarkapa I., Puvaca N., Duragić O., Kormanjos S., 2015. Dietary inclusion of *Artemisia absinthium* for management of growth performance, antioxidative status and quality of chicken meat. *Europ. Poult. Sci.* 79, 1–10.
- Lee S.H., Lillehoj H.S., Jang S.I., Jeong M.S., Xu S.Z., Kim J.B., Park H.J., Kim H.R., Lillehoj E.P., Bravo D.M., 2014. Effects of in ovo injection with selenium on immune and antioxidant responses during experimental necrotic enteritis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 93, 1113–1121.

- Liao X.D., Ma G., Cai J., Fu Y., Yan X.Y., Wei X.B., Zhang R.J., 2015. Effects of *Clostridium butyricum* on growth performance, antioxidation and immune function of broilers. *Poult. Sci.* 94(4), 662–667.
- Narkunarajaa S., Figarola J.L., Li Y., Swiderski P.M., Rahbar S., Natarajan R., 2008. Proinflammatory effects of advanced lipoxidation end products in monocytes. *Diabetes* 57(4), 879–888.
- Ognik K., Czech A., Stachyra K., 2013. Effect of a natural versus a synthetic antioxidant, and sex and age on the redox profile in the blood of growing turkeys. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 43(4), 473–481.
- Ognik K., Cholewińska E., Czech A., Kozłowski K., Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Szlązak R., Tutaj K., 2016a. Effect of silver nanoparticles on the immune, redox, and lipid status of chicken blood. *Czech J. Anim. Sci.* 61(10), 450–461.
- Ognik K., Cholewińska E., Sembratowicz I., Greła E.R., Czech A., 2016b. The potential of using plant antioxidants to stimulate antioxidant mechanisms in poultry. *World's Poult. Sci. J.* 72, 291–298.
- Ognik K., Krauze M., Cholewińska E., Abramowicz K., 2017. The effect of a probiotic containing *Enterococcus faecium* DSM 7134 on redox and biochemical parameters in chicken blood. *Ann. Animi. Sci.* DOI: 10.1515/aoas-2016-0097.
- Papastergiadis A., Fatouh A., Jacxcens L., Lachat C., Shrestha K., 2014. Exposure assessment of Malondialdehyde, 4-Hydroxy-2-(E)-Nonenal and 4-Hydroxy-2-(E)-Hexenal through specific foods available in Belgium. *Food Chem. Toxicol.* 73, 51–58.
- Rajput I.R., Li Y.L., Xu X., Huang Y., Zhi W.C., Yu D.Y., Li W., 2013. Supplementary effects of *Saccharomyces boulardii* and *Bacillus subtilis* B10 on digestive enzyme activities, antioxidation capacity and blood homeostasis in broiler. *Int. J. Agric. Biol.* 15(2), 231–237.
- Wang H.F., Zhong X.H., Shi W., Guo B., 2011. Study of malondialdehyde (MDA) content, superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) activities in chickens infected with avian infectious bronchitis virus. *Afr. J. Biotechnol.* 10(45), 9213–9217.
- Wang X., Lei W.D., Wang J., 2014. Malondialdehyde regulates glucose-stimulated insulin secretion in murine islets via TCF7L2-dependent Wnt signaling pathway. *Mol. Cell. Endocrinol.* 382(1), 8–16.
- Zhang G.F., Yang Z.B., Wang Y., Yang W.R., Jiang S.Z., Gai G.S., 2009. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) processed to different particle sizes on growth performance, antioxidant status, and serum metabolites of broiler chickens. *Poult. Sci.* 88(10), 2159–2166.

MITOCHONDRIALNE DNA A TRANSFORMACJA NOWOTWOROWA U PSÓW

Justyna Kieszko¹, Dominika Janczylik¹, Kinga Kieszko¹, Adam Bownik²,
Brygida Ślaska²

Postęp rozwoju medycyny i biologii molekularnej pozwolił na identyfikację wielu przyczyn procesu nowotworzenia. Głównym powodem transformacji nowotworowej jest gromadzenie mutacji DNA. Początkowo określano je w genomie jądrowym (ang. *nuclear DNA*, nDNA) człowieka. Po odkryciu istnienia materiału genetycznego poza jądrem komórkowym zapoczątkowano prowadzenie badań związanych z mitochondrialnym DNA (ang. *mitochondrial DNA*, mtDNA). W latach 80. XX w. opisano i przeanalizowano sekwencję ludzkiego mtDNA i odkryto, że ewoluuje on szybciej niż nDNA. Wtedy właśnie rozpoczęto analizy mutacji i polimorfizmów, które mogły mieć związek z powstaniem i rozwojem nowotworów. Był to zupełnie nowy kierunek badań nad transformacją nowotworową u człowieka [Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012, Bartnik i Tońska 2013].

W medycynie weterynaryjnej znaczącym problemem są nowotwory psów. Badania z zakresu genomiki przyczyniły się do lepszego zrozumienia predyspozycji do występowania chorób genetycznych, w tym nowotworów. Częstość chorób nowotworowych u psów obecnie jest podobna jak u ludzi. Psy są doskonałym modelem do prowadzenia badań nad nowotworami. U ludzi badania te z powodów etycznych i praktycznych są trudne do przeprowadzenia [Mulas i Reymundo 2000, Ślaska i in. 2013].

W wyniku przeprowadzenia analizy porównawczej genomu psa, myszy i człowieka stwierdzono, że największej cech wspólnych z genomem ludzkim ma genom psa, co uzasadnia wybór tego gatunku jako modelowego [Ślaska i in. 2013]. Jednak obecnie to onkologia w medycynie człowieka stanowi główny kierunek rozwoju i postępu, a medycyna weterynaryjna czerpie wiedzę z jej osiągnięć [Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012, Ślaska i in. 2013].

Proces transformacji nowotworowej

W literaturze występuje wiele definicji opisujących patologiczny stan organizmu, jakim jest nowotwór. Najczęściej przytaczaną jest definicja przedstawiana przez Willisa: „Nowotwór to choroba o podłożu genetycznym, na skutek której komórki tracą kontrolę nad swo-

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Genetyki Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Zakład Genetyki Ogólnej i Molekularnej, Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

imi podziałami, przez co dochodzi do ich wzmożonej proliferacji. Prowadzi to do utraty przez nie dotychczas pełnionych w organizmie funkcji”. Z kolei Robert A. Weinberg stwierdził, że „rak zaczyna powstawać wówczas, gdy komórka wyłamuje się spod kontroli mechanizmów decydujących o jej podziałach i lokalizacji” [Siedlecki 2013, Ślaska i in. 2013].

Biorąc pod uwagę stopień złośliwości nowotworów, wyróżniamy: nowotwory złośliwe, miejscowo złośliwe oraz łagodne. Komórki nowotworów złośliwych wnikają pomiędzy otaczające je tkanki oraz wyróżniają się wzrostem naciekowym. Powodują przerzuty nawet do odlegle położonych tkanek, zwyczajowo zasiedlanych przez inne komórki.

Nowotwory miejscowo złośliwe nie tworzą przerzutów, ale podobnie jak nowotwory złośliwe wykazują zdolność do naciekania i niszczenia sąsiadujących tkanek i narządów. Nowotwór łagodny cechuje powolny wzrost, a nadmiernie proliferujące komórki nie wykazują zdolności do przerzutowania i pozostają w skupieniu. Pojedynczy guzek otoczony jest torebką charakterystyczną dla tego rodzaju nowotworu [Sapierzyński 2010]. Uwzględniając zaś typ tkanki, z której się wywodzą, wyróżniamy nowotwory pochodzenia nabłonkowego oraz mezenchymalnego [Ślaska i in. 2014a, b].

W transformacji nowotworowej wyróżniono cztery etapy. Pierwszy to preinicjacja, która obejmuje ekspozycję organizmu na karcynogeny i trwa przez całe życie. W kolejnym etapie zwanym inicjacją dochodzi do nagromadzenia mutacji, które indukują transformację nowotworową. Komórka podczas trwania tego etapu nabywa zdolności do rozplemu i przybiera cechy komórki nowotworowej. Po inicjacji następuje faza promocji, dochodzi wówczas do zmiany ekspresji genów, selekcji klonalnej, powstaje rak *in situ*. Czwarte stadium zwane progresją jest ostatnim etapem karcynogenezy. Tworzą się tu fenotypowe cechy złośliwości. Następuje przejście z etapu przedklinicznego w kliniczny. Komórki nowotworowe nabywają zdolności do przerzutowania [Pasz-Walczak 2007, Siedlecki 2013].

Karcynogeny (kancerogeny, czynniki onkogenne) to czynniki, które odpowiadają za inicjację procesu transformacji nowotworowej. Są one mutagenami uszkadzającymi kwas deoksyrybonukleinowy. Zostały podzielone na trzy zasadnicze grupy. Czynniki sprawcze fizyczne to przede wszystkim promieniowanie UV oraz promieniowanie kosmiczne, a także urazy [Sapierzyński 2010, Siedlecki 2013]. Kolejną grupę czynników onkogennych stanowią czynniki chemiczne, takie jak sole metali ciężkich, azbest, aminy aromatyczne, benzen, barwniki azowe. Karcynogeny biologiczne to toksyny bakteryjne i pasożytnicze, a także wirusy, np. wirus zapalenia wątroby typu C, który wywołuje nowotwór wątroby [Sapierzyński 2010, Mesri i in. 2014].

Związek genomu mitochondrialnego z nowotworzeniem

Mitochondria są eukariotycznymi organelami mającymi własny materiał genetyczny w postaci mtDNA. Otoczone są dwiema błonami. Wewnętrzna błona mitochondrialna zawiera różne typy białek, m.in. syntetazę ATP oraz białka łańcucha oddechowego. Są one odpowiedzialne za generowanie energii w postaci ATP (adenozyno-5'-trójfosforan) w procesie fosforylacji oksydacyjnej (ang. *oxidative phosphorylation*, OXPHOS). Organellum to stanowi miejsce interakcji katabolicznych oraz anabolicznych procesów komórkowych. Zachodzą tu reakcje cyklu Krebsa, β -oksydacja kwasów tłuszczowych i fosforylacja oksydacyjna. Dowiedziono, że organella te uczestniczą w procesie apoptozy oraz proliferacji komórek [Czarnecka i in. 2006, Wallace 2012].

Genom mitochondrialny człowieka liczy 16 569 par zasad (pz), natomiast psa – 16 727 pz. Jest on kolistą, dwuniciową cząsteczką. Jest ok. $1,8 \times 10^{-5}$ mniejszy niż genom

jądrocy człowieka. W każdej komórce przeciętnie znajduje się ok. 50 tys. cząsteczek mtDNA. Stanowi on mniej niż 1% całkowitego komórkowego DNA. Anderson i in. w 1981 r. po raz pierwszy odczytali sekwencję ludzkiego mtDNA. Publikacja ukazała się w prestiżowym czasopiśmie „Nature”. Mitochondrialny DNA jest dziedziczony wyłącznie w linii matczynej.

Jedną z nici budujących mtDNA jest nazywana łańcuchem ciężkim (ang. *heavy*, H), ma on większy udział nukleotydów guanylowych (G) i tymidylowych (T) niż łańcuch lekki (*light*, L). W łańcuchu H zapisana jest informacja o sekwencji 12 genów kodujących białka, 14 genów kodujących cząsteczki tRNA i 2 genów kodujących rRNA. W łańcuchu L występuje większy udział nukleotydów cytydylowych (C) i koduje on informację o sekwencji jednego białka i 8 cząsteczek tRNA.

Calkowita liczba genów w ludzkim mtDNA to 37, w tym 13 genów zaangażowanych w OXPHOS. Białka kodowane przez te geny przynależą do kompleksów: I, III, IV i V. W mtDNA występuje pętla D (*D-loop*), fragment ten wyróżnia całkowity brak genów kodujących. W tym odcinku dochodzi do regulacji procesów replikacji i transkrypcji. Cechuje się on obecnością bardzo wrażliwych na powstawanie mutacji regionów hiperzmiennych (*HVR1* i *HVR2*) znanych jako „hot spots”. Wysoka częstość mutacji (10 × większa ilość niż w nDNA) może być spowodowana brakiem intronów, opiekuńczych histonów oraz nieefektywnego systemu naprawy DNA, a także bliskością łańcucha oddechowego transportującego elektrony [Bartnik i Tońska 2013, Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012].

Reaktywne formy tlenu, RFT (ang. *reactive oxygen species*, ROS), w małych stężeniach są korzystne dla organizmu i niezbędne do jego prawidłowego funkcjonowania. Uczestniczą one w regulacji wielu ważnych procesów metabolicznych, a także w procesie sygnalizacji wewnątrzkomórkowej. Produkowane w nadmiarze, działają niekorzystnie, wywołują zmiany poziomu oksydacji w komórce, indukują apoptozę i blokują funkcje białek. Głównym źródłem reaktywnych form tlenu jest łańcuch transportu elektronów, głównie kompleksy I oraz III [Czarnecka i Bartnik 2009, Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012]. Łańcuch transportu umiejscowiony jest w błonie wewnętrznej mitochondrium i jest podstawowym źródłem RFT.

Aktywna działalność reaktywnych form tlenu generuje uszkodzenia składników komórki, w tym mtDNA, który narażony jest na ich działanie. Powoduje to powstawanie mutacji, czego efektem może być rozpoczęcie transformacji nowotworowej. Badacze poszukują związku mutacji mtDNA ze zwiększoną ilością generowanych RFT, jednak hipoteza ta wymaga potwierdzenia i dalszych badań [Piotrowska i Bartnik 2014].

Zjawisko metaboliczne, które zachodzi w komórkach nowotworowych, polega na pozyskiwaniu energii w procesie glikolizy. Przystosowuje i adaptuje komórkę do środowiska hipoksji panującego w mikrośrodowisku guza. Komórki rakowe nawet w obecności tlenu preferują oddychanie beztlenowe. Pierwszym badaczem, który dowiódł tego zjawiska, był Otto Warburg, niemiecki biochemik. Odkrycia dokonał w 1956 r., od tej pory nazywane jest efektem Warburga. Zmiany metaboliczne pełnią istotną rolę w procesie transformacji nowotworowej, przyczyniają się do wzrostu agresywności i inwazyjności nowotworu oraz działają jako czynniki antyapoptotyczne [Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012, Garcia-Heredia i Carnero 2015].

W genomie mitochondrialnym zostały zidentyfikowane liczne mutacje związane m.in. z chorobami mitochondrialnymi oraz z nowotworami. Defekty w polipeptydach kodowanych przez mtDNA zostały opisane w wielu publikacjach, a badania tego problemu są stale kontynuowane przez liczne grupy badawcze. Jednoznacznie zostało stwierdzone, że mutacje mitochondrialnego materiału genetycznego są związane z transformacją nowotworową, jednak nie jest wyjaśnione, czy powodują powstanie nowotworu, czy też są wynikiem karcynogenezy.

Mutacje nagromadzone w mtDNA mogą stać się przyczyną defektu w mitochondrialnym systemie fosforylacji oksydacyjnej OXPHOS. Generowane w nadmiarze RFT indukują zaburzenia funkcjonowania łańcucha oddechowego, co prowadzi do stresu oksydacyjnego. Skutkuje to uszkodzeniem mitochondrium, w tym także błon biologicznych i mtDNA oraz zapoczątkowaniem procesu mutagenyzy. W konsekwencji dochodzi do destrukcji tkanek i organów [Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012, Ślaska i in. 2013, Piotrowska i Bartnik 2014].

Po raz pierwszy szczegółowej analizie materiału genetycznego mtDNA z wykorzystaniem techniki sekwencjonowania dokonali Polyak i in. [1998]. Badania były prowadzone na ludzkich komórkach raka jelita grubego. Kolejne badania naukowe obejmowały inne typy nowotworów i obecność mutacji została potwierdzona w takich nowotworach, jak rak przełyku, jajnika i nerki. Zidentyfikowane mutacje w mtDNA dotyczą regionu pętli D, ale też innych regionów mtDNA, np. sekwencji kodujących cząsteczki tRNA, rRNA oraz sekwencji kodujących podjednostki łańcucha oddechowego. Mutacje mogą być gromadzone i akumulowane przez całe życie [Polyak i in. 1998, Grzybowska-Szatkowska i Ślaska 2012].

Zidentyfikowane mutacje związane z nowotworami psów (*Canis lupus familiaris*)

W 2005 r. dokonano zsekwencjonowania genomu psa, data ta jest uważana za początek badań, w których, wykorzystując homologie genomu psa i człowieka, analizuje się podłoże molekularne chorób genetycznych obu tych gatunków. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że wiele nowotworów u psów, np. nowotwór gruczołu mlekowego, jest genetycznie, morfologicznie, klinicznie oraz prognostycznie podobny do nowotworu sutka. Wynika z tego, że pies domowy jest obiecującym gatunkiem modelowym do badania złożonych chorób genetycznych, jakimi są nowotwory. Wysoki stopień homologii genów psa i człowieka sprzyja szybszemu wykrywaniu potencjalnych biomarkerów nowotworowych psów z wykorzystaniem wiedzy o genomie człowieka [Ślaska i in. 2013]. Dlatego celem pracy była analiza związku mutacji mtDNA z transformacją nowotworową u psów.

Tabela 1. Zmiany sekwencji nukleotydowych w mtDNA w różnych typach nowotworów u psów

Typ nowotworu	Sekwencja mtDNA	Liczba polimorfizmów	Liczba mutacji	Piśmiennictwo
Nowotwory gruczołu mlekowego	pętla D	7	3	Bertagnolli i in. [2009]
Różne typy		10	15	Ślaska i in. [2014a]
Różne typy		5	19	Ślaska i in. [2014b]
Różne typy		7	16	Śmiech i in. [2016]
Nowotwory złośliwe gruczołu mlekowego		26	5	Surdyka i Ślaska [2017a]
Nowotwory złośliwe gruczołu mlekowego	ND2	11	–	Surdyka i Ślaska [2017b]
	COX2 i COX3	10	3	
	ATP6	7	8	
Różne typy	ND4	14	17	Ślaska i in. [2016]
Różne typy	ND1	26	2	Ślaska i in. [2015]
	COI	5	–	
	CYTb	18	3	

Stwierdzono, że mutacje zidentyfikowane we fragmencie pętli D, obecne i u człowieka, i u psa, są powiązane z wystąpieniem tych samych typów nowotworów u obu gatunków [Ślaska i in. 2013]. W tabeli 1 przedstawiono zidentyfikowane mutacje i polimorfizmy w nowotworach psów. W 2014 r. prowadzono badania dotyczące analizy fragmentu niekodującego odcinka mtDNA – pętli D [Ślaska i in. 2014a, b]. W 62,5% analizowanych nowotworów wykryto substytucje w regionie pętli D. Zidentyfikowano dwie mutacje w pozycji 15620 (T > C), które występowały w nowotworach pochodzenia nabłonkowego. W 25% badanych przypadków dotyczących guzów mezenchymalnych stwierdzono substytucje w regionie niekodującym mtDNA [Ślaska i in. 2014a]. W kolejnych badaniach nowotwory, w których stwierdzono występowanie mutacji, były pochodzenia nabłonkowego, przy czym mutacje występowały w 50% wszystkich badanych nowotworów nabłonkowych. Odnotowano występowanie mutacji (A15483G, A15620G, T15639A, G15529G/A i T15627C) w różnych typach nowotworów [Ślaska i in. 2014b]. Z badań wynika, że mutacje w pętli D świadczą o wystąpieniu mutacji somatycznych w procesie nowotworzenia. Tym samym potwierdzono związek mutacji w pętli D z transformacją nowotworową [Ślaska i in. 2014a, b].

Kolejne badania dotyczyły analizy sekwencji genów mtDNA kodujących białko: *ND1* (ang. *NADH dehydrogenase subunit 2*), *COI* (ang. *cytochrome c oxidase subunit 1*) i *CYTb* (ang. *cytochrome b*). Dowiedziono, że polimorfizmy we wszystkich genach miały negatywny wpływ na funkcjonowanie białek. Analiza wskazała, że polimorfizm genu *ND1* występował w 62,5% nowotworów pochodzenia nabłonkowego oraz w 75% – mezenchymalnego. Opisano polimorfizm, który był specyficzny tylko dla guzów mezenchymalnych i występował w 75% badanych przypadków [Ślaska i in. 2015].

W roku 2016 opublikowano wyniki badań dotyczące analizy zmian w mitochondrialnym DNA w nowotworach komórek tucznych u psów różnych ras. Somatyczne mutacje zostały wykryte w siedmiu pozycjach regionu pętli D u 47% badanych zwierząt. Natomiast polimorfizm został stwierdzony aż w 94% przypadków. Stwierdzono, że zidentyfikowane mutacje w niekodującym fragmencie mtDNA mogą być powiązane z rozwojem transformacji nowotworowej i mogą stanowić biomarkery w prognozowaniu rozwoju nowotworu komórek tucznych [Śmiech i in. 2016].

Badania prowadzone na nowotworach złośliwych występujących u owczarków niemieckich dotyczyły analizy zmian w sekwencji genu *ND4* (ang. *NADH dehydrogenase subunit 4*) oraz ich związku z fenotypowymi cechami nowotworów. U blisko połowy badanych osobników zidentyfikowano mutacje i polimorfizmy w 11 pozycjach. Wszystkie mutacje były substytucjami pojedynczych nukleotydów. W większości przypadków defekty mtDNA nie powodowały zmiany sekwencji łańcucha aminokwasowego. Jedynie dwie mutacje mogły niekorzystnie wpływać na funkcjonowanie białka ND4. Stwierdzono, że zmiany mogły być wynikiem adaptacji komórki do środowiska zmieniającego się w wyniku transformacji nowotworowej [Ślaska i in. 2016].

W nowotworach złośliwych gruczołu mlekowego psów określono mutacje i polimorfizmy w pętli D [Surdyka i Ślaska 2017a] i sekwencji genów: *ND2* (ang. *NADH dehydrogenase subunit 2*), *COX2* (ang. *cytochrome c oxidase subunit 2*), *COX3* (ang. *cytochrome c oxidase subunit 3*) oraz *ATP6* (*ATP synthase subunit 6*) [Surdyka i Ślaska 2017b]. W sekwencji mitochondrialnej *D-loop* zidentyfikowano 26 miejsc polimorficznych i 5 zmian o charakterze mutacji. Po raz pierwszy u psów z nowotworem gruczołu mlekowego odnotowano występowanie heteroplazmii długości *D-loop* [Surdyka i Ślaska 2017a]. W sekwencji genu *ND2* stwierdzono obecność 11 polimorfizmów. W sekwencji genu *ATP6* zidentyfikowano 6 polimorfizmów, opisano też jedną delecję, która została stwierdzona u wszystkich badanych psów. W regionach sekwencji genów *COX2* i *COX3* wykazano obecność 10 zmian polimorficznych [Surdyka

i Ślaska 2017b]. Mutacje i polimorfizmy miały wpływ na strukturę i funkcję białek kodowanych przez zmutowane geny [Surdyka i Ślaska 2017b].

Aktualnie prowadzone są liczne badania dotyczące analizy mutacji i polimorfizmów w mtDNA oraz ich związku z rozwojem procesu nowotworzenia u psów. W wielu publikacjach potwierdzono ich związek z transformacją nowotworową. Z przedstawionych badań wynika, że mutacje w mitochondrialnym DNA mogą sprzyjać rozwojowi nowotworów u psów i mogą świadczyć o pojawieniu się mutacji somatycznych właśnie w procesie nowotworzenia. Tym samym potwierdzono związek mutacji i polimorfizmów w mtDNA z transformacją nowotworową. Specyficzne mutacje i/lub polimorfizmy w genomie mitochondrialnym być może w przyszłości będą pełniły rolę biomarkerów użytecznych w diagnostyce nowotworów psów, jednak istnieje potrzeba kontynuacji badań.

Stwierdzony w badaniach różnych grup badawczych wysoki stopień homologii genomu psa i człowieka, jak też etiologii i patogenezы wielu chorób genetycznych obu gatunków, może świadczyć o podobnym przebiegu karcynogenezy u psa i człowieka. Być może pozwoli to w przyszłości na szersze wykorzystanie psa jako gatunku modelowego w badaniach transformacji nowotworowej u człowieka. Badania genetyczne uwarunkowania nowotworów psów są niezwykle wartościowe ze względu na możliwość ich wykorzystania w medycynie człowieka, dlatego powinny być kontynuowane.

Bibliografia

- Bartnik E., Tońska K., 2013. Choroby mitochondrialne. W: J. Bal (red.), *Biologia molekularna w medycynie. Elementy genetyki klinicznej*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 282–289.
- Bertagnolli A.C., Sores P., Asch B. van, Amorim A., Cirnes L., Maximo V., Cassali G.D., 2009. An assesment of the clonality of the components of canine mixed mammary tumors by mitochondrial DNA analysis. *Vet. J.* 182, 269–274.
- Czarnecka A., Bartnik E., 2009. Mitochondrial DNA Mutations in Tumors. W: S.P. Apte, R. Sarangarajan (red.), *Cellular Respiration and Carcinogenesis*. Humana Press, New York, 119–130.
- Czarnecka A.M., Golik P., Bartnik E., 2006. Mitochondrial DNA mutations in human neoplasia. *J. Appl. Genet.* 47(1), 67–78.
- Garcia-Heredia J.M., Carnero A., 2015. Decoding Warburg's hypothesis: tumor-related mutations in the mitochondrial respiratory chain. *Oncotarget* 6(39), 41582–41599.
- Grzybowska-Szatkowska L., Ślaska B., 2012. Mitochondrial DNA and carcinogenesis (review). *Mol. Med. Rep.* 6(5), 923–930.
- Mesri E.A., Feitelson M.A., Munger K., 2014. Human viral oncogenesis: a cancer hallmarks analysis. *Cell. Host. Microbe* 5(3), 266–282.
- Mulas J.M. de las, Reymundo C., 2000. Animal models of human breast carcinoma: canine and feline neoplasm. *Rev Oncol.* 2, 274–281.
- Pasz-Walczak G., 2007. Czynniki rakotwórcze. W: R. Kordek (red.), *Onkologia. Podręcznik dla studentów i lekarzy*. Via Medica, Gdańsk, 1–6.
- Piotrowska A., Bartnik E., 2014. The role of reactive oxygen species and mitochondria in aging. *Post. Biochem.* 60(2), 240–247.
- Polyak K., Li Y., Zhu H., Lengauer C., Willson J., Markowitz S., Trush M., Kinzler K., Vogelstein B., 1998. Somatic mutations of the mitochondrial genome in human colorectal tumours. *Nat. Genet.* 20(3), 291–3.
- Sapierzyński R., 2010. *Onkologia praktyczna psów i kotów*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 3–19.
- Siedlecki J., 2013. Choroby nowotworowe. W: J. Bal (red.), *Biologia molekularna w medycynie. Elementy genetyki klinicznej*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 225–282.
- Surdyka M., Ślaska B., 2017a. Defect of the mitochondrial DNA hypervariable region as a risk factor for canine mammary tumour. *Vet. Comp. Oncol.* 15(3), 820–828.

- Surdyka M., Ślaska B., 2017b. Defect in *ND2*, *COX2*, *ATP6*, and *COX3* mitochondrial genes as a risk factor for canine mammary tumour. *Vet. Comp. Oncol.* 15(3), 1062–1072.
- Ślaska B., Grzybowska-Szatkowska L., Bugno-Poniewierska M., Surdyka M., Śmiech A., 2013. Nuclear and mitochondrial DNA mutation in human and canine tumors. *Med. Weter.* 69(4), 195–202.
- Ślaska B., Grzybowska-Szatkowska L., Surdyka M., Nisztuk S., Róžańska D., Róžański P., Śmiech A., Orzelski M., 2014a. Mitochondrial D-loop mutations and polymorphisms are connected with canine malignant cancers. *Mitochondrial DNA* 25(3), 238–243.
- Ślaska B., Surdyka M., Brodzki A., Nisztuk S., Gurgul A., Bugno-Poniewierska M., Śmiech A., Róžańska D., Orzelski M., 2014b. Mitochondrial D-loop mutations can be detected in sporadic malignant tumours in dogs. *Bull. Vet. Inst.* 631–637.
- Ślaska B., Grzybowska-Szatkowska L., Nisztuk S., Surdyka M., Róžańska D., 2015. Mitochondrial DNA polymorphism in genes encoding *ND1*, *COI* and *CYTb* in canine malignant cancers. *Mitochondrial DNA* 26, 452–458.
- Ślaska B., Grzybowska-Szatkowska L., Bugno-Poniewierska M., Gurgul A., Śmiech A., Róžańska D., Dudka J., 2016. Relevance of molecular changes in the ND4 gene in German Shepherd dog tumours. *Pol. J. Vet. Sci.* 19(3), 461–469.
- Śmiech A., Ślaska B., Surdyka M., Grzybowska-Szatkowska L., Łopuszyński W., Róžańska D., 2016. Identification of additional mitochondrial DNA mutations in canine mast cell tumours. *Acta Vet. Scand.* 58(28).
- Wallace D.C., 2012. Mitochondria and cancer. *Nat. Rev. Cancer.* 12, 685–98.

PRZYDATNOŚĆ OZNACZANIA ENZYMÓW WSKAŹNIKOWYCH W DIAGNOZOWANIU CHORÓB U ZWIERZĄT

Adrianna Rafalska¹, Katarzyna Abramowicz², Magdalena Krauze²

Enzymy wskaźnikowe (indykatorowe) są białkami wewnątrzkomórkowymi o dużym znaczeniu diagnostycznym, wykorzystywanymi w analizach biochemicznych. W płynach ustrojowych zdrowych osobników enzymy te nie występują lub ich aktywność jest znacznie niższa niż wewnątrz komórek. Znikoma aktywność enzymów wskaźnikowych w osoczu związana jest z ciągłym cyklem obumierania i proliferacji komórek oraz z procesami endo- i egzocytozy. W efekcie tych reakcji komórka modyfikuje skład białek, dopasowując go do aktualnego zapotrzebowania. Rozmieszczenie tych enzymów w komórce nie jest równomierne, a niektóre z nich (enzymy markerowe) występują wyłącznie w określonych strukturach czy kompartmentach komórkowych, np. dehydrogenaza mleczanowa jest enzymem markerowym dla cytozolu, glukoza-6-fosfataza dla siateczki śródplazmatycznej, a dehydrogenaza bursztynianowa dla mitochondriów. Ponadto pomiar aktywności tych enzymów wykorzystuje się do określenia homogenatów otrzymanych z różnych komórek [Klyszejko-Stefanowicz 2005].

Oznaczenie wartości wskaźników biochemicznych, a więc także enzymów indykatorowych, znacznie ułatwia rozpoznanie choroby oraz określenie, który narząd bądź układ objęty jest patologicznym procesem [Koncicki i Krasnodębska-Depta 2005]. W wyniku uszkodzenia struktur komórkowych dochodzi do wzrostu aktywności enzymów wskaźnikowych w płynach ustrojowych. Przy niewielkich zmianach destrukcyjnych obserwuje się głównie wzrost aktywności enzymów cytoplazmatycznych, natomiast przy nieodwracalnych, ciężkich uszkodzeniach komórek następuje wzmożony wypływ enzymów mitochondrialnych. Zmiany aktywności tych białek są zatem często związane z występowaniem konkretnej jednostki chorobowej organizmu [Abramowicz i in. 2017].

Do enzymów, których aktywność oznaczana jest najczęściej w badaniach biochemicznych zwierząt, zaliczamy aminotransferazę alaninową (ALT), aminotransferazę asparaginianową (AST), fosfatazę zasadową (ALP), dehydrogenazę mleczanową (LDH) i kinazę kreatynową (CK). Analizy te wykonuje się głównie za pomocą analizatorów biochemicznych oraz

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Biochemiczna, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Katedra Biochemii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

gotowych zestawów diagnostycznych [Koncicki i Krasnodębska-Depta 2005]. Na uwagę zasługują także enzymy, takie jak hydrolaza glukozy-6-fosforanowa (G6PC), dehydrogenaza bursztynianowa (SDH), dehydrogenaza jabłczanowa (MDH) czy fosfataza kwaśna (AC) [Muchacka i in. 2016, Ognik i Krauze 2016].

Charakterystyka wybranych enzymów indykatorowych

Aminotransferaza alaninowa – ALT (ang. *glutamic pyruvic transferase*, GPT; EC 2.6.1.2) i **aminotransferaza asparaginianowa** – AST (ang. *glutamic oxaloacetic transaminase*, GOT; EC 2.6.1.1) należą do tzw. enzymów wątrobowych i odgrywają bardzo ważną rolę w metabolizmie aminokwasów [Czech i Semeniuk 2008]. ALT obecna jest w mięśniach szkieletowych, mięśniu sercowym, wątrobie i mózgu, a AST występuje głównie w wątrobie, a w mniejszych ilościach także w nerkach i w mięśniach [Ognik i Krauze 2016]. Aminotransferaza alaninowa przenosi w sposób odwracalny grupę aminową z L-alaniny na kwas α -ketogultarowy z wytworzeniem kwasu pirogronowego i kwasu L-glutaminowego. Aminotransferaza asparaginianowa katalizuje z kolei odwracalną reakcję transaminacji, w wyniku której szczawioocetan i L-glutaminian przekształcane są do L-asparagianu i α -ketogultaranu [Otto-Ślusarczyk i in. 2016].

Zmiany aktywności aminotransferaz (AST i ALT) są związane ze stanem fizjologicznym organizmu, a jako enzymy cytoplazmatyczne są one bardzo czułymi wskaźnikami procesów chorobowych zachodzących w organizmie, ponieważ pojawiają się w osoczu nawet przy niewielkich uszkodzeniach błon komórkowych [Radkowska 2015, Ognik i Krauze 2016]. Zwiększenie aktywności AST i ALT w osoczu świadczy raczej o uszkodzeniu komórek niż o upośledzeniu funkcjonowania całego narządu [Ognik i Krauze 2016]. Aminotransferaza alaninowa i asparaginianowa wykorzystywane są głównie do określenia profilu wątrobowego (razem z GGT i ALP), świadczącego o stanie zdrowia i funkcjonowaniu wątroby, a także profilu sercowego (razem z LDH) [Mordak 2008]. Aminotransferazy mają dość duże znaczenie diagnostyczne jako enzymy wskaźnikowe pochodzenia cytoplazmatyczno-mitochondrialnego. Wzrost ich aktywności świadczy o obumarciu komórek, a także o ich uszkodzeniu w wyniku niedotlenienia lub działania endo- i egzogennych toksyn [Andriuchuk i in. 2013]. Dla przykładu znaczny wzrost aktywności aminotransferaz zaobserwowano u indyków w wyniku zatrucia monoenzymą (kokcydiostatyk) oraz w wyniku infekcji bakteriami *Escherichia coli* [James i in. 2003, Koncicki i Krasnodębska-Depta 2005]. Wzrost aktywności tych enzymów może być związany także z dużym wysiłkiem fizycznym u zwierząt oraz z zaburzeniami metabolizmu energii czy stresem [Kupczyński i Chudoba-Drozdowska 2002, Darul i Kruczyńska 2005]. Aktywność AST i ALT obserwuje się także u psów użądlnych przez pszczoły [Mughal i in. 2014, Karpiński i in. 2016]. Wieloletnie pomiary aktywności AST wykazały, że u indyków aktywność tego enzymu wzrasta wraz z wiekiem [Ognik i Krauze 2016].

Fosfataza zasadowa (ang. *alkaline phosphatase*, ALP; EC 3.1.3.1) odgrywa kluczową rolę w procesach fosforylacji i defosforylacji, a ponadto jest enzymem ściśle związanym z przemianami fosforu w organizmie [Czech i in. 2011]. Enzym ten jest obecny w krwinkach, komórkach nabłonka dróg żółciowych i błonie śluzowej jelit, a także w nerkach [Ognik i Krauze 2016]. W przypadku psów stężenie tego enzymu jest wysokie u nowonarodzonych zwierząt i spada wraz z wiekiem [Karpiński i in. 2016]. Podobną zależność obserwuje się u ptaków, czego dowodem są wieloletnie badania przeprowadzone na indykach

[Ognik i Krauze 2016]. Wzrost aktywności ALP może wynikać z zaburzeń funkcjonowania wątroby lub zakłóceń w metabolizmie Ca i P [Radkowska 2015].

Fosfataza kwaśna (ang. *acid phosphatase*, AC; EC 3.1.3.2) występuje głównie w lizosomach, a poza nimi także w erytrocytach, surowicy krwi, płytkach krwi, szpiku kostnym, kościach, nerkach i wątrobie [Ognik i Krauze 2016]. Istotną funkcją tego enzymu u samców jest katalizowanie przemian białek podczas przygotowania plemników do zapłodnienia. Fosfataza kwaśna jest głównym enzymem o aktywności fosfohydrolazy występującym w nasieniu i układzie rozrodczym ssaków, ptaków i ryb [Klusek i in. 2012]. Ponadto AC jest enzymem markerowym dla lizosomów – organelli komórkowych, w których zachodzi proteoliza białka przyjmowanego z pokarmem. W sytuacji niedoboru białka enzym chroni strukturę komórki, a oznaczenie jego aktywności pozwala oszacować tempo, z jakim metabolizowane jest białko [Ognik i Krauze 2016, Pillay i in. 2002]. W diagnostyce fosfataza kwaśna może być wykorzystana do oceny zatrucia zwierząt ksenobiotykami, czemu towarzyszy wzrost aktywności tego enzymu [Ognik i Krauze 2016].

Kinaza kreatyninowa (ang. *creatine kinase*, CK; EC 2.7.3.2) to enzym występujący w mięśniach. Katalizuje on odwracalne przeniesienie grupy fosforanowej i reguluje syntezę ATP, dzięki czemu odgrywa kluczową rolę w przemianach energetycznych w komórce [Ognik i Krauze 2016]. Określenie aktywności CK może mieć znaczenie w diagnozowaniu niektórych zatruc i uszkodzeń tkanek u bydła [Mordak 2008]. Kinaza kreatyninowa może być także stosowana jako marker podatności zwierząt na stres – jej aktywność wzrasta w sytuacjach stresowych, dlatego oznaczenie tego parametru może pomóc w identyfikacji osobników wrażliwych na ten czynnik [Huff i in. 2008, Nicholson i in. 2000]. Wzrost aktywności CK zaobserwowano także w wyniku zatrucia monenzyną u indyków [Koncicki i Krasnodębska-Depta 2005].

Hydrolaza glukozy-6-fosforanowa (ang. *glucose-6-phosphatase*, G6PC, EC. 3.1.3.9), znana także jako glukozy-6-fosfataza, jest enzymem wskaźnikowym dla gładkiej siateczki śródplazmatycznej. Enzym ten katalizuje reakcję defosforylacji glukozy-6-fosforanu do glukozy, będącą ostatnim, a zarazem kluczowym etapem glikogenolizy. Ze względu na pełnioną funkcję hydrolaza glukozy-6-fosforanowa odgrywa istotną rolę w regulacji homeostazy glukozy w organizmie [Foye i in. 2006].

Obniżenie aktywności glukozy-6-fosfatazy obserwuje się m.in. w przebiegu babeszjozy u psów. Związane jest to z obecnością cytokiny TNF α (czynnik martwicy nowotworu alfa), która odgrywa prawdopodobnie kluczową rolę w rozwoju tej choroby u psów [Zygner i Gójska-Zygner 2012]. Enzym ten wykazuje także obniżoną aktywność w hiperglikemii fluorkowej u szczurów [Grucka-Mamczar i in. 1999]. Zaburzenia aktywności G6PC występują również w przebiegu ketonemii u owiec, której towarzyszy zmniejszenie zawartości glukozy i znaczny wzrost stężenia związków ketonowych [Bronicki i in. 1993]. Spadek aktywności glukozy-6-fosfatazy następuje także z wiekiem – jest to prawdopodobnie związane ze zmniejszeniem objętości gładkiej siateczki śródplazmatycznej w starszych hepatocytach [Schmucker 1990]. Według Ghoscha i in. [2004] aktywność tego enzymu mogą hamować także niektóre ksenobiotyki.

Wzrost aktywności G6PC następuje w wyniku peroksydacji lipidów oraz zwiększonej syntezy wolnych rodników [Plewka i in. 2000, 2006]. Ponadto zwiększoną aktywność tego enzymu obserwuje się w przypadku nasilenia glukoneogenezy, zwłaszcza w sytuacjach stresowych dla zwierząt. Wzrost aktywności hydrolazy glukozy-6-fosforanowej wystąpił również po podaniu karpom kortyzolu [Dziewulska-Szwajkowska i in. 2003].

Dehydrogenaza bursztynianowa (ang. *succinate dehydrogenase*, SDH; EC.1.3.99.1) jest enzymem integralnie związanym z wewnętrzną błoną mitochondrialną. Bierze on udział w cyklu Krebsa, w którym katalizuje utlenianie bursztynianu do fumaranu [Clarkson i in.

1991]. Enzym ten wykazuje również zdolność przeprowadzania reakcji oksydoredukcyjnych [Rustin i in. 2002]. Dehydrogenaza bursztynianowa jest enzymem markerowym dla mitochondriów, dlatego pomiar jej aktywności można wykorzystać do oceny funkcjonowania tych organelli komórkowych [Ognik i Krauze 2016].

Zmniejszenie aktywności SDH powoduje ograniczenie syntezy ATP, co prowadzi do wystąpienia deficytu energetycznego w komórce [Karachitos i in. 2010]. Obniżenie aktywności dehydrogenazy bursztynianowej obserwowano również u ryb *Labeo rohita*, u których wywołano ostre zatrucie kadmem [Labudda 2011]. Do zmniejszenia aktywności SDH przyczyniają się także ksenobiotyki, zakłócające cykl kwasu cytrynowego, co powoduje upośledzenie produkcji energii przez komórki. Ognik i Krauze [2016] donoszą także, że innym czynnikiem prowadzącym do zahamowania aktywności SDH u zwierząt jest stres oksydacyjny, prowadzący do uszkodzenia komórek i dysfunkcji narządów, co wykazały liczne badania przeprowadzone na indykach.

Wzrost aktywności dehydrogenazy bursztynianowej zaobserwowano z kolei w mięśniach szkieletowych szczurów poddanych działaniu tetrahydrofuranu – związku chemicznego stosowanego m.in. w produkcji insektycydów [Szymańska i Bruchajzer 2004]. Wykazano, że czynniki stresogenne, np. w postaci niskiej temperatury otoczenia, nie wpływają na aktywność tego biokatalizatora u zwierząt [Schelling i in. 2006].

Dehydrogenaza jabłczanowa (ang. *malate dehydrogenase*, MDH; EC. 1.1.1.37) jest enzymem, który w cyklu Krebsa katalizuje utlenianie L-jabłczanu do szczawiooctanu [Minnarik i in. 2002]. Analiza aktywności MDH może być wykorzystana do oszacowania poziomu stresu oksydacyjnego u zwierząt, kiedy metabolizm cyklu Krebsa nasila się, a enzym wykazuje większą aktywność [Kumar i in. 2012]. Wykazano, że aktywność MDH jest znacznie niższa u psów i kotów cierpiących na cukrzycę i może być czynnikiem indukującym insulinooporność [Maagori i in. 2005].

Dehydrogenaza mleczanowa (ang. *lactate dehydrogenase*, LDH; EC. 1.1.1.27) jest obecna w wysokim stężeniu w mięśniach szkieletowych, wątrobie, a także w mózgu. Jej funkcja polega na przekształceniu mleczanu w pirogronian w mięśniach w obecności NADH [Palczyńska-Gugula i in. 2016].

U ptaków aktywność tego enzymu wzrasta do ok. 11. tygodnia życia, a następnie zmniejsza się [Ognik i Krauze 2016]. Wzrost aktywności LDH obserwuje się we wszystkich tkankach chorobowych objętych martwicą, w szczególności w ostrym uszkodzeniu mięśnia sercowego, krwinek czerwonych, nerek, mięśni szkieletowych, wątroby, płuc i skóry, a także w niektórych chorobach zakaźnych, infekcjach spowodowanych przez bakterie *E. coli* oraz w przebiegu histomonozji (*histomoniasis*) u indyków [Koncicki i in. 2006, Andriichuk i in. 2013]. Zwiększenie aktywności dehydrogenazy mleczanowej jest charakterystyczne także dla niedokrwistości hemolitycznych oraz anemii spowodowanej niedoborem witaminy B₁₂ lub kwasu foliowego [Andriichuk i in. 2013]. Ponadto wzrost aktywności LDH może świadczyć o zwiększonej produkcji mleczanu w warunkach stresu [Palczyńska-Gugula i in. 2016].

Analiza aktywności enzymów jest coraz bardziej powszechnym narzędziem stosowanym nie tylko do podstawowego monitorowania zdrowia zwierząt, ale również w celu oceny wpływu różnych czynników na ich dobrostan. Ocenie poddawać można efekt stosowania dodatków paszowych, obecność stresu czy kontakt z ksenobiotykami na oddech zwierząt [Klyszejko-Stefanowicz 2002]. Monitorowanie aktywności enzymów indykatorowych pozwala na wczesną diagnozę stanu patologicznego w ustroju, co w przypadku zwierząt wiąże się również z opłacalnością odchowu. Obserwacja negatywnego wpływu danego czynnika na zmiany wartości niektórych enzymów wskaźnikowych może pomóc wyeliminować przyczyny zmniejszenia produkcji zwierzęcej. Utrudnieniami bardziej powszechnego wykorzy-

stywania enzymów wskaźnikowych w monitorowaniu zdrowia zwierząt są: koszt badań, obserwowana rozbieżność wartości, czasem nawet w obrębie tego samego stada, np. u indyków, oraz trudność porównania otrzymywanych wyników z wartościami referencyjnymi czy uzyskanymi przez innych autorów [Abramowicz i in. 2017].

Bibliografia

- Abramowicz K., Krauze M., Grela E.R., 2017. Wpływ preparatu białkowo-ksantofilowego PX z lucerny (*Medicago sativa* L.) na aktywność wybranych enzymów w komórkach wątroby tuczników. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 13(2), 39–51.
- Andriichuk A., Tkachenko H., Kurkaluk N., Tkachova I., Vartovnyk M., 2013. Markery stresu oksydacyjnego i parametry biochemiczne we krwi koni biorących udział we Wszechstronnym Konkursie Konia Wierzchowego w dynamice treningu. *Slup. Pr. Biol.* 10, 5–25.
- Bronicki M., Polakowska-Nowak G., Adamski W., 1993. Badania aktywności glukozy-6-fosfatazy w przebiegu ketonemii u owiec. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Veterinaria* 21, 153–159.
- Clarkson H.D.G., Neagle J., Lindsay J.G., 1991. Topography of succinate dehydrogenase in the mitochondrial inner membrane. *J. Biochem.* 273, 719–724.
- Czech A., Semeniuk W., 2008. Profil metaboliczny krwi świń żywionych mieszanką z udziałem koncentratu białkowo-ksantofilowego (PX) z lucerny. W: E.R. Grela (red.), *Lucerna w żywieniu ludzi i zwierząt. 3rd International Conference „Feed and Food Additives”*, Dzierżkówka-Lublin, 10–12.05, 107–117.
- Czech A., Grela E.R., Traczykowski A., Stachyra K., 2011. Wpływ dodatku enzymów paszowych w żywieniu świń na aktywność wybranych enzymów osocza krwi. *Med. Weter.* 67(8), 560–565.
- Darul K., Kruczyńska H., 2005. Changes in some blood constituents of dairy cows: association with pregnancy and lactation. *Acta Sci. Pol. Med. Vet.* 4(1), 73–86.
- Dziewulska-Szwajkowska D., Łozińska-Gabska M., Adamowicz A., Wojtaszek J., Dzugaj A., 2003. The effects of high dose of cortisol on glucose-6-phosphatase and fructose-1,6-bisphosphatase activity, and glucose and fructose-2,6-bisphosphate concentration in carp tissues (*Cyprinus carpio* L.). *Comp. Biochem. Physiol., B: Biochem. Mol. Biol.* 135(3), 485–491.
- Foye O.T., Uni Z., McMurtry J.P., Ferket P.R., 2006. The effects of amniotic nutrient administration, “*in ovo* feeding” of arginine and/or β -hydroxy- β -methyl butyrate (HMB) on insulin-like growth factors, energy metabolism and growth in turkey poults. *Int. J. Poult. Sci.* 5(4), 309–317.
- Ghosh A., Shieh J.J., Pan C.J., Chou J.Y., 2004. Histidine 167 is the phosphate acceptor in glucose-6-phosphatase- β forming a phosphohistidine-enzyme intermediate during catalysis. *J. Biochem. Chem.* 279(13), 12479–12483.
- Grucka-Mamczar, Ogonski T., Birkner E., Tarnawski R., Polaniak R., Mamczar A., 1999. Aktywność wątrobowej glukozy-6-fosfatazy u szczurów z hiperglikemią fluorokową. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 32(4), 369–373.
- Huff G.R., Huff W.E., Rath N.C., Anthony N.B., Nestor K.E., 2008. Effects of *Escherichia coli* challenge and transport stress on hematology and serum chemistry values of three genetic lines of turkeys. *Poult. Sci.* 87, 2234–2241.
- James L.P., Mayeux P.R., Hinson J.A., 2003. Acetaminophen-induced hepatotoxicity. *Drug Metab. Dispos.* 32, 1499–1506.
- Karachitos A., Galgańska H., Kmita H., 2010. Rola mitochondriów w patogenezie choroby Huntingtona. *Post. Biochem.* 56(2), 174–181.
- Karpiński M., Goleman M., Czyżowski P., Tajchman K., Wojtaś J., Różaniecka K., Drozd L., 2016. Kliniczne i behawioralne aspekty uzależnień psów domowych przez pszczoły. *Med. Weter.* 72(10), 641–646.
- Klusek J., Głuszek S., Klusek J., 2012. Zależność pomiędzy aktywnością kwaśnej fosfatazy w plemnikach i plazmie nasienia a parametrami nasienia rutynowo ocenianymi w diagnostyce niepłodności męskiej. *Stud. Med.* 26(2), 15–18.

- Klyszejko-Stefanowicz L., 2002. Cytobiochemia. Biochemia niektórych struktur komórkowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Klyszejko-Stefanowicz L., 2005. Ćwiczenia z biochemii. Wyd. Nauk. PWN.
- Koncicki A., Krasnodebska-Depta A., 2005. Opportunities to apply the hematological and biochemical test results in poultry disease diagnostics. *Vet. Mag. Suppl.* 5, 20–24.
- Koncicki A., Bukowska A., Mazur-Gonkowska B., Krasnodebska-Depta A., Stenzel T., 2006. Evaluating 4-nitrophenylarsonic acid efficacy in preventing *Histomonas meleagridis* invasions in turkeys. *Med. Weter.* 62, 1191–1194.
- Kumar N., Jadhao S.B., Chandan N.K., Kumar K., Jha A.K., Bhushan S., Kumar S., Rana R.S., 2012. Dietary choline, betaine and lecithin mitigates endosulfan-induced stress in *Labeo rohita* fingerlings. *Fish Physiol. Biochem.* 38(4), 989–1000.
- Kupczyński R., Chudoba-Drozdowska B., 2002. Values of selected biochemical parameters of cows' blood during their drying-off and the beginning of lactation. *EJPAU* 5(1).
- Labudda M., 2011. Biochemiczne mechanizmy neurotoksyczności kadmu. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 62(4), 357–363.
- Maagori E., Nakamura M., Inoue A., Tanaka A., Sasaki N., Fukuda H., Mizutani H., Sako T., Kimura N., Arai T., 2005. Malate dehydrogenase activities are lower in some types of peripheral leukocytes of dogs and cats with type 1 diabetes mellitus. *Res. Vet. Sci.* 78(1), 39–44.
- Minnarik P., Tomaskova N., Antalík M., Kollarova M., 2002. Malate dehydrogenases – structure and function. *Gen. Physiol. Biophys.* 21, 257–265.
- Mordak R., 2008. Podstawowe parametry biochemiczne i hematologiczne w monitorowaniu zdrowia bydła. *Życie Wet.* 83(7), 572–576.
- Muchacka R., Kapusta E., Skomorucha I., Sosnkówka-Czajka E., 2016. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych oraz poziom GSH i MDA w osoczu, wątrobie i nerkach kurcząt brojlerów utrzymywanych w różnych systemach odchowu w letnim cyklu produkcyjnych w warunkach podwyższonej temperatury otoczenia. *Rocz. Nauk. Zootech.* 43(2), 245–255.
- Mughal M.N., Abbas G., Saqib M., Muhammad G., 2014. Massive attack by honeybees in a German shepherd dog: description of fatal case and review of the literature. *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 20(55).
- Nicholson D.S., Lochmiller R.L., Stewart M.D., Masters R.E., Leslie D.M., 2000. Risk factors associated with capture-related death in eastern wild turkey hens. *J. Wildlife Dis.* 36, 308–315.
- Ognik K., Krauze M., 2016. The potential for using enzymatic assays to assess the health of turkeys. *World's Poultry Sci. J.* 72(3), 535–550.
- Otto-Ślusarczyk D., Graboń W., Mielczarek-Putka M., 2016. Aminotransferaza asparaginianowa – kluczowy enzym w metabolizmie ogólnoustrojowym człowieka. *Post. Hig. Med. Dośw.* 70, 219–230.
- Palczyńska-Gugula K., Tkachenko H., Kurhaluk N., 2016. Zawartość mikro- i makroelementów oraz markerów stresu oksydacyjnego w tkance mięśniowej smoltów troci wędrownej (*Salmo trutta* L.) pozyskanych z dopływów Ślupi w latach 2009–2011. *Komun. Ryb.* 150(1), 6–15/
- Pillay C., Elliot E., Dennison C., 2002. Endolysosomal proteolysis and its regulation. *Biochem. J.* 363, 417–429.
- Plewka A., Kamiński M., Plewka D., Nowaczyk G., 2000. Glucose-6-phosphatase and age: biochemical and histochemical studies. *Mech. Ageing Dev.* 113, 49–59.
- Plewka A., Plewka D., Ihnatowicz J., 2006. Animals manifested the influence of age and some inducers on glucose-6-phosphate dehydrogenase activity. *Acta Toxicol.* 14(1–2), 87–93.
- Radkowska I., 2015. Zmiany wskaźników hematologicznych i biochemicznych krwi u krów mlecznych w okresie okoloporodowym w zależności od system utrzymania. *Rocz. Nauk. Zootech.* 42(2), 171–179.
- Rustin P., Munnich A., Rotig A., 2002. Succinate dehydrogenase and human diseases: new insights into well-known enzyme. *J. Hum. Genet.* 10, 289–291.

- Schelling B., Murray J., Yoo C.B., Row R.H., Cusack M.P., Capaldi R.A., Gibson B.W., 2006. Proteomic analysis of succinate dehydrogenase and ubiquinol-cytochrome c reductase (Complex II and III) isolated by immunoprecipitation from bovine and mouse heart mitochondria. *Biochim. Biophys. Acta* 1762, 213–222.
- Schmucker D.L., 1990. Hepatocyte fine structure during maturation and senescence. *J. Electron Microsc. Tech.* 14, 106–125.
- Szymańska J.A., Bruchajzer E., 2004. Tetrahydrofuran – dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. *Podst. Metody Oceny Śr. Pr.* 1(39), 117–145.
- Zygner W., Gójska-Zygner O., 2012. Hipoglikemia w przebiegu babeszjozy psów. *Życie Wet.* 87(12), 1013–1015.

PORÓWNANIE WARTOŚCI RZEŻNEJ BUHAJKÓW RASY CHAROLAISE, LIMOUSINE, SIMENTALSKIEJ ORAZ POLSKIEJ HOLSZTYŃSKO-FRYZYJSKIEJ ODMIANY CZARNO- I CZERWONO-BIAŁEJ

Karolina Mroczek¹, Janusz R. Mroczek²

W wielu krajach europejskich (Wielka Brytania, Francja, Włochy, Hiszpania i Irlandia) żywiec wołowy produkuje się głównie z bydła ras mięsnych. W pozostałych krajach (Niemcy, kraje Beneluksu i Europy Wschodniej) żywiec pozyskuje się z bydła ras mlecznych lub użytkowanych w kierunku mięsno-mlecznym, w wykorzystaniem krzyżowania towarowego [Szarek i in. 2008, Grodzki 2009, Grodzki i Przysucha 2010, Litwińczuk i Grodzki 2014].

Jakość wołowiny jest uwarunkowana w dużej mierze czynnikami genetycznymi. Dobrą wołowinę uzyskuje się z ras mięsnych, które charakteryzują się różnorodnością dotyczącą: wieku dojrzewania, wymagań środowiskowych i pokarmowych, potencjału wzrostu, umięśnienia oraz wydajności rzeźnej. Wymienione parametry użytkowe nie pozwalają na jednoznaczne wytypowanie rasy najlepszej, ponieważ każda z nich, jeśli jest utrzymywana w odpowiednich warunkach, uzewnętrznia swoje cechy na wysokim poziomie i daje zadowalające efekty produkcyjne. Rasy bydła różnią się również właściwościami tkanki łącznej, to jest zawartością kolagenu oraz ilością i składem tłuszczu śródmięśniowego, a także proporcjami między poszczególnymi typami włókien mięśniowych. Dobra wołowina, o jasnej barwie i znacznych walorach smakowych, jest możliwa do uzyskania tylko z ras mięsnego typu użytkowego [Kolczak 2008, Malczyk i in. 2012].

Celem niniejszej pracy było porównanie wartości rzeźnej buhajków różnych ras pochodzących z regionu południowo-wschodniej Polski.

Krzyżowanie towarowe bydła

Polska należy do krajów, w których produkcja wołowiny w dużym zakresie oparta jest na rasach użytkowanych mlecznie. Wynika to z uwarunkowań historycznych i gospodarczych, gdyż jeszcze w nie tak odległej przeszłości w naszym kraju dominowało bydło o użytkowości kombinowanej, z dobrze zaznaczonymi cechami mięsnymi. Od połowy lat 70. XX w. trwa ekspansja bydła holsztyńsko-fryzyjskiego i od tego czasu produkcja krajowego bydła czarno-białego i czerwono-białego podlega intensywnemu przekształceniu w kierunku mlecznym.

¹ *Studenckie Koło Naukowe Oceny i Przetwórstwa Żywności „Kabanosik”, Uniwersytet Rzeszowski*

² *Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Rzeszowski*

Prostym zabiegiem hodowlanym dającym znaczną poprawę cech mięsnych jest krzyżowanie towarowe, czyli metoda hodowlana opierająca się na wykorzystaniu efektów dziedziczenia pośredniego cech rodzicielskich oraz ewentualnej heterozji, będącej wynikiem nieaddytywnego działania genów, co pozwala na szybką, doraźną poprawę cech ilościowych u potomstwa przeznaczanego na opas. W naszym kraju historia krzyżowania towarowego bydła sięga początku lat 60. XX w., a w jej przebiegu można wyodrębnić trzy etapy:

1. Rozpoczęcie krzyżowania i dokonanie oceny przydatności do jego realizacji bydła ras hereford, aberdeen angus i charolaise – lata 60.

2. Intensywny rozwój krzyżowania towarowego z użyciem ras charolaise i simental-skiej, a następnie limousine i blonde d'aquitaine – lata 70. i 80.

3. Wprowadzenie do krzyżowania towarowego ras włoskich i innych ras europejskich oraz realizacja programu rozwoju hodowli bydła mięsnego – od lat 90. XX w. do chwili obecnej [Litwińczuk 2012].

Najbardziej popularnymi rasami bydła mięsnego wykorzystywanymi w krzyżowaniu towarowym są: limousine, charolaise, hereford i bydło simental-skie. Mniejsze znaczenie mają rasy: blonde d'aquitaine, piemontese, marchigiana, salers, welsh black, aberdeen angus i highland [Stąporek i Ziemiński 2006, Szulc 2013, Wnęk i in. 2015, Gołębiowski 2017].

Limousine jest rasą wywodzącą się z południowo-centralnej Francji. Cechą charakterystyczną zwierząt jest średni kaliber, bardzo dobre umięśnienie, szczególnie partii grzbietu i zadu, delikatny kościec, bardzo dobra płodność oraz wysoka wydajność rzeźna. Buhaje tej rasy wykorzystywane są w krzyżowaniu towarowym z rasami mlecznymi, z zachowaniem łatwości wycieleń i dlatego mogą być używane również do krycia jałowic.

Charolaise jest najbardziej masywną i jednostronnie mięsną rasą francuską. Jej popularność wynika z takich cech, jak: późne dojrzewanie, duży kaliber, żywotność oraz odporność na trudne warunki środowiskowe. Buhaje są powszechnie stosowane do krzyżowania towarowego z krowami ras mlecznych. Bydło tej rasy może być opasane do wysokiej masy ciała, bez obawy obniżenia jakości tuszy z powodu przetłuszczenia. Masa ciała intensywnie żywionych buhajów może dochodzić do 1500 kg, a krów do 1000 kg.

Blonde d'aquitaine to francuskie bydło mięsne dużego kalibru, o długim i masywnym ciele, z głęboką klatką piersiową, szerokimi biodrami, mocnymi kończynami oraz doskonale umięśnionym zadem. Duże tempo wzrostu i wolne odkładanie tłuszczu predestynuje zwierzęta do opasu ciężkiego. Intensywnie żywione buhajki osiągają wysokie przyrosty 1200–1500 g dziennie i masę ciała ok. 700 kg w wieku 18 miesięcy. Bardzo dobremu umięśnieniu i wysokiej wydajności rzeźnej towarzyszy umiarkowane otłuszczenie tusz oraz bardzo smaczne i delikatne mięso.

Salers jest rasą bydła użytkowaną niegdyś trójstronnie na obszarze Francji. Obecnie cieszy się dość dużą popularnością jako rasa mięsna. Poprawna budowa i umięśnienie bez nadmiaru tłuszczu, wysokie tempo wzrostu, dobre wykorzystanie paszy, płodność, łatwość porodów, duża żywotność cieląt po urodzeniu i dobra mleczność matek decydują o przydatności do produkcji dobrej jakości wołowiny.

Hereford jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych ras bydła mięsnego na świecie. Została wyhodowana na terenie Wielkiej Brytanii. Krowy są bardzo płodne, charakteryzują się łatwością ocieleń i opiekuńczością. Rodzą cielęta o masie 33–36 kg. Bydło rasy hereford szybko się aklimatyzuje do trudnych warunków klimatycznych i doskonale znosi ekstensywny pastwiskowy system utrzymania. Średnie przyrosty dobowe w opasie wynoszą 1000 g.

Aberdeen angus jest szkocką rasą reprezentującą wybitnie mięsny typ użytkowy. Zwierzęta tej rasy należą do wcześniej dojrzewających i szybko rosnących. Cechy wyróżniające to prostokątny zarys tułowia, który podkreśla bardzo dobrze umięśniony grzbiet, głęboka klatka piersiowa, mała głowa, krótka szyja i drobna kość. Mięso odznacza się wysoką jakością. Jest ono marmurkowane i soczyste, ze znaczną ilością tłuszczu międzymięśniowego. Buhaje są wykorzystywane do krzyżowania towarowego z krowami ras mlecznych o średnim kalibrze.

Highland, czyli szkockie bydło górskie, to jedna z najstarszych ras bydła na świecie. Zwierzęta są mało wymagające co do środowiska i nawet w ostrym klimacie mogą być utrzymywane przez cały rok bez pomieszczeń. Wytrzymują surowe warunki, w których inne rasy bydła nie miałyby szans przetrwania. Bydło tej rasy nie ma grubej warstwy tłuszczu podskórnego, dzięki czemu mięso jest chudsze niż tradycyjna wołowina, a ochronę przed zimnem zapewnia kudłata sierść.

Rasa Welsh black pochodzi z górskich rejonów Walii i była użytkowana w przeszłości w celu pozyskiwania mleka i mięsa. Przodkowie tego bydła występowali w Walii już za czasów Imperium Rzymskiego, a materiałem wyjściowym do powstania rasy prawdopodobnie było bydło z Półwyspu Iberyjskiego. Jest to rasa o małych wymaganiach pokarmowych, odpowiednia do ekstensywnego systemu utrzymania, łatwo przystosowująca się do trudnych warunków środowiskowych, wcześniej dojrzewająca i charakteryzująca się dobrą płodnością. Wycielenia są łatwe, a krowy łagodne, troskliwe i opiekuńcze.

Marchigiana pochodzi od podolskiego i azjatyckiego bydła, które przybyło na tereny Włoch w czasie najazdów ludów barbarzyńskich. Cechą wyróżniającą zwierzęta tej rasy jest podwójna pośladowość. Zad jest bardzo muskularny, uda szerokie, a pośladki są bardzo wypukłe. Tusze charakteryzują się małą zawartością kości. Walory hodowlane i użytkowe rasy marchigiana dostrzeżono w krajach pozaeuropejskich, a liczne pogłowie tego bydła występuje w Ameryce Południowej oraz Republice Południowej Afryki, doskonale znosząc panujące tam warunki klimatyczne.

Piemontese wywodzi się z północno-zachodnich obszarów Włoch i zaliczana jest do ras średniego kalibru. Wyróżnia się wybitnym umięśnieniem karku, grzbietu i zadu. Cechą charakterystyczną jest podwójna pośladowość wywołana przez często występujący w populacji gen hipertrofii (przerostu mięśni). Wynikiem działania tego genu jest wyższa wartość rzeźna i ograniczona możliwość odkładania tłuszczu podskórnego, a mięso jest jaśniejsze i bardziej kruche. Tusze charakteryzują się małą zawartością kości i bardzo wysokim udziałem mięśni.

Bydło simentalskie charakteryzuje duży kaliber. Masa krów wynosi 700–800 kg, a buhajów 1000–1200 kg. Obecnie rasa simentalska użytkowana jest głównie w kierunku mleczno-mięsnym. Efektem konsekwentnie prowadzonej pracy hodowlanej jest zdolność do wysokiej produkcji mleka oraz zadawalająca przydatność opasowa. Zwierzęta mają dobre cechy związane z wydajnością rzeźną, reprodukcją, wykorzystaniem paszy, przystosowaniem do różnych warunków środowiskowych oraz odpornością na choroby.

Hodowcy w zależności od zasobności pasz i uwarunkowań rynkowych, planując intensywność opasu, mają możliwość dokonania odpowiedniego doboru buhajów ras mięsnych. W opasie intensywnym prowadzonym do wysokiej masy ciała, przydatne są mieszańce po buhajach masywnych ras, takich jak: charolaise, limousine, blonde d'aquitaine, simental i marchigiana. Do opasu ekstensywnego prowadzonego latem na pastwisku bardziej przydatne są mieszańce pochodzące po buhajach rasy hereford i aberdeen angus. Do korzy-

ści wynikających z krzyżowania towarowego można zaliczyć: poprawę wartości opasowej, wyższą wartość rzeźną oraz mniejsze zużycie paszy na przyrost kg masy ciała mieszańców.

Użytkowość mięsna buhajków różnych ras z regionu południowo-wschodniej Polski

Grupę doświadczalną stanowiło 75 buhajków zakupionych jesienią 2017 r. przez Zakłady Mięsne w Tarnowie. Były to buhajki ras: charolaise (15 szt.), limousine (15 szt.), simental-skiej (15 szt.), polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (15 szt.) oraz polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czerwono-białej (15 szt.). Buhajki po 24-godzinnym odpoczynku i głodówce były poddawane ubojowi. Ocena otluszczenia przeprowadzona została metodą wizualną w systemie punktowym: od 1 (bardzo słabe) do 5 (bardzo duże). Ponadto przeprowadzono klasyfikację uformowania i umięśnienia tusz w systemie EUROP. Następnie tusze były ważone w celu określenia masy bitej ciepłej, wymaganej do obliczenia wydajności rzeźnej. Po tych czynnościach tusze zostały przeniesione do magazynu poubojowego i podda-ne wychłodzeniu. Po 24 h, przed podziałem na poszczególne elementy kulinarne wykonano pomiar kwasowości mięsa za pomocą pehametru pH-K21.

Wyniki pomiarów opracowano statystycznie, obliczając średnią arytmetyczną (\bar{x}) i odchylenie standardowe (s). Istotność różnic między badanymi rasami oszacowano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, z wykorzystaniem programu STATISTICA.

Tabela 1. Wybrane parametry użytkowości mięsnej i pH mięsa

Rasa	Masa zwierzęcia (kg)		Masa tuszy ciepłej (kg)		Wydajność rzeźna (%)		Otluszczenie (pkt)		pH	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Charolaise	672,31 ^a	47,06	377,79 ^a	25,68	56,25 ^a	4,05	2,2 ^a	0,13	5,68 ^a	0,12
Limousine	657,09 ^{ab}	52,56	370,11 ^{ab}	22,94	56,29 ^a	3,82	2,5 ^b	0,17	5,61 ^b	0,15
Simental-ska	648,89 ^b	58,40	361,36 ^b	21,61	55,58 ^a	3,44	2,6 ^b	0,21	5,66 ^a	0,23
hf czarno-biała	650,31 ^b	52,67	349,79 ^{bc}	28,68	53,75 ^b	4,19	2,8 ^c	0,23	5,63 ^b	0,32
hf czerwono-biała	621,32 ^c	49,08	336,64 ^c	29,92	54,19 ^b	4,06	2,8 ^c	0,24	5,62 ^b	0,28

a, b, c – różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$

Wskaźnik wydajności rzeźnej jest podstawowym parametrem przydatności opasowej bydła, a jego wartość w dużej mierze zależy od rasy i płci, a także żywienia oraz warunków obrotu przedubojowego [Litwińczuk 1999, Daszkiewicz i Wajda 2002, Miciński i in. 2005, Kinal i in. 2007, Florowski i Pisula 2007]. Dane liczbowe zamieszczone w tabeli 1 charakte-rzują wartość rzeźną buhajków badanych ras. Wszystkie zwierzęta zostały poddane ubojowi w zbliżonym wieku (22.–24. miesiąc życia), aby możliwie dokładnie porównać poszczególne cechy świadczące o wartości technologicznej tusz. Średnia masa żywych buhajków była duża i zawierała się w przedziale od 621,32 kg (u rasy polskiej hf odmiany czerwono-białej) do 672,31 kg (u rasy charolaise). Uzyskane tusze mieściły się w przedziale od 336,64 kg (rasa polska hf odmiany czerwono-białej) do 377,79 kg (rasa charolaise). Najwyższą wydaj-nością rzeźną odznaczały się buhajki ras: limousine (56,29%), charolaise (56,25%) i simen-

talskiej (55,58%), a najniższą buhajki rasy polskiej hf odmiany czarno-białej (53,75%). Ocena stopnia otluszczenia metodą punktową wykazała, że tusze buhajków rasy polskiej hf odmiany czarno-białej i odmiany czerwono-białej zawierały najwięcej tłuszczu, ponieważ wskaźnik ten wyniósł 2,8 pkt. Najmniej otluszczone tusze (2,2 pkt) pozyskiwano od buhajków rasy charolaise.

Zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych wartości wskaźnika wydajności rzeźnej buhajków rasy holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej stwierdzili Litwińczuk [1999] (54,60%) oraz Mlynek i Litwińczuk [2001] (54,90%). Niższe wartości wskaźnika wydajności rzeźnej odnotowali Oprządek i in. [2007] (50,94%). Natomiast wyższe wartości podają Mlynek i Guliński [2007] (57,60%). Z kolei wyniki badań przeprowadzonych przez Magdę i in. [2010] wskazują, że tylko bydło ras mięsnych stanowi wartościowy materiał rzeźny, a najlepszą rasą pod względem wydajności (55,65%) i innych cech użytkowych okazała się rasa limousine, co świadczy o dobrym prostowaniu do krajowych warunków hodowlanych.

Kwasowość oznaczona po 24 h od uboju wahała się od 5,61 do 5,68 (tab. 1) i była nieco niższa od optymalnej. Przyjmuje się, że prawidłowa wartość pH mięsa wołowego, zapewniająca dobry przebieg dojrzewania powinna wynosić 5,8 [Strzyżewski i in. 2008].

Pozyskane od buhajków tusze poddane zostały klasyfikacji w systemie EUROP, a wyniki zestawiono w tabeli 2. Po przeanalizowaniu uzyskanych wartości stwierdzono, iż tusze buhajków rasy limousine i charolaise uzyskiwały najczęściej klas najwyższych, a tusze buhajków rasy simentalskiej najczęściej klas średnich. Z kolei tusze buhajków rasy polskiej hf odmiany czarno-białej i odmiany czerwono-białej otrzymywały najczęściej klas najniższych.

Spośród różnych ras bydła kierowanych do opasu tylko bydło mięsne i jego mieszańce pozwalają uzyskać zadowalające efekty produkcyjne i wołowinę spełniającą wymogi konsumentów [Sakowski i in. 2001]. O wartości rzeźnej bydła oraz jakości tuszy świadczy udział elementów o wyższej wartości handlowej [Śmiecińska i Wajda 2008]. Tusze lepiej ocenione w klasyfikacji EUROP charakteryzują się większą masą pięciu podstawowych wyrębów [Choroszy i in. 2009, Wajda i Burczyk 2013].

Tabela 2. Udział tusz w poszczególnych klasach EUROP (%)

Rasa	Klasa				
	E	U	R	O	P
Charolaise	3,33	36,67	33,33	26,67	–
Limousine	6,66	30,01	40,0	23,33	–
Simentalska	–	43,33	46,67	10,0	–
hf czarno-biała	–	6,67	6,67	86,66	–
hf czerwono-biała	–	6,67	23,33	70,0	–

Podsumowanie

Najwyższą wydajnością rzeźną charakteryzowały się buhajki ras limousine (56,29%) i charolaise (52,25%), a najniższą buhajki rasy polskiej hf odmiany czarno-białej (53,75%). Ocena stopnia otluszczenia metodą punktową wykazała, że tusze buhajków rasy polskiej hf odmiany czarno-białej i odmiany czerwono-białej zawierały najwięcej tłuszczu, ponieważ wskaźnik ten wyniósł 2,8 pkt. Z kolei ocena uformowania i umięśnienia przeprowadzona w systemie EUROP wykazała, iż buhajki rasy limousine i charolaise uzyskiwały najczęściej

klas najwyższych, natomiast buhajki rasy polskiej hf odmiany czarno-białej i odmiany czerwono-białej otrzymywały najwięcej klas najniższych. Reasumując, można stwierdzić, że najbardziej przydatnymi rasami do użytkowania rzeźnego są limousine i charolaise, ponieważ buhajki tych ras charakteryzowały się najwyższą wydajnością rzeźną oraz bardzo dobrym umięśnieniem i uformowaniem tuszy.

Bibliografia

- Choroszy B., Choroszy Z., Topolski P., 2009. Analiza składu tkankowego tusz buhajków rasy simentalskiej w zależności od uzyskanej klasy umięśnienia w systemie EUROP. *Rocz. Nauk Rol., B, Zootechnika* 36(1), 17–23.
- Daszkiewicz T., Wajda S., 2002. Wartość rzeźna oraz jakość mięsa buhajków rasy czarno-białej i limousine. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. Tłuszcz.* 39, 17–25.
- Florowski T., Pisula A., 2007. Wpływ transportu bydła i przechowywania mięsa na jego zmiany ilościowe i jakościowe. *Wiś Jutra* 11, 1–5.
- Golębiewski M., 2017. Główne rasy bydła mięsnego. *Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Olsztynie*, 5–15.
- Grodzki H., 2009. Zmiany w chowie bydła w Polsce w ostatnim 25-leciu. *Prz. Hod.* 11, 1–4.
- Grodzki H., Przysucha T., 2010. Krzyżowanie towarowe jako jedna z metod zwiększenia ilości i poprawy jakości wołowiny. *Prz. Hod.* 11, 3–7.
- Kinal S., Lubojemska B., Gajewczyk P., 2007. Wpływ żywienia bydła opasowego na kształtowanie się cech jakościowych mięsa wołowego. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. Tłuszcz.* 45, 89–98.
- Kolczak T., 2008. Jakość wołowiny. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1(56), 5–22.
- Litwińczuk A., 1999. Wartość rzeźna i jakość mięsa buhajków cb oraz mieszańców cb (F_1 i R_1) z rasą limousine. *Pr. Mat. Zootech.* 55, 75–83.
- Litwińczuk Z., 2012. Krzyżowanie towarowe bydła w Polsce – znaczenie i wyniki. *Prz. Hod.* 1, 7–8.
- Litwińczuk Z., Grodzki H., 2014. Stan hodowli i chowu bydła w Polsce oraz czynniki warunkujące rozwój tego sektora. *Prz. Hod.* 6, 1–5.
- Magda F., Strzelecki J., Lisiak B., Lisiak D., Janiszewski P., Grześkowiak E., 2010. Wpływ rasy i kategorii na wartość rzeźną bydła ubijanego w Polsce w 2009 roku. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 6(4), 329–339.
- Malczyk E., Marchel J., Dudek M., Cierach M., 2012. Skład podstawowy i kruchość mięsa wołowego mieszańców ras mięsnych i ras typu użytkowego mlecznego. *Inż. Przetw. Spoż.* 3–4, 29–32.
- Miciński J., Klupczyński J., Ostoja H., Cierach M., Dymnicka M., Łozicki A., Daszkiewicz T., 2005. Wpływ rasy i żywienia buhajków na wyniki klasyfikacji ich tusz w systemie EUROP oraz ocenę tekstury mięsa. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 44, 147–156.
- Mlynek K., Litwińczuk Z., 2001. Slaughter value and physic-chemical meat quality of black-and-white cattle and commodity crossbreds slaughtered at different body weight. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10(5), 149–152.
- Mlynek K., Guliński P., 2007. The effect of growth rate and at slaughter on dressing percentage and colour, pH 48 and microstructure of longissimus dorsi muscle in Black-and White (BW) bulls vs commercial crossbreds of BW with beef breeds. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 25(2), 65–71.
- Oprządek J., Dymnicki E., Reklewski Z., 2007. Zmiany tempa wzrostu i składu tkankowego tuszy młodego bydła w zależności od rasy. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zoot.* 3(2), 103–109.
- Sakowski T., Dasiewicz K., Słowiński M., Oprządek J., Dymnicki E., Wiśnioch A., Słoniewski K., 2001. Jakość mięsa buhajków ras mięsnych. *Med. Weter.* 57(10), 748–757.
- Stąporek K., Ziemiński R., 2006. Aktualne trendy w chowie i hodowli bydła limousine. *Prz. Hod.* 7, 1–4.

- Strzyżewski T., Bilska A., Kryztofiak K., 2008. Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. Nauka Przyr. Technol. 2, 2–12.
- Szarek J., Adamczyk K., Frelich J., 2008. Stan i perspektywy rozwoju hodowli bydła mięsnego w Polsce. Wiad. Zootech. 46(4), 23–36.
- Szulc T., 2013. Chów i hodowla zwierząt. Wyd. UP we Wrocławiu, 124–129.
- Śmiecińska K., Wajda S., 2008. Jakość mięsa tusz wołowych zaliczonych w klasyfikacji poubojowej EUROP do różnych klas. Żywn. Nauka Technol. Jakość 3(58), 57–66.
- Wajda S., Burczyk E., 2013. Wartość rzeźna buhajków i jałówek. Gosp. Mięś. 9, 13–18.
- Wnęk K., Stachelek B., Przysucha T., 2015. Bydło highland lub mieszańce phf × highland – propozycja do gospodarstw ekologicznych. Bydło 2, 30–35.

WARTOŚĆ UŻYTKOWA LOSZEK MIESZAŃCOWYCH (pbz × wbp, wbp × pbz) NA PRZYKŁADZIE CHLEWNI ZARODOWEJ

Marta Borsuk¹

Według Litwińczuka i Barłowskiej [2010] produkcja zwierzęca jest integralną częścią rolnictwa, uszlachetniającą produkcję roślinną. Głównym celem gospodarczym jest wytworzenie podstawowego dla człowieka dobra, jakim jest żywność. Wielkość produkcji determinowana jest przez popyt wynikający z sukcesywnie wzrastającej liczby ludności. Głównymi kierunkami krajowej produkcji zwierzęcej są produkcja mleka i żywca wieprzowego [Kopiński 2014]. Jak podaje Grudniewska [1998], trzoda chlewna, jako druga po bydło, jest najważniejszym gatunkiem spośród zwierząt gospodarskich. Znaczenie gospodarcze wynika ze specyfiki cech użytkowych, liczebności pogłowia, a także znaczenia mięsa wieprzowego w diecie społeczeństwa.

Organizacja hodowli i metody oceny wartości hodowlanej trzody chlewnej w Polsce

W hodowli niezbędna jest poprawa pogłowia pod względem genetycznym. Z racji dużych kosztów oraz pracochłonności doskonalenie odbywa się na wybranej części populacji aktywnej. Materiał pochodzący z hodowli rozprowadzany jest do gospodarstw towarowych. Hodowla służy poprawie pogłowia krajowego, natomiast chów dotyczy działań produkcyjno-technologicznych w celu produkcji tuczników. W chowie i hodowli świń w Polsce obecnie obowiązuje dwustopniowa organizacja. Pierwszy stopień stanowi hodowlę zarodową, obejmującą stada produkujące knurki i loszki hodowlane lub tylko loszki. Na tym poziomie realizowane są krajowy program hodowlany oraz pierwsza faza krzyżowania – produkcja mieszańców F₁, z przeznaczeniem do ferm towarowych. Drugi stopień natomiast obejmuje krzyżowanie towarowe, prowadzące do uzyskania osobników z wyłącznym przeznaczeniem na tucz [Blicharski i Hammermeister 2013].

