

UTJECAJ VISOKIH TEMPERATURA NA METABOLIZAM I REPRODUKCIJU KRAVA

Sara Koska, K. Salajpal

Sažetak

Visoka okolišna temperatura, vrlo često u kombinaciji s visokom relativnom vlagom u zraku rezultiraju toplinskim stresom, a organizam se u takvim uvjetima ne može ohladiti te potiče različite prilagodbene mehanizme. Kod mliječnih krava se u okviru odgovora na toplinski stres mijenja metabolizam koji postaje usporen. Smanjena je konzumacija hrane te proizvodnja mlijeka, izmijenjen je metabolizam minerala, povećan je unos vode te je smanjen njezin gubitak putem urina i fecesa, a povećani su i znojenje, slinjenje te rektalna temperatura. Toplinski stres kod mliječnih krava ima najznačajniji utjecaj na reproduktivni sustav.

U radu je opisan utjecaj visokih temperatura, odnosno toplinskog stresa na organizam mliječnih krava, s naglaskom na reprodukciju i metabolizam. Prikazani su tipični simptomi koje krava pokazuje te koji se procesi u organizmu javljaju kao odgovor na visoke temperature, kako dolazi do toplinskog stresa, na koje načine se krava bori s nepovoljnim utjecajima okoliša te kako pokušava umanjiti štetne učinke stresa te im se prilagoditi. Nadalje, ukratko su navedene osnovne metode za ublažavanje učinaka visokih temperatura na organizam mliječnih krava te osnovni principi hranidbe u uvjetima visokih okolišnih temperatura.

Ključne riječi: toplinski stres, krave, odgovor na stresne čimbenike, metabolizam, reproduktivni sustav.

Uvod

Visoke temperature mogu predstavljati značajan stresan čimbenik, kako za ljude, tako i za životinje. Kako bi preživjele, životinje se moraju prilagoditi na okolišne uvjete. U današnje vrijeme, visoko proizvodne mliječne krave su jedna od najugroženijih kategorija zbog svakodnevnog maksimalnog iskorištavanja njihovih fizioloških mogućnosti.

Cilj rada je prikazati štetnost visokih temperatura, odnosno toplinskog stresa na funkcioniranje organizma, posebice na metabolizam i reproduktivni sustav.

Sukladno tome, opisani su odgovori organizma krave na toplinski stres (usporavanje metabolizma) te načini smanjenja i sprječavanja posljedica toplinskog stresa – promjena mikrokline staje i poboljšani način hranidbe. Važno je smanjiti i spriječiti učinak toplinskog stresa na reproduktivni sustav krave jer su štete koje nastaju dugoročne.

Toplinski stres

Toplinski stres se javlja kod visokih temperatura okoline, relativne vlažnosti zraka i energije zračenja kojima su izložene krave. Najčešće se radi o kombinaciji dvaju ili više čimbenika koji imaju za posljedicu nemogućnost oslobađanja tjelesne topline, odnosno ne mogućnosti hlađenja životinje. Povišena tjelesna temperatura potiče kompenzacijske i prilagodbene mehanizme kako bi se homeotermija i homeostaza vratile u normalu (West, 1999). Životinja pokušava izbjeći fiziološke disfunkcije te se prilagođava na okolišne uvjete (Kadzere i sur., 2002). Nastojanje da održi tjelesnu temperaturu unutar fizioloških granica je za životinju ključno kako bi se mogle odigrati biokemijske reakcije i fiziološki procesi povezani s normalnim metabolizmom (Shearer i Beede, 1990).

2.1. Utjecaj vanjske temperature na organizam krave

Mliječne krave preferiraju temperaturu ambijenta u kojem borave između 5 i 25°C (Roенfeldt, 1998) što nazivamo termoneutralnom zonom. Termoneutralna zona je zona u kojoj je minimalna proizvodnja topline kod normalne rektalne temperature (Kadzere i sur., 2002); ona predstavlja i raspon okolišnih temperatura u kojem se održava normalna tjelesna temperatura i kod koje je proizvodnja topline na bazalnoj razini. Unutar termoneutralne zone je minimalni fiziološki trošak te se normalno postiže maksimalna proizvodnja (Johnson, 1987). Njezin raspon, od donje do gornje kritične temperature, ovisi o pasmini, dobi životinje, unosu i sastavu hrane, prijašnjim klimatskim prilagodbama, proizvodnji, uvjetima držanja, tkivnoj izolaciji (mast,

koža), vanjskoj izolaciji (dlaka) te ponašanju životinje (Yousef, 1985). McArthur i Clark (1988) su ustanovili da je termoneutralna zona povezana s ravnotežom topline i vode u organizmu životinja. Što se više tjelesna temperatura životinje odmiče od one normalne, to je ona štetnija za proizvodnju (Kadzere i sur., 2002).

Donja kritična temperatura je temperatura ispod koje se stopa proizvodnje metaboličke topline mora povećati kako bi se održala tjelesna temperatura.

Kod okolišnih temperatura iznad donje kritične, tjelesna temperatura je stalna do gornje kritične okolišne temperature (Alexander, 1974). Neevaporacijski gubitak topline se smanjuje kako se okolišna temperatura povećava pa su životinje ovisnije o perifernoj vazodilataciji i evaporaciji vode kako bi povećale gubitak topline i spriječile povećanje tjelesne temperature (Kadzere i sur., 2002). Gornja kritična temperatura je ona kod koje životinja povećava proizvodnju topline zbog povećanja tjelesne temperature uzrokovanog neadekvatnim gubitkom topline evaporacijom (Yousef, 1985). U toplim klimatski uvjetima životinje se oslanjaju na evaporaciju vode kako bi potrošile višak metaboličke topline (McArthur i Clark, 1988). Kod gornje kritične temperature se javljaju pojačano znojenje i gubitak vode disanjem te povećana tjelesna temperatura (Berman i sur., 1985). Iznad 26°C krava se više ne može adekvatno hladiti te ulazi u toplinski stres.

Temperaturno – humidni indeks (kombinacije relativne vlage i temperature kao mjera komfora/diskomfora) do 70 je povoljan za mliječne krave, kod 75-78 krave ulaze u toplinski stres, a vrijednosti iznad 78 uzrokuju jaki toplinski stres kod kojeg krave više nisu u stanju održavati normalnu tjelesnu temperaturu tj. dolazi do zakazivanja termoregulatornih mehanizmama (Kadzere i sur., 2002). Brzina disanja se povećava kad temperaturno – humidni indeks prijeđe vrijednost 73, a naročito brzo nakon povećanja iznad 80, kad se poveća i rektalna temperatura. Na slici 1 su prikazani temperaturno – humidni indeksi i jačina stresa kod određenih vrijednosti temperature i vlage u zraku.

Slika 1 – VRIJEDNOSTI TEMPERATURNO-HUMIDNIH INDEKSA I JAČINA TOPLINSKOG STRESA KOD KRAVA (PREUZETO S WWW.HPA.HR)

Temperaturno humidni index (THI)													
		<i>Relativna vlaga</i>											
		30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%
T E M P E R A T U R A	38°C	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97
	37°C	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95
	36°C	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	34°C	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	33°C	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89
	32°C	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87
	31°C	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86
	30°C	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84
	29°C	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82
	28°C	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80
	27°C	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78
	26°C	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76
	24°C	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75

<74	75-78	79-83	>84
Normalno	Oprez	Opasnost	Velika opasnost
POVOLJNI UVJETI	BLAGI STRES	STRES SREDNJEG INTEZITETA	JAKI STRES

Sposobnost regulacije tjelesne temperature je adaptacijski mehanizam koja omogućava funkcioniranje organizma bez obzira na okolišnu temperaturu (Bitman i sur., 1984). Adaptacija tijekom dugotrajnog izlaganja toplinskom stresu omogućuje smanjenje učinaka toplinskog stresa. Bitman i sur. (1984) su utvrdili da se tijekom toplinskog stresa visoka tjelesna temperatura javlja od ponoći do ranog jutra, zatim slijedi njezin pad sredinom jutra, ponovan rast od podneva do večeri te na kraju ponovan pad sve do ponoći. Međutim, nedostatak hladnijih temperatura noću otklanja sigurnost minimiziranja negativnih učinaka toplinskog stresa (Igono i sur., 1992).

Probava i metabolizam hranjivih tvari stvaraju toplinu, a povećano stvaranje topline uslijed tih procesa u toplim klimatskim uvjetima mora biti praćeno pojačanim odavanjem topline kako bi se zadržala termalna neutralnost. Količina proizvedene topline pod izravnom je kontrolom živčanog i endokrinog sustava i ovisi o velikom broju čimbenika kao što su koncentracije hormona tiroksina, trijodtironina, hormona rasta i

glukokortikoida zbog njihovog velikog utjecaja na metabolizam, veličina tijela, pasmina i dostupnost hrane i vode. U umjerenim (okolišna temperatura 15-25°C) i visokim temperaturnim uvjetima (okolišna temperatura od iznad 25°C), krave dobivaju toplinu od sunčeve radijacije te od uobičajenih metaboličkih procesa (Kadzere i sur., 2002). Ako ta suma topline premaši količinu topline koja je izgubljena radijacijom, konvekcijom, evaporacijom i kondukcijom, povećava se tjelesna temperatura (Finch, 1986), odnosno organizam je pod toplinskim stresom. Noću, na hladnijim okolišnim temperaturama, toplina iz organizma se odaje u okoliš te se tjelesna temperatura snižava (Kadzere i sur., 2002). Životinje gube toplinu kondukcijom, konvekcijom, radijacijom, evaporacijom vode i disanjem. Pod toplinskim stresom, 15% topline iz organizma se oslobađa disanjem (McDowell i sur., 1976), a ostatak preko kože radijacijom, konvekcijom i kondukcijom ili evaporacijom (znojenjem, dahtanjem). Količina topline koju će krava absorbirati radijacijom ovisi i o boji njene dlake – one tamnije će absorbirati više topline od svijetlih kod iste okolišne temperature (Kadzere i sur., 2002).

Količina topline koja se iz tijela životinje odaje evaporacijom se povećava kako raste temperatura okoline te se smanjuje razlika u temperaturi između životinje i okoline (Kadzere i sur., 2002). Na evaporaciju bitno utječe brzina strujanja zraka, odnosno tjelesna temperatura za vrijeme vrućina se može smanjiti povećanjem brzine strujanja zraka (Ittner i sur., 1951). Kad hladan zrak dođe u kontakt s toplim tijelom, sloj zraka koji okružuje površinu tijela se zagrijava i odmiče od tijela, noseći sa sobom i toplinu, te tako hladi tijelo konvekcijom. Ako je temperatura zraka veća od temperature tijela, zrak će prenositi toplinu prema tijelu sve dok se temperatura tijela i zraka ne izjednače. Brzina strujanja zraka utječe na konvekciju, pa tako sve što pruža otpor kretanju zraka smanjuje prijenos topline konvekcijom (npr. dlaka; Kadzere i sur., 2002). Kondukcija predstavlja direktan prijenos topline između dva medija ili tijela. Ona ovisi o razlici u temperaturi između tijela ili medija, njihovoj provodnosti te dodirnoj površini. Esmay (1969) je utvrdio proporcionalan odnos između gustoće tijela ili medija i njegove provodljivosti, odnosno s većom gustoćom raste i provodljivost. Količina topline koju će organizam

izmijeniti s okolinom ovisi o sposobnosti okoline za prihvatanje topline i vodene pare, a protok topline se mijenja kad okolišna temperatura premaši tjelesnu temperaturu. Ta izmjena topline između životinje i okoline određuje stupanj do kojeg će životinja biti u toplinskoj ravnoteži s okolinom.

Prema Coppock (1985), krava mase 600 kg s proizvodnjom mlijeka od 40 kg s 4% mliječne masti najviše energije izgubi putem fekalija (35,3 %), dok je drugi najveći dio energije pretvara u toplinsku energiju (31,1 %). 3% te energije se potroši na formiranje i izbacivanje otpadnih tvari, 52,9% na proizvodnju mlijeka, 8,3% na fermentaciju, 12,2% na probavu te 23,5% za uzdržne potrebe. Krave s visokom i srednjom proizvodnjom mlijeka imaju veću proizvodnju topline u odnosu na krave u suhostaju (Purwanto i sur., 1990). Međutim, krave na sredini i kraju laktacije lošije reagiraju na vrućine u odnosu na krave u ranoj laktaciji, bez obzira na veću proizvodnju mlijeka kod krava u ranoj laktaciji (Maust i sur., 1972). To je vjerojatno zbog toga što krave u ranoj laktaciji imaju manji unos suhe tvari te bolje koriste mobilizirane tjelesne rezerve (West, 1999). Krave u suhostaju su manje osjetljive na visoke okolišne temperature jer proizvode duplo manje topline od krava u laktaciji (Berman i sur., 1985).

Toplinski stres na krave najviše utječe sredinom poslijepodneva, a hlađenje nastupa u večernjim i rano jutarnjim satima (West, 1999). Krave koje tijekom dana ne borave u sjenovitom prostoru imaju veću rektalnu temperaturu i brže dišu od krava koje su u sjenovitom prostoru, ali tijekom noći se taj odnos mijenja (Schneider i sur., 1988).

Odgovor organizma krave na toplinski stres

2.1.1. Fizikalni odgovor – znakovi stresa

Krave uslijed izloženosti visokim temperaturama pokušavaju održati tjelesnu temperaturu konstantnom. Kako bi se nosile s toplinskim stresom, znoje se, šire im se krvne žile, povećan je protok krvi do površine kože, metabolizam je usporen, smanjen je gubitak vode putem urina i fekalija, smanjeni su unos hrane i proizvodnja mlijeka, povećana je rektalna temperatura, zamijećeno je pojačano slinjenje te je izmijenjen

metabolizam vode - konzumiraju više vode, a javljaju se i smetnje u reproduktivnom sustavu. U početku brže dišu te im je povećan puls, dok se nakon dugotrajne izloženosti toplinskom stresu puls smanjuje. Također, krave su nemirne, letargične te pokušavaju doći do sjene ili vode. U tablici 1 je prikazano kako gladovanje i hipertermija uzrokovani toplinskim stresom utječu na neke fiziološke procese u organizmu.

Tablica 1 – PROMJENE FIZIOLOŠKIH POKAZATELJA STRESA UZROKOVANE GLADOVANJEM I HIPERTERMIJOM ZA VRIJEME TOPLINSKOG STRESA (MODIFICIRANO PREMA Knowles i Warriss, 2000)

<i>Stresor</i>	<i>Fiziološki pokazatelj stresa</i>
gladovanje	↑ slobodne masne kiseline, ↑ β-hidroksimaslačna kiselina, ↓ glukoza, ↑ urea
hipertermija	↑ tjelesna temperatura, ↑ temperatura kože

Kod goveda postoje dva tipa znojenja. Prvi je neosjetljivo znojenje ili isparavanje koje je prisutno cijelo vrijeme, osim kod relativne vlage zraka 100%, a drugi je termalno znojenje koje je glavni evaporacijski način hlađenja kod visokih okolišnih temperatura (Kadzere i sur., 2002).

Rektalna temperatura je pokazatelj toplinske ravnoteže i koristi se za procjenu štetnosti visokih okolišnih temperatura na laktaciju i reprodukciju mliječnih krava (Johnson, 1980). Berman i sur. (1985) su ustanovili da tijekom toplinske ravnoteže rektalna temperatura visoko proizvodnih krava ne ovisi o okolišnoj temperaturi, već o energiji metabolizma. Povećanje od 1°C ili manje rektalne temperature je dovoljno da poremeti normalno funkcioniranje organizma životinje (McDowell i sur., 1976).

Toplinski stres povećava parcijalni pritisak kisika u krvi zbog povećane alveolarne ventilacije. Zabilježeno je da krave pod toplinskim stresom imaju veći pH krvi i urina od krava koje su u toplinski neutralnoj okolini (Schneider i sur., 1988).

Krave koje bolje odaju toplinu brže dišu od krava koje slabije odaju toplinu (Kibler i Brody, 1954). Johnston i sur. (1959) su utvrdili povećanje s 20 udisaja u minuti u hladnijim uvjetima na 100 i više udisaja u minuti kod 32°C i više, dok su Berman i sur. (1985) utvrdili

povećanje frekvencije disanja iznad 50-60 udisaja u minuti kod okolišnih temperatura iznad 25°C. Povećanje relativne vlažnosti zraka s 20 na 45% kod 32°C je smanjilo respiratornu evaporaciju (Johnson i Vanjonack, 1976).

Kratkotrajno izlaganje vrućinama ubrzava puls kao odgovor na stres (Richards, 1985), dok ga dugotrajno usporava jer je smanjena proizvodnja topline zbog okolišnih temperatura (Kadzere i sur., 2002).

2.1.2 *Metabolički odgovor*

Utjecaj na metabolizam minerala

Tijekom vrućina dolazi do velikog izlučivanja kalija iz organizma kroz znoj, budući da je kalij glavni kation u znoju krave (Jenkinson i Mabon, 1973). Također, smanjena je apsorpcija makrominerala, uključujući kalcij, fosfor i kalij. S porastom okolišne temperature povećana je potreba za unosom elemenata u tragovima (Kume i sur., 1986). Na i K su glavni kationi koji su uključeni u održavanje acidobazne ravnoteže. Kod krave se tijekom toplinskog stresa zbog poremećene acidobazne ravnoteže mogu javiti respiratorne alkaloze, povećano izlučivanje bikarbonata i Na preko urina te zadržavanje bubrežnog kalija (Collier i sur., 1982). Tijekom respiratorne alkaloze povećava se pH krvi i smanjuje se koncentracija bikarbonata i ugljičnog dioksida u krvi. pH krvi se povećava zbog nedostatka ugljične kiseline, odnosno zbog nedostatka CO₂ uzrokovanog njegovim izdisanjem hiperventilacijom.

Prema Schneider i sur. (1988), krave koje tijekom dana nisu boravile u sjenovitom prostoru su imale nisku koncentraciju bikarbonata u krvi, povišen pH urina tijekom dana, a nizak tijekom noći, kao i pH krvi. Krave koje su boravile u sjenovitom prostoru su tijekom noći imale veće koncentracije amonijaka zbog visokog izlučivanja H⁺ što je posljedica acidoze. Krave u ranoj laktaciji tijekom toplinskog stresa bilježe značajan pad u koncentraciji Na, K i Cl danju, dok se noći vrijednosti vraćaju u normalu. Apsorpcija Na iz buraga je smanjena zbog

smanjene razine hlapivih masnih kiselina koja je uzrokovana manjim unosom suhe tvari te je apsorpcija Cl vezana uz resorpciju Na. Veliki gubitak K i Cl preko znoja je povezan sa smanjenom apsorpcijom Na.

Metabolizam vode

Važnost vode kao medija kroz koji se tijelo oslobađa topline značajno raste s povećanjem okolišne temperature. Gubitak vode iz organizma se za vrijeme toplinskog stresa povećava zbog dodatnog evaporacijskog gubitka vode. Kako bi se održali volumen i homeostaza tjelesne vode, mora postojati skladište vode iz kojeg se ona kontinuirano izvlači kako bi se nadoknadili njeni gubici. Shkolnik i sur. (1980) smatraju da je to gastrointestinalni trakt. Kibler i Brody (1950) su ustanovili da se gubitak vode kroz pluća i kožu povećavao kako je okolišna temperatura rasla sa 16°C na 35°C. McDowell i Weldy (1960) su utvrdili da su krave tijekom 2 tjedna boravka na okolišnoj temperaturi od 32,2°C povećale konzumaciju vode za 110%, a gubitak vode kroz kožu i probavni trakt je porastao za 55 i 177%.

Čimbenici koji utječu na konzumaciju vode mliječnih krava su temperatura i vlažnost zraka, unos suhe tvari, vrsta hrane te visina proizvodnje mlijeka. Visoko proizvodne krave konzumiraju više suhe tvari od nisko proizvodnih, a s time i više vode jer su konzumacija suhe tvari i vode u pozitivnoj korelaciji. Kvaliteta vode nema velik utjecaj na njenu konzumaciju tijekom vrućina, ali ima na proizvodnju mlijeka. Bahman i sur. (1993) su utvrdili da je slankasta voda imala mali utjecaj na njenu konzumaciju tijekom vrućina u odnosu na svježju vodu te je konzumacijom slankaste vode uočen manji pad u proizvodnji mlijeka. Za vrijeme vrućina će se povećati konzumacija vode ako je hranidba bogata Na i K (West, 1999). Krave kojima je ponuđena hladna voda konzumiraju više suhe tvari i imaju veću proizvodnju mlijeka te konzumiraju manje vode, ali se njenim konzumiranjem absorbira manje topline (Milam i sur., 1986). Hladnija voda hladi krave, a dokaz je

sporije disanje. Konzumacija vode kod različitih okolišnih temperatura prikazana je u tablici 2.

Tablica 2 – POTROŠNJA VODE KOD RAZLIČITIH TEMPERATURA OKOLINE (MODIFICIRANO PREMA www.hpa.hr)

<i>Temperatura okoline (°C)</i>	<i>Potrošnja vode (l)</i>
20	68,14
25	73,82
30	79,12
35	119,99
40	105,99

2.2. Utjecaj toplinskog stresa na proizvodnju i zdravlje

Utjecaj na mliječnost

Kad okolišna temperatura prijeđe vrijednosti termoneutralne zone, pada proizvodnja i mijenja se sastav mlijeka. Prema Igono i Johnson (1990), najosjetljivije na toplinski stres su visoko proizvodne krave i one u ranoj laktaciji. Visoko proizvodne krave su osjetljivije od nisko proizvodnih jer su metabolički aktivnije, odnosno s povećanjem proizvodnje mlijeka raste i proizvodnja metaboličke topline zbog metabolizma velikih količina hranjivih tvari (Kadzere i sur., 2002). Također, povećanjem unosa hrane i proizvodnje mlijeka i topline, spušta se granica termoneutralne zone (Coppock i sur., 1982). Isto tako, krave jačanjem tjelesne građe i starenjem postaju osjetljivije na okolišni stres (West, 1999). Tijekom rane laktacije krave su u negativnoj energetske ravnoteži te mobiliziraju tjelesne rezerve, a ako je krava pod toplinskim stresom u ranoj laktaciji, to će negativno utjecati na ukupnu proizvodnju mlijeka u laktaciji (Kadzere i sur., 2002).

Prema McDowell i sur. (1976), proizvodnja mlijeka je smanjena 15%, a iskoristivost energije za proizvodnju je smanjena 35% na okolišnoj temperaturi od 30°, u usporedbi s 18°C. Johnson i sur. (1963) su utvrdili da proizvodnja mlijeka lagano pada kad temperaturno – humidni indeks premašuje 72, a naglo pada kada je veći od 76. Isti

autori su utvrdili i da proizvodnja mlijeka pada kad je temperatura tijela veća od 38,9°C, a za svako povećanje rektalne temperature od 0,55°C ona pada za 1,8 kg. Krave koje su otpornije na toplinu tijekom visokih okolišnih temperatura manje povećaju svoju tjelesnu temperaturu i manje im se snizi razina proizvedenog mlijeka za razliku od krava koje su manje otporne na toplinu. Zbog usporenog krvotoka tijekom toplinskog stresa, smanjen je i dotok krvi do vimena (West, 1999). Proizvodnja mlijeka kod različitih okolišnih temperatura prikazana je u tablici 3.

Tablica 3 – PROIZVODNJA MLIJEKA KOD RAZLIČITIH TEMPERATURA OKOLINE (MODIFICIRANO PREMA www.hpa.hr)

<i>Temperatura okoline (°C)</i>	<i>Proizvodnja mlijeka (kg)</i>
20	26,99
25	24,99
30	22,99
35	18,00
40	12,02

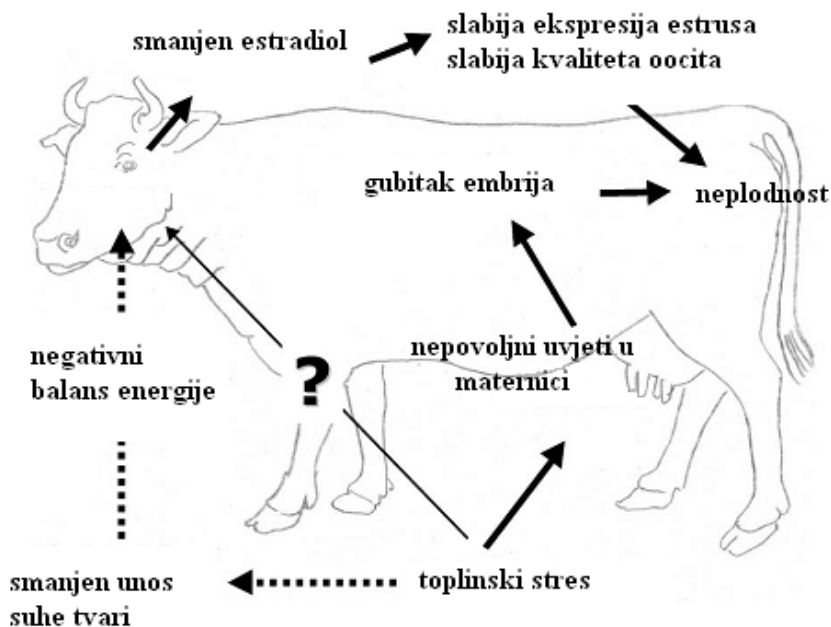
Bandaranayaka i Holmes (1976) su ustanovili da je udio mliječne masti i mliječnih proteina manji kod krava koje su boravile na 30°C nego kod krava na 15°C, dok je unos hrane bio jednak. Isti autori su utvrdili da se kod 30°C smanjuje udio kratkolančanih masnih kiselina (C₆-C₁₄), a povećava se udio dugolančane C_{18:0}. Smanjenje udjela masti i proteina je u pozitivnoj korelaciji sa smanjenjem udjela acetata u buragu te s manjim pH buraga (Bandaranayaka i Holmes, 1976). Udio laktoze u njihovom istraživanju se nije promijenio.

Utjecaj toplinskog stresa na reprodukciju krava

Temperature iznad termoneutralne zone uvelike smanjuju stupanj koncepcije i povećavaju gubitak embrija (Gwazdauskas i sur., 1981). Toplinski stres utječe i na jajnu stanicu i spermije u reproduktivnom traktu te na rani razvoj embrija (Burfenig i Ulberg, 1968). Prema DuBois i Williams (1980), 24% krava koje su se otelile u ljetnim mjesecima je imalo zaostajanje posteljice ili je

razvilo poslijeporođajni metritis, a one koje su se otelile u ostalim mjesecima u godini samo 12%. Također, graviditet kod krava koje su se otelile u ljetnim mjesecima je trajao kraće zbog neuroendokrinih promjena. Promjer i volumen dominantnog folikula je manji tijekom toplinskog stresa (Badinga i sur., 1993). Također, povećava se razina androstenediona i smanjuje razina 17β – estradiola u folikularnoj tekućini dominantnog folikula 3.-5. dan estrusnog ciklusa (Wolfenson i sur., 1997), a i krave slabije pokazuju znakove estrusa te ga je teže otkriti (Hansen i Arechiga, 1999). Prema Stott i sur. (1972), prvih 4-6 dana nakon iseminacije su najkritičnija ako je krava pod toplinskim stresom. Ingraham i sur. (1974) tvrde da za optimalnu koncepciju treba barem 12 dana prije što je više moguće smanjiti toplinski stres. Na slici 3 je prikazan način na koji toplinski stres utječe na reproduktivni sustav krava te koje su njegove posljedice.

Slika 3 – ŠTETNI UTJECAJ TOPLINSKOG STRESA NA REPRODUKCIJU KRAVE (MODIFICIRANO PREMA De Rensis i Scaramuzzi, 2003)



– toplinski stres smanjuje unos suhe tvari te indirektno inhibira sekreciju GnRH i LH. Ne zna može li toplinski stres direktno utjecati na inhibiciju sekrecije GnRH i LH. Zbog direktnog utjecaja toplinskog stresa na maternicu i stvaranje nepovoljnih uvjeta, dolazi do pobačaja i neplodnosti.

2.3. Prevencija/smanjenje učinka toplinskog stresa

Prema Beede i Collier (1986), postoje 3 načina kojim sa mogu ublažiti posljedice toplinskog stresa: fizička modifikacija okoliša, genetički razvoj pasmina otpornih na toplinu te poboljšani management hranidbe, s time da odgovor na promjene u hranidbi može biti poboljšán promjenom okoline.

Okolišne promjene su nužne ako se proizvodnja mlijeka želi zadržati na jednakoj razini. Bitno je da ne dođe do povećanja tjelesne temperature kako bi krava mogla uzimati što više hrane koja je nužna za proizvodnju mlijeka. U tom pogledu najrazumljivije je koristiti hlad. Kao izvor prirodnog hlada najbolje je drveće, koje ne blokira sunčevu radijaciju, ali evaporacija vlage s površine lista hladi obližnji zrak. Također, mogu se i izgraditi sjenice koje će blokirati i sunčevu radijaciju. Boravak u hladovini za vrijeme vrućeg i vlažnