

## WPLYW WYSOKIEJ TEMPERATURY POWIETRZA NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ POZIOMU KORTYZOLU I TYROKSYNY WE KRWI KRÓW Z UWZGLĘDNIENIEM WYDAJNOŚCI MLECZNEJ\*

Andrzej Kaczor<sup>1</sup>, Urszula Kaczor<sup>2</sup>, Marta Wieczorek-Dąbrowska<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Technologii, Ekologii  
i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

<sup>2</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Biotechnologii Zwierząt,  
ul. Rędzina 1B, 30-274 Kraków

<sup>3</sup>Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki PIB Kolbacz Sp. z o. o., ul. Wacisława 1,  
74-106 Stare Czarnowo

*Celem badań było określenie wpływu oddziaływania ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza w okresie 6 dni na kształtowanie się poziomu kortyzolu i tyroksyny (T4) we krwi oraz na wydajność mleczną krów z uwzględnieniem urządzeń powodujących zwiększony ruch powietrza i obniżenie temperatury. Prace badawcze wykonano na 3 grupach krów dojnych w okresie laktacji utrzymywanych w trzech sektorach obór wolnostanowiskowych boksowych typu otwartego. Grupa kontrolna (K) krów była utrzymywana w sektorze obory niewyposażonej w urządzenia wspomagające chłodzenie krów. Grupę doświadczalną I (DI) krów utrzymywano w sektorze wyposażonym w wentylatory-mieszacze powietrza, a grupę doświadczalną II (DII) w sektorze wyposażonym dodatkowo w urządzenie do rozpylania wody. Wysoka temperatura powietrza nie wpłynęła na poziom kortyzolu i tyroksyny we krwi krów. Zastosowanie urządzeń wspomagających chłodzenie krów nie wpłynęło również na kształtowanie się poziomu kortyzolu i tyroksyny we krwi. Stwierdzono istotny wpływ warunków termicznych oraz długości okresu występowania wysokiej temperatury na dzienną wydajność mleczną krów. Krowy z grup doświadczalnych utrzymywane w sektorach wyposażonych w urządzenia wspomagające chłodzenie zwierząt charakteryzowały się wyższą od 5 do 11% wydajnością mleczną niż krowy z grupy kontrolnej. Większe znaczenie w zapobieganiu spadkom wydajności mlecznej miało zastosowanie wentylatorów mieszaczy-powietrza niż urządzenia do rozpylania wody.*

*Słowa kluczowe: obora, krowy, temperatura, kortyzol, tyroksyna, mleko*

Wysoka temperatura powietrza powoduje często u krów stres cieplny. Występuje on wówczas, kiedy ilość ciepła powstającego podczas przemiany materii i dostar-

---

\*Praca finansowana z działalności statutowej Instytutu Zootechniki PIB, temat nr 06-001.1.

czonego przez środowisko zewnętrzne jest większa niż ilość ciepła oddanego przez organizm. Według Ginnekena (2010) stres cieplny u krów ujawnia się już przy temperaturze powietrza 22°C, natomiast West (2003) podaje temperaturę wyższą, tj. 25°C. Z tego powodu podejmuje się próby ograniczania skutków stresu cieplnego u krów poprzez stosowanie urządzeń poprawiających warunki mikroklimatyczne, tj. wentylatorów-mieszaczy powietrza oraz urządzeń do zraszania zwierząt wodą lub rozpylania wody w powietrzu (Müller i in., 2009; Heitmüller, 2008).

Stres cieplny wywołuje w organizmie zwierzęcym zmiany metabolizmu w celu utrzymania normalnej temperatury ciała. Objawia się to głównie ograniczeniem pobierania paszy przez krowy, a w efekcie zmniejszoną produkcją mleka (Brouček i in., 2009; Kaczor, 2010). Stres cieplny jest przyczyną zmian w zachowaniu się krów, a także wywołuje zakłócenia w rozrodzie (Franzzi, 2000; Flamenbaum i Galon, 2010). Odpowiedzią organizmu zwierzęcia na czynniki stresogenne jest m.in. zmiana podstawowych parametrów fizjologicznych, w tym także statusu neurohormonalnego ustroju. Wysoka temperatura, jako czynnik stresogeny może wpływać u bydła na wielkość sekrecji kortyzolu z kory nadnercza (Wise i in., 1988; Habeeb i in., 1992; Hammond i in., 1996). Analiza poziomu kortyzolu we krwi pozwala na ocenę intensywności przebiegu reakcji stresowej jako skutku negatywnego oddziaływania środowiska zewnętrznego na organizm (Kaufmann i Thun, 1998; Urban-Chmiel, 2004). Istotną rolę w regulacji przemiany materii i termoregulacji odgrywają hormony tarczycy: tyroksyna ( $T_4$ ) i trójiodotyronina ( $T_3$ ). Hormony tarczycy mają również wpływ na wydzielanie innych hormonów, na przykład takich jak kortyzol i katecholamina (Ślebodziński, 1994; Matteri i in., 2000). Tarczyca reaguje na zmianę temperatury otoczenia. Obniżenie temperatury otoczenia, zwiększona utrata ciepła powodują wzrost uwalniania hormonów do krwiobiegu. Natomiast wzrost temperatury powoduje spadek wydzielania hormonów tarczycy (Ślebodziński, 1983). W dostępnej literaturze brak jest informacji na temat długotrwałego stresu wysokiej temperatury na koncentrację hormonów kortyzolu i tyroksyny we krwi w powiązaniu z wydajnością mleczną krów. Z tego powodu celowe wydaje się przeprowadzenie badań w tym zakresie.

