

Wpływ stresu na wydajność i jakość mleka oraz płodność wysoko wydajnych krów mlecznych^{*)}

NINA STRZAŁKOWSKA, MARIA MARKIEWICZ-KĘSZYCKA, JÓZEF KRZYŻEWSKI,
EMILIA BAGNICKA, PAULINA LIPIŃSKA, ARTUR JÓŻWIK

Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu, ul. Postępu 36A, 05-552 Magdalenka

Strzałkowska N., Markiewicz-Kęszycka M., Krzyżewski J., Bagnicka E., Lipińska P., Józwick A.
**Influence of stress on the yield and quality of milk as well as on reproductive rates
of high-yielding dairy cows**

Summary

The aim of this paper was to present the relationship between different kinds of stress and the milk yield, its chemical composition, and disorders of reproductive functions in high-yielding dairy cows. Failure to satisfy adequately the demand of cows for nutrients, in combination with inappropriate conditions of maintenance, causes substantial disorders in their metabolic processes, described as stress. This leads to the premature culling of cows as a result of such diseases as mastitis, laminitis/lameness, displaced abomasum, endometritis, retained placenta, dysfunction of ovaries, infertility, clinical ketosis, acidosis, etc. The literature indicates that these negative phenomena are associated with various kinds of metabolic, oxidizing, thermal, or psychological stress. Each kind of stress has an adverse effect on the health status, on the yield and quality of the milk and on the reproductive traits of high-yielding dairy cows. An excessive generation of reactive forms of oxygen damages luteal cell membranes and affects progesterone production. This condition may lead to a failure in embryo development, increasing days open and extending calving intervals. Adverse effects related to stress can be reduced or totally eliminated by adapting the general conditions of the external environment (especially feeding and maintenance) to the requirements of high-yielding dairy cows.

Keywords: dairy cows, stress, metabolic disorders, reproduction

Długość życia krowy mlecznej utrzymywanej w optymalnych warunkach środowiskowych określa się co najmniej na 20 lat, jednakże intensyfikacja produkcji mleka spowodowała, że wysoko wydajna krowa mleczna żyje w stadzie zaledwie przez okres 2-3 laktacji, co stanowi około ¼ długości jej życia zaprogramowanego przez naturę. Najczęstszą przyczyną brakowania są schorzenia nabyte wskutek niewłaściwych warunków żywienia i utrzymywania, co jest sprzeczne z lansowanym powszechnie w ostatnich latach dobrostanem zwierząt (welfare). Większość wspomnianych schorzeń jest ściśle związana ze stresem, który jest pochodną niewłaściwych warunków żywienia i utrzymywania oraz wysokiej wydajności mleka.

Stres jest najczęściej definiowany jako niespecyficzna reakcja organizmu na różnego rodzaju niekorzystne wpływy środowiska zewnętrznego, wywołujące radykalne zmiany w procesach fizjologicznych, zwią-

zanych z reakcją obronną i adaptacyjną organizmu. Zachodzące pod wpływem stresu zmiany w organizmie w wielu przypadkach ułatwiają przetrwanie w warunkach zagrożenia. W wyniku tych zmian zwiększa się stężenie cukru we krwi, tempo oddechu, napięcie mięśni i tętno, co może umożliwić zwierzęciu skuteczną walkę z przeciwnikiem lub ucieczkę. Zwiększone wydzielanie hormonów łagodzi niewygodę, ból i zmęczenie. W odniesieniu do krów mlecznych stres może wywierać również poważne skutki negatywne, związane ze zmniejszeniem wydajności mleka i pogorszeniem jego składu chemicznego oraz z poważnymi zaburzeniami w funkcjach związanych z reprodukcją. Dzieje się tak w sytuacji, gdy jednorazowy stresor jest bardzo silny lub w przypadku, gdy stresor jest umiarkowany, lecz działa w sposób ciągły w dłuższym okresie (stres chroniczny) (11, 13, 14).

Stres metaboliczny

W okresie ostatnich 40 lat w wielu krajach europejskich i USA wydajność mleka od krowy uległa podwojeniu; na wielu farmach przekracza 10 tys. kg/krowę/rok, a statystyczny Amerykanin konsumuje mleko od krowy produkującej średnio 13 tys. kg/rok. Ingvarsten

^{*)} Badania zrealizowano w ramach projektu „Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 oraz tematu statutowego nr S.V-3.

i wsp. (12) w obszernym przeglądzie piśmiennictwa światowego wykazali ujemną zależność między poziomem wydajności mleka a występowaniem stresu metabolicznego, prowadzącego w konsekwencji do występowania wielu tzw. schorzeń produkcyjnych, do których należą: ciężki poród, porażenie poporodowe, ketoza, przemieszczenie trawieńca, zatrzymywanie łożyska, cysty jajnikowe, kulawizna, zapalenie błony śluzowej macicy oraz *mastitis*. Oszacowane współczynniki korelacji genetycznych (r_g) między wydajnością mleka a występowaniem niektórych schorzeń wynoszą: 0,26-0,65 (ketoza); 0,23-0,42 (cysty jajnikowe); 0,15-0,68 (*mastitis*); 0,24-0,48 (kulawizny) (14). Whay i wsp. (29) wykazali, że najważniejszymi kryteriami, służącymi do określenia dobrostanu krów mlecznych są: kulawizna, okaleczenia, śmiertelność, liczba interwencji medycznych, schorzenia płuc oraz kondycja ciała. W celu uniknięcia opisanych wyżej negatywnych zjawisk w niektórych krajach podejmuje się próby opracowania indeksów selekcyjnych, które uwzględniałyby nie tylko cechy produkcyjne, lecz także kryteria charakteryzujące dobrostan krów mlecznych. Aby uzyskać korzystne efekty, niezbędna jest współpraca w tym zakresie specjalistów z różnych dziedzin, tj.: hodowców, genetyków, epidemiologów, żywieniowców, etologów oraz innych ekspertów zajmujących się dobrostanem krów mlecznych. Krowy wysoko wydajne są najbardziej podatne na występowanie różnego rodzaju schorzeń w tzw. okresie przejściowym, tj. na 3 tygodnie przed i 3 tygodnie po ocieleniu. W okresie tym obserwuje się najwyższy wskaźnik brakowań z powodu występowania takich schorzeń, jak: *mastitis*, zapalenie macicy, kliniczna ketoza, zatrzymywanie łożyska oraz przemieszczenie trawieńca (3, 7). W tym newralgicznym okresie krowy wysoko wydajne są szczególnie podatne na występowanie stanów zapalnych, nawet w przypadku braku infekcji mikrobiologicznych, co przyczynia się do wzrostu natężenia stresu metabolicznego i zwiększenia funkcji obronnych organizmu (4). Jednym ze wskaźników reakcji przeciwzapalnej organizmu są tzw. białka ostrej fazy (positive and negative acute phase proteins, e.g. APP⁺ and APP⁻). Trevisi i wsp. (25) opracowali indeks funkcjonalny wątroby LFJ (liver functionality index) na bazie APP (albuminy, cholesterol i bilirubiny) w okresie pierwszego miesiąca laktacji. Zdaniem tych autorów, niska wartość indeksu LFJ ($-4,9 \pm 1,3$) w porównaniu z wysoką ($+2,5 \pm 1$) jest związana z trudniejszymi porodami, zatrzymywaniem łożyska, występowaniem ketozy, gorączki mlecznej, biegunek cieląt, *mastitis*, wydłużaniem okresu inwolucji macicy oraz ze zwiększoną częstością występowania kulawizn. W efekcie koszt leczenia krów z niskim indeksem LFJ w okresie pierwszego miesiąca laktacji był trzykrotnie wyższy w porównaniu z kosztem leczenia zwierząt, charakteryzujących się indeksem wysokim. Ponadto krowy z niskim indeksem LFJ produkowały mniej mleka.

Stres oksydacyjny

W okresie pierwszych 3 tygodni po ocieleniu zapotrzebowanie na energię wysoko wydajnych krów znacznie przewyższa jej ilość, która jest możliwa do pobrania z dawki pokarmowej. W takiej sytuacji w wyniku procesów katabolicznych na poziomie komórkowym powstaje zwiększona ilość reaktywnych form tlenu (RFT) (3, 14). W przypadku, gdy produkcja RFT jest większa niż ich neutralizacja przez mechanizmy antyoksydacyjne, występuje w organizmie krów stres oksydacyjny, który w efekcie prowadzi do występowania schorzeń, zmniejszenia wydajności mleka i zaburzeń w reprodukcji (17). RFT powstają również w warunkach zrównoważonych procesów fizjologicznych. Do chwili obecnej nie została precyzyjnie ustalona granica prowadząca do występowania wspomnianych wyżej niekorzystnych zjawisk o charakterze patologicznym (13). W piśmiennictwie spotyka się informacje o różnych biomarkerach, służących do określenia natężenia procesów oksydacyjnych, m.in. TBARS (thiobarbituric acid-reactive substances) oraz aldehyd dimalonowy MDA (malonodialdehyde). Bernabucci i wsp. (3) wykazali, że koncentracja RFT jest względnie stabilna w okresie pierwszego miesiąca przed i pierwszego miesiąca po porodzie, z wyjątkiem istotnego zmniejszenia w okresie 3 dni przed porodem i nieznacznego wzrostu w okresie 3 dni po ocieleniu. Wyniki wielu badań wskazują, że na występowanie stresu oksydacyjnego znaczący wpływ wywiera kondycja krów w momencie ocielenia (3) oraz wydajność mleka (16). Krowy, u których wskaźnik kondycji w skali 5-punktowej jest większy niż 3, mobilizują większą ilość energii z tłuszczu zapasowego, zawartego w ich ciele. Ilość RFT wzrasta wraz ze zwiększeniem ilości produkowanego mleka. Pedernera i wsp. (18) podają, że system żywienia krów w okresie 2 tygodni po ocieleniu wywiera pośredni wpływ na występowanie stresu oksydacyjnego, bezpośrednią przyczyną jest duży deficyt energii w organizmie krów. O występowaniu stresu oksydacyjnego w organizmie krów można wnioskować na podstawie statusu lipidowego, aktywności paraoksonazy-1 oraz parametrów w surowicy krwi krów. Antončić-Svetina i wsp. (2) wykazali, że w surowicy krwi krów w okresie laktacji, w porównaniu z surowicą jałówek niebędących w ciąży i nieprodukujących mleka, była istotnie wyższa zawartość zarówno cholesterolu całkowitego, jak i HDL, wyższa aktywność γ -glutamyltransferazy (GGT) oraz koncentracja bilirubiny. Wskaźniki te świadczą o wzmoczonej aktywności wątroby w celu pokrycia dużego zapotrzebowania na energię. Odnotowano także zmniejszenie aktywności paraoksonazy-1 o silnych właściwościach antyoksydacyjnych.

Wyniki wielu badań wskazują na wpływ stresu oksydacyjnego na występowanie patologicznych zmian w organizmie i obniżenie płodności zwierząt gospodarskich (14, 26). Stres oksydacyjny ma znaczący, negatywny wpływ na przebieg funkcji rozrodczych,

zarówno u ludzi, jak i u zwierząt, przejawiający się w zmniejszeniu wskaźnika zapłodnień oraz w zwiększeniu śmiertelności embrionów we wczesnym stadium ich rozwoju (1). Ten destrukcyjny mechanizm polega na niszczeniu błony ciała żółtego przez RTF i zmniejszeniu ilości produkowanego progesteronu (P4). W efekcie mamy do czynienia z wydłużeniem okresów międzyciążowych. Z uwagi na duże znaczenie stresu oksydacyjnego, zwłaszcza u wysoko wydajnych krów, opracowano różne komercyjne testy diagnostyczne do określania statusu redoks. Na szczególną uwagę zasługuje nowy marker AOPPs (advanced oxidation protein products). Wyniki najnowszych badań wykazały ścisłą zależność między koncentracją AOPPs w plazmie krwi a śmiertelnością embrionów u krów (7). W kolejnych badaniach Celi i wsp. (8) wykazali, że na podstawie wyników testu d-ROMs (reactive oxygen metabolites) lub testu BAP (biological antioxidant potential) nie można w jednoznaczny sposób potwierdzić negatywnego wpływu stresu oksydacyjnego na śmiertelność embrionów. Wiarygodną informację na temat tej zależności można uzyskać na podstawie stosunku koncentracji AOPP do zawartości albuminy w plazmie krwi.

Stres termiczny

Ten rodzaj stresu jest uwarunkowany wpływem środowiska zewnętrznego, w którym tzw. temperatura efektywna otoczenia wykracza poza wartości referencyjne, uznawane za neutralne dla zwierzęcia. Dla krów mlecznych optymalna temperatura otoczenia mieści się w przedziale od 4°C do 16°C przy wilgotności względnej powietrza 60-80% (11, 27). Należy podkreślić, że sama temperatura otoczenia nie jest miarodajnym wskaźnikiem, informującym o możliwości wystąpienia stresu cieplnego u krów mlecznych. Istotną rolę odgrywają: względna wilgotność powietrza, stopień nasłonecznienia oraz ruch powietrza. W celu określenia łącznego wpływu temperatury otoczenia i względnej wilgotności powietrza Hahn (10) opracował indeks THI (temperature humidity index): $THI = (0,81 \times TAVE) + RHUM (TAVE - 14,4) + 46,4$, gdzie: TAVE = przeciętna temperatura otoczenia (average ambient temperature, °C), a RHUM = przeciętna wilgotność względna powietrza (average relative humidity, %).

Krowy nie doznają stresu termicznego, jeśli wartość THI nie przekracza 72 (11). Oznacza to, że np. przeciętna temperatura otoczenia nie powinna przekraczać 24°C, a wilgotność względna powietrza 70%. Dla porównania: człowiek przy temperaturze otoczenia 22°C i wilgotności względnej powietrza 50% czuje się komfortowo, podczas gdy wysoko wydajna krowa mleczna jest blisko granicy, której przekroczenie wywołuje stres termiczny. Według Thatchera i wsp. (23), jeśli THI przekroczy wartość 88, mamy do czynienia z ciężkim stresem cieplnym. Wyniki niektórych badań wskazują, że w przypadku utrzymania się indeksu THI na poziomie 68 przez okres

17 godzin/dobę u krów produkujących 35 kg mleka/dobę występują oznaki stresu cieplnego (temperatura rektalna jest wyższa niż 39,2°C, liczba oddechów większa niż 60/min.). W przypadku nasłonecznienia obliczony indeks należy zwiększyć, zaś przy łagodnym wietrze zmniejszyć o kilka punktów, aby otrzymać bardziej wiarygodną informację. Thatcher i wsp. (23) w opracowaniu przeglądowym przytaczają wyniki badań różnych autorów, z których wynika, że stres termiczny ma zdecydowanie niekorzystny wpływ na przebieg funkcji rozrodczych u krów. O tym, że stres cieplny jest głównym czynnikiem wpływającym na zaburzenia płodności u krów mlecznych, świadczą wyniki inseminacji. Latem skuteczność zacieleń jest o 20-30% mniejsza w porównaniu z okresem zimowym (20). Te niekorzystne skutki związane z wysoką temperaturą otoczenia w okresie letnim odczuwalne są jeszcze w okresie jesiennym. Jest to efekt następczy stresu cieplnego, wpływającego na pęcherzyki antralne, które rozwijają się do formy dużych pęcherzyków dominujących dopiero po upływie 40-50 dni. Opisane objawy są wynikiem istotnych zmian w gospodarce hormonalnej. W okresie letnim koncentracja inhibiny w plazmie krwi jest niższa, co prawdopodobnie jest odzwierciedleniem zmniejszonej follikulogenezy, ponieważ znaczna część inhibiny znajdującej się w plazmie pochodzi z małych i średniej wielkości pęcherzyków. Zmniejszonej koncentracji inhibiny w plazmie krwi towarzyszy wyższa zawartość FSH. Wyniki większości badań wskazują na zmniejszenie LH w plazmie krwi w warunkach stresu cieplnego. Na tej podstawie De Rensis i Scaramuzzi (21) stwierdzili, że w sytuacji zmniejszonej koncentracji LH zmniejsza się tempo wzrostu dominujących pęcherzyków, z których uwalniany jest estradiol, odpowiedzialny za występowanie objawów rui i w konsekwencji obniża się płodność. Wyniki niektórych badań wykazały, że w warunkach stresu cieplnego zmniejsza się koncentracja progesteronu w plazmie krwi, co powoduje zaburzenia w rozwoju pęcherzyków i w konsekwencji wczesną umieralność embrionów, spowodowaną ich utrudnioną implantacją w błonie macicy. Przejawia się to m.in. w istotnym zmniejszeniu wskaźników skutecznych pokryć. Metaboliczne i hormonalne zmiany w organizmie krów w okresie laktacji przyczyniają się do zmniejszenia koncentracji estradiolu, którego poziom jest jeszcze dodatkowo zmniejszony w warunkach stresu termicznego. Zmiany te z kolei prowadzą do zmniejszenia wykrywalności rui, skrócenia czasu trwania i złagodzenia jej objawów. W warunkach silnego stresu termicznego wykrywalność rui jest na poziomie poniżej 20%. Stres termiczny zmniejsza przeżywalność embrionów w okresie 1-3 dni po zapłodnieniu oraz ich rozwój do 17 dnia (22, 23). Jeśli indeks THI przekroczy wartość 69, wówczas straty embrionów są na poziomie 12%. U krów znajdujących się w okresie wysokiej cielności, utrzymywanych w warunkach stresu cieplnego zmniejsza się aktywność łożyska, co znajduje

odzwierciedlenie w zmniejszeniu koncentracji siarczanu estronu, zmniejszeniu masy ciała urodzonych cieląt i zmniejszeniu wydajności mleka w okresie przyszłej laktacji na skutek zmniejszenia koncentracji laktogenu łożyskowego. Stres termiczny hamuje również rozwój płodu w okresie ostatnich trzech miesięcy ciąży, przyczynia się do pogorszenia jakości siary i zawartości w niej immunoglobulin. Zmniejsza się masa macicy i jej ukrwienie oraz zmienia się profil endokrynologiczny. W konsekwencji masa ciała cieląt w momencie urodzenia jest mniejsza o 6-8%. Zmniejszenie ilości pobieranej paszy w warunkach stresu termicznego prowadzi do ujemnego bilansu energii w organizmie krów, co powoduje uruchomienie tłuszczu z rezerwy ciała i może prowadzić do wystąpienia ketozy. W warunkach stresu termicznego krowy tracą więcej śliny, co wpływa na zmniejszenie neutralizacji treści żwacza i w konsekwencji może prowadzić do wystąpienia kwasicy. Krowy z niedoborem wapnia w organizmie są szczególnie podatne na występowanie stresu termicznego i hipertermię w warunkach ekspozycji na działanie promieni słonecznych (11, 22, 24).

Stres termiczny wpływa negatywnie również na stan zdrowia cieląt po ich urodzeniu. Przejawia się to w zaburzeniach pasywnego transferu składników siary przez śluzówkę jelita, co jest spowodowane wzrostem poziomu kortykosteroidów w surowicy krwi, które przyczyniają się do zmniejszenia absorpcji immunoglobulin.

Wpływ temperatury otoczenia, wykraczającej poza przedział neutralny, na wydajność mleka i rozród krów mlecznych jest tym większy, im wyższa jest wydajność mleka, ponieważ organizm krowy mlecznej w wyniku intensywnych procesów metabolicznych generuje ogromne ilości ciepła. Krowy należą do zwierząt homeotermicznych. Mimo znaczących wahań temperatury otoczenia są w stanie utrzymać temperaturę ciała w przedziale 38,4-39°C, co jest podstawowym warunkiem normalnego przebiegu reakcji biochemicznych i procesów fizjologicznych. W warunkach wzrostu temperatury otoczenia uruchamiane są pewne procesy, które stabilizują temperaturę ciała, m.in. poprzez zmniejszenie ilości pobieranej paszy, zwiększenie ilości wypijanej wody, zwiększenie intensywności przepływu krwi i zwiększone wydzielanie potu. Konsekwencją takiego stanu jest zmniejszenie ilości produkowanego mleka, zmniejszenie w nim zawartości tłuszczu i białka oraz zwiększenie liczby komórek somatycznych w mleku. Wykazano także zmniejszenie wydajności mleka z 27 kg do 24,4 kg/dobę i ilości spożywanej paszy z 18 kg suchej masy do 16,9 kg suchej masy przy wzroście temperatury z 20°C do 30°C (18, 23, 24). Z badań Vermunta i Trantera (27) wynika, że w przypadku przekroczenia wartości indeksu THI powyżej 78 (odpowiednik 31°C i 40% wilgotności względnej powietrza lub 27°C i 80% wilgotności względnej powietrza) wydajność mleka zmniejszyła się w sposób istotny. W badaniach Toda

i wsp. (24) wykazano, że już przy temperaturze 20°C dobowa wydajność mleka zmniejszała się o 0,6 kg/krowę. Zmniejszenie ilości produkowanego mleka w znacznym stopniu zależy od dobowej wydajności. Przy tej samej temperaturze otoczenia dobową ilość produkowanego mleka zmniejszała się o 1,0 i 1,4 kg/krowę przy wydajności, odpowiednio, 30 kg i 40 kg. Obniżeniu dobowej wydajności mleka towarzyszyło także zmniejszenie w nim koncentracji tłuszczu i białka. Toda i wsp. (24) opracowali proste równanie regresji umożliwiające szybkie oszacowanie zmniejszenia wydajności mleka w zależności od temperatury otoczenia:

$Y = -0,04X + 0,18$, gdzie: y = zmniejszona ilość produkowanego mleka przez krowę/dobę, X = temperatura otoczenia w °C.

Praktycznym wskaźnikiem służącym do szybkiej oceny występowania stresu cieplnego u krowy mlecznej jest temperatura skóry. W przypadku, gdy temperatura skóry jest niższa niż 35°C, nie należy spodziewać się zmniejszenia wydajności mleka.

Z wyników badań Roads i wsp. (22) wynika, że krowy wysoko mleczne utrzymywane w warunkach stresu termicznego (przy temp. ok. 35°C) w porównaniu z analogicznymi zwierzętami, przebywającymi w temperaturze otoczenia 20°C, charakteryzowały się wyższym zapotrzebowaniem na składniki pokarmowe o ok. 5% i z tego względu zużywały na kg produkowanego mleka o ok. 10% więcej paszy. Zdaniem cytowanych autorów, zmniejszona ilość pobieranej paszy w warunkach stresu termicznego jest tylko w ok. 50% odpowiedzialna za zmniejszenie ilości produkowanego mleka. W pozostałych 50% odpowiedzialna jest ilość energii paszy, która zamiast zużycia jej na produkcję mleka, jest zużywana na aktywację mechanizmów rozpraszających nadmiar ciepła i zmiany w metabolizmie krów.

Stres cieplny przyczynia się także do wzrostu liczby przypadków występowania kulawizn u krów dojnych (27), a u krów zasuszonych wywiera niekorzystny wpływ na wydajność mleka w kolejnej laktacji (25, 27). Krowy w okresie zasuszenia utrzymywane w pomieszczeniach klimatyzowanych, w których temperatura nie przekraczała 21°C, w okresie kolejnej wczesnej laktacji produkowały o 5 kg mleka/dobę więcej w porównaniu z analogicznymi krowami, utrzymywanymi w pomieszczeniach bez klimatyzacji.