Praca hodowlana prowadzona jest przez Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „Polsus”. Głównym celem jest osiągnięcie jak najwyższego postępu genetycznego w cechach rozplodowych, tucznych i rzeźnych. Praca hodowlana składa się z etapów: oceny, selekcji, a następnie doboru par do rozrodu [<http://www.polsus.pl/index.php/hodowla/krajowy-programhodowlany>].

¹ *Naukowe Koło Hodowców Trzody Chlewnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

Ocena wartości hodowlanej początkowo opierała się na ocenie pokroju, następnie wprowadzono ocenę wartości tucznej i rzeźnej prowadzoną przyżyciowo oraz poubojowo w stacjach kontroli (SKURTC). Na podstawie tych ocen szacowano indeksy loszek i knurków. Kolejną wprowadzoną oceną była ocena metodą BLUP, pozwalająca na porównywanie osobników ze sobą spokrewnionych pochodzących z różnych stad i będących w różnym wieku. Dodatkowo lochy utrzymywane w stadach hodowlanych objęte zostały oceną użytkowości rozplodowej [Szyndler-Nędza 2014].

Według Blicharskiego [2012] każda z prowadzonych ocen ma zarówno wady, jak i zalety. Ocena pokroju jest stosunkowo subiektywna. Ocena przyżyciowa natomiast, mimo że obarczona może być błędem, wynikającym z wpływu czynników środowiskowych, jest oceną szybką, pozwalającą na podejmowanie decyzji selekcyjnych. Ocena prowadzona w stacjach kontroli jest cennym źródłem informacji dotyczących przekazywania założeń dziedzicznych potomstwu. Jednakże jej przebieg jest skomplikowany i kosztowny, w związku z czym obejmuje ona osobniki najwartościowsze. Metoda BLUP obecnie jest uważana za standard europejski, a nawet światowy. Ceniona jest ze względu na największą dokładność, która wynika z wykorzystania bardzo wielu danych o użytkowości krewnych. Ponadto pozwala ona na rozdzielenie wpływu czynników środowiskowych i genetycznych [Żak 2005].

W hodowli kojarzenie prowadzone jest w obrębie ras lub też krzyżowania międzyrasowego do produkcji mieszańców. Loszki mieszańcowe mogą być produkowane z linii matecznych: pbz i wbp, zaś knurki z wykorzystaniem ras ojcowskich, tj. duroc, pietrain, hampshire [www.polsus.pl]

Zgodnie z Blicharskim i in. [2017] wystąpienie w hodowli mieszańców F_1 pozwoliło na ich wykorzystanie do produkcji tuczników. Użytkowość loszek i knurków mieszańcowych wzrasta w wyniku heterozji. Loszki F_1 szybciej osiągają dojrzałość płciową, dają liczniejsze mioty, o większej masie urodzeniowej, a także odchowują większą liczbę prosiąt. Natomiast knurki F_1 szybciej osiągają dojrzałość płciową, ale i charakteryzują się większą masą i wielkością jąder, większym popędem płciowym oraz produkują większe ilości nasienia o znacznie lepszej jakości. Przyczynia się to do zwiększenia skuteczności krycia oraz uzyskania liczniejszych i cięższych miotów. Ponadto mieszańce F_1 wyróżniają się lepszą zdrowotnością, odpornością.

Metodyka badań własnych

Badania i obserwacje zostały przeprowadzone w okresie od 01.01 do 30.09.2017 r. w gospodarstwie specjalizującym się w produkcji materiału hodowlanego trzody chlewnej czystorasowego i mieszańców F_1 na bazie linii matecznych: pbz, wbp oraz ojcowskich: duroc i pietrain. Stado podstawowe składa się ze 170 loch oraz z 6 knurów. Gospodarstwo zlokalizowane jest w województwie kujawsko-pomorskim.

Badanym materiałem zwierzęcym było 40 loszek mieszańcowych, podzielonych na dwie grupy liczące każda po 20 szt., I grupa – pbz \times wbp, II grupa – wbp \times pbz. Loszki wybrano losowo spośród samic urodzonych w okresie od 01.01. do 22.03.2017 r. oraz ocenionych i zakwalifikowanych jako materiał hodowlany do 30.09.2017 r. Materiał do pracy stanowiły dane pochodzące z systemu informatycznego „Trzoda”, dokumenty prowadzone w gospodarstwie oraz własne notatki i obserwacje. Po urodzeniu prosiąt odnotowano liczbę prosiąt żywo urodzonych oraz udział loszek i knurków w miocie. Loszki przeszły kolejne oceny i selekcje, zgodnie z procedurami obowiązującymi w chlewni. Pierwsza selekcja odby-

ła się między 20. a 21. d.z., obejmowała ona liczbę sutków (min. 14) oraz masę ciała (min. 6 kg). Drugą selekcję przeprowadzono w wieku 3 miesięcy. Oceniano wówczas wstępnie pokrój zwierzęcia, kontrolowano masę ciała i powtórnie liczono sutki. Trzecia selekcja przeprowadzona została w wieku 150–210 dni na podstawie oceny przyżyciowej zwierzęcia oraz właściwej oceny pokroju. Ostatecznej selekcji dokonano w dniu sprzedaży.

W badaniach i obserwacjach wybranej populacji loszek uwzględniono następujące cechy: liczebność oraz strukturę miotów, z których pochodziły loszki, liczbę sutków oraz wyniki oceny przyżyciowej. Dla wymienionych cech wyliczono średnie arytmetyczne i odchylenie standardowe. Istotność różnic między grupami stwierdzono, stosując analizę wariancji w układzie jednoczynnikowym i test NIR. Opracowanie statystyczne wykonano w programie Statistica 13.0.

Wartość użytkowa loszek mieszańcowych F_1

W tabeli 1 zaprezentowano wartość użytkową loszek mieszańcowych. Zakwalifikowane loszki pochodziły z licznych miotów, średnio 12,6 prosięcia. Jednakże liczniejsze mioty uzyskano u loch pzb krytych knurami rasy wbp. Jak podają Rekiel i in. [2013], wzrost liczebności miotu nie miał wpływu na liczbę upadków czy też liczbę prosiąt odsadzonych. Większą płodnością oraz lepszymi wynikami odchovu prosiąt charakteryzowały się lochy pochodzące z miotów o liczebności minimum 13 prosiąt, jednakże istnieją teorie, że najlepszy materiał hodowlany otrzymuje się ze średnio i mało licznych miotów, jak podają Jarczyk i Van Der Steen [1998]. W pracy nie wykazano związku pomiędzy liczebnością miotu, z którego pochodził badany materiał zwierzęcy, a wartościami cech użytkowych.

W strukturze miotów przeważały loszki, stanowiące 64,6% mieszańców pzb × wbp oraz 65,6% mieszańców wbp × pzb. Mniej knurków rodziło się w miotach loch wbp krytych knurami pzb. Według badań Walkiewicza i in. [2000] udział płci w miocie wpływał na cechy tuczne oraz rzeźne. Natomiast najwyższe wartości cech rozplodowych były możliwe do uzyskania, gdy loszki pochodziły z miotów, gdzie udział loszek i knurków był taki sam. Całkowita produktywność loszek osiągała najwyższą wartość, gdy pochodziły one z miotów, gdzie udział samic wynosił od 25 do 75%. Według Walkiewicza i in. [2000] badany materiał zwierzęcy powinien charakteryzować się najwyższą całkowitą wartością produktywności.

Ze względu na przeznaczenie loszek hodowlanych cechą istotną jest liczba sutków. Była ona największa u loszek pzb × wbp. Wykazano między grupami istotne różnice dotyczące omawianej cechy ($P \leq 0,05$), co wskazuje na wysoką wartość rozplodową loszek mieszańcowych F_1 pzb × wbp. Jak twierdzi Milewska [2006], liczba sutków jest cechą istotną, ale nisko fenotypowo i genetycznie skorelowaną z cechami wydajności reprodukcyjnej. Jednakże wskazany jest wybór loch o większej liczbie sutków, gdyż może to przyczynić się do poprawy ich użyteczności rozplodowej. W cytowanych badaniach loszki miały średnio 14,6 sutka, nieco mniej niż w niniejszej pracy. Podobnie Lechowska i Kusz [2003] uważają, że liczba sutków przekraczająca 14 wskazuje na wysoką wartość hodowlaną samicy pod względem płodności i mleczności.

Tabela 1. Wartość użytkowa loszek mieszańcowych ($\bar{x} \pm SD$)

Cechy	pbz × wbp	wbp × pbz
Liczebność miotu (szt.)	12,7 ±1,0	12,5 ±1,2
Liczba loszek w miocie (szt.)	8,2 ±1,1	8,2 ±1,3
Liczba knurków w miocie (szt.)	4,5 ±1,2	4,3 ±2,0
Liczba sutfków (szt.)	15,4 ^a ±0,8	14,8 ^b ±0,8
Średnie przyrosty m.c. do dnia oceny (g/dz.)	719 ^A ±65,7	641,5 ^B ±63,3
Mięsność (%)	57,6 ±1,2	58,2 ±1,8
Grubość słoniny z dwóch pomiarów (mm)	10,7 ±1,1	10,3 ±1,8
Wysokość „oka” polędwicy (mm)	58,6 ^a ±2,8	56,4 ^b ±3,5
Indeks selekcyjny (pkt)	122,9 ^A ±9,6	112,7 ^B ±7,7
Szacowane przyrosty w tuczu (g/dz.)	930,4 ^A ±7,1	868,4 ^B ±66,8

A, B – różnice istotne na poziomie $P \leq 0,01$; a, b – różnice istotne na poziomie $P \leq 0,05$

Loszki mieszańcowe F_1 wyróżniały się wysoką wartością tuczną i rzeźną. Biorąc pod uwagę wyniki zawarte w tabeli 1, można stwierdzić, że korzystniejszy jest wariant krzyżowania, w którym komponentem matecznym jest rasa polska biała zwisłoucha, zaś komponentem ojcowskim rasa wielka biała polska. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 1, wykazano wysoko istotną różnicę między średnimi wartościami standaryzowanych przyrostów masy ciała oraz wartościami indeksu selekcyjnego ($P \leq 0,01$), natomiast istotna różnica wystąpiła pomiędzy średnimi wartościami wysokości „oka” polędwicy i liczbą sutfków ($P \leq 0,05$).

Loszki o genotypie pbz × wbp odznaczały się m.in. większymi dobowymi przyrostami masy ciała (średnio o 77,5 g), nieco mniejszą mięsnością (o 0,6%), większym „okiem” polędwicy (o 2,2 mm) oraz indeksem selekcyjnym (o 10,2 pkt). Pomiedzy średnimi wartościami szacowanych przyrostów w tuczu w obu grupach wykazano wysoko istotną różnicę ($P \leq 0,01$). Według szacowanych przyrostów w tuczu, które były większe u loszek pbz × wbp (o 62 g/dz.), można wnioskować, że taki materiał będzie przynosił lepsze efekty produkcyjne w chowie masowym. Największą zmiennością charakteryzowały się wartości indeksu selekcyjnego, która kształtowała się w granicach od 107 do 142 pkt, oraz szacowane przyrosty w tuczu. Osobniki najwybitniejsze osiągnęły wartość maksymalną szacowanych przyrostów w tuczu 1055 g/dz. Średnia grubość słoniny z dwóch pomiarów, P2 i P4, utrzymywała się na podobnym poziomie w obu grupach badawczych. Porównując obie grupy loszek F_1 , wykazano istotną różnicę między średnimi wartościami liczby sutfków ($P \leq 0,05$). Loszki o genotypie pbz × wbp znacznie przewyższały drugą grupę, średnio o 0,6 sutfków. Pomimo, że loszki wbp × pbz osiągają w hodowli ogólnie gorsze wyniki, jednak materiał produkowany w gospodarstwie nie odbiegał od średniej krajowej, a nawet charakteryzował się wyższymi standaryzowanymi przyrostami masy ciała o 8,5 g/dz. [Blicharski i in. 2016]. Udział mięsa u loszek wbp × pbz wynosił średnio 58,2%.

Porównując własne dane z wynikami badań Nowachowicza i in. [2011] dotyczącymi oceny przyżyciowej loszek F_1 z województwa kujawsko-pomorskiego w latach 2004–2008, należy podkreślić, że osiągnięto znaczny postęp hodowlany (tab. 2). Obecnie loszki wyróżniają się znacznie lepszymi cechami tucznymi, takimi jak większe przyrosty masy ciała, średnio o 132 g u pbz × wbp oraz 48 g u wbp × pbz. Produkowany materiał ma mniejszy udział tłuszczu, większy udział polędwicy, a także uzyskuje lepsze wartości indeksu selekcyjnego, średnio o 24 pkt dla loszek pbz × wbp i 15 pkt dla loszek wbp × pbz.

Tabela 2. Porównanie średnich cech oceny przyżyciowej loszek F₁ hodowanych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego

Cechy	Badania własne		Nowachowicz i in. [2011]	
	pbz × wbp	wbp × pbz	pbz × wbp	wbp × pbz
Średnie przyrosty do dnia oceny (g/dz.)	719	641,5	587,07	593,11
Mięsność (%)	57,6	58,2	56,23	56,34
Grubość słoniny z pomiaru P ₂ i P ₄ (mm)	10,7	10,3	11,06	11,50
Wysokość „oka” połędwicy (mm)	58,6	56,4	51,37	53,01
Indeks selekcyjny (pkt)	122,9	112,7	97,96	99,25

Wysokość „oka” połędwicy w obu grupach osiągała znaczne wartości w stosunku do wyników uzyskanych przez Matysiak i in. [2010]. Jednakże w badaniach Knechta i in. [2014] wartość tejże cechy u loszek pbz × wbp wyniosła 61,47 mm. Mniejszym „okiem” połędwicy oraz większym otluszczeniem wyróżniały się loszki wbp × pbz w badaniach Rekiel i in. [2011]. W niniejszych badaniach nie stwierdzono zależności pomiędzy średnimi przyrostami masy ciała a wysokością „oka” połędwicy, którą wykazali w swoich badaniach Nowachowicz i in. [2011]. Natomiast zaobserwowano silną współzależność pomiędzy wartością indeksu selekcyjnego a standaryzowanymi przyrostami dobowymi masy ciała, co wykazali także w swoich badaniach Nowachowicz i in. [2012]. Wraz z większymi przyrostami masy ciała standaryzowanymi na 180. d.ż. osobniki osiągają wyższe wartości indeksu selekcyjnego. Wykazano wysoko istotną korelację ($P \leq 0,01$) pomiędzy omawianymi cechami, wynoszącą odpowiednio 0,93 dla loszek pbz × wbp i 0,84 dla loszek wbp × pbz.

Badane grupy odznaczały się wysokimi wartościami cech użytkowych, co świadczy o wysokiej jakości materiału produkowanego w omawianej chlewni. Wybór loszek mieszańcowych do produkcji masowej jest uwarunkowany wieloma cechami użytkowymi, które zostały omówione w niniejszej pracy. Według Huang i in. [2003] cechy reprodukcyjne loszek uzależnione są od wartości ich matki, jak i również podlegają wpływowi ich ojca. Zgodnie z badaniami Tummaruk i in. [2001] pochodzenie, wielkość miotu, przyrosty masy ciała i grubość słoniny oraz wiek pierwszego pokrycia loszek wpływają na wyniki ich użytkowania w stadzie podstawowym. Według autorów wybór odpowiedniego materiału hodowlanego powinien opierać się na ocenie wartości wielu cech, z uwzględnieniem parametrów produkcyjnych w stosunku do oczekiwanej przyszłej wydajności reprodukcyjnej w stadzie podstawowym.

Podsumowując, należy stwierdzić, że wartości cech użytkowych loszek z obu grup hodowlanych kształtowały się na wysokim poziomie, w porównaniu ze średnią krajową populacji loszek, jak również wynikami badań innych autorów. Korzystniejszym wariantem krzyżowania okazało się zastosowanie jako komponentu matczynego rasy polskiej białej zwisłouchej a ojcowskiego rasy wielkiej białej polskiej. Poprzez realizację programu hodowlanego obejmującego ocenę, selekcję oraz dobór par do rozrodu można osiągnąć postęp hodowlany w cechach ważnych z gospodarczego punktu widzenia.

Bibliografia

- Blicharski T., 2012. SHiUZ w Bydgoszczy dołoży się do oceny stacyjnej świń. *Top Agrar Pol.* 4, Top Świnie 4.
- Blicharski T., Hammermeister A. (red.), 2013. Strategia odbudowy i rozwoju produkcji trzody chlewnej w Polsce do roku 2030 mająca na celu poprawę funkcjonowania sektora produkcji wieprzowiny. Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „Polsus”, Warszawa, 48–53.
- Blicharski T., Horbańczuk J., Łukaszewicz M., Pierzchała M., Ptak J., Snopkiewicz M., 2016. Wyniki oceny trzody chlewnej w 2015 roku. Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „Polsus”, Warszawa, 9–17.
- Blicharski T., Hammermeister A., Warda A., Snopkiewicz M., Skrzymowska K., Kolodziejczyk P., Rekiel A., Więcek J., 2017. *Polsus Top Genetics*. Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „Polsus”, Warszawa, 14–15.
- Grudniewska B. (red.), 1998. Hodowla i użytkowanie świń. Praca zbiorowa. Wyd. Akademii Rolniczo-Technicznej, Olsztyn, 75–79.
- <http://www.polsus.pl/index.php/hodowla/krajowy-programhodowlany> [dostęp: 29.11.2016].
- Huang Y.H., Yang T.S., Lee Y.P., Roan S.W., Liu S.H., 2003. Effects of Sire Breed on the Subsequent Reproductive Performances of Landrace Sows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16(4), 489–493.
- Jarczyk A., Van Der Steen H.A.M., 1988. Reproductive performance of breeding gilts reared from high and medium litters. *Acta Acad. Agric. Tech. Olsz., Zootechnica* 31, 113–119.
- Knecht D., Śrudoń S., Duziński K., 2014. Ocena przyżyciowa stopnia otluszczenia i umięśnienia loszek o różnym genotypie przy użyciu ultrasonografu Aloka SSD-500 w odniesieniu do wybranych wskaźników użytkowości rozplodowej. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 10(3), 25–35.
- Kopiński J., 2014. Określenie stopnia polaryzacji głównych kierunków produkcji zwierzęcej w Polsce. *Rocz. Nauk. Stow. Ekon. Agrobiz.* 26(2), 142–147.
- Lechowska J., Kusz D., 2003. Wartość rozplodowa loch zarodowych polskiej białej zwislouchej wpisanych do rejestru użytkowości rozplodowej. *Prz. Hod.* 4, 17–19.
- Litwińczuk Z., Barłowska J., 2010. Uwarunkowania produkcji zwierzęcej w Polsce i jej znaczenie dla żywienia na tle sytuacji światowej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 556(2), 611–621.
- Matysiak B., Kawęcka M., Pietruszka A., Jacyno E., Kolodziej-Skalska A., 2010. Użytkowość rozplodowa loch w zależności od stopnia umięśnienia w dniu pierwszego pokrycia. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 9(4), 153–160.
- Milewska W., 2006. Production traits of Polish Large White sows kept in breeding herds in the Warmia and Mazury region in the years 1998–2002. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 24, Suppl. 1, 103–112.
- Nowachowicz J., Michalska G., Bucek T., Wasilewski P.D., 2011. Wyniki oceny przyżyciowej z uwzględnieniem cech otluszczenia i umięśnienia loszek mieszańców o zróżnicowanym tempie wzrostu. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 7(3), 39–53.
- Nowachowicz J., Michalska G., Wasilewski P.D., Bucek T., 2012. The analysis of the performance test results including correlation between the traits of this evaluation in crossbred gilts. *J. Cent. Eur. Agric.* 13, 681–694.
- Rekiel A., Więcek J., Bartosik J., Beyga K., 2011. Relationships between placenta weight and fatness of body weight of high-pregnant sows and the selected reproduction indicators. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 7(4), 99–105.
- Rekiel A., Więcek J., Rafalak S., Ptak J., Blicharski T., 2013. Wpływ liczebności miotu pochodzenia loch rasy polskiej białej zwislouchej i wielkiej białej polskiej na liczbę prosiąt urodzonych i odchowanych. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 9(1), 41–48.
- Szyndler-Nędzka M., 2014. Metodyka oceny wartości użytkowej i hodowlanej świń. W: A. Rekiel i in., *Praktyczne wykorzystanie wyników badań w produkcji zwierzęcej*. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu, 9–10.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S., Dalin A.M., 2001. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, back fat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Anim. Reprod. Sci.* 66, 225–237.
- Walkiewicz A., Babicz M., Kasprzyk A., Dziura J., 2000. Analiza rozkładu płci prosiąt w miotach loch zarodowych rasy pbz oraz związek cech miotu z użytkowością rozplodową odchowanych z nich loszek. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 18, 61–68.
- Żak G., 2005. O szacowaniu wartości hodowlanej świń w Polsce. *Trzoda Chl.* 3, 18–20.

BEHAVIOR BYDŁA UTRZYMYWANEGO W WARUNKACH CAŁOROCZNEGO WYPASU NATURALNEGO

Edyta Jakimiec¹, Krystian Strojny¹, Paulina Główka¹, Piotr Dycha¹,
Sylwester Walczak¹, Anna Pirga¹, Łukasz Kaca¹, Kamila Kostka¹,
Witold Chabuz², Paweł Żółkiewski²

Czynniki modyfikujące zachowanie zwierząt

Rzadkością jest w obecnych systemach hodowli zwierząt, aby udomowione zwierzęta były utrzymywane w ich naturalnych warunkach środowiskowych. Intensyfikacja chowu spowodowała np. zamknięcie bydła i koni w pomieszczeniach inwentarskich, gdzie pozostają w całkowitej zależności od człowieka. Jednakże stworzenie im jak najbardziej optymalnych warunków bytowania wymaga kompleksowej znajomości ich behawioru [Pisula 2006].

Behawior jest określanym jako wzorzec działania zwierząt, wyrażany w sposób instynktowny lub dobrowolny [Sablík i in. 2010]. Zwierzę część swoich umiejętności dziedziczy, a część nabywa przez uczenie się [Epps 2002]. Zachowanie zwierząt udomowionych i wolno żyjących jest ściśle związane z ich trybem życia, a dla poszczególnych gatunków i ras istnieje wzorzec behawioralny, w którym można wydzielić typowe dla nich zachowania [Kaleta 2007].

Selekcja bydła trwająca setki lat doprowadziła do ujednoczenia zwierząt zarówno pod względem budowy, jak i behawioru. Najbardziej oczekiwane było bydło niezbyt duże, spokojne oraz takie, które nie przejawiało problemów w styczności z człowiekiem. Toteż współczesne rasy bydła nie mają tak dużych rozmiarów jak niegdyś tury, a także rasy użytkowane przez człowieka mają usposobienie łagodne. Typy użytkowania mleczny i mięsny charakteryzują się odmiennym postępowaniem człowieka ze zwierzęciem. Dlatego także między wzorcami behawioralnymi w tych kierunkach utrzymywania występują różnice [Epps 2002].

Zachowania pokarmowe

Zachowania pokarmowe bydła zależne są od systemu utrzymania. Typ użytkowy, klimat, a także pory roku mają bardzo duży wpływ na zachowanie zwierząt. Bydło można utrzymywać w systemie pastwiskowym, który jest najbardziej zbliżony do naturalnego, czyli

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowli Bydła, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Zakład Hodowli Zwierząt i Ochrony Zasobów Genetycznych, Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

zachowania żywieniowe są porównywalne z pierwotnymi. Pobieranie pokarmu to bardzo znacząca czynność, ponieważ trwa ok. 10 h, zaś przeżuwanie 6–8 h i odpoczynek 4–6 h na dobę. Bydło pobiera najwięcej paszy o wschodzie i zachodzie słońca, zaś w ciągu dnia intensywność spada, co spowodowane jest wzrostem temperatury. Wyróżnia się także utrzymanie alkierzowe i alkierzowo-pastwiskowe, czyli mieszane [Bao i in. 1992]. Dodatkowo intensywność pobierania paszy spada w bardzo niskich lub wysokich temperaturach, a także przy silnie wiejącym wietrze, zwiększa się natomiast w dni umiarkowanie ciepłe oraz przy mniejszej sile wiatru [Phillips 2002].

Tabela 1. Liczba skanów i odsetek zachowań w 6 obserwowanych stadach [Kilgour i in. 2012]

Kategorie behawioralne	Rok 1						Rok 2						Łącznie	
	stado 1		stado 2		stado 3		stado 4		stado 5		stado 6			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Wypas	3926	60,3 ^{ab}	8890	61,0 ^a	25,960	51,6 ^{abc}	12,264	51,2 ^{abc}	9804	47,7 ^{bc}	7421	41,4 ^c	68,265	51,0
Odpoczynek w pozycji stojącej	585	9,0 ^w	1620	11,1 ^{wx}	9567	19,0 ^s	4121	17,2 ^{wx}	3854	18,8 ^s	3105	17,3 ^{wx}	22,852	17,1
Odpoczynek w pozycji leżącej	863	13,3 ^{wx}	2286	15,7 ^{wx}	4432	8,8 ^s	3371	14,1 ^{wx}	4266	20,8 ^w	4446	24,8 ^w	19,664	14,7
Przemieszczanie	835	12,8 ^{ab}	1420	9,7 ^b	8797	17,5 ^a	3186	13,3 ^{ab}	2132	10,4 ^b	2159	12,1 ^b	18,529	13,8
Samodzielna pielęgnacja w pozycji stojącej	60	0,9	73	0,5	547	1,1	372	1,6	171	0,8	242	1,4	14,656	1,1
Czyszczenie innych zwierząt w pozycji stojącej	84	1,3	65	0,5	253	0,5	168	0,7	76	0,4	149	0,8	795	0,6
Pobieranie wody	56	0,9	41	0,3	272	0,5	98	0,4	112	0,5	106	0,6	685	0,5
Zachowania agonistyczne	20	0,3	96	0,7	148	0,3	77	0,3	46	0,2	127	0,7	514	0,4
Zachowania społeczne w pozycji stojącej	41	0,6	46	0,3	155	0,3	95	0,4	39	0,2	49	0,3	425	0,3
Wydalenie w pozycji stojącej	8	0,1	3	0,0	50	0,1	61	0,3	20	0,1	16	0,1	158	0,1
Obserwacja otoczenia	11	0,2	14	0,1	21	0,0	56	0,2	8	0,0	44	0,3	154	0,1
Zgryzanie	9	0,1	16	0,1	21	0,0	21	0,1	2	0,0	15	0,1	84	0,1
Próby krycia	2	0,0	1	0,0	65	0,1	6	0,0	0	0,0	2	0,0	76	0,1
Toczenie języka	0	0,0	1	0,0	28	0,1	41	0,2	0	0,0	1	0,0	71	0,1
Leżenie na boku	5	0,1	10	0,1	12	0,0	3	0,0	16	0,1	13	0,1	59	0,0
Samopielęgnacja w pozycji leżącej	3	0,1	2	0,0	1	0,0	14	0,1	9	0,0	12	0,1	41	0,0
Lizanie obiektów	0	0,0	0	0,0	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
Zachowania społeczne w pozycji leżącej	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
Łącznie	6509	–	14,584	–	50,331	–	23,954	–	20,555	–	17,907	–	133,840	–

Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a, b, c – $p < 0,05$; w, x – $p < 0,001$

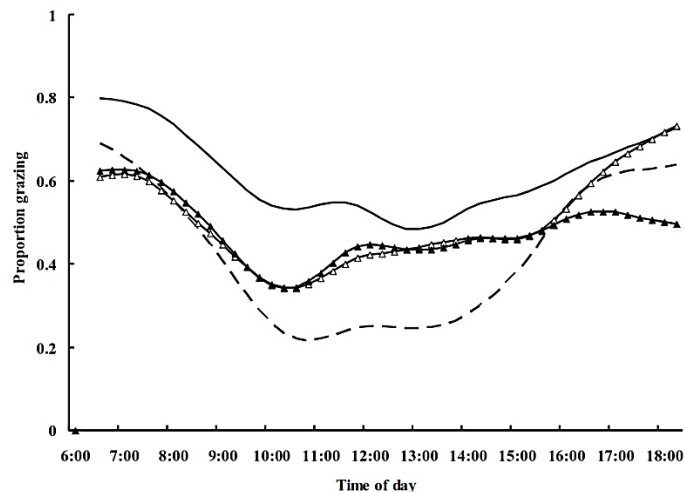
Bydło jest zwierzęciem stadnym, dlatego pobieranie paszy odbywa się w tym samym czasie i miejscu. Krowy przez pasienie stymulują do pobierania pożywienia inne (tzw. wymuszenie socjalne), które w tym czasie odpoczywają i nie odczuwają głodu [Val-Laillet i in. 2008]. Typowy przykład stadnego pobierania paszy przedstawiono na fotografii 1.

Pasienie (ang. *grazing*) w warunkach wypasu naturalnego jest czynnością zajmującą na ogół zwierzętom największą ilość czasu. Kilgour i in. [2012] stwierdzili, że bydło najczęściej czasu spędzało właśnie na tej czynności (od 41,4 do 61,0% czasu, w zależności od stada), następnie na leżeniu i przeżuwaniu (8,8–24,8% czasu), staniu i przeżuwaniu (9,0–19,0% czasu) oraz chodzeniu (9,7–17,5% czasu). Pomimo znacznych różnic dla poszczególnych zachowań w zależności od obserwowanego stada czas poświęcany na te cztery czynności był zbliżony we wszystkich grupach (95,4–97,7%) – tab. 1.

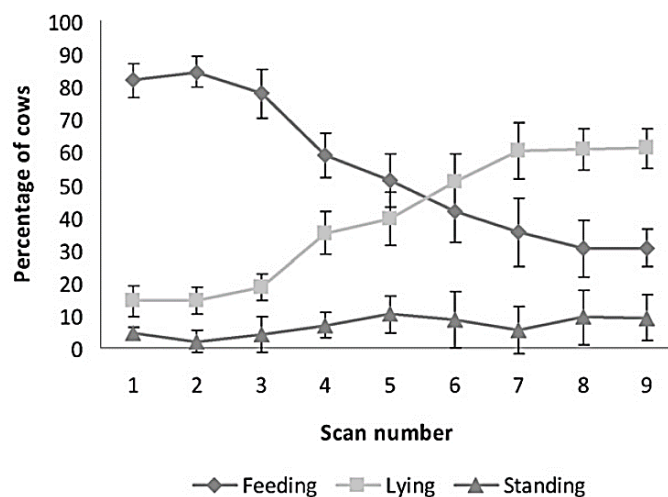


Fot. 1. Wypas stada krów rasy białogrzbieter i polskiej czerwonej w warunkach naturalnych (fot. A. Pirga)

W większości stad intensywny wypas w warunkach naturalnych odbywa się we wczesnych godzinach porannych oraz popołudniowych. Podobnie było w badaniach Kilgoura i in. [2012], gdzie cztery stada wykazywały podobny dobowy przebieg wypasu. Natomiast z pozostałych dwóch stad jedno wykazywało podobny wzór, ale z trzecim szczytem w środku dnia, podczas gdy szóste stado wykazywało stopniowy wzrost wypasu w ciągu dnia (ryc. 1). W badaniach Gibbonsa i in. [2010] w trakcie kolejnych skanów spadał udział krów pasących się, wzrastała natomiast częstotliwość odpoczynku (ang. *lying*) – ryc. 2.



Ryc. 1. Procent zwierząt pasących się w zależności od stada i pory dnia [Kilgour i in. 2012]



Ryc. 2. Procentowy rozkład czynności wykonywanych przez krowy w zależności od skanów [Gibbons i in. 2010]

Behavior lokomotoryczny

Naturalnym zachowaniem zwierząt jest przemieszczanie. Lokomocja ma na celu pobieranie pokarmu, wody, szukanie schronienia, utrzymywanie kontaktu socjalnego z innymi zwierzętami w stadzie, ale również szukanie miejsca porodu. Bydło może przemieszczać się przez spacer, kłus, galop, skakanie, ale także pływanie. Krowy preferują chodzenie do przodu. Potrafią też stawiać kroki do tyłu, ale robią to rzadko. Wynika to głównie z ich budowy [Phillips 2002].

Najkorzystniejsze pod względem zdrowotnym dla krów jest przemierzanie ok. 3 km na dobę. Zarówno dorosłe, jak i młode poświęcają dużo czasu ruchowi. Młodsze osobniki przemierzają więcej kilometrów dziennie niż dorosłe. Co prawda przemieszczają się, trzymając się blisko matek, ale wykonują więcej ruchu, w którego skład wchodzi zabawa w pojedynkę, np. bieganie przy matce, lub wspólna, np. bodzenie i przepychanie się [Phillips 2002]. Jak wspomniano wcześniej [Kilgour i in. 2012], bydło na przemieszczanie się poświęcało od 9,7 do 17,5% doby, czyli średnio 3,3 h. Jest to typowa czynność wśród stad utrzymywanych w warunkach naturalnych w odróżnieniu od zwierząt zamkniętych w oborach, gdzie przemieszczanie się ograniczone jest do doju, podchodzenia do stołu paszowego lub wody, a rzadko odbywa się w celach „rekreacyjnych”.

Zachowania społeczne

Bydło przejawia, podobnie jak i konie, zachowanie naśladowcze, świadczy o tym wspólne przemieszczanie się zwierząt, ale również jednoczesne żywienie na pastwisku [Epps 2002]. Na czele stada znajduje się krowa dominująca, która decyduje o miejscu żeru, ale także wypiera inne zwierzęta z miejsc odpoczynku. Osobniki podporządkowują się hierarchii w stadzie i nie zaczepiają dominującej krowy oraz podlegającej jej krowy subdominandy. Kolejną grupę stanowią krowy podwładne pierwszej i drugiej. Stado w stosunku do nich ma nastawienie „służalcze”, natomiast wobec ostatniej grupy wykazują agresję. Osobniki indywidualne, ponieważ zajmują ostatnie miejsce w hierarchii stada, są nękanie przez pozostałe zwierzęta [Kowalski 2000]. Osobniki podporządkowane przeważnie trzymają się bliżej reszty stada, zaś dominanty zachowują większe dystanse [Hall 1997].

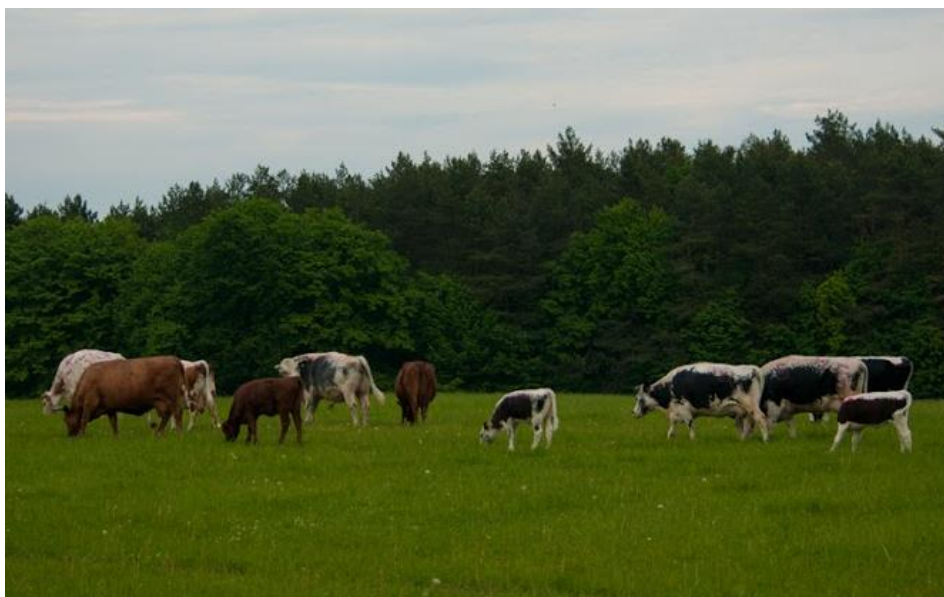
Separacja osobnika względem innych w stadzie ma negatywny wpływ na jego dobrostan. Powoduje zwiększenie lęku i gorsze znoszenie stresu, prowadzi do anomalii behawioralnych. Zbyt duże zagęszczenie zwierząt wpływa niekorzystnie na behavior pokarmowy oraz socjalny. Zwierzęta stają się agresywne, co ma następstwa w zaburzeniach rytmu dobowego [Calhoun 1962]. Trzeba jednak pamiętać, iż bydło to typowe gatunki stadne, w których naturę wpisana jest potrzeba kontaktów z innymi zwierzętami w stadzie. Utrata relacji między osobnikami powoduje emocjonalne zaburzenia, takie jak nerwowość, podatność na stres oraz lęki [Watras i in. 1991, Wilson 2000].

Występowanie specyficznych zachowań społecznych było również przedmiotem badań Kilgoura i in. [2012]. Choć reprezentowane były one z mniejszą częstotliwością, to ich częstotliwość różniła się w zależności od obserwowanych zwierząt. Na przykład czas na samopielegnowanie wahał się od 0,50 do 1,55%, a zachowania agonistyczne (zanik ruchu lub przyjmowanie pozy uległości przy strachu biernym, ucieczka pod wpływem strachu czynnego lub bólu; także agresja i zachowania pod wpływem wściekłości i strachu – groźenie) zajmowały od 0,22 do 0,71% (tab. 1). Warto zwrócić również uwagę na występowanie takich zachowań, jak czyszczenie innych zwierząt (ang. *allogrooming*), badanie otoczenia (ang. *investigate*), zgryzanie (ang. *browsing*).

Bydło rzadko przejawia zachowania agresywne, które zazwyczaj pojawiają się podczas ustalania hierarchii w stadzie. Zwierzęta tworzą grupy zależnie od płci i wieku. Grupy o ustalonej hierarchii powstają wśród zwierząt starszych i młodszych, samców i samic, a następnie pomiędzy tymi grupami również ustala się hierarchia: młodsze podporządkowane są starszym, samice – samcom. Zajmowana pozycja określa przywileje w miejscu odpoczynku czy pierwszeństwo w czasie pobierania paszy [Zwolińska-Bartczak 1992].



Fot. 2. Podkradanie mleka przez dorosłą krowę w czasie karmienia cielęta (fot. A. Pirga)



Fot. 3. Stado bydła biało-żółtego i rasy polskiej czerwonej (fot. A. Pirga)

W przypadku cieląt ważnym czynnikiem kształtującym ich późniejsze zachowanie jest długość czasu przebywania przy matce [Neja i in. 2017]. Użytkowanie mleczne krów oparte jest na jak najszybszym odłączeniu cieląt od krów po urodzeniu, co skutkuje niepokojem i nerwowością oraz nienaturalnym pobraniem siary. Cielęta ras mięsnych pozostawia się przy matkach po urodzeniu, co skutkuje ich lepszą aktywnością i szybszym pobraniem mleka [Kołac i Bodak 1999]. Zabawa, leżenie oraz odpoczynek cieląt są objawami prawidłowego behawioru [Neja i in. 2017].

Bydło w stadzie komunikuje się między sobą za pomocą sygnałów dźwiękowych, wizualnych, poprzez mowę ciała, a także zapachy. Ważną rolę odgrywa dotyk, który podtrzymuje koneksję społeczną, dlatego wzajemne czyszczenie się spełnia funkcję nie tylko higieniczną, ale też socjalną [Phillips 2002].

Zachowania rozrodcze

Wśród bydła jeden dominujący samiec kryje kilka potencjalnych matek jego potomstwa – występuje poligamia. Samiec, aby zapewnić sobie dostęp do krów, musi być w odpowiedniej kondycji fizycznej, a także zadbać o to, aby inny samiec nie zapłodnił jego samic. Bardzo ważna jest odpowiednia prezentacja wizualna i behawioralna ze strony samca, która decyduje o możliwości pokrycia samicy [Phillips 2002].

W przypadku samców wspieranie się na inne samce nie służy stricte uzewnętrznieniu popędu seksualnego. Funkcją takiego behawioru jest często rozładowanie napięcia emocjonalnego podczas różnego rodzaju sytuacji stresowych. Dodatkowo najczęściej to osobnik dominujący naskakuje na inne osobniki w celu podtrzymania i umacniania swojego miejsca w hierarchii grupy [Phillips 2002].

Zachowania zabawowe

Zachowania zabawowe najczęściej można zauważyć u osobników młodszych. Ten rodzaj behawioru obejmuje aktywności, czyli poznawanie otaczającego środowiska. Kolejnym przykładem takiego zachowania jest udawana agresja, okazywana m.in. przez bodzenie rówieśników, przepychanie różnych obiektów, stawianie dęba, a także imitację grożenia. Inny rodzaj zabawy to udawana kopulacja oraz ruchy charakterystyczne dla kopulacji. U cieląt można zaobserwować zabawy w formie udawanej ucieczki, która polega na galopowaniu, podskakiwaniu bez widocznego logicznego celu.

Zabawa wiąże się z wyrażaniem odpowiedniego behawioru bez występowania czynników stresogennych, które wykluczają możliwość przejawiania zachowań zabawowych. Zwierzęta bawią się jedynie wtedy, kiedy czują się bezpiecznie i komfortowo [Phillips 2002].

Młode najchętniej bawią się w godzinach porannych oraz przed zmierzchem. Samce przeznaczają więcej czasu na zabawę niż samice. Dodatkowo u młodych byczków obserwujemy większą chęć zabawy o charakterze udawanej agresji.

W spectrum korzyści płynących z zachowania zabawowego bydła znajdują się: trening zachowań przydatnych w przyszłym życiu zwierząt, ćwiczenie kondycji fizycznej i psychicznej oraz regulacja gospodarki energetycznej organizmu [Hadiger 1955].



Fot. 4. Krowa rasy polskiej czerwonej w czasie ocierania się o drzewo (fot. A. Pirga)

Odpoczynek

Odpoczynek bydła można podzielić na leżenie i spanie. Jest to bardzo istotne, aby zwierzęta miały możliwość położenia się, aby ograniczyć odczuwalny stres i wyczerpanie. Każdego dnia przeciętna krowa potrzebuje 13 h leżenia, a byk – 12 h, jednak wysokowarto-

ściowe krowy mleczne poświęcają na leżenie ok. 7–10 h na dobę, co spowodowane jest większą ilością czasu spędzonego na jedzeniu [Phillips 2002].

Według Ruckebusha bydło przejawia następujące stany aktywności:

- pełna czujność (ang. *alert wakefulness*, AW) – całkowicie otwarte oczy, występuje przez ok. 52% doby, głównie w dzień;
- ospałość (ang. *drowsiness*, DR) – opadająca górna powieka, obniżona czujność, wzrost progu pobudzenia, występuje przez ok. 31% doby, głównie w nocy;



Fot. 5. Stado bydła w czasie odpoczynku (fot. A. Pirga)

- sen płytki (ang. *quite sleep*, QS) – oczy prawie całkowicie zamknięte, jeszcze większy próg pobudzenia niż w przypadku ospałości, zajmuje 13% doby,
- sen paradoksalny (ang. *active sleep*, AS) – oczy zamknięte całkowicie, szybkie ruchy gałek ocznych, najwyższy próg pobudzenia, sporadyczne marzenia senne, 3% dobowej aktywności.

W fazie AW oraz DR często występuje przeżuwanie. Czasami także bydło przeżuwa, będąc w płytkim śnie, ale nie podczas snu paradoksalnego [Ruckebush 1972].

Czynniki zewnętrzne wpływające na zachowania behawioralne

Zmiany zachowań, których celem jest unikanie trudnych, a także stresowych warunków życia, nazywamy behawioralną reakcją termoregulacyjną. Do najbardziej charakterystycznych reakcji należą zmiany pozycji ciała względem środowiska, podłoża, słońca, których celem jest ochrona przed niekorzystnymi warunkami i szukanie schronienia przed ich działaniem [Studziński 2015].

Warunki pogodowe w okresie letnim, a w szczególności wysokie temperatury, wpływają na fizjologię i zachowanie bydła. W okresie letnim krowy przebywające w cieniu mają znacznie mniejszą częstość oddechów i dużo niższą temperaturę ciała niż bydło przebywające w nieosłoniętym miejscu. Drzewa i żywoploty dają naturalny chłód i cień, jednak różnią się pod względem zdolności zmniejszenia promieniowania słonecznego, prędkości wiatru i temperatury, w zależności od wysokości, rozstawu i gęstości różnych gatunków. Stwierdzono, że krowy są skłonne do korzystania z zacienień, nawet w dniach o stosunkowo słabym promieniowaniu słonecznym, co oznacza, że cień powinien być zapewniony przez większość letnich dni [Tucker i in. 2008].

Utrzymywanie bydła na pastwiskach postrzegane jest za korzystne dla ich dobrostanu, ponieważ umożliwia przejawianie naturalnych zachowań podczas wypasu. Jednak konsekwencją jest narażenie zwierząt na zimne i wilgotne warunki, w szczególności zimą. Krowy wystawione na działanie takich warunków zmieniają swoje zachowanie w celu złagodzenia negatywnych skutków złej pogody. Bydło szuka schronienia, które zmniejsza wpływ niepogody, szczególnie przy silnym wietrze i podczas silnego, uporczywego deszczu. W takich warunkach dostęp do pomieszczeń łagodzi niekorzystne działanie wiatru i deszczu oraz reakcje fizjologiczne na niskie temperatury ciała i skóry. Zwierzęta spędzają mniej czasu w pozycji leżącej, ponieważ nie chcą kłaść się na mokrą i błotnistą powierzchnię, przez co skraca się również czas pobierania pokarmu, chociaż może mieć na to wpływ wiele czynników, m.in. ciężkie warunki pogodowe, indywidualne zapotrzebowanie na energię, dostępność paszy, stopień aklimatyzacji i rodzaj mikroklimatu. Krowom niezbędne są również osłonięte obszary karmienia. W warunkach ograniczonego dostępu do żywności krowy, które nie spędzają czasu w osłoniętych miejscach, chudną i tracą kondycję. Dzieje się to szczególnie w okresie zimowym. Natomiast krowy przebywające w osłoniętych „obszarach” nie mają takich objawów [Schütz i in. 2010, Tucker i in. 2008].

Oddziaływanie wysokiej temperatury skutkuje z kolei stresem cieplnym. Występuje on często u krów i objawia się zmianami fizjologicznymi. Zauważono również, że krowy wykazują behawioralne objawy stresu, np. krótki czas spędzony na leżeniu, co może powodować kulawizny [Smith i in. 2016]. Zmaksymalizowanie wymiany ciepła niezależnie od środowiska bydło mleczne wykazuje w pozycji stojącej, co zwiększa dostępną powierzchnię do rozproszenia ciepła [Allen i in. 2013].

Bibliografia

- Allen J.D., Anderson S.D., Collier R.J., Smith J.F., 2013. Managing heat stress and its impact on cow behavior. 28th Annual Southwest Nutrition and Management Conference, 68, 150–159.
- Bao J., Giller P.S., Kett J.J., 1992. The effect of milk production level on grazing behaviour of Friesian cows under variable pasture conditions. *Ir. J. Agr. Food Res.* 31, 23–33.
- Calhoun J.B., 1962. Population density and social pathology. *Sci. Am.* 206(2), 139–149.
- Epps C., 2002. The Social Behavior of Cattle. ANSC 406, Texas A&M University Department of Animal Science.
- Gibbons J.M., Lawrence A.B., Haskell M.J., 2010. Measuring sociability in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 122, 84–91.
- Hadiger H. 1955. Studies of the psychology and behaviour of captive animals in zoos and circuses. Criterion Books, New York.
- Hall E.T., 1997. Ukryty wymiar. Warszawskie Wydawnictwo Literackie Muza, Warszawa.
- Kaleta T., 2007. Zachowanie się zwierząt. SGGW, Warszawa.
- Kilgour R.J., Uetake K., Ishiwata T., Melville G.J., 2012. The behaviour of beef cattle at pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138, 12–17.

- Kolacz R., Bodak E., 1999. Welfare of animals and criteria of its evaluation. *Med. Weter.* 55(3), 147–153.
- Kowalski A., 2000. Zjawisko dominacji i jego fizjologiczne implikacje u zwierząt. *Med. Weter.* 1, 1–4.
- Neja W., Jankowska M., Bogucki M., Krężel-Czopek S., Zielińska S., Ozkaya S., 2017. Behaviour of Calves. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 336(43)3, 103–110.
- Phillips C. 2002. *Cattle Behaviour and Welfare*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Pisula W., 2006. Zachowanie się zwierząt – propozycja standardu edukacyjnego. *Med. Weter.* 2, 135–138.
- Ruckebush Y., 1972. The Relevance of Drowsiness in the Circadian Cycle of Farm Animals. *Anim. Behav.* 20, 637–643.
- Sablik P., Kobak P., Biała M., Matkowski D., 2010. Porównanie behawioryzmu udomowionych zwierząt roślinożernych (bydła mięsnego i koni) w naturalnych warunkach bytowania w otulinie przyrodniczego Parku Narodowego „Ujście Warty”. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 9(4), 207–214
- Schütz K.E., Clark K.V., Cox N.R., Matthews L.R., Tucker C.B., 2010. Responses to short-term exposure to simulated rain and wind by dairy cattle: time budgets, shelter use, body temperature and feed intake. *Anim. Welf.* 19(4), 375–383.
- Smith J.F., Bradford B.J., Harner J.P., Potts J.C., Allen J.D., Overton M.W., Collier R.J., 2016. Short communication: Effect of cross ventilation with or without evaporative pads on core body temperature and resting time of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 99(2), 1495–1500.
- Studziński T., 2015. Termoregulacja. W: *Fizjologia zwierząt*. T. Krzymowski, J. Przała (red.), PWRiL, Warszawa.
- Tucker C.B., Rogers A.R., Schütz K.E., 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109(2), 141–154.
- Val-Laillet D., Passillé A.M. de, Rushe J., Kerseba M.A.G. von, 2008. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111, 158–172.
- Watrás Ś., Pisula W., Ostaszewski P., Matysiak J., 1991. Wpływ stresu socjalnego we wczesnym okresie rozwoju na zachowania emocjonalne szczurów. W: J. Matysiak, N. Daniłowa (red.), *Stres i różnice indywidualne*. Wydział Psychologii UW, Warszawa.
- Wilson E.O., 2000. *Socjobiologia*. Zysk i S-ka, Poznań.
- Zwolińska-Bartczak I., 1992. Genetyczne uwarunkowanie zachowania się zwierząt gospodarskich. *Przeg. Mater. Zoot. Zesz. Specj.* 1, 49–64.

ZMIANY WYDAJNOŚCI I SKŁADU CHEMICZNEGO MLEKA KRÓW W ZALEŻNOŚCI OD SYSTEMU ŻYWIENIA

Sylwester Walczak¹, Edyta Jakimiec¹, Paulina Główna¹, Krystian Strojny¹,
Kinga Fic¹, Witold Chabuz², Piotr Stanek²

Wśród ras o użytkowaniu dwukierunkowym bydło rasy simentalskiej ma największe znaczenie na terenie Polski. Szacunkowa populacja bydła tej rasy liczy ok. 42 mln szt., z czego w krajach należących do Europejskiej Federacji Hodowców Bydła Simentalskiego pogłowie bydła utrzymywanego dwukierunkowo wynosi ok. 9,5 mln krów [Choroszy i Choroszy 2013].

Rasa simentalska została wyodrębniona z rasy bydła plamistego górskiego, wyhodowanego w szwajcarskich Alpach, w dolinie rzeki Simme. Trudne warunki klimatyczne wykształciły w bydle simentalskim cechy przypisywane bydłu o dwukierunkowym użytkowaniu mleczno-mięsnym [Litwińczuk i in. 2006].

W latach 50. XX w. na wniosek Ministra Rolnictwa bydło simentalskie zostało zain-trodukowane w czterech powiatach pogórza karpackiego – sanockim, brzozowskim, leskim oraz powiecie Ustrzyki Dolne i stworzono tam ośrodek hodowli simentalów [Choroszy i Choroszy 2013].

Zawartość białka ogólnego w mleku bydła simentalskiego utrzymuje się na poziomie 3,62%, przy 2,74% kazeiny oraz 4,16% tłuszczu, co wpływa na uzyskanie istotnie ($p \leq 0,01$) korzystnego stosunku białkowo-tłuszczowego, który wynosi 0,87 i świadczy o przydatność tego mleka, zwłaszcza w produkcji serowarskiej [Król i in. 2011].

Bydło simentalskie w Polsce pojawiło się po raz pierwszy na terenach dzisiejszego Podlasia w XVIII w. Pod koniec XIX w. rozprzestrzeniło się na terenie całego kraju, głównie na Kresach Wschodnich. Już wtedy poznano się na walorach smakowych serów czy też masła wytwarzanych z mleka tej rasy [Choroszy i Brejta 2008].

W latach powojennych nie przewidywano odnowienia pogłowia bydła simentalskiego, lecz dzięki staraniom mgr. Jana Ulma – pracownika wojewódzkiego inspektoratu hodowli bydła w Rzeszowie – oraz mgr. Tadeusza Hetmana – pracownika urzędu wojewódzkiego na stanowisku zootechnika odpowiedzialnego za ponowne przywrócenie simentala na terenach południowych – w dniu 27 sierpnia 1955 r. zarządzeniem Ministra Rolnictwa przywrócono to bydło na terenach obecnego powiatu sanockiego oraz Pogórza Dynowskiego i równole-gle rozpoczęto prowadzenie ksiąg bydła zarodowego dla rasy simentalskiej, do których to w pierwszym roku zostało zaliczonych ok. 2500 krów w typie simentala [Mroczek 2004].

Materiał hodowlany sprowadzany w późniejszych latach miał znaczący wpływ na po-wstający rejon hodowlany rasy simentalskiej, jak również na późniejszy rozwój programu

¹ *Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowców Bydła, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

² *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

hodowlanego. Sprowadzany materiał męski miał za zadanie poprawę cech funkcjonalnych oraz użytkowych potomstwa. Cel został spełniony, u potomstwa poprawił się kaliber, zwiększyła się masa; otrzymano potomstwo bardzo dobrze przygotowane do panujących surowych warunków Pogórza Karpackiego. Jednakże należy pamiętać, że poza poprawą cech funkcjonalnych, mleczność została nieznacznie poprawiona względem ocenianej rodzimej populacji [Mroczek 2004].

Schylek lat 80., który charakteryzował się bardzo niestabilną sytuacją rynkową, przyniósł załamanie na rynku hodowlanym w kraju. Upadek wielu państwowych gospodarstw rolnych utrudnił prowadzenie doskonalenia rasy, czego wynikiem było utrzymywanie po kilka sztuk tego bydła w indywidualnych gospodarstwach w większości nieprowadzących oceny użytkowości [Draus i Stopyra 2003].

Liczba krów objętych kontrolą w roku 1990 wynosiła zaledwie 1085 wobec ponad 3000, które były oceniane w latach 80. [Kaczyński i Ślósarz 2002]. W roku 2000 kontrolą użytkowości mlecznej było objętych 3711 krów. Średnia wydajność dla tej populacji wynosiła 4068 kg mleka przy 3,32% białka i 3,94% tłuszczu. Z roku na rok wzrasta liczba krów objętych kontrolą użytkowości [Choroszy i in. 2013]. Obecnie na terenie kraju kontrolą wartości użytkowej krów mlecznych objętych jest 10 377 krów rasy simentalskiej, co stanowi 1,35% ogólnej liczby wszystkich ocenionych krów w 2016 r. [PFHiPM 2017].

Celem krajowego programu doskonalenia rasy simentalskiej jest jej doskonalenie z jednoczesnym utrzymaniem dwukierunkowego charakteru użytkowania. Oznacza to doskonalenie w równej mierze cech mlecznych i mięsnych, z zachowaniem na wysokim poziomie cech funkcjonalnych, takich jak: zdrowotność, długowieczność, płodność [Choroszy i in. 2008].

Systemy żywienia

Tradycyjny system żywienia krów mlecznych, który charakteryzował się zadawaniem poszczególnych pasz, zmieniono w latach 60. XX w. Nowo powstały system polegał na zadawaniu pełnej, wymieszanej dawki żywieniowej nazwanej TMR (ang. *total mixed ration*) lub PMR (ang. *partly mixed ration*). Obecnie jest to rozwiązanie standardowo stosowane w żywieniu bydła. Podstawową przyczyną zastosowania żywienia TMR u bydła było zapobieganie zaburzeniom trawienia i chorobom przemiany materii u krów o wysokiej wydajności dobowej mleka, co jest związane z koniecznością skarmiania dużej ilości pasz treściwych. Inną ważną przyczyną wprowadzenia nowej techniki żywienia było występowanie hierarchii w stadzie utrzymywanym w systemie wolnostanowiskowym podczas pobierania paszy. W takich warunkach krowy mające słabą pozycję w stadzie były często niedokarmiane, a silniejsze zwierzęta, o wysokiej pozycji, były przekarmiane. Podczas stosowania TMR wszystkie zwierzęta pobierały paszę o tym samym składzie. Po przejściu z żywienia tradycyjnego krów na TMR następował wzrost wydajności mleka [Gaworski i in. 2007].

W praktyce stosowanie żywienia systemem TMR napotykało na trudności ze względu na duże zróżnicowanie dobowej wydajności między krowami w stadzie. Wynika ono z różnego stadium i kolejności laktacji oraz potencjału genetycznego zwierząt. Aby zmniejszyć zróżnicowanie wydajności w stadach większych, stosuje się podział stada na grupy laktacyjne. Możliwości podziału są często ograniczone ze względów funkcjonalno-budowlanych

obory i z powodu samej organizacji stada. Niedogodnością jest także konieczność sukcesywnych zmian składu grup zwierząt [Winnicki i in. 2012].

Do zalet systemu żywieniowego TMR możemy zaliczyć:

- możliwość wprowadzenia do dawki pokarmowej znacznej ilości pasz treściwych,
- pozytywny wpływ na motorykę żwacza – obniżenie ryzyka występowania chorób metabolicznych (kwasica, zasadowica) poprzez rzadkie zmiany sporządzanej dawki,
- korzystny wpływ na zawartość tłuszczu w mleku (poprawa o ok. 0,1–0,2%),
- stymulowanie syntezy białka bakteryjnego i pierwotniaczego,
- zmniejszenie selektywnego pobierania paszy dzięki równo pociętym oraz kompleksowo wymieszanym komponentom,
- możliwość kontrolowania pobranej paszy (obserwowany wzrost pobrania paszy o ok. 1–2 kg w stosunku do systemu tradycyjnego),
- ułatwienie kontroli dodawania pasz mineralnych i witaminowych,
- poprawa wskaźnika rozrodu krów,
- zmniejszenie pracochłonności dzięki zmechanizowaniu zadawania paszy,
- zmniejszenie się procentowej objętości resztek pasz, tzw. niedojadów,
- poprawa wydajności mlecznej o ok. 5% i wykorzystania pasz o 4%,
- zmniejszenie kosztów prac.

Do głównych wad stosowania systemu TMR możemy zaliczyć:

- początkowy koszt związany z zakupem odpowiedniego sprzętu do sporządzania i zadawania odpowiedniej dawki pokarmowej,
- konieczność utworzenia odpowiednich grup technologicznych (laktacyjnych) w celu sporządzenia oraz efektywnego wykorzystania paszy [Włodarczyk i Budvytis 2011].

Żywnienie alkierzowe – system tradycyjny

System tradycyjny zadawania pasz jest bardzo pracochłonny i wymaga dużych nakładów siły roboczej. Pasza zadawana charakteryzuje się niejednorodną strukturą, co sprzyja jej selektywnemu pobieraniu przez zwierzęta. W większości gospodarstw paszę zadaje się trzy razy dziennie, czego wynikiem jest brak ciągłego dostępu do niej przez zwierzęta. Ogranicza to pobieranie paszy przez krowę w odpowiedniej ilości. Wadą tego systemu jest zadawanie paszy w ilościach niewystarczających zapotrzebowaniu bytowemu oraz produkcyjnemu krów [Sobotka i in. 2011].

Żywnienie pastwiskowe bydła

Wypas zwierząt roślinożernych jest naturalną i najtańszą, a równocześnie skuteczną formą utrzymania walorów krajobrazowych obszarów chronionych. Oblamywanie, kruszenie suchych liści traw zapobiega tworzeniu się zwartej warstwy ściółki. Zgryzanie powstrzymuje rozwój siewek drzew i krzewów oraz masowy rozwój traw typowych dla łąk kośnych, np. życicy trwałej. Naruszenie powierzchni glebowej racicami zwierząt tworzy miejsca, gdzie mogą wykiełkować nasiona roślin stepowych, a także zwiększa powierzchnię absorpcji wody. Wypas sprzyja krzewieniu traw i zapobiega erozji gleby [Chabuz i in. 2012].

Trwale użytki zielone (TUZ) są bardzo dobrym źródłem naturalnych i tanich wartościowych pasz w okresie letnim. W gospodarstwach ekstensywnych albo niskotowarowych

wykorzystanie wypasu pastwiskowego jako bazy paszowej w okresie letnim stanowi niemal 100% zapotrzebowania dziennego na pasze.

Obecnie wykorzystanie możliwości trwałych użytków zielonych na terenie kraju jest na bardzo niskim poziomie. Zagroza to funkcjonowaniu oraz istnieniu ekosystemów łąkowych. Wypas krów w okresie letnim zabezpiecza trwale użytki zielone przed ponowną sukcesją gatunków niepożądanych na potencjalnych terenach pastwiskowych [Jankowska i Domański 2008].

Prowadzenie hodowli bydła mlecznego opartego na wypasie letnim jest korzystne ze względów ekonomicznych. Koszty poniesione na produkcję oraz konserwację pasz stanowią ok. 60–75% kosztów produkcji mleka. Zielonka pastwiskowa jest bardzo wartościową paszą objętościową, a przy tym jest paszą taną. Dla krów o średniej wydajności może stanowić podstawową paszę w okresie letnim. Ruch na świeżym powietrzu, słońce oraz bezpośrednie pobieranie paszy wpływa pozytywnie na przebieg procesów metabolicznych. Utrzymanie pastwiskowe krów mlecznych jest szczególnie zalecane w gospodarstwach prowadzących ekologiczną produkcję, gdzie w przepisach określone jest, aby zwierzęta w okresie letnim przebywały na wybiegach minimum 150 dni, a pasze objętościowe stanowiły minimum 60% dawki żywieniowej [Strzetelski i in. 2004].

Skład botaniczny runi pastwiskowej powinien być w jak największym stopniu zróżnicowany. Dobra ruń w swej różnorodności gatunkowej charakteryzuje się występowaniem:

- 30% traw wysokich (kostrzewa łąkowa, tymotka łąkowa, kupkówka pospolita),
- 50% traw niskich (życica trwała, wiechlina łąkowa, kostrzewa czerwona),
- 10–20% roślin motylkowych (koniczyna biała, koniczyna czerwona, lucerna),
- 10% ziół.

Wypas krów mlecznych prowadzony jest jako ciągly albo rotacyjny. Wypas kwaterowy najczęściej trwa od jednego do 3 dni, przy ok. 20-dniowym czasie odrostu runi pastwiskowej w okresie wiosennym do 30 dni w okresie późnoletnim. Kwaterowy wypas polega na podziale pastwiska na kwatery, a następnie kolejnym ich zgryzaniu. Najistotniejszym elementem jest ustalenie odpowiedniej liczby kwater w taki sposób, aby zapewnić pasącym się krowom ciągly dostęp do paszy w trakcie trwania całego sezonu pastwiskowego.

Z kolei wypas ciągly odbywa się od razu na całej powierzchni pastwiska, bez wydzielania kwater [Radkowska 2013].

Badania własne

Mniejsza średnia dobową wydajność mleczna krów żywionych jedynie w systemie TMR nie znajduje potwierdzenia w badaniach innych autorów. Wyniki otrzymane przez Januś [2009] wskazują na lepszą wydajność krów żywionych w systemie TMR w porównaniu z żywieniem tradycyjnym. Wybór systemu żywienia wywiera duży wpływ na zawartość tłuszczu w mleku, natomiast ma mniejsze znaczenie dla zawartości białka. Większą zawartość tłuszczu w mleku zaobserwowano w grupie utrzymywanej alkiezowo (2), co było prawdopodobnie wynikiem większej zawartości włókna w podawanej dawce TMR, aniżeli zwierzęta były w stanie pobrać z pastwiska [Radkowska 2012].

Białkiem mleka o największym znaczeniu dla przemysłu mleczarskiego, głównie przetwórstwa serowarskiego, jest kazeina. Jak podają Barłowska i in. [2014], jej zawartość w mleku krowim najczęściej mieści się w przedziale 2,4–2,8%, stanowiąc ok. 75–80% ogólnej ilości białek mleka. Wyniki potwierdzają tę tezę i w obu badanych grupach poziom kazeiny wynosił w ujęciu rocznym dla grupy 1 – 78%, a dla grupy 2 – 78% (tab. 1). Jednakże

rozpatrując wyniki dotyczące pory letniej, kiedy dla grupy pierwszej jedynym źródłem pożywienia było pastwisko (tab. 3), stwierdzono, że zawartość kazeiny nie zmieniała się, jak również w grupie żywionej w systemie TMR wartość procentowa nie zmieniła się. Zmiany dotyczyły jedynie zawartości procentowej białka ogólnego (BO) i kazeiny, która wynosiła w grupie 1 – BO – 3,31%, kazeina – 2,58%; w grupie 2 – BO – 3,43%, kazeina – 2,67%.

Tabela 1. Wydajność mleczna krów i skład chemiczny mleka z podziałem na 2 grupy badawcze: 1 – grupa żywiona w sezonie letnim pastwiskowo, 2 – grupa utrzymywana wyłącznie alkierzowo, żywiona TMR

Grupa	N	Mleko (kg)		Tłuszcz (%)		Białko (%)		Kazeina (%)		Laktoza (%)		Sucha masa (%)		LKS	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1	854	21,37b	5,59	4,15	0,65	3,46a	0,36	2,71a	0,30	4,84b	0,19	13,29	0,95	399,51a	1178,18
2	967	19,09a	22,27	4,17	0,76	3,56b	0,36	2,79b	0,30	4,74a	0,25	13,30	0,99	742,41b	1431,03
Razem	1821	20,16	16,71	4,16	0,71	3,52	0,36	2,75	0,30	4,79	0,23	13,30	0,97	581,60	1329,21

a, b – różnice istotne na poziomie $P \leq 0,05$

Tabela 2. Wydajność mleczna krów i skład chemiczny mleka z uwzględnieniem sezonów żywieniowych w ujęciu rocznym

Sezon	N	Mleko (kg)		Tłuszcz (%)		Białko (%)		Kazeina (%)		Laktoza (%)		Sucha masa (%)		Komórki somatyczne	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Zima	187	17,07a	20,89	4,58c	0,78	3,76c	0,36	2,95c	0,30	4,74a	0,29	13,87d	1,06	446,71	783,00
Wiosna	335	23,01b	32,80	4,23b	0,64	3,41a	0,35	2,66a	0,30	4,82b	0,19	13,22b	0,94	507,20	1050,51
Lato	621	20,89	6,00	3,95a	0,66	3,37a	0,29	2,63a	0,25	4,82b	0,19	13,00a	0,82	669,40	1548,74
Jesień	678	18,94a	6,85	4,21b	0,70	3,64b	0,34	2,86b	0,29	4,76a	0,26	13,45c	0,98	575,15	1351,06

a, b – różnica istotne na poziomie $P \leq 0,05$

Tabela 3. Wydajność mleczna krów i skład chemiczny mleka z uwzględnieniem rocznych sezonów żywieniowych w poszczególnych grupach badawczych; grupa żywiona w okresie letnim pastwiskowo (system alkierzowo-pastwiskowy)

Sezon	N	Mleko (kg)		Tłuszcz (%)		Białko (%)		Kazeina (%)		Laktoza (%)		Sucha masa (%)		Komórki somatyczne	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Zima	69	17,59	4,66	4,36b	0,65	3,74b	0,30	2,95b	0,25	4,89	0,25	13,78b	0,96	372,0	610,3
Wiosna	161	23,58	6,25	4,25b	0,62	3,28c	0,32	2,56a	0,27	4,85	0,18	13,17c	0,09	366,0	921,9
Lato	306	22,24	5,37	4,00a	4,00	3,31c	0,29	2,58a	0,25	4,84	0,18	13,04c	0,81	455,6	1463,9
Jesień	318	20,24	4,95	4,20b	4,20	3,64b	0,32	2,86b	0,27	4,82	0,20	13,50b	0,92	368,4	1076,8

a, b – różnica istotne na poziomie $P \leq 0,05$

Po analizie grupy żywionej systemem pastwiskowym (tab. 4) w okresie letnim wykazano, że największa średnia produkcja dobową mleka została odnotowana w sezonie wiosennym i wyniosła 23,58 kg. Natomiast najniższą średnią produkcją mleka charakteryzował się sezon zimowy, w którym krowy produkowały dziennie średnio 17,59 kg surowca. Średnia zawartość kazeiny w mleku również okazała się uzależniona od średniej produkcji mleka w poszczególnych sezonach produkcyjnych. Najwyższą średnią zawartość procentową kazeiny w mleku zaobserwowano w sezonie zimowym (2,95%) oraz wiosennym (2,86%). Najniższą procentową zawartość kazeiny stwierdzono w sezonie letnim (2,58%).

Tabela 4. Wydajność mleczna krów i skład chemiczny mleka z uwzględnieniem rocznych sezonów żywieniowych w poszczególnych grupach badawczych h; grupa żywiona całorocznie dawką TMR (system alkierzowy)

Sezon	N	Mleko (kg)		Tłuszcz (%)		Białko (%)		Kazeina (%)		Laktoza (%)		Sucha masa (%)		Komórki somatyczne	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Zima	118	16,77	22,36	4,71b	0,83	3,77b	0,39	2,95b	0,33	4,66c	0,29	13,92b	1,12	490,3	867,7
Wiosna	174	22,48	45,17	4,20b	0,65	3,52c	0,35	2,75a	0,29	4,79b	0,19	13,26	0,78	637,8	1144,0
Lato	315	19,57	6,29	3,90c	0,71	3,43a	0,29	2,67a	0,24	4,79b	0,20	12,95a	0,84	877,0	1602,07
Jesień	360	17,79	8,00	4,21b	0,73	3,64b	0,35	2,85b	0,30	4,71a	0,28	13,41	1,03	757,7	1532,0

W mleku krów z grupy żywionej systemem alkierzowym na bazie TMR całorocznie (tab. 4) stwierdzono mniejsze wahania zawartości kazeiny. Jednakże sezon zimowy, podobnie jak w grupie żywionej w okresie letnim, również odznaczył się najlepszą produkcją kazeiny, której zawartość w białku mleka wyniosła 2,95%. Sezon letni pod tym względem wypadł najgorzej; udział kazeiny w białku wyniósł 2,67%.

Należy zaznaczyć jednak, że różnice w całorocznym ujęciu zawartości białka były większe w grupie utrzymywanej w systemie żywienia kombinowanego (0,39%) aniżeli w grupie utrzymywanej całorocznie alkierzowo (0,28%).

Wyniki własnych badań zostały potwierdzone przez innych autorów. Pilarska [2014] w sezonie zimowym uzyskała mniejsze średnie wyniki produkcji mleka przy jednoczesnej większej procentowej zawartości białka ogólnego, kazeiny i tłuszczu. W sezonie utrzymywania pastwiskowego co prawda średnia dobową produkcją mleka była większa, lecz zawartość poszczególnych składników mleka – mniejsza. Również Słoniewski [2006] potwierdza ujemną korelację między wydajnością dobową mleka a udziałem białka i tłuszczu w surowcu pozyskiwanym od krów w sezonie letnim.

Stwierdzono również, że zawartość procentowa tłuszczu w okresie wiosenno-letnim był większa w mleku krów z grupy 1 (tab. 3) i wynosiła średnio 4,12%. Z kolei w tym samym okresie procentowa zawartość tłuszczu w mleku krów z grupy 2 (tab. 4) wynosiła średnio 4,05%. Okres zimowego żywienia pomimo takiej samej dawki TMR odznaczył się także różnicami zawartości tłuszczu w zależności od grupy. Wyniosła ona 4,36% dla gr. 1 i 4,71% dla gr. 2. Tak duża różnica mogła być spowodowana zmianą żywienia – przejściem grupy nr 1 na wyłączone żywienie alkierzowe i co za tym idzie – zmianą właściwości paszy, do której musiał się przyzwyczaić organizm krów. Nie mniej jednak zawartość tłuszczu

w mleku była zadowalająca w obu grupach. W pracy Litwińczuka i in. [2003] również zostało wykazane, że średnia zawartość tłuszczu wynosiła ponad 4%.

Stwierdzono, że zawartość laktozy w mleku statystycznie we wszystkich okresach roku była większa u krów żywionych w okresie wiosenno-letnim pastwiskowo (tab. 3) w porównaniu z grupą żywioną jedynie alkierzowo (tab. 4). W każdym z sezonów różnice wynosiły: zimą 0,23, wiosną 0,06, latem 0,05, jesienią 0,03. Różnice w zawartości laktozy prawdopodobnie były wynikiem różnic laktacyjnych grup analizowanych. W grupie 2 (tab. 4) ok. 32% krów było pierwiastkami. Górska [2004] zaobserwowała, że wraz ze wzrostem liczby komórek somatycznych z 400 tys. do >1 000 tys./ml nastąpił spadek zawartości laktozy w mleku z 4,73% do 4,48%.

Zasadnicze różnice dotyczyły liczby komórek somatycznych. Stwierdzono, że grupa 1 (tab. 3) wykazywała się mniejszą ich liczbą względem grupy 2 (tab. 4). Podobne wyniki osiągnęła Radkowska [2012]. U krów utrzymywanych pastwiskowo w całym okresie rocznym wykazała wysoce istotnie niższą ($P \leq 0,01$) średnią LKS wynoszącą 341 tys./ml. W grupie krów utrzymywanych alkierzowo w analogicznym okresie LKS wyniosła 756 tys./ml. Również prace m.in. Sawy i in. [2000] potwierdziły sezonowość występowania zwiększonej liczby komórek somatycznych. Większą zawartość komórek obserwowano w sezonie letnim w obu grupach badawczych i wynosiła 455,64 tys./ml dla grupy 1 oraz 877,04 tys./ml dla grupy 2, a w sezonie zimowym LKS wyniosła odpowiednio 372 tys./ml oraz 490,39 tys./ml. Można stwierdzić, że mleko krów wypasanych w okresie letnim odznaczało się lepszymi właściwościami higienicznymi, co może świadczyć o korzystnym wpływie wypasu na zdrowotność wymienia i rzutować na pozostałe sezony.

Z analizy zebranych danych wynika, że oparcie żywienia jedynie na wypasie pastwiskowym w okresie letnim ma swoje wady i zalety. Należy zwrócić szczególną uwagę na osiągnięte wydajności dobowe krów w obu analizowanych grupach. Krowy, które pozostawały jedynie w obrębie alkierzu, osiągnęły mniejszą wydajność, lecz nieco większą zawartość kazeiny. Ze względu na koszty produkcji mleka lepiej jednak prezentuje się grupa wypasana na pastwisku. Osiągnęła lepszą wydajność dzienną, przy nieco mniejszej zawartości procentowej kazeiny, lecz koszt produkcji mleka w systemie pastwiskowym jest zdecydowanie niższy.

Bydło simentalskie jest rasą, która świetnie wykorzystuje pasze objętościowe i jest w stanie zadowolić się niewielką ilością paszy treściwej, a nawet może jej być pozbawiona, nie ponosząc strat w produkcji mleka, czego nie spotkamy w przypadku rasy HF.

Bibliografia

- Barłowska J., Brodziak A., Król J., Kędzińska-Matyszek M., Litwińczuk Z., 2014. Zawartość kazeiny w mleku krowim z regionu wschodniej Polski i jej zmiany w okresie 5 lat. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 10(1), 37–44.
- Chabuz W., Grzywaczewski G., Rysiak A., Cios S., Podolak G., Litwińczuk Z., 2012. Wpływ wypasu lokalnych ras bydła na różnorodność biologiczną łąk i pastwisk Polesia Lubelskiego. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 8(4), 81–90
- Choroszy B., Brejta W., 2008. Charakterystyka bydła rasy simentalskiej oraz zasady prowadzenia pracy hodowlanej ze szczególnym uwzględnieniem cech funkcjonalnych zwierzęcia. W: K. Bilik, J. Skrzetelski, B. Choroszy (red.), *Technologia produkcji mleka w stadach krów rasy simentalskiej w oparciu o zasady rolnictwa zrównoważonego w warunkach przyrodniczych Pogorza*. IZ PIB, Kraków, 8–23.
- Choroszy B., Beneš E., Brejta W., Choroszy Z., 2013. The Polish Population of Simmental Cattle in 2012 Year. *Proc. 30th European Simmental Federation Congress*. Ptuj, Slovenia, 18.05, s. 2.

- Choroszy B., Beneš E., Choroszy Z., Brejta W., 2008. Simmental Breeding in Poland. Council Meeting of the European Simmental Federation in Poland, 79–101.
- Choroszy B., Choroszy Z., 2013. Hodowla bydła simentalskiego w wybranych krajach członkowskich Europejskiej Federacji Hodowców Bydła Simentalskiego. *Wiad. Zootech.* 51, 83–90.
- Draus S., Stopyra R., 2003. Zarys historii bydła simentalskiego w Polsce, stan obecny i perspektywy tej rasy. Cz. II. *Chów Bydła* 6, 25–27.
- Gaworski M., Kupczyk A., Kuśmierski L., 2007. Problemy modernizacji produkcji mleczarskiej na przykładzie wybranego gospodarstwa rodzinnego. W: *Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. Materiały na konferencję, IBMER, Warszawa.* 121–126.
- Górska A., 2004. Wydajność i skład chemiczny mleka krów o podwyższonej liczbie komórek somatycznych. *Rocz. Nauk. Zootech.* 19, 47–49.
- Jankowska H., Domański P., 2008. Aktualne i możliwe kierunki wykorzystania trwałych użytków zielonych w Polsce. *Woda Śr. Obsz. Wiew.* t. 8, z. 2b(24), 31–49.
- Januś E., 2009. Poziom mocznika w mleku krów żywionych w systemie Total Mixed Ration (TMR) i tradycyjnym w sezonie letnim i zimowym. *J. Centr. Europ. Agricult.* 10(1), 33–40.
- Kaczyński A., Ślósarz J., 2002. Hodowla bydła simentalskiego w krajach europejskich. Cz. II. Kraje Europy Środkowej i Wschodniej. *Prz. Hod.* 70(2), 14–16.
- Kuczyńska B., Nałęcz-Tarwacka T., Puppel K., Gołębiowski M., Grodzki H., Ślósarz J., 2011. Zawartość bioaktywnych składników mleka w zależności od modelu żywienia krów w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 56(4).
- Król J., Brodziak A., Litwińczuk A., 2011. Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4, 74–83.
- Litwińczuk Z., Chabuz W., Stanek P., Teter U., Jankowski P., 2003. Kondycja i produkcyjność krów simentalskich w gospodarstwach mlecznych w Bieszczadach. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.* 1, 199–205.
- Litwińczuk Z., Chabuz W., Stanek P., Jankowski P., 2006. Bydło simentalskie w Polsce. *Prz. Hod.* 9, 22–26.
- Mroczek J.R., 2004. Zarys historii hodowli bydła simentalskiego w Polsce. *Prz. Hod.* 4, 15–17.
- PFHiPM – Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka, 2017. Ocena i hodowla bydła mlecznego. *Parzniew.*
- Pilarska M., 2014. Wpływ pory roku i kolejnej laktacji na wydajność krów i parametry fizykochemiczne mleka. *Wiad. Zootech.* 3(2), 3–12.
- Radkowska I., 2012. Skład chemiczny oraz zawartość komórek somatycznych i mocznika w mleku krów w zależności od systemu utrzymania. *Rocz. Nauk. Zootech.* 39(2), 295–305.
- Radkowska I., 2013. Wykorzystanie pastwisk w ekologicznym chowie bydła mlecznego. *Wiad. Zootech.* 51(3), 43–54.
- Sawa A., Chmielnik H., Bogucki M., Cieślak M., 2000. Wpływ wybranych czynników pozagenetycznych na wydajność, skład i zawartość komórek somatycznych w mleku wysokowydajnych krów. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.* 51, 165–170.
- Śloniewski K., 2006. Ile razy doić krowy. *Hod. Bydła* 5, 18–20.
- Sobotka W., Miciński J., Wróblewski P., Zwierzchowski G., 2011. Wpływ systemu żywienia tradycyjnego i TMR na pobranie paszy przez krowy, ich wydajność, skład mleka i jego jakość higieniczną. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 7(4), 87–96.
- Strzetelski J., Bilik K., Niwińska B., Szyndler J., 2004. *Chów bydła mlecznego metodami ekologicznymi*, www.odr.net.pl/publikacje [dostęp: 10.04.2018].
- Winnicki S., Jugowar J.L., Nawrocki L., Kalika G., Rudowicz-Nawrocka J., 2012. System TMR żywienia krów mlecznych w aspekcie zasad rolnictwa precyzyjnego. *Probl. Inż. Rol.* 1(75), 77–85.
- Włodarczyk R., Budvytis M., 2011. Właściwości żywieniowe krów wysoko wydajnych – jak w pełni wykorzystać ich potencjał produkcyjny. *Życie Wet.* 86(10), 771–776.

WYKORZYSTANIE RODZIMYCH RAS OWIEC W CZYNNEJ OCHRONIE ŚRODOWISKA

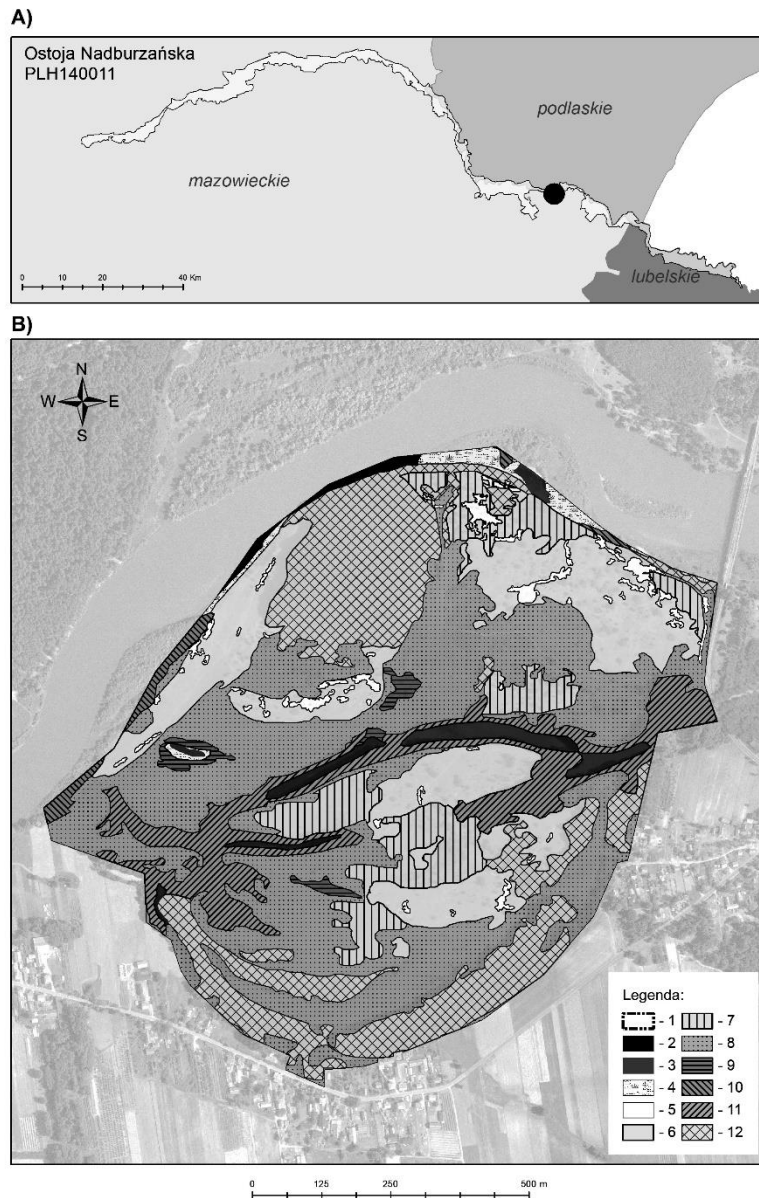
Joanna Trzcńska¹, Elżbieta J. Bielińska¹, Barbara Futa¹

Jednym z najważniejszych zadań ochrony środowiska w Polsce, wynikającym z Dyrektywy Siedliskowej Unii Europejskiej [Dyrektywa... 1992], jest zapewnienie właściwego stanu siedlisk Natura 2000. Ma to istotne znaczenie, zwłaszcza w kontekście utrzymania charakterystycznych cech dziedzictwa krajobrazowego regionu [Chmielewski 2006]. Obszary Natura 2000 nie są obszarami ochrony ścisłej, lecz terenami zagospodarowanymi, a podstawowym warunkiem, jaki należy tu spełnić, jest zachowanie równowagi ochrony przyrody i gospodarki [Chmielewski 2006]. Konserwatorski sposób ochrony środowiska przyrodniczego, polegający na większej lub mniejszej izolacji terenów chronionych od działalności ludzi, zastępowany jest przez czynną ochronę, m.in. poprzez wykorzystanie ekstensywnego wypasu zwierząt gospodarskich [Gruszecki 2012]. Pozwala to na optymalizację działań gospodarczych zapewniającą ochronę środowiska i jest zgodne z paradygmatem zrównoważonego rozwoju [Sielewicz i in. 2017]. Ekstensywne użytki zielone są obecnie najbardziej zagrożonymi ekosystemami trawiastymi, ponieważ najczęściej znajdują się na ubogich siedliskach i nie są użytkowane [Kujawa-Pawlaczyk 2004, Warda i Kulik 2012]. Z wielu obserwacji [Bielińska i Gruszecki 2011, Gruszecki i in. 2011, Mroczkowski 2011, Warda i Kulik 2012] wynika, że ekstensywny wypas owiec ma korzystny wpływ na stan środowiska obszarów cennych przyrodniczo.

Komunikatywne wskaźniki enzymatyczne opisujące aktualny ekochemiczny stan gleb, charakteryzujące jednocześnie trendy zmian stosunków siedliskowych, umożliwiają kwantyfikację ekologicznych efektów realizacji czynnej ochrony cennych przyrodniczo siedlisk [Bielińska i Gruszecki 2011]. Podstawowe zalety biologicznych metod oceny środowiska, opartych na testach enzymatycznych, to możliwość sumarycznego wyrażenia wpływu licznych czynników naturalnych i antropogenicznych, a także tworzenia modeli prognostycznych [Maurel i Ricard 2006, Bielińska i in. 2014].

Celem przeprowadzonych badań jest ocena wpływu ekstensywnego wypasu owiec rasy świniarka na właściwości chemiczne i biologiczne gleb na terenie rezerwatu przyrody „Kóзки”, położonego w granicach Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” w obrębie obszarów Natura 2000 PLH 140011 oraz PLB 140001.

¹ *Institut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*



Ryc. 1. Położenie obszaru badań na tle obszaru Natura 2000 „Ostoja Nadbużańska” (A) oraz mapa form pokrycia terenu w rezerwacie przyrody „Kózki” (B); 1 – granica rezerwatu przyrody „Kózki”, 2 – rzeka Bug, 3 – „starorzecza”, 4 – zbiorowiska szuwarowe, 5 – wydmy piaszczyste, 6 – murawy napiaskowe, 7 – murawy napiaskowe z sukcesją zbiorowisk łąkowych, 8 – łąki, 9 – zbiorowiska zaroślowe, 10 – łągi, 11 – olsy, 12 – inne zbiorowiska leśne; oprac. S. Chmielewski, źródło: Gruszecki i in. [2011]

Badania gleboznawcze przeprowadzono w południowej części rezerwatu przyrody „Kózki”. Rezerwat usytuowany jest w granicach Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”, w obrębie obszarów Natura 2000 PLH 140011 oraz PLB 140001 (ryc. 1). Badania wykonano w ramach projektu „Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG (nr umowy: BIOSTRATEG2/297267/14/NCBR/2016).

Na badanym terenie występują gleby wytworzone z piasków eolicznych i fluwiogłacialnych o składzie granulometrycznym piasku luźnego. Szatę roślinną stanowią zbiorowiska łąkowe klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* oraz występujące pojedynczo lub w niewielkich skupieniach *Juniperus communis* i *Pinus silvestris*. Zaprzestanie użytkowania runi po utworzeniu w 2000 r. rezerwatu przyrody „Kózki” stało się przyczyną sukcesji wtórnej w występujących tu zbiorowiskach muraw napiaskowych. Odkładanie się martwej, nierozłożonej materii organicznej oraz stopniowe zacienienia gleby w wyniku pojawiania się siewek drzew i krzewów spowodowało ustępowanie gatunków sucho- i światłolubnych, a pojawianie się gatunków łąkowych [Bielińska i Gruszecki 2010].

Obiektem badań były gleby z powierzchni objętych wypasem owiec rasy świniarka oraz z powierzchni bez użytkowania. Próbkę glebową do analiz laboratoryjnych pobrano z warstwy 0–25 cm w 2016 r., w 2 terminach: wiosną (przed rozpoczęciem wypasu) i jesienią (po zakończeniu wypasu). Analizowana próbka glebowa była średnią z 5 próbek pobranych z każdej powierzchni. W próbkach glebowych oznaczono: aktywność dehydrogenaz [Thalman 1968], fosfataz [Tabatabai i Bremner 1969], ureazy [Zantua i Bremner 1975], proteaz [Ladd i Butler 1972] oraz podstawowe właściwości chemiczne: pH w 1 mol KCl · dm⁻³ [ISO 10390:1994], węgiel organiczny [ISO 14235:1998] i azot ogółem [ISO 13878:1998]. Aktywność enzymów analizowano w glebie o naturalnej wilgotności, a wyniki przeliczono na suchą masę gleby, oznaczając wilgotność badanej gleby. Oznaczone enzymy biorą bezpośredni udział w biogeochemicznym obiegu azotu (proteaza i ureaza), fosforu (fosfatazy) oraz węgla (dehydrogenazy) [Bielińska i in. 2014].

Przeprowadzone badania wykazały, że gleba na analizowanych powierzchniach charakteryzowała się odczynem bardzo kwaśnym, z pH w 1 mol KCl · dm⁻³ w zakresie 4,16–4,38 (tab. 1). Istotny udział w zakwaszeniu gleb powstałych z utworów ubogich w kationy zasadowe mają procesy fizyczne i chemiczne zachodzące podczas wietrzenia minerałów oraz procesy biologiczne związane z cyklami krążenia C i N [Kurek 2002]. Wprowadzenie ekstensywnego wypasu owiec spowodowało wzrost wartości pH badanych gleb. Obserwowane różnice mieściły się w granicach 0,17–0,22 jednostki pH w 1 mol KCl · dm⁻³ (tab. 1). Wyższe wartości pH gleb na powierzchniach objętych wypasem owiec niż na powierzchniach bez użytkowania mogły być związane z mikrobiologicznym rozkładem wydalanego przez owce kwasu moczowego. Końcowym produktem przemian kwasu moczowego i jego soli jest przede wszystkim amoniak, który po przejściu do roztworu glebowego tworzy NH₄OH. Jony amonowe są w tym przypadku jednym z głównych czynników powodujących alkalizację gleby [Gay i Knowlton 2005, Bielińska i Gruszecki 2010]. Ponadto odchody zwierząt są zasobne w pierwiastki zasadowe [Abrahams i Steigmajer 2003].

Wprowadzenie wypasu owiec wpłynęło korzystnie na kształtowanie się zawartości węgla organicznego (C_{org}) i azotu ogółem (N_{og}) w badanej glebie. Ilość C_{org} i N_{og} mieściła się w granicach, odpowiednio: 3,11–4,96 g · kg⁻¹ oraz 0,26–0,46 g · kg⁻¹. Zawartość tych składników w przypadku powierzchni objętej wypasem była ok. 1,5 raza większa niż w glebie powierzchni bez wypasu (tab. 1). W okresie wiosennym zawartość węgla organicznego

i azotu ogółem w glebach analizowanych powierzchni była nieznacznie większa niż jesienią. Jak wiadomo, wzrost temperatury powietrza oraz przesuszenie gleby powoduje szybszy przyrost materii organicznej, a deszcze i spadek temperatury – spowolnienie tego przyrostu. Czynniki różnicującymi zawartość C_{org} i N_{og} w badanych glebach były także odmienne warunki siedliskowe generowane szatą roślinną i użytkowaniem [Gruszecki i Junkuszew 2017].

Tabela 1. Wybrane właściwości chemiczne badanych gleb

Rodzaj powierzchni	Termin	pH _{KCl}	C_{org} [g · kg ⁻¹]	N_{og} [g · kg ⁻¹]
Wypas	wiosna	4,16	4,96	0,46
	jesień	4,21	4,88	0,43
Bez wypasu	wiosna	4,36	3,34	0,28
	jesień	4,38	3,11	0,26

Przeprowadzone badania wykazały także, że ekstensywny wypas owiec miał korzystny wpływ na właściwości biologiczne gleby. Na powierzchniach objętych wypasem owiec aktywność wszystkich badanych enzymów była wyraźnie większa niż w glebie bez użytkowania (tab. 2, 3). Aktywność enzymów odpowiedzialnych za przemiany składników w środowisku jest dobrym markerem zachodzących w nim zmian [Bielińska i in. 2008]. Enzymy glebowe wyraźnie reagują na działanie czynników stresowych. Wielkość zmiany ich aktywności jest ściśle związana z natężeniem działających czynników [Bielińska i in. 2014].

Tabela 2. Aktywność dehydrogenaz i fosfataz

Rodzaj powierzchni	Termin	Dehydrogenazy [mg TPF · kg ⁻¹ · d ⁻¹]	Fosfatazy [mg PNP · kg ⁻¹ · d ⁻¹]
Wypas	wiosna	2,24	11,38
	jesień	2,32	14,26
Bez wypasu	wiosna	1,62	5,92
	jesień	1,55	6,12

Obserwowana stymulacja aktywności badanych enzymów w glebie objętej wypasem owiec wiązała się z akumulacją węgla organicznego i azotu ogółem w tej glebie (tab. 1). Liczne dane z literatury przedmiotu [m.in. Aon i Colaneri 2001, Kieliszewska-Rokicka 2001, Domżał i Bielińska 2007] wskazują, że aktywność enzymów glebowych jest determinowana głównie zawartością dostępną dla mikroorganizmów substancji organicznej.

Aktywność enzymów zależy od bezwzględnej ich ilości, wielkości puli reagujących związków innych niż enzymy oraz od katalitycznej sprawności [Bielińska i in. 2014]. Wpływ na kształtowanie aktywności enzymatycznej w środowisku glebowym mają także dodatkowe czynniki (abiotyczne i biotyczne) oddziałujące na sprawność katalityczną, takie jak: wilgotność, zawartość mineralnych i organicznych koloidów, temperatura, pH, liczebność i stan gatunkowy mikroorganizmów [Bielińska i Mocek-Plóćniak 2009, Bielińska i in. 2014]. Aktywność enzymów uzależniona jest w dużej mierze od wilgotności i natlenienia gleby. Odpowiednio wysoka wilgotność gleby jest warunkiem podstawowym dla działalności katali-

tycznej enzymów glebowych. Niedobór wody powoduje, jak wiadomo, szczególnie silne zakłócenia w rozwoju i aktywności mikroflory glebowej [Bielińska i in. 2017].

Czynnikiem modyfikującym aktywność badanych enzymów mógł być także skład gatunkowy szaty roślinnej, który wpływa na nagromadzenie się w glebie specyficznych substratów dla reakcji enzymatycznych [Bielińska i Gruszecki 2010, Bielińska i in. 2014]. Roślinność może wpływać na aktywność enzymów bezpośrednio, zwiększając ich bezwzględną ilość, i pośrednio, poprzez zmiany w zawartości substancji organicznej i populacji drobnoustrojów [Bielińska i in. 2014]. Oddziaływanie roślin wyższych na enzymy glebowe zależy od składu chemicznego rośliny, który nawet w przypadku samych wydzielin korzeniowych może być inny u różnych rodzajów, gatunków, a nawet odmian. Indywidualny wpływ poszczególnych gatunków na aktywność enzymatyczną gleby jest związany z różnym składem gatunkowym bakterii zasiedlających korzenie roślin [Bielińska i Kołodziej 2009].

Kolejnym czynnikiem wpływającym korzystnie na aktywność enzymatyczną w przypadku powierzchni z wypasem owiec był wzrost wartości pH_{KCl} gleby (tab. 1). Odpowiednia wartość pH gleby jest między innymi warunkiem bytowania organizmów glebowych i dostępności składników odżywczych oraz determinuje nasilenie procesów biochemicznych [Kurek 2002, Domżał i Bielińska 2007]. Osłabienie aktywności enzymatycznej gleby w wyniku wzrostu jej zakwaszenia jest efektem niszczenia wiązań hydrofobowych, jonowych i wodorowych w centrum aktywnym enzymatycznego białka, co prowadzi do koagulacji lub, przy dużym stężeniu H^+ (pH gleby ≤ 3), nieodwracalnego zatracenia drugorzędowej struktury białka enzymatycznego (denaturacja enzymu). Ponieważ katalityczna sprawność enzymów jest ściśle związana z konformacją łańcucha, a zwłaszcza centrum aktywnego, nawet niewielkie zmiany pH mogą znacznie zmniejszyć aktywność enzymów [Domżał i Bielińska 2007; Bielińska i in. 2015].

Tabela 3. Aktywność ureazy i proteaz

Rodzaj powierzchni	Termin	Ureaza [mg N-NH ₄ ⁺ · kg ⁻¹ · h ⁻¹]	Proteazy [mg tyrozyny · kg ⁻¹ · h ⁻¹]
Wypas	wiosna	4,61	6,42
	jesień	4,78	6,59
Bez wypasu	wiosna	3,15	5,18
	jesień	3,34	5,47

Gleba odgrywa podstawową rolę w kształtowaniu ekosystemów lądowych. Badania procesów biochemicznych zachodzących w glebie mogą być podstawą do lepszego poznania związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy przeobrażeniami krajobrazu a zmianami zachodzącymi w ekosystemach. Wprowadzenie ekstensywnego wypasu owiec rasy świniarka na teren rezerwatu przyrody „Kóзки” wpłynęło korzystnie na właściwości biochemiczne i chemiczne gleby. Stymulacja aktywności enzymatycznej w warunkach wypasu owiec wiązała się ze wzrostem zawartości węgla organicznego i azotu ogółem oraz ze wzrostem wartości pH gleby. Świadczy to, że wprowadzenie swobodnego wypasu owiec w siedliskach objętych ochroną przyrody może przyczynić się do aktywizacji biologicznej środowiska glebowego, a także promocji hodowli owiec rodzimej rasy świniarka i jest wysoce uzasadnione, zarówno w aspekcie ekologicznym, jak i ekonomicznym. W wymiarze ekologicznym swobodny wypas rodzimych ras zwierząt umożliwia ograniczenie niekorzystnych zmian zachodzących w środowisku glebowym. Jest to jedna z wielu form zrównoważonej ochrony śro-

dowiska. Natomiast w wymiarze ekonomicznym może być źródłem dodatkowych korzyści, jakie można uzyskać, biorąc udział w projektach programów rolnośrodowiskowych.

Bibliografia

- Abrahams P.W., Steigmajer J., 2003. Soil Ingestion by Sheep Grazing in the Metal Enriched Floodplain Soils of Mid-Wales. *Environ. Geochem. Hlth.* 25, 17–26.
- Aon M.A., Colaneri A.C., 2001. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. *Appl. Soil Ecol.* 18, 255–270.
- Bielińska E.J., Kolodziej B., 2009. The effect of common dandelion (*Taraxacum officinale* Web.) rhizosphere on heavy metal content and enzymatic activity on soils. *Acta Hort.* 826, 345–350.
- Bielińska E.J., Mocek-Plóćiniak A., 2009. Fosfatazy w środowisku glebowym. Monografia. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań.
- Bielińska E.J., Gruszecki T.M., 2010. Wpływ wtórnej sukcesji roślinnej na aktywność enzymatyczną gleb wybranych siedlisk przyrodniczych Natura 2000. *Rocz. Glebozn.* 61(4), 16–24.
- Bielińska E.J., Gruszecki T.M., 2011. Wpływ ekstensywnego wypasu owiec na aktywność enzymatyczną gleb wybranych siedlisk przyrodniczych Natura 2000. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 567, 11–19.
- Bielińska E.J., Futa B., Mocek-Plóćiniak A., 2014. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby. Monografia Naukowa. Towarzystwo Wydawnictw Naukowych „Libropolis”, Lublin.
- Bielińska E.J., Futa B., Baran S., Żukowska G., 2015. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleb leśnych w obszarze oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. *Sylwan* 159(11), 921–930.
- Bielińska E.J., Futa B., Chmielewski S., Patkowski K., Gruszecki T.M., 2017. Quantification of Biodiversity Related to the Active Protection of Grassland Habitats in the Eastern Lublin Region of Poland Based on the Activity of Soil Enzymes. *Pol. J. Soil Sci.* 50(1), 55–62.
- Chmielewski T.J. (red.), 2006. Zarządzanie zasobami przyrody na obszarach Natura 2000 w Polsce. Wyd. AR w Lublinie, Lublin.
- Domżał H., Bielińska E.J. (red.), 2007. Ocena przeobrażeń środowiska glebowego i stabilności ekosystemów leśnych w obszarze oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. *Acta Agrophys.* 145, Rozprawy i Monografie 2.
- Dyrektywa Rady 92/43EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 56–101.
- Gay S.W., Knowlton K.F., 2005. Ammonia emission and animal agriculture. *Biological Systems Engineering, Virginia Cooperative Extension, Publication 442-110.*
- Gruszecki T.M. (red.), 2012. Czynna ochrona wybranych siedlisk Natura 2000 z wykorzystaniem rodzimych ras owiec. Wyd. UP w Lublinie, Lublin.
- Gruszecki T., Bielińska E.J., Chmielewski T.J., Warda M., Wróblewska A., Bojar W., Chmielewski S., Grzywaczewski G., Lipiec A., Junkuszew A., Kitowski I., 2011. The use of extensive sheep grazing as a method of active protection within Natura 2000 selected habitats. *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przynr. OL PAN* 8, 38–48.
- Gruszecki T.M., Junkuszew A. (red.), 2017. Przeżuwacze w czynnej ochronie środowiska. Wyd. UP w Lublinie, Lublin.
- ISO 10390:1994. Soil quality – Determination of pH.
- ISO 13878:1998. International Standard Organization. Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion.
- ISO 14235:1998. International Standard Organization. Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochronic oxidation.
- Kieliszewska-Rokicka B., 2001. Enzymy glebowe i ich znaczenie w badaniach aktywności mikrobiologicznej gleby. W: H. Dahm, A. Pokojska-Burdziej (red.), *Drobnoustroje środowiska glebowego*, UMK w Toruniu, Toruń, 37–47.

- Kujawa-Pawlaczyk J., 2004. Ciepłolubne murawy napiaskowe (*Koelerion glaucae*). W: J. Herbich (red.), Murawy, łąki, ziolorośla, wrzosowiska, zarośla. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, t. 3, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 80–88.
- Kurek E., 2002. Związki przyczynowo-skutkowe aktywności mikrobiologicznej i zakwaszenia gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 482, 307–316.
- Ladd N., Butler J.H.A., 1972. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. Soil Biol. Biochem. 4, 19–30.
- Maurel M., Ricard J., 2006. The evolution of catalytic function. Phys. Life Rev., 3, 56–64.
- Mroczkowski S. 2011. Ginące owce. Przegląd Hodowlany 1, 1–3.
- Tabatabai M.A., Bremner J.M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil Biol. Biochem. 1, 301–307.
- Thalman A., 1968. Zur Methodik derestimmung der Dehydrogenase aktivität in Boden mittels Triphe-nyltetrazoliumchlorid (TTC). Landwirtsch. Forsch. 21, 249–258.
- Sielewicz B., Polkowska M., Gruszecki T.M., 2017. Ochrona bioróżnorodności siedlisk trawiastych wschodniej Lubelszczyzny. W: T.M. Gruszecki, A. Junkuszew (red.), Przeżuwacze w czynnej ochronie środowiska, UP w Lublinie, Lublin, 7–12.
- Warda M., Kulik M., 2012. Szata roślinna muraw w rezerwacie „Kózki” w warunkach wypasu owiec rasy świniarka. W: T.M. Gruszecki (red.), Czynna ochrona wybranych siedlisk Natura 2000 z wykorzystaniem rodzimych ras owiec, Wyd. UP w Lublinie, Lublin, 29–43.
- Zantua M.I., Bremner J.M., 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils. Soil Biol. Biochem. 7, 291–295.

PRZEGLĄD WYBRANYCH TESTÓW BEHAVIORALNYCH W BADANIACH NAD DEPRESJĄ I RELACJAMI SPOŁECZNYMI U ZWIERZĄT LABORATORYJNYCH

Mateusz Grabowski¹, Dagmara Kuca², Konstancja Jabłońska¹, Damian Zieliński²

Życie w grupie umożliwia powstawanie więzi społecznych, kształtowanie poczucia bezpieczeństwa członków grupy oraz utrzymywanie zróżnicowanych relacji między nimi. Warunkiem życia w zbiorowości jest zajęcie odpowiedniego miejsca w strukturze hierarchicznej. W zależności od zajmowanego szczebla w hierarchii członek wspólnoty wykazuje określone zachowania. Relacje społeczne istnieją zarówno w świecie ludzi, jak i zwierząt.

Oceny relacji społecznych u zwierząt laboratoryjnych można dokonać za pomocą testów behawioralnych, które badają zachowanie się zwierząt w różnych warunkach doświadczalnych. Testy behawioralne są mało inwazyjne i nie powodują u badanych zwierząt nadmiernego bólu i stresu. Do powszechnie stosowanych testów badających relacje społeczne u zwierząt laboratoryjnych zaliczane są: test interakcji socjalnych (ang. *social interaction tests/three chamber test*) oraz test dominacji i uległości (ang. *dominant and submissive relationship test*) [Hernandez i Blazer 2006, Sadowski 2012].

W środowisku występuje wiele czynników stresowych mogących bezpośrednio wpływać na wystąpienie zachowania lękowego, które może skutkować niepowodzeniem w tworzeniu relacji społecznych i w konsekwencji przyczynić się do rozwoju stanów depresyjnych u wybranych członków grupy. W warunkach badawczych zauważono, że kilkukrotne narażenie badanych zwierząt na stres objawia się bezsennością, utratą masy ciała i upośledzeniem plastyczności neuronalnej w ośrodkowym układzie nerwowym. U zwierząt laboratoryjnych oceny stanu depresyjnego można dokonać za pomocą testów behawioralnych, tj. testu zawieszenia za ogon (ang. *tail suspension test*), testu wymuszonego pływania Porsolta (ang. *forced swim test/ Porsolt's test*) oraz testu preferencji sacharozy (ang. *sucrose preference test*) [Crawley 2007, Krishnan i Nestler 2011].

Testy behawioralne w badaniach relacji społecznych

Każdy gatunek charakteryzuje się odmiennym sposobem funkcjonowania w społeczeństwie. Jedne tworzą wysoko rozwinięte grupy z samcem alfa na czele, a inne preferują

¹ Centrum Medycyny Doświadczalnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

² Katedra Etologii i Dobrostanu Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

samotny i wędrowny tryb życia. Wspólne środowisko życia jest głównym czynnikiem rozwi-
jającym życie społeczne, które umożliwia rozród, grupową obronę terytorium, wspólne
zdobywanie pokarmu oraz kształtowanie więzi emocjonalnych z innymi osobnikami [Sa-
dowski 2012].

Zażyłości emocjonalne można zaobserwować głównie u zwierząt z rzędu naczelnych.
Powstawanie trwałej więzi społecznej jest uwarunkowane ogółem zależności fizycznych,
biologicznych i psychicznych. Każdy członek zbiorowości zajmuje w niej odpowiednie
miejsce, ma przypisany stopień w hierarchii, któremu odpowiada sposób zachowania się
w grupie. Hierarchia w stadzie odbierana jest jako rodzaj współzawodnictwa, które polega
na dominowaniu jednych osobników nad innymi. Status zwierzęcia w stadzie zależy głównie
od jego cech fizycznych, przy istotnym udziale osobniczych cech psychicznych.

U małp behawioralnym wskaźnikiem dominacji jest iskanie futra osobnika dominują-
cego przez osobnika, który jest niżej w hierarchii stada, określanego mianem submisywnego.
Badania zespołu Sassenratha na małpach rezusach (*Macaca mulatta*) dowiodły, że hierarchia
społeczna wpływa na czynności gruczołów wydzielania wewnętrznego oraz stężenie hor-
monów steroidowych we krwi. Samce zajmujące wyższe szczeble w strukturze hierarchicz-
nej charakteryzują się większym stężeniem testosteronu we krwi w porównaniu z samcami
omega. Dominacja w stadzie nie jest stałym atrybutem i może ulegać istotnym przemodelo-
waniom w odpowiedzi na zmieniające się warunki. Zaobserwowano zależność, w której
utrata dominacji i degradacja w hierarchii stada pociąga za sobą konsekwencję w postaci
spadku zawartości testosteronu w krwi zwierzęcia [Sassenrath 1970, Sadowski 2012].

W warunkach laboratoryjnych do testów relacji społecznych najczęściej wykorzystuje
się gryzonia, głównie myszy i szczury. Dostępnych jest szereg testów behawioralnych bada-
jących relacje socjalne. Najczęściej wykonywanymi są test interakcji oraz test dominacji
i uległości. Do testów wybiera się gryzonia szczepów wsobnych, niekrewniaczych, pocho-
dzących z linii dzikich. Warunki bytowania zwierząt powinny być ujednolicone dla każdej
grupy badanej i w miarę możliwości przypominać ich naturalne siedliska [Krishnan i Ne-
stler 2011].

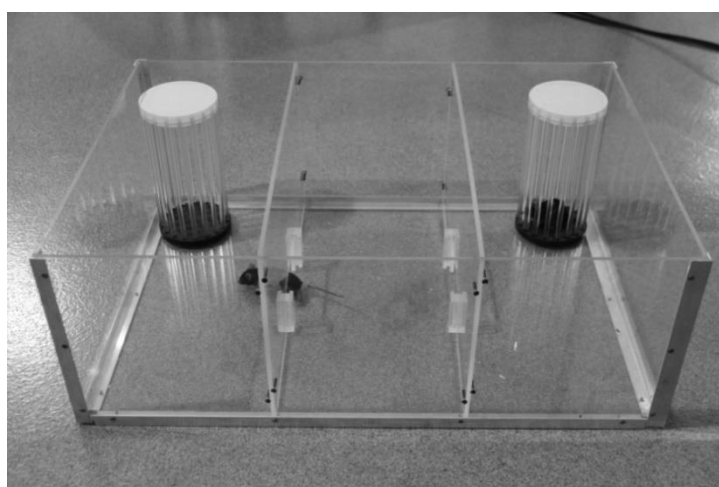
Zaburzenia neuropsychiczne charakteryzują się niewłaściwymi, odbiegającymi od
normy zachowaniami społecznymi, mogącymi przyczynić się do rozwoju depresji, zaburzeń
afektywnych dwubiegunowych czy schizofrenii. Badania na mysich modelach zwierzęcych
z zastosowaniem odpowiednich testów zachowań społecznych mogą prowadzić do opra-
cowania lepszych metod leczenia tych zaburzeń.

Testy interakcji socjalnych (ang. *social interaction tests/* *three chamber test*)

Interakcje socjalne są istotnym elementem struktury i stabilności społeczeństwa za-
równo w świecie ludzi, jak i zwierząt. Do najistotniejszych testów badających interakcje
socjalne gryzoni należą test przynależności społecznej (ang. *social affiliation test*) oraz test
nowości społecznej, zwany również testem preferencji (ang. *social novelty/ preference test*) [Kai-
danovich-Belil in in. 2011].

Wspomniane testy, w zależności od wariantu, badają poziom afiliacji społecznych,
motywacji oraz pamięci społecznej. Towarzystwo badanych gryzoni jest określana na pod-
stawie ich skłonności do spędzania czasu w otoczeniu innych gryzoni. Preferencje nowości
społecznej są określane jako skłonność badanych gryzoni do spędzania czasu z nowo po-
znanym osobnikiem [Kaidanovich-Belil in in. 2011, Ter Horst in in. 2014].

Wykonanie testu przynależności społecznej rozpoczyna się od umieszczenia gryzonia kontrolnego w pojemniku z licznymi otworami, uniemożliwiającym mu swobodny ruch. Zapobiega to bezpośredniemu kontaktowi z gryzoniem badanym. Zabezpiecza to gryzonia przed ewentualnym pogryzieniem, a jednocześnie pozwala na interakcje społeczne. Badanego gryzonia umieszcza się w trójdziałowej klatce. Każdy z przedziałów ograniczony jest dodatkowymi przegrodami, które umożliwią swobodne poruszanie się badanego gryzonia po całej powierzchni klatki [Kaidanovich-Belin i in. 2011]. W jednym z kompartmentów umieszczany jest pojemnik z gryzoniem kontrolnym. Konstrukcja klatki do interakcji społecznych gryzoni widoczna jest na rycinie 1.



Ryc. 1. Klatka do testu interakcji społecznych (fot. M. Grabowski)

Badanego gryzonia umieszcza się w środkowej komorze. Zwierzę rozpoczyna eksplorację klatki przez ok. 10 min [Kaidanovich-Belin i in. 2011]. W tym czasie monitoruje się jego zachowanie. Zwraca się uwagę na ilość „aktywnych kontaktów” rozumianych jako zbliżenie się badanego gryzonia do pojemnika z gryzoniem kontrolnym na odległość ok. 3–5 cm, co przedstawiono na rycinie 2. Rejestruje się również szereg innych zachowań, m.in. przemieszczanie się, pielęgnację futra, znieruchomienie (powyżej 5 s), skoki, atak, pozycję *on the top*, pozycję *on the back*, unikanie, boksowanie czy zachowania obojętne. Obserwator powinien być oddalony od miejsca testu o co najmniej 2 m [Kaidanovich-Belin i in. 2011]. Zastosować można również kamerę i odpowiednie programy, np. Employ Observer 6.0 (Noldus Information and Technology BV, Wageningen, Holandia) czy Origin 6.0, które analizują jednocześnie takie parametry, jak: całkowity i średni czas trwania kontaktów między gryzoniemi, łączną liczbę i czas trwania pozostałych reakcji behawioralnych, całkowity czas spędzony przez badanego gryzonia w każdym z trzech przedziałów klatki [Kaidanovich-Belin i in. 2011].



Ryc. 2. Interakcja „aktywny kontakt” między gryzoniem badanym i kontrolnym (fot. M. Grabowski)

Test nowości społecznej jest podobny do testu przynależności społecznej, różnica polega na ilości gryzoni kontrolnych biorących udział w doświadczeniu [Ter Horst i in. 2014]. Dwa kontrolne gryzonie, poznanego wcześniej w klatce hodowlanej i obcego, umieszcza się w osobnych pojemnikach w prawej i w lewej części klatki [Kaidanovich-Belin i in. 2011]. Jednym z programów usprawniających wykonanie tego testu jest Ethovision XT 6.1 (Noldus Information and Technology BV, Wageningen, Holandia). Analizuje on m.in. lokalizację i ruch badanego gryzonia. Określa przebytą drogę, jej odległość, prędkość poruszania się, preferencję przebywania w określonym miejscu, procentowy czas eksploracji wybranej części klatki pomiarowej oraz „aktywny kontakt” między gryzoniem badanym a gryzoniem kontrolnymi [Ter Horst i in. 2014].

Test dominacji i uległości (ang. *dominant and submissive relationship test, DSR*)

Test umożliwia podział gryzoni na podporządkowane i dominujące. Wykorzystuje się go w badaniach nad epizodami maniakalnymi lub epizodami depresyjnymi [Feder i in. 2010]. Osobniki dominujące charakteryzuje przewaga zachowania agresywnego. W przypadku konfrontacji socjalnych reagują atakiem, a w razie przegranego starcia uciekają. Osobniki uległe cechuje wycofanie i bezruch podczas konfrontacji z osobnikiem dominującym. Model ten jest preferowany w badaniach nad aktywnością seksualną, depresją i stresem [Feder i in. 2010].

Klatka pomiarowa składa się z dwóch identycznych komór połączonych tunelem. Na środku tunelu wycięty jest otwór, przez który do wnętrza wprowadzana jest rurka pojnika. Zawartość pojnika stanowi roztwór osłodzonego mleka (3% tłuszczu i 10% cukru) [Feder i in. 2010]. W teście biorą udział dwie myszy. Gryzoni umieszcza się pojedynczo w komorach na ok. 5 min. Przed rozpoczęciem testu myszy pozbawia się dostępu do pokarmu na okres kilkunastu godzin. Pary zwierząt dobiera się na podstawie podobieństwa masy ciała. Zazwyczaj przed rozpoczęciem właściwego pomiaru należy wykonać kilka próbnych testów w celu przyzwyczajenia gryzoni do warunków eksperymentu.

Stan dominacji lub uległości określa się na podstawie dwóch kryteriów: różnicy w średniej ilości roztworu mleka wypitego przez poszczególne osobniki oraz czasu picia dominującego zwierzęcia, który powinien być co najmniej 40% dłuższy niż czas picia osobnika uległego. Dominacja lub uległość u myszy mogą zależeć od warunków środowiskowych oraz czynników genetycznych [Feder i in. 2010].

Testy behawioralne w badaniach nad depresją

Epizod depresyjny jest to stan charakteryzujący się poczuciem beznadziejności, apatii, brakiem poczucia sensu życia oraz zmniejszoną motywacją. Zaburzenia związane z nasilającym pogarszaniem nastroju nazywa się stanami depresyjnymi. Ciężko jest jednoznacznie stwierdzić, czy u zwierząt laboratoryjnych występują stany depresyjne. Za przejawy tego stanu u szczurów uważa się zachowanie, które jest hamowane przez leki przeciwdepresyjne. Zrozumienie objawów depresyjnych u zwierząt jest dużo trudniejsze niż u ludzi. Podstawą testów behawioralnych przewidujących aktywność przeciwdepresyjną leku jest obserwacja zachowania się badanego zwierzęcia w reakcji na czynnik stresujący przed podaniem mu środka farmakologicznego oraz po jego podaniu [Hernandez i Blazer 2006, Krishnan i Nestler 2011].

Stworzenie modelu zwierzęcego z wszystkimi objawami depresji nie jest możliwe, ponieważ zwierzęta nie wykazują typowo ludzkich objawów tej choroby, takich jak: poczucie winy, chęci samobójcze, brak motywacji czy rozpacz [Krishnan i Nestler 2011]. Obecnie stosowanych jest kilka zwierzęcych modeli depresyjnych. Dotyczą one głównie gryzoni. W badaniach farmakologicznych pożądane są zazwyczaj myszy transgeniczne, u których występują mutacje w genach kodujących białka związane z punktami uchwytu działania leków przeciwdepresyjnych [Sadowski 2012]. Drugą ważną grupą modeli zwierzęcych stanów depresyjnych są modele etologiczne. W modelach tych wykorzystuje się spontaniczne reakcje zwierząt na bodźce związane z czynnikami socjalnymi [Sadowski 2012]. Przykładem takiego modelu stworzonego na potrzeby badań nad lekami przeciwdepresyjnymi są relacje społeczne między szczurem rezydentem a szczurem nowo przybyłym opisane przez Krishnana i Nestlera [2011]. Rezydent wykazuje agresję w stosunku do nowo przybyłego osobnika. Jednorazowe podanie leku przeciwdepresyjnego powoduje obniżenie agresywności w stosunku do nowo przybyłego szczura. Trzecim przykładem modelu depresji opisanym przez Seligmana jest model wyuczenia bezradności. Podczas prowadzonych badań nad bodźcami awersyjnymi i z nimi związanym procesem uczenia się Seligman opracował szczurzy model depresji, otrzymany w wyniku ekspozycji gryzonia na niekontrolowany i nieuchronny stres w postaci odpowiedniego bodźca elektrycznego [Sadowski 2012].

U gryzoni, które były kilkakrotnie narażone na stres w postaci np. ekspozycji na bodziec elektryczny o odpowiednim, niezagrażającym ich życiu natężeniu pojawiły się objawy depresji, tj. utrata masy ciała, bezsenność oraz utrata synaps w kręgosłupie i hipokampie [Mitchell 1995].

Istnieje kilka testów behawioralnych używanych w badaniach nad depresją. Są to test zawieszenia za ogon, test wymuszonego pływania Porsolta oraz test preferencji sacharozy.

Test zawieszenia za ogon (ang. *tail suspension test*, TST)

Test ten, opracowany Steru w 1985 r., polega na zawieszeniu gryzonia za ogon w taki sposób, by nie dotykał podłoża. Do testów zazwyczaj wybiera się myszy, ponieważ szczury są kilkakrotnie cięższe i zawieszenie byłoby dla nich bardziej bolesne. Do ogona badanej myszy przymocowuje się specjalną taśmę klejącą. Taśmę zawiesza się drugim końcem do poziomej belki tak, aby mysz swobodnie zwisała. Test trwa od 5 do 6 min, w zależności od wybranego protokołu. Zaleca się, aby każdą badaną mysz poddawano jednemu testowi w ciągu doby. Głównym analizowanym parametrem jest czas, w którym mysz usiłuje wydostać się z niekomfortowej dla siebie sytuacji; mierzy się również czas pozostania myszy w bezruchu. Zdrowy, niewykazujący symptomów kojarzonych z depresją gryzoń w trakcie TST próbuje wydostać się z uwięzi i walczy stosunkowo dłużej, zanim pozostanie w bezruchu [Steru i in. 1985, Can i in. 2012a].

Test wymuszonego pływania Porsolta (ang. *forced swim test*, FST)

Test jest stosowany do oceny leków antydepresyjnych oraz zabiegów mających na celu wywołanie stanów depresyjnych u zwierząt, głównie myszy. Przebieg testu polega na umieszczeniu badanego gryzonia w zbiorniku z wodą o temperaturze w przedziale 23–25°C, zależnej od zastosowanego protokołu. Badanie ma na celu obserwację chęci ucieczki gryzonia ze zbiornika [Can i in. 2012b]. Test jest stosunkowo prosty do wykonania. Wielkości stosowanych zbiorników są różne w zależności od protokołów ich wykonania. Najczęściej używany zbiornik ma kształt cylindra wypełnionego wodą do wysokości 15 cm [Can i in. 2012b]. Wysokość zbiornika powinna być na tyle duża, aby uniemożliwić wyskoczenie badanego gryzonia poza cylinder. Wizualizację testu przedstawiono na rycinie 3. W celach zapewnienia jednolitych warunków akustycznych można zastosować generator szumów (ang. *white noise generator*), który należy dostosować do codziennych warunków panujących w danym laboratorium [Can i in. 2012b]. Czas trwania testu nie powinien przekraczać 6 min. Pierwsze 2 min są zazwyczaj przeznaczone na przyzwyczajenie się gryzonia do zmiany warunków otoczenia. Badane zwierzę w tym czasie wykazuje wzmożony ruch, który jest trudny do analizy. Kolejne minuty stanowią właściwy pomiar.

W czasie analizy mierzony jest czas pozostania gryzonia w bezruchu. Najważniejszym elementem testu jest prawidłowa analiza zachowania się badanego gryzonia. Bezruch w teście FST definiuje się jako wszelkie zatrzymanie motoryki, utrzymywanie się gryzonia w toni wodnej oraz brak chęci ucieczki poza naczynie. W celu analizy wyników często stosuje się kamerę ustawioną prostopadle do cylindra oraz programy, tj. Xnote stoper czy dnSoft Research Group [Can i in. 2012b, Ruciński i in. 2015]. Właściwy przebieg doświadczenia należy poprzedzić czasem na przyzwyczajenie się badanego gryzonia do warunków testu. Zalecane są kilkakrotne testy próbne.



Ryc. 3. Mysz podczas testu wymuszonego pływania (fot. M. Grabowski)

Test preferencji sacharozy (ang. *sucrose preference test*)

Test jest wskaźnikiem anhedonii, czyli braku zdolności do odczuwania przyjemności, będącej jednym z objawów stanu depresyjnego u zwierząt. Stan ten jest obecny w wielu postaciach zaburzeń afektywnych. Test polega na ocenie preferencji badanego gryzonia do słodkiego roztworu sacharozy w stosunku do czystej wody. Ilość spożytego słodkiego roztworu sacharozy u zdrowych zwierząt jest zazwyczaj większa w stosunku do ilości wypitej wody, która stanowi roztwór kontrolny. Zmniejszenie spożycia roztworu sacharozy jest objawem anhedonii [Kampov-Polevoy i in. 1997, Eagle i in. 2016].

Wykonanie testu polega na przygotowaniu dwóch poidelek, które umieszcza się w klatce hodowlanej badanych zwierząt. Klatkę hodowlaną wraz ze sposobem rozmieszczenia poidelek przedstawia rycina 4. W pierwszym poidelku znajduje się 2–4-procentowy roztwór sacharozy, a drugie poidelko zawiera taką samą ilość czystej wody. Rozpoczęcie testu poprzedza trzydniowe przyzwyczajanie się badanego gryzonia do obecności obu pojeników. Po aklimatyzacji przystępuje się do właściwego testu, który trwa ok. 4 dni. W ciągu tego czasu zwierzę może wybierać rodzaj spożywanego płynu. Codziennie należy dokonywać pomiaru ubytku płynów w pojenikach. Test kończy się sporządzeniem analizy w postaci procentowego udziału objętości spożytego roztworu sacharozy do całkowitej objętości płynów. Myszy zdrowe charakteryzują się przewagą objętościową spożytego roztworu sacharozy w porównaniu z wypitą wodą. Zwierzęce modele depresji wykazują odwrotną zależność [Kampov-Polevoy i in. 1997, Eagle i in. 2016].



Ryc. 4. Klatka hodowlana wraz z dwoma poidelkami w teście preferencji sacharozy (fot. M. Grabowski)

Podsumowanie

Prawidłowy wybór testu behawioralnego oraz sposób jego wykonania i interpretacji wyników są kluczowymi elementami podczas projektowania doświadczeń na zwierzętach laboratoryjnych. Relacje społeczne oraz zaburzenia z nimi związane są obecnie częstym problemem współczesnych społeczeństw. Wciąż brakuje dokładnej wiedzy na temat mechanizmów, przebiegu oraz sposobów leczenia wybranych chorób psychicznych. Dlatego prowadzenie badań behawioralnych z wykorzystaniem zwierzęcych modeli tych chorób z pewnością pomoże w rozwiązywaniu problemów współczesnej nauki.

Bibliografia

- Can A., Dao D., Terrillion E., Piantadosi S., Bhat S., Gould D., 2012a. The Tail Suspension Test. *J. Vis. Exp.* 59, 3769.
- Can A., Dao D., Arad M., Terrillion E., Piantadosi S., Gould T., 2012b. The mouse forced swim test. *J. Vis. Exp.* 59, 3638.
- Crawley J., 2007. *What's Wrong With My Mouse? Behavioral Phenotyping of Transgenic and Knock-out Mice*, 2nd ed. Wiley, Hoboken.
- Eagle A., Mazei-Robison M., Robison A., 2016. Sucrose Preference Test to Measure Stress-induced Anhedonia. *Bio-protocol* 6(11), DOI: 10.21769/BioProtoc.1822.
- Feder Y., Neshet E., Ogran A., Kreinin A., Malatynska E., Yadid G., Pinhasov A., 2010. Selective breeding for dominant and submissive behavior in Sabra mice. *J. Affect Disord.* 126 (1–2), 214–222.
- Hernandez M., Blazer D., 2006. *Animal Models*. W: L. Hernandez, D.G. Blazer (red.), *Behavior, and the Social Environment. Moving Beyond the Nature/Nurture Debate*. National Academies Press (US), Washington, 132–160.

- Kaidanovich-Beilin O., Lipina T., Vukobradovic I., Roder J., Woodgett J., 2011. Assessment of Social Interaction Behaviors. *J. Vis. Exp.* 48, 2473.
- Kampov-Polevoy A., Garbutt J., Janowsky D., 1997. Evidence of preference for a high-concentration sucrose solution in alcoholic men. *Am. J. Psychiatry* 154(2), 269–270.
- Krishnan V., Nestler E., 2011. Animal Models of Depression: Molecular Perspectives. *Curr. Top Behav. Neurosci.* 7, 121–147.
- Mitchell P., 1995. Prediction of antidepressant activity from ethological analysis of agonistic behavior in rats. W: H. Cooper, C. Hendrie (red.), *Ethology and Psychopharmacology*, Wiley, Chichester.
- Ruciński J., Wądołowska A., Czerwiec K., Kurowska E., Myślińska D., Majkutewicz I., 2015. Metody behawioralne w neurobiologii służące ocenie poziomu lęku u gryzoni. W: M. Kuczera, K. Piech (red.), *Zagadnienia aktualnie poruszane przez młodych naukowców 1*, Creativetime, Kraków, 61–64.
- Sadowski B., 2012. *Biologiczne mechanizmy zachowania się ludzi i zwierząt*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 2012.
- Sassenrath N., 1970. Increased adrenal responsiveness related to social stress in rhesus monkeys. *Hormon. Behav.* 1(4), 283–298.
- Steru L., Chermat R., Thierry B., Simon P., 1985. The tail suspension test: a new method for screening antidepressants in mice. *Psychoph.* 85(3), 367–370.
- Ter Horst J., Mark M. van der, Kentrop J., Arp M., Veen R. van der, Kloet E. de, Oitzl M., 2014. Deletion of the forebrain mineralocorticoid receptor impairs social discrimination and decision-making in male, but not in female mice. *Front Behav. Neurosci.* 8, 26.

Spis treści

Rybonukleoproteiny komórkowe: spliceosomy, krypty komórkowe, ciała Cajala – wybrane funkcje fizjologiczne w komórce i rola w patogenezie.....	5
Dominika Mielniczuk, Katarzyna Nabielec, Anna Krzepińko, Anna	
Behawior koni.....	11
Karol Szulc, Nina Mickiewicz, Wojciech Ospałek, Marta Pechcin, Sylwester Walczak, Oskar Lechowicz, Witold Chabuz, Paweł Żółkiewski, Michał Pluta, Anna Pirga	
Czy jagnięta podczas zabawy uczą się zachowań przydatnych w przyszłości?.....	19
Konrad Bazewicz, Weronika Garbarz, Daria Jaskólska, Kamila Janicka, Wiktor Bojar	
Reakcja stresowa koni na wybrane czynniki środowiskowe.....	27
Ewa Gałka, Claudia Metto, Sylwester Tkaczyk	
Zmiany w zachowaniu wybranych ras owiec w trakcie przyzwyczajania do pracy z psem pasterskim.....	34
Jacek Sokołowski, Gabriela Rodak, Anna Wieszczyk, Izabela Ołończyk, Małgorzata Goleman, Krzysztof Patkowski	
Charakterystyka predyspozycji wybranych ras koni do użytkowania w turystyce i rekreacji.....	42
Katarzyna Bednarz, Karolina Ochęduszko, Helena Chmielewska, Adam Miedziewicz	
Zapalenie podszwy stopy u drobiu (FPD) – charakterystyka i skutki schorzenia.....	49
Ewelina Misiec, Monika Wiśniewska, Jakub Ceregrzyn, Justyna Batkowska	
System chowu niosek jako czynnik modyfikujący jakość jaj kurzych.....	55
Patrycja Chabroszewska, Kamil Drabik, Kostiantyn Vasiukov, Justyna Batkowska	
Zioba w żywieniu i odchowie cieląt.....	62
Paulina Głowska, Krystian Strojny, Anna Olko, Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczyk-Vasilev, Maciej Bąkowski, Piotr Jarzyna, Magdalena Olcha, Marlena Rychta	
Zastosowanie termografii w hodowli i użytkowaniu koni.....	72
Sylwia Kuśmierz, Karina Brzozowska, Marta Liss	

Wpływ środowiska na behavior dzika (<i>Sus scrofa</i>)	82
Katarzyna Dziki-Michalska, Leszek Drozd	
Wpływ polimorfizmu genu hormonu wzrostu (GH) oraz genu receptora hormonu wzrostu (GHR) na kształtowanie wydajności mlecznej oraz składu chemicznego mleka	89
Karolina Kasprzak-Filipek, Justyna Wróblewska, Monika Kędzierska-Matysek, Anna Wolanciuk	
Masa ciała oraz struktura płci i wieku zajęcy w wybranych rejonach Wyżyny Lubelskiej	95
Dominika Szmit, Bogusław Rataj, Marian Flis	
Możliwość wykorzystania analizy witaminy C oraz kwasu moczowego w diagnostyce zdrowia drobiu	102
Daniel Stępniewski, Tomasz Wodyk, Aleksandra Wojewoda, Ewelina Cholewińska, Katarzyna Ognik, Anna Stępniewska	
Wykorzystanie dialdehydu malonowego oraz nadtlenków lipidowych jako wskaźników w diagnostyce zdrowia drobiu	109
Tomasz Wodyk, Daniel Stępniewski, Aleksandra Wojewoda, Ewelina Cholewińska, Katarzyna Ognik, Anna Stępniewska	
Mitochondrialne DNA a transformacja nowotworowa u psów	116
Justyna Kieszko, Dominika Janczylik, Kinga Kieszko, Adam Bownik, Brygida Ślaska	
Przydatność oznaczania enzymów wskaźnikowych w diagnozowaniu chorób u zwierząt	123
Adrianna Rafalska, Katarzyna Abramowicz, Magdalena Krauze	
Porównanie wartości rzeźnej buhajków rasy charolaise, limousine, simentalskiej oraz polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno- i czerwono-białej	130
Karolina Mroczek, Janusz R. Mroczek	
Wartość użytkowa loszek mieszańcowych (pbz × wbp, wbp × pbz) na przykładzie chlewni zarodowej	137
Marta Borsuk	
Behawior bydła utrzymywanego w warunkach całorocznego wypasu naturalnego	143
Edyta Jakimiec, Krystian Strojny, Paulina Główka, Piotr Dycha, Sylwester Walczak, Anna Pirga, Łukasz Kaca, Kamila Kostka, Witold Chabuz, Paweł Żółkiewski	
Zmiany wydajności i składu chemicznego mleka krów w zależności od systemu żywienia	154
Sylwester Walczak, Edyta Jakimiec, Paulina Główka, Krystian Strojny, Kinga Fic, Witold Chabuz, Piotr Stanek	
Wykorzystanie rodzimych ras owiec w czynnej ochronie środowiska	162
Joanna Trzcńska, Elżbieta J. Bielińska, Barbara Futa	
Przegląd wybranych testów behawioralnych w badaniach nad depresją i relacjami społecznymi u zwierząt laboratoryjnych	169
Mateusz Grabowski, Dagmara Kuca, Konstancja Jabłońska, Damian Zieliński	