Celem badań było określenie wpływu oddziaływania ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza w okresie 6 dni na kształtowanie się poziomu kortyzolu i tyroksyny ( $T_4$ ) we krwi oraz na wydajność mleczną krów z uwzględnieniem urządzeń powodujących zwiększony ruch powietrza i obniżenie temperatury.

## Material i metody

Prace badawcze wykonano na krowach dojnych rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej w okresie laktacji. Krowy przebywały w trzech oborach wolnostanowiskowych boksowych typu otwartego tzw. oborach kurtynowych, identycznych pod względem budowlanym i kubatury przypadającej na krowę. Grupa kontrolna (K) 96 krów była utrzymywana w sektorze obory niewyposażonej w urządzenie wspomagające chłodzenie krów. Grupę doświadczalną I (DI) 115 krów utrzymywano w sektorze obory wyposażonej w sufitowe wentylatory-mieszacze powie-

trza powodujące zwiększony ruch powietrza. Krowy z grupy doświadczalnej II (DII) w liczbie 64 sztuk utrzymywano w sektorze obory wyposażonej w wentylatory-mieszacze powietrza oraz urządzenie do rozpylania wody wpływające na obniżenie temperatury otoczenia. Do analizy wyników badań stężenia kortyzolu i tyroksyny we krwi oraz badań wydajności mlecznej, z każdej grupy na zasadzie analogów wybrano po 20 krów. Wentylatory rozpoczynały pracę przy temperaturze 22°C, a urządzenie do rozpylania wody przy temperaturze 25°C. Czynnikiem doświadczalnym była wysoka temperatura powietrza oraz okres jej oddziaływania na zwierzęta. Krowy były żywione paszą pełnodawkową TMR. Skład dawki został ustalony na dzienną wydajność mleka 35 kg w programie MAX™ system for Dairy firmy Cargill. Krowy dojono 3 razy w ciągu doby, przy czym średnia wydajność mleka od krowy za laktację wynosiła około 10 tys. kg. Badania przeprowadzono w okresie letnim, przy średniej temperaturze dobowej w oborach wynoszącej od 20,3 do 29,8°C.

W trakcie realizacji doświadczenia wykonano następujące badania i pomiary:

– pomiary mikroklimatu w sektorach obór grupy kontrolnej i doświadczalnych. Wykonano pomiary ciągłe temperatury i wilgotności względnej powietrza w oborach przy pomocy aparatów typu Datalogger S3121 oraz pomiary momentalne prędkości ruchu powietrza przy pomocy aparatu typu TESTO 445. Pomiary mikroklimatu w poszczególnych sektorach przeprowadzono w okresie 8 dni trwania doświadczenia, tj. jeden dzień przed i 7 dni podczas wystąpienia wysokiej temperatury przekraczającej 25°C, uznawanej za ekstremalnie wysoką w utrzymaniu krów. Dodatkowo, w kolejnych 5 dniach przed rozpoczęciem doświadczenia wykonano w sektorach wstępne pomiary temperatury powietrza;

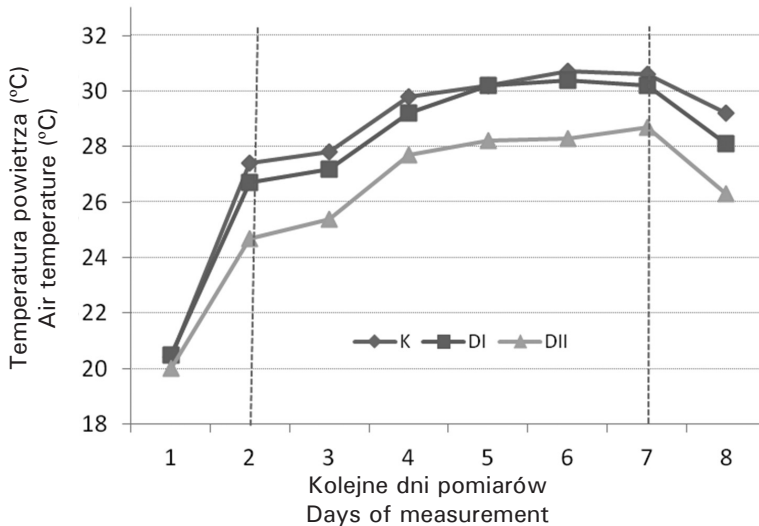
– badania stężenia kortyzolu i tyroksyny ( $T_4$ ) w surowicy krwi. Krew od 60 krów z grup kontrolnej i doświadczalnych była pobierana z żyły jarzmowej 2-krotnie w ciągu doświadczenia. Próbkę krwi pobierano pomiędzy godz. 16:00 i 18:00 w odstępie 5 dni, tj. w drugim (pobranie I) i siódmym (pobranie II) dniu doświadczenia, zachowując kolejność zwierząt. Pomiędzy 2. a 7. dniem temperatura powietrza stopniowo wzrastała. Podczas pierwszego pobierania krwi średnia temperatura powietrza wynosiła 27,2°C a podczas drugiego 32,2°C. Długość odstępu czasu pomiędzy pobraniami krwi podyktowana była możliwością uzyskania ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza w stosunkowo długim okresie. Kortyzol w surowicy krwi oznaczono metodą immunoenzymatyczną Immulite 2000-kortyzol a tyroksynę ( $T_4$ ) metodą Immulite 2000-tyroksyna;

– badania dziennej wydajności mleka od krów. Średnia dzienna wydajność mleka od przed rozpoczęciem doświadczenia wynosiła 34,5 kg od krowy. Pomiary dziennej wydajności mlecznej od 60 krów wykonano przed pobieraniem próbek krwi w drugim (pomiar I) i siódmym (pomiar II) dniu doświadczenia przy pomocy mierników mleka zainstalowanych w systemie zarządzania stadem Afimilk.

Wyniki pomiarów mikroklimatu przedstawiono w formie średnich i wykresu. Natomiast wyniki badań stężenia kortyzolu i tyroksyny w surowicy krwi oraz dziennej wydajności mlecznej od krów opracowano statystycznie, wykorzystując program Statistica ver. 9.1, w oparciu o jednoczynnikową analizę wariancji z użyciem testu Duncana.

## Wyniki

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań temperatury powietrza w sektorach obór grupy kontrolnej (K) i grup doświadczalnych (DI i DII) w okresie 8 dni realizacji doświadczenia. W pierwszym dniu doświadczenia przed wystąpieniem upałów, temperatury powietrza w sektorze grupy K oraz DI i DII były podobne i wahały się 20,0 do 20,5°C. Należy również dodać, że w okresie 5 dni przed rozpoczęciem doświadczenia, średnia dobowa temperatura powietrza w oborach była wyrównana i nie przekraczała 21,0°C. W drugim dniu w którym wykonano pomiary mleka i pobrano krew (pomiar i pobranie I) odnotowano znaczny wzrost temperatury powietrza. W sektorze grupy K średnia dobowa temperatura powietrza wynosiła 27,4°C, w sektorze grup doświadczalnych DI i DII odpowiednio 26,7 i 25,3°C. Tendencja wzrostu temperatury utrzymała się do 7. dnia, w którym powtórnie wykonywano pomiary mleka i pobieranie krwi (pomiar i pobranie II). W ósmym dniu wystąpiła tendencja spadkowa temperatury. Średnia dobowa temperatura powietrza w okresie pomiędzy 2. a 7. dniem doświadczenia w sektorze grupy K kształtowała się na poziomie 29,4°C, w sektorze grupy DI na poziomie 29,0°C, a w sektorze grupy DII na poziomie 27,2°C. Wykonano również pomiary wilgotności względnej i prędkości ruchu powietrza. W okresie od 2. do 7. dnia doświadczenia średnia dobowa wilgotność względna powietrza wynosiła w sektorze grupy K – 46%, w sektorze grupy DI – 48% i w sektorze grupy DII – 62%, a średnia dobowa prędkość ruchu powietrza wynosiła odpowiednio 0,49; 1,12; i 1,07 m/s.



Rysunek 1. Kształtowanie się temperatury powietrza w oborach podczas doświadczenia  
Figure 1. Air temperature in the barns during the experiment

Tabela 1. Stężenie kortyzolu w surowicy krwi krów  
Table 1. Serum cortisol concentrations in the cows

Pobranie Sampling	Wskaźniki statystyczne Statistical indicators	Stężenie kortyzolu w surowicy krwi ( $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ ) Serum cortisol concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ )			SEM
		Grupy Groups			
		K (n = 20)	DI (n = 20)	DII (n = 20)	
I	$\bar{x}$	1,26	0,97	1,18	0,047
	SE	0,08	0,05	0,08	
II	$\bar{x}$	1,49	1,34	1,31	
	SE	0,14	0,09	0,16	

W momencie rozpoczęcia okresu wysokiej temperatury (pobranie I), stężenie kortyzolu we krwi krów z grupy K było o 23% wyższe niż u krów z grupy DI i o 6,3% wyższe niż u krów z grupy DII (tab. 1). Podobnie w okresie z najwyższą temperaturą podczas doświadczenia (pobranie II), poziom kortyzolu we krwi był największy u krów z grupy kontrolnej. Różnica w stężeniu kortyzolu pomiędzy grupą K oraz DI i DII wynosiła około 12%. Zarówno w I, jak i w II pobraniu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami stężenia kortyzolu we krwi krów z poszczególnych grup. Średnia wartość stężenia kortyzolu we krwi krów z I pobrania była o 17% wyższa niż w II pobraniu. Również i w tym przypadku nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami stężenia kortyzolu we krwi krów z I i II pobrania.

Tabela 2. Stężenie tyroksyny ( $T_4$ ) w surowicy krwi krów  
Table 2. Serum thyroxine ( $T_4$ ) concentration in the cows

Pobranie Sampling	Wskaźniki statystyczne Statistical indicators	Stężenie $T_4$ w surowicy krwi ( $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ ) Serum $T_4$ concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ )			SEM
		Grupy Groups			
		K (n = 20)	DI (n = 20)	DII (n = 20)	
I	$\bar{x}$	4,42 A	4,11	4,35	0,070
	SE	0,69	0,66	0,93	
II	$\bar{x}$	3,59 B	3,68	3,84	
	SE	0,66	0,16	0,13	

A, B – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

A, B – means in columns with different letters differ significantly ( $P \leq 0,01$ ).

W pierwszym pobraniu, stężenie tyroksyny we krwi krów z grupy K było o 7% większe niż u krów z grupy DI i o 1,6% większe niż u krów z grupy DII (tab. 2). Natomiast w II pobraniu, stężenie tyroksyny we krwi krów z grupy K było o 2,5%

mniejsze niż u krów z grupy DI i o 7% mniejsze niż u krów z grupy DII. Zarówno w I, jak i w II pobraniu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami stężenia tyroksyny we krwi u krów z poszczególnych grup. Natomiast stwierdzono istotną różnicę w stężeniu tyroksyny u krów pomiędzy pobraniami. Stężenie tyroksyny u krów z grupy K w I pobraniu było o 18,8% wyższe niż u krów z tej samej grupy w II pobraniu ( $P \leq 0,01$ ).

Tabela 3. Wydajność mleczna krów  
Table 3. Milk yield of the cows

Pomiar Measurement	Wskaźniki statystyczne Statistical indicators	Dzienna wydajność mleczna krów (kg) Daily milk yield of the cows (kg)			SEM
		Grupy Groups			
		K (n = 20)	DI (n = 20)	DII (n = 20)	
I	$\bar{x}$	*33,1 a	34,6 b	34,8 b	0,213
	SE	0,36	0,44	0,57	
II	$\bar{x}$	*30,8 A	33,9 B	34,2 B	
	SE	0,29	0,43	0,49	

a, b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $P \leq 0,05$ ).

A, B – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

\*wartości średnie w kolumnach oznaczone gwiazdką różnią się istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – means in rows with different letters differ significantly ( $P \leq 0,05$ ).

A, B – means in rows with different letters differ significantly ( $P \leq 0,01$ ).

\*means in columns with an asterisk differ significantly ( $P \leq 0,01$ ).

W początkowym okresie oddziaływaniu wysokiej temperatury (pomiar I), dzienna wydajność mleka od krowy w grupie K była odpowiednio o 1,5 kg (4,5%) i o 1,7 kg (5,1%) mniejsza niż w grupach DI i DII ( $P \leq 0,05$ ). Po sześciu dniach oddziaływania wysokich temperatur (pomiar II), różnice w wydajności mleka pomiędzy grupą K oraz DI i DII były większe. Dzienna wydajność mleka od krowy w grupie K była odpowiednio o 10,1% i o 11,0% niższa niż w grupach DI i DII ( $P \leq 0,01$ ). Stwierdzono również istotne różnice w wydajności mlecznej krów z grupy kontrolnej podczas I i II pomiaru. Dzienna wydajność mleka od krowy w grupie K podczas I pomiaru była o 2,3 kg (7%) wyższa niż w tej samej grupie podczas II pomiaru ( $P \leq 0,01$ ).

### Omówienie wyników

W okresie realizacji doświadczenia wykazano występowanie ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza w sektorach dla krów. Z wyjątkiem pierwszego dnia, w którym temperatura powietrza kształtowała się na poziomie 20°C, w następnych dniach w sektorach wszystkich grup temperatura powietrza przekraczała znacznie 25°C. Wartość temperatury 25°C uznawana jest za górną granicę strefy termoneutralnej w utrzymaniu krów (Bianca, 1977; West, 2003). Średnie dobowe temperatury powietrza w okresie 5 dni pomiędzy pobraniami krwi oraz pomiarami mleka w sektorach

grup K i DI przekroczyły 29°C, a w sektorze grupy DII – 27°C. Tak wysoka temperatura może spowodować występowanie stresu cieplnego u krów. Należy podkreślić, że do analizy danych brano pod uwagę wartości średniej dobowej temperatury. Jak wiadomo, w ciągu doby temperatura ulega wahaniom, a z najwyższymi jej wartościami mamy do czynienia na ogół w godzinach popołudniowych. O tej porze dnia temperatura powietrza w badanych sektorach wynosiła nawet 35°C. Jednak przy ocenie warunków termicznych w oborze, temperatury powietrza nie można traktować oddzielnie bez uwzględnienia pozostałych parametrów mikroklimatu, tj. prędkości ruchu powietrza i wilgotności względnej (Pache, 2007). Przy tak wysokiej temperaturze powietrza, kurtyny w ścianach bocznych obór były całkowicie opuszczone. Prędkość ruchu powietrza w poszczególnych sektorach uzależniona była w pierwszej kolejności od prędkości wiatru, a następnie od stosowania wentylatorów-mieszaczy powietrza powodujących wzmożony ruch powietrza. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza następowało automatycznie zwiększanie liczby obrotów wirnika wentylatorów, a tym samym wzrastała prędkość ruchu powietrza. W sektorach grup DI i DII wyposażonych w wentylatory-mieszacze powietrza, prędkość ruchu powietrza była o około 55% większa niż w sektorze grupy K, gdzie nie stosowano wentylatorów. Zwiększenie prędkości ruchu powietrza wzmaga siłę ochładzania organizmu zwierząt. Według Branwell (2002) za Heidenreich i in. (2005) przy temperaturze powietrza 29,5°C, wilgotności względnej 50% i prędkości ruchu powietrza 1,0 m/s temperatura odczuwalna u krów obniża się do 24,4°C. Można przypuszczać, że zwiększenie prędkości ruchu powietrza w upalne dni spowodowało w sektorach grup doświadczalnych DI i DII obniżenie temperatury odczuwalnej u krów. Dodatkowe stosowanie zamglawiania powietrza w sektorze grupy DII podczas upałów zmniejszyło temperaturę powietrza o około 2°C w porównaniu do temperatury w sektorach grupy K i DI ale przy równoczesnym zwiększeniu wilgotności względnej o około 16 punktów procentowych. Według Bucklina i in. (2000), zastosowanie urządzenia do rozpylania wody przy ekstremalnie wysokiej temperaturze pozwala na obniżenie temperatury powietrza w oborze z 30 do 25°C i jest jednym ze sposobów ograniczania skutków stresu termicznego u krów.

Analiza stężenia kortyzolu w surowicy krwi krów poddanych działaniu wysokiej temperatury wykazała, że wyższe stężenie tego hormonu zarówno w I, jak i w II pobraniu odnotowano u krów z grupy kontrolnej niż u krów z grup doświadczalnych. Jednak różnice te nie zostały potwierdzone w analizie statystycznej. Zróżnicowane warunki mikroklimatyczne w poszczególnych sektorach nie wpłynęły istotnie na poziom stężenia kortyzolu we krwi krów. Stężenie kortyzolu we krwi krów z I pobrania było o 17% mniejsze niż u krów z II pobrania, ale również nie stwierdzono istotności różnic pomiędzy średnimi. Pierwsze pobieranie próbek krwi miało miejsce w pierwszym dniu występowania wysokiej temperatury powietrza wynoszącej około 27,2°C, ale po okresie 5 dni temperatury normatywnej nieprzekraczającej średniej wartości 21°C w ciągu doby. Natomiast II pobieranie krwi przeprowadzono również przy wysokiej temperaturze powietrza, wynoszącej 32,2°C, ale po okresie 6 dni ze średnią temperaturą dobową wynoszącą 28,5°C. Wpływ sześciodniowego okresu ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza, który z dużym prawdopodobieństwem powinien wywołać stres cieplny u krów, nie wpłynął istotnie na poziom stężenia kortyzolu we krwi krów. Bydło reaguje zwiększonym stężeniem kortyzolu

we krwi i mleku przy uciążliwych dla niego sytuacjach, takich jak: transport, blokowanie w poskromie, leczenie lub nagła zmiana środowiska (Wise i in., 1988; Kaufmann i Thun, 1998; Verkerk, 1998). Urban-Chmiel (2004) stwierdziła istotny wzrost stężenia kortyzolu we krwi zwierząt po przebytych transporcie. Stężenie kortyzolu we krwi uzyskanej od jałówek przed transportem wynosiło  $46,9 \text{ nmol}^{-1}$  ( $1,69 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ) a po jego zakończeniu  $104,01 \text{ nmol}^{-1}$  ( $3,74 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ). Występowanie wysokiej temperatury powietrza w krótkim czasie powoduje wzrost stężenia kortyzolu we krwi. Natomiast przy długoterminowym oddziaływaniu wysokiej temperatury, po początkowym wzroście stężenia kortyzolu, następuje jego spadek do wartości wyjściowych (Habeeb i in., 1992; Hammond i in., 1996). Wyniki własne dotyczące oddziaływania wysokiej temperatury na krowy w okresie 6 dni były podobne do uzyskanych przez w/w autorów. Przy bardzo niskich temperaturach powietrza występuje także jedynie krótkotrwała tendencja podwyższenia wartości kortyzolu (Brouček i in., 1994, 1997). Według Bertoniego i in. (2005), tylko gwałtowny i o dużej sile bodziec stresowy może znacznie podnieść poziom kortyzolu we krwi, a największe jego stężenie występuje 10–20 minut po zadziałaniu czynnika stresowego (Lay i in., 1992).

Przeprowadzona analiza zmian stężenia tyroksyny ( $T_4$ ) wykazała, że zarówno w I, jak i II pobraniu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami stężenia tego hormonu we krwi krów z grupy K oraz DI i DII. Wpływ zróżnicowanych warunków mikroklimatycznych poprzez zastosowanie wentylatorów mieszaczy-powietrza w sektorze grup DI i DII oraz dodatkowo rozpylacza wody w sektorze grupy DII nie wpłynął istotnie na stężenie tyroksyny we krwi krów w tym samym pobraniu. Natomiast krowy z grupy kontrolnej po okresie 6 upalnych dni (pobranie II) reagowały spadkiem stężenia tyroksyny we krwi. Stężenie tyroksyny we krwi krów z tej grupy w I pobraniu ( $4,22 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ) było o 18,8% istotnie wyższe niż w II pobraniu ( $3,59 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ). Można przypuszczać, że stosunkowo długi, 6-dniowy okres ekstremalnie wysokiej temperatury wpłynął na obniżenie poziomu stężenia tyroksyny we krwi krów z grupy kontrolnej. Należy również nadmienić, że w sektorze grupy K warunki mikroklimatyczne ze względu na brak wentylatorów-mieszaczy powietrza i rozpylacza wody, były zarówno w I, jak i II pobraniu bardziej niekorzystne dla krów niż w sektorach grup DI i DII. Poziom stężenia tyroksyny we krwi była uzależniony jest między innymi od wieku i kategorii zwierząt. U cieląt wynosi  $8,10 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ , u jałówek  $9,15 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$  a u krów  $7,02 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$  (Pauliková i in., 2011). Według Contreras i in. (1999) koncentracja tyroksyny we krwi krów kształtuje się na poziomie  $3,20 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ . Sinka i in. (2008) wykazali natomiast wpływ fazy laktacji u krów na poziom stężenia tyroksyny we krwi krów. Jak wynika z badań McNabb (1995), u zwierząt stałocięplnych produkcja ciepła kontrolowana jest między innymi przez tyroksynę, a wraz z obniżeniem się temperatury środowiska następuje zwiększenie sekrecji tego hormonu. Według Ślebodzińskiego (1983) poziom tyroksyny we krwi krów w normalnych warunkach powinien wynosić  $5,5 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ , ale przy wzroście temperatury powietrza ulega obniżeniu. W badaniach własnych także odnotowano podobną tendencję podczas oddziaływania 6-dniowego okresu ekstremalnie wysokiej temperatury na krowy z grupy kontrolnej.

Wyniki badań dziennej wydajności mleka od krowy wskazują na wpływ warunków mikroklimatycznych na wielkość produkcji. Krowy z grup doświadczalnych utrzy-



mywanych w sektorach wyposażonych w urządzenia wspomagające chłodzenie krów charakteryzowały się wyższą wydajnością mleczną niż krowy z grupy kontrolnej. W pierwszym dniu oddziaływania wysokiej temperatury na organizm krowy (pomiar I), dzienna wydajność mleka od krowy w grupie K była o około 5% istotnie mniejsza niż w grupach DI i DII. Przed pierwszym pomiarem mleka średnia dobowa temperatura powietrza w poszczególnych sektorach przez kilka dni nie przekraczała 21°C i krowy mogły produkować mleko bez obciążenia stresem termicznym. Nöske-Beyling (2008) w badaniach nad stresem cieplnym wykazał, że krowy produkujące 33 kg mleka w ciągu dnia przy temperaturze otoczenia 21°C, po wzroście temperatury do 28°C, obniżają produkcję mleka do 30 kg tj. o około 9%. W badaniach tych, podobnie jak i w badaniach własnych, w sektorze grupy K nie stosowano wentylatorów-mieszaczy powietrza. Po sześciu dniach oddziaływania wysokich temperatur (pomiar II), różnice w wydajności mleka pomiędzy grupą K oraz DI i DII były większe. Dzienna wydajność mleka od krowy w grupie kontrolnej była o około 11,0% istotnie niższa niż w grupach doświadczalnych. Prawdopodobnie zjawisko stresu cieplnego u krów nasiliło się podczas okresu 6 dni występowania ekstremalnie wysokiej temperatury. Podobną tendencję spadkową dziennej produkcji mleka od krowy podczas wysokiej temperatury powietrza wykazał Kaczor (2010). W grupie krów o dziennej wydajności około 35 kg spadek dziennej produkcji mleka miał miejsce dopiero w 4. i 5. dniu występowania temperatury 25°C i wynosił około 6%. Należy podkreślić, że temperatura powietrza w sektorze grupy DI była przez cały okres doświadczenia zbliżona do temperatury w sektorze grupy K. Jednak wydajność mleka u krów z grupy DI, gdzie zastosowano wentylatory, była istotnie większa niż u krów z grupy K. Prawdopodobnie obniżenie wartości temperatury odczuwalnej u krów poprzez wzmożony ruch powietrza spowodowało ograniczenie skutków stresu cieplnego, a tym samym zahamowało spadki produkcji mleka. Zastosowanie w sektorze grupy DII dodatkowo urządzenia do rozpylania wody pozwoliło podczas upałów obniżyć temperaturę powietrza o około 2°C, ale nie wpłynęło istotnie na produkcję mleka w porównaniu do krów z grupy DI utrzymywanych w sektorze wyposażonym tylko w wentylatory.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że ekstremalnie wysoka temperatura powietrza nie wpłynęła istotnie na poziom kortyzolu i tyroksyny we krwi krów. Zastosowanie urządzeń wspomagających chłodzenie krów podczas wysokiej temperatury, tj. wentylatorów-mieszaczy powietrza i urządzenia do rozpylania wody w grupach doświadczalnych również nie spowodowało istotnych zmiany w poziomie tych hormonów we krwi krów. Większe znaczenie, ale tylko w przypadku tyroksyny, miała długość okresu występowania ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza. Po okresie 6 upalnych dni, stężenie kortyzolu we krwi krów z grupy kontrolnej uległo istotnemu zmniejszeniu. Wyniki badań dziennej wydajności mleka od krowy wskazują na istotny wpływ warunków mikroklimatycznych oraz długości okresu występowania wysokiej temperatury na ich wydajność. Krowy z grup doświadczalnych utrzymywane w sektorach wyposażonych w urządzenia wspomagające chłodzenie zwierząt w upalne dni charakteryzowały się wyższą wydajnością mleczną niż krowy z grupy kontrolnej. Większe znaczenie w ograniczaniu skutków stresu cieplnego u krów, a tym samym zapobieganiu spadkom wydajności mlecznej, miało zastosowanie wentylatorów mieszaczy-powietrza niż urządzenia do rozpylania wody.

## Piśmiennictwo

- Bertoni G., Trevisi E., Lombardelli R., Bionaz M. (2005). Plasma cortisol variations in dairy cows after some usual or unusual manipulations. *Ital. J. Anim. Sci.*, 4, 2: 200–212.
- Bianca W. (1977). Temperaturregung durch Verhaltensweisen bei Haustieren. *Der Tierzüchter*, 29, 3: 109–113.
- Brouček J., Arave C.W., Nakanishi Y., Mihina S. (1994). Effects of low temperatures on serum cortisol levels, milk production and feed intake of high-yielding dairy cows. *J. Farm Anim. Sci.*, 27, 1: 71–77.
- Brouček J., Arave C.W., Uhnncat M., Knižkova I., Kunc P. (1998). Effects of cold weather on cows kept in open barn. In: 9th International Congress of Animal Hygiene, Helsinki, ss. 492–495.
- Brouček J., Novák P., Vokrálova J., Šoch M., Kišac P., Uhrinčat M. (2009). Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. *Slovak J. Anim. Sci.*, 42, 4: 167–173.
- Bucklin R., Bray D., Shearer J. (2000). Beating the heat. *Resource*, 7, 3: 11–12.
- Contreras P.A., Wittwer F., Ruiz V., Robles A., Bohmwald H. (1999). Blood values of thyroxine and triiodothyronine in grazing Friesian cows. *Arch. Med. Vet.*, 31, 2: 205–210.
- Flamenbaum I., Galon N. (2010). Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *J. Reprod. Dev., Suppl.*, 56: 36–41.
- Franzzi E., Calamari L., Calamari F., Stefanini L. (2000). Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. *Transactions of the ASAE*, 43, 2: 387–394.
- Ginneken Van R. (2010). Hittestres te lijf Melkveebedrijf, 6: 12–24.
- Habeeb A.A., Marai I.F., Kamal T.H. (1992). Heat stress. In: Phillips C. and Piggins D. (eds), *Farm animals and the environment. International conference on farm animals and the environment*, University College of North Wales, CAB International, Wallingford, ss. 27–47.
- Hammond A.C., Olson T.A., Chase C.C., Bowers E.J., Randel R.D., Murphy C.N., Vogt D.W., Tewolde A. (1996). Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus and Hereford cattle in Florida. *J. Anim. Sci.*, 74, 1: 295–303.
- Heidenreich T., Büscher W., Cielejewski H. (2005). Vermeidung von Wärmebelastungen für Milchkühe. *DLG Merkblatt* 336, 12 ss.
- Heitmüller H. (2008). Chłodzenie krów. *Hoduj z głową*, 31, 7: 52–54.
- Kaczor A. (2010). Effect of temperature on milk yield of cows. 3rd International Conference: The Impact of Environmental Conditions – Animal Welfare, Pollutions, Economics, Book of Abstracts, Cracow/Balice, Konf. Międz., 25–27.05.2010, ss. 43–46.
- Kaufmann C., Thun R. (1998). Einfluss von akutem Stress auf die Sekretion von Cortisol und Progesteron beim Rind. *Tierärztliche Umschau*, 53: 403–409.
- Lay D.C., Friend T.H., Bowers C.L., Grissom K.K., Jenkins O.C. (1992). A comparative physiological and behavioral study of freeze and hot-iron branding using dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 70, 4: 1121–1125.
- Matteri R.L., Carroll J.A., Dyer C.J. (2000). Neuroendocrine Responses to Stress. In: G.P. Moberg, J.A. Mench (eds), *The Biology of Animal Stress*. Department of Animal Science University of California Davis, ss. 43–77.
- McNabb F.M.A. (1995). Thyroid hormones, their activation, degradation and metabolism. *J. Nutr.*, 125: 1773–1776.
- Müller H.-J., Schultz M., Loebstin Ch. (2009). Einfluss wärmedämmter Dächer auf den Hitzestress bei Milchkühen. *Landtechnik*, 64, 2: 112–115.
- Nöske-Beyling J. (2009). Damit Kühe nicht ins Schwitzen kommen. *Mastermind*, Juni 2008, s. 50–51.
- Pache S. (2007). Anforderungen der Milchkühe an sommertaugliche Aussenklimaställe- Untersuchungen zur Thermoregulation, Stallklima und Bauweisen. 8. Tagung Bau Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. *KTBL-Verlag*. ss. 264–269.
- Pauliková I., Seidel H., Nagy O., Tóthová C., Kováč G. (2011). Concentrations of thyroid hormones in various age categories of ruminants and swine. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 61, 5–6: 489–503.

- Sinka K., Illek J., Kumprechtová D., Novák P. (2008). Changes  $T_3$  and  $T_4$  plasma concentrations in dairy cows during lactation. Jubilee World Buiatrics Congress, s. 283.
- Ślebodziński A. (1983). Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych. PWN Warszawa, ss. 495.
- Ślebodziński A. (1994). Schilddrüse. In: F.H. Döcke (Hrsg.), Veterinärmedizinische Endokrinologie 3. Aufl. Verlag Gustav Fischer, Jena, ss. 228–268.
- Urban-Chmiel R. (2004). Charakterystyka wybranych indykatorów reakcji stresowej w transporcie i adaptacji przeżuwaczy. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Zootechnika LII, 505: 269–273.
- Verkerk G.A., Phipps A.M., Carragher J.F., Matthews L.R., Stelwagen K. (1998). Characterization of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. *Animal Welfare*, 7: 77 – 86.
- West J. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86, 6: 2131–2144.
- Wise M.E., Armstrong D.V., Huber J.T., Hunter R., Wiersma F. (1988). Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. *J. Dairy Sci.*, 71, 6: 2480–2485.

Zatwierdzono do druku 11 I 2016

ANDRZEJ KACZOR, URSZULA KACZOR, MARTA WIECZOREK-DĄBROWSKA

### **Effect of high air temperature on blood cortisol and thyroxine levels in cows with regard to milk yield**

#### SUMMARY

The aim of the study was to determine the effect of extremely high air temperature over 6 days on blood cortisol and thyroxine ( $T_4$ ) levels and on milk yield of the cows, with allowance made for equipment that increases air motion and reduces temperature. The study was conducted with 3 groups of lactating cows kept in three areas of free-stall cubicle barns. Control group (K) cows were kept in the area of the barn with no cow cooling equipment. Cows from experimental group I (DI) were kept in an area equipped with ceiling fans, and those from experimental group II (DII) in an area additionally fitted with a water sprayer. The study was conducted during the summer period when daily temperature in the barns averaged between 20.3 and 29.8°C. Twenty cows from each group were selected to analyse blood cortisol and thyroxine concentrations as well as milk yield. The high air temperature had no significant effect on blood cortisol and thyroxine levels in the cows. The use of cow cooling equipment on hot days had no significant effect on the blood cortisol and thyroxine concentrations. Of greater importance was the duration of the extremely high temperature periods, particularly in the case of thyroxine concentration. Following the period of 6 hot days, thyroxine concentration in control cows dropped by around 19%. Microclimate conditions and the duration of high temperature had an effect on daily milk yield of the cows. Experimental cows kept in areas fitted with cooling equipment on the hot days were characterized by 5 to 11% higher milk yield compared to control cows. Ceiling fans were more effective in preventing milk yield decreases compared to water sprayers.

Key words: barn, cows, temperature, cortisol, thyroxine, milk