Wpływ stresu chronicznego na rozród krów

Nie tylko ostry, krótkotrwały stres, lecz także stres chroniczny, którego klasycznym przykładem jest kulawizna u krów, wywiera znaczący wpływ na cykliczne funkcjonowanie jajników poprzez zahamowanie wydzielania hormonów na osi przysadka mózgowa-tarczyca-jajniki (22, 28). Na podstawie koncentracji progesteronu w mleku wykazano, że u krów cierpiących na kulawiznę wydłuża się okres od rozpoczęcia rui do owulacji oraz wydłuża się również okres od po-

rodu do rozpoczęcia cyklu jajnikowego (19). Tak więc stres chroniczny, uwarunkowany kulawizną, zakłóca właściwy przebieg procesów endokrynologicznych, które w decydujący sposób wpływają na funkcjonowanie jajników, hamują objawy rui, co utrudnia wykonywanie inseminacji we właściwym momencie. Zmniejszone zewnętrzne objawy rui lub ruje ciche są uwarunkowane niską koncentracją progesteronu w mleku przed wystąpieniem rui (28).

Wpływ rodzaju podłoża na występowanie stresu u krów mlecznych

Istotnym elementem w zachowaniu krowy jest odpoczynek w pozycji leżącej, który w optymalnych warunkach środowiskowych powinien trwać około 12 godzin w ciągu doby. Według Granta (9), odpoczynek krów w pozycji leżącej nawet do 14 godzin w okresie doby zmniejsza stres z powodu odciążenia nóg i tym samym ogranicza występowanie kulawizn, zwiększa aktywność przy pobieraniu paszy i przeżuwanie oraz przyczynia się do utrzymania na należytych poziomach ogólnego stanu zdrowia. Podczas leżenia zwiększa się przepływ krwi przez wymię. W celu wytworzenia kg mleka przez wymię powinno przepłynąć około 400 litrów krwi. Jeśli krowa przebywa w pozycji stojącej, zmniejsza się poziom hormonu wzrostu w płazmie krwi, co znajduje odzwierciedlenie w zmniejszeniu ilości produkowanego mleka. Ponadto przy braku odpoczynku zwiększa się aktywność przysadki mózgowej, tarczycy i kory nadnerczy oraz sympatycznego układu nerwowego. Stan taki wpływa hamująco na wchłanianie i wykorzystanie składników pokarmowych, przyczynia się do zwiększenia zapotrzebowania na składniki pokarmowe przy jednoczesnym zmniejszeniu wydajności mleka i zmianie jego składu chemicznego (4).

Wyniki dotyczące rodzaju podłoża w oborach i na wybiegach nie dają jednoznacznej odpowiedzi na pytanie: jaki rodzaj podłoża jest najlepszy? Najbardziej wiarygodne wydają się wyniki badań Calamariego i wsp. (6) nad jednoczesnym porównaniem czterech rodzajów podłoża w oborze wolnowybiegowej, tj. piasku, słomy, materacy i gumowych mat. Do przebywania w pozycji stojącej krowy najchętniej wybierały materace lub gumowe maty, natomiast do leżenia preferowały podłoże miękkie, a więc z piaskiem lub ze słomą, mniej chętnie wybierały podłoże twardsze z materacami lub matami gumowymi. Najwięcej mleka produkowały krowy, które preferowały piasek.

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi trendami, w celu zapewnienia odpowiedniego komfortu dla krów mlecznych, co jest równoznaczne z wyeliminowaniem lub ograniczeniem do niezbędnego minimum stresu, zarówno budynki, jak i system utrzymania powinny być tak projektowane, konstruowane i użytkowane, aby nie narażały zwierząt na głód i pragnienie, odczuwanie dyskomfortu związanego z bólem, okaleczeniami i chorobami, umożliwiały naturalne swobodne zachowanie się zwierząt oraz nie narażały ich na strach (4, 9, 21).

wanie się zwierząt oraz nie narażały ich na strach (4, 9, 21).

Wpływ strategii utrzymywania krów mlecznych na występowanie stresu psychicznego

Fakt, że krowy wysoko wydajne są narażone na występowanie silnego stresu, spowodowanego dużym obciążeniem procesami metabolicznymi, jest znany od wielu lat, natomiast stres psychiczny jest zjawiskiem stosunkowo słabo poznany. Wyniki badań nad stresem psychicznym wskazują na jego ujemny związek z cechami mleczności, uwarunkowanymi wydzielaniem zwiększonej ilości adrenaliny, skróceniem czasu wypoczynku krów i zwiększeniem strat energii. Zależność tę potwierdzają wyniki badań Breuera i wsp. (5), z których wynika, że jeśli krowy reagują pozytywnie na obecność człowieka, wówczas zwiększa się wydajność mleka oraz zawartość w nim tłuszczu i białka. Ujemna korelacja między obecnością człowieka a cechami mleczności występuje wówczas, jeśli krowa na jego obecność przyspiesza kroku, ze strachu drży i kopie. Wyniki badań Leroya i wsp. (15) wykazały istotne zmiany w wartościach niektórych wskaźników fizjologicznych u krów w warunkach stresu. W surowicy krwi krów, przebywających w oborze wolnowybiegowej, poddanych działaniu takich stresorów, jak: szybkie przepędzanie, łapanie i przytrzymywanie, siadanie na grzbiecie, a następnie wiązanie ich na stanowiskach w oborze uwięziowej, w płazmie krwi pobranej po upływie 20 minut od zakończenia działania stresorów zawartość glukozy wzrosła o ok. 10%, a niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych aż o 40%. Zarówno poziom glukozy, jak i koncentracja niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych informują o statusie energetycznym organizmu krów, zatem pobieranie krwi od krów zestresowanych może prowadzić do błędnej interpretacji wyników, dotyczących zawartości glukozy i niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych.

Ze względu na ścisłe współdziałanie układu nerwowego i immunologicznego za pośrednictwem dwóch systemów hormonalnych, tj. osi podwzgórze–przysadka–kora nadnerczy i osi układ współczulny–rdzeń nadnerczy, stres psychiczny wywiera istotny wpływ na odpowiedź immunologiczną organizmu krów (30).

Stres łagodny i krótkotrwały stymuluje, zaś silny i długotrwały hamuje humoralną i komórkową odpowiedź immunologiczną. Warto zwrócić uwagę na fakt, że stres prenatalny zwiększa wrażliwość na występowanie stresu w życiu postnatalnym. Potwierdzeniem osłabienia odporności immunologicznej organizmu w wyniku działania stresu są wyniki badań podane przez Zimeckiego i Artym (30), z których wynika, że zwierzęta poddane stresowi wykazują obniżoną odporność na infekcje. Udowodniono, że m.in. laktoferyna w znacznym stopniu przyczynia się do zniwelowania negatywnego wpływu stresu na odpowiedź humoralną i komórkową u zwierząt.

Podsumowanie

Z dokonanego przeglądu dostępnych danych piśmiennictwa wynika, że krowy mleczne, zwłaszcza wysoko wydajne, są narażone na różne formy stresu, które znajdują odzwierciedlenie w zachowaniu się zwierząt oraz istotnej zmianie parametrów fizjologicznych i biochemicznych w ich organizmie. Każdy rodzaj stresu, niezależnie od stresora, który go wywołał, znajduje negatywne odzwierciedlenie w stanie zdrowia, wydajności i jakości mleka oraz we wskaźnikach związanych z płodnością. Zewnętrzny przejawami stresu występującego u krów mlecznych są: ograniczone ruchy, niechęć do leżenia, przyśpieszenie oddechu i tętna, nadmierne pocenie się i ślinienie, zmniejszone przeżuwanie lub całkowity jego zanik, zmniejszenie ilości pobieranej paszy, zmniejszenie ilości produkowanego mleka, a także zawartości w nim białka i tłuszczu oraz zaburzenia w funkcjach rozrodczych. Wewnętrzny przejawami występującego stresu są: zmniejszenie ukrwienia narządów wewnętrznych, zmiany w poziomie niektórych hormonów oraz zwiększenie ilości produkowanego dwutlenku węgla, prowadzące do zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej. Zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie negatywnych skutków u krów mlecznych wywołanych stresem można osiągnąć przede wszystkim poprzez dostosowanie szeroko rozumianych warunków środowiska zewnętrznego do wymogów zwierząt.

Istnieje pewne prawdopodobieństwo, że być może w niedalekiej przyszłości będzie istniała możliwość złagodzenia niekorzystnych efektów spowodowanych występowaniem stresu cieplnego u krów mlecznych na drodze selekcji. Thatcher i wsp. (23) w populacji krów rasy holsztyńsko-fryzyskiej zidentyfikowali gen odpowiedzialny za zwiększoną odporność na stres termiczny.

Piśmiennictwo

1. Al-Gubory K. H., Fowler P. A., Garrel C.: The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes. *The Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2010, 42, 1634-1650.
2. Antončić-Svetina M., Turk R., Svetina A., Gereš D., Rekić B., Juretić D.: Lipid status, paraoxonase-1 activity and metabolic parameters in serum of heifers and lactating cows related to oxidative stress. *Res. Vet. Sci.* 2011, 90, 298-300.
3. Bernabucci U., Ronchi B., Lcetera N., Nardone A.: Influence of body condition score on the relationship between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2005, 88, 2017-2026.
4. Bertoni G., Calamari L., Maianti M. G.: Factors of welfare status in dairy cows and the relationship with milk features, [w:] Greppi G. F., Enne G. (wyd.), 38. Symp. Int. Zootechnica "Milk and Research" Editori M.G., Milano 2003, s. 63-94.
5. Breuer K., Hemsworth P. H., Barnett J. L., Matthews L. R., Coleman G. J.: Behavioural responses to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Apl. Anim. Behav. Sci.* 2000, 66, 273-288.
6. Calamari L., Calegari F., Stefanini L.: Effect of different free stall surfaces on behavioural, productive and metabolic parameters in dairy cows. *Apl. Anim. Behav. Sci.* 2009, 120, 9-17.
7. Celi P.: Biomarkers of oxidative stress in ruminant medicine. *Immunopharm. Immunot.* 2011, 33, 233-240.
8. Celi P., Merlo M., Barbato O., Gabai G.: Relationship between oxidative stress and success of artificial insemination in dairy cows in a pasture-based system. *Vet. J.* 2012, 193, 498-502.
9. Grant R. J.: Incorporating dairy cow behavior into management tools. *Penn State Dairy Nutrition. Workshop.* 2006, s. 31-41.
10. Hahn G. L.: Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 1999, 82 (Suppl 2), 10-20.
11. Herbut P., Angrecka S.: Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2012, 30, 363-372.
12. Ingvarsten K. L., Dewhurst R. J., Friggens N. C.: On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that causes diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest. Prod. Sci.* 2003, 83, 277-308.
13. Józwick A., Bagnicka E., Strzalkowska N., Śliwa-Józwick A., Horbańczuk K., Cooper R. G., Pyzel B., Krzyżewski J., Świergiel A. H., Horbańczuk J. O.: The oxidative status of milking goats after per os administration of N-acetylcysteine. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2010, 28, 143-152.
14. Józwick A., Krzyżewski J., Strzalkowska N., Poławska E., Bagnicka E., Wierzbicka A., Niemczuk K., Lipińska P., Horbańczuk J. O.: Relations between the oxidative status, mastitis, milk quality and disorders of reproductive functions in dairy cows – A review. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2012, 30, 297-307.
15. Leroy J. L., M.R., Bossaert P., Opsomer G., Bols P. E. J.: The effect of animal handling procedures on the blood non-esterified fatty acid and glucose concentrations of lactating dairy cows. *Vet. J.* 2011, 187, 81-84.
16. Lohrke B., Viergutz T. T., Kanitz W., Gollnitz K., Becker F., Hurtienne A., Schweigert F. J.: High milk yield in dairy cows associated with oxidant stress. *J. Vet. Res.* 2004, 8, 70-78.
17. Lykkesfeld J., Svendsen O.: Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals. *Vet. J.* 2007, 173, 502-511.
18. Pedernera M., Celi P., Garcia S. C., Salvin H. E., Barchia I., Fulkerson W. J.: Effect of diet, energy balance and milk production on oxidative stress in early-lactating dairy cows grazing pasture. *Vet. J.* 2010, 186, 352-357.
19. Petersson K. J., Strandberg E., Gustafsson H., Berghlund B.: Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 2006, 91, 201-214.
20. Rensis F. De, Marconi P., Capelli T., Gatti F., Facciolo F., Franzini S.: Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following estrus synchronization and fixed time A.I. offer the induction of an LH surge with Gonadotropin releasing hormone (GnRH) or human chorionic gonadotropin (hCG). *Theriogenol.* 2002, 58, 1675-1687.
21. Rensis F. De, Scaramuzzi R. J.: Heat stress and seasonal effects on reproduction in dairy cow – a review. *Theriogenol.* 2003, 60, 1139-1151.
22. Roads M. L., Roads R. P., VanBaale M. J., Collier R. J., Sanders S. R., Weber W. J., Crooker B. A., Baumgard L. H.: Effects of heat stress and plane of nutrition of lactating holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 2009, 92, 1986-1997.
23. Thatcher W. W., Flumenbaum I., Block J., Bilby T. R.: Interrelationships of heat stress and reproduction in lactating dairy cows. *Proc. High Plains Dairy Conference.* Amarillo, Texas 2010, 45-60.
24. Toda K., Nakai F., Ieki H., Fuzioka K., Watanabe H., Iuchi T., Terada F.: Effect of „Effective temperature” on milk yield of holstein cows in hot and humid environments. *Nihon Chikusan Gakkaiho.* 2002, 73, 63-100.
25. Trevisi E., Amadori M., Cogrossi S., Razzuoli E., Bertoni G.: Metabolic stress and inflammatory response in high-yielding, periparturient dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 2012, 93, 695-704.
26. Turk R.: The role of HDL-associated enzymes in bovine reproduction, [w:] Pagano I. S., Strait N. S. (wyd.): HDL and LDL Cholesterol: Physiology and Clinical Significance. Nova Science. Publishers Inc., Hauppauge, N.Y., USA 2009, 1-15.
27. Vermunt J. J., Tranter B. P.: Heat stress in dairy cattle – a review, and some of the potential risks associated with the nutritional management of this condition. *Proc. Ann. Conf. Australian Vet. Assoc. Queensland Division,* 25-27 March 2011, Townsville, QLD, Australia 2011, s. 212-221.
28. Walker S. L., Smith R. F., Jones D. N., Routly J. E., Dobson H.: Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Horm. Behav.* 2008, 53, 493-501.
29. Whay H. R., Main D. C. J., Green L. E., Webster A. J. F.: Animal-based measures for the assessment of welfare state of dairy cattle, pigs and laying hens: consensus of expert opinion. *Anim. Welfare* 2003, 12, 205-217.
30. Zimecki M., Artym J.: Wpływ stresu psychicznego na odpowiedź immunologiczną. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2004, 58, 166-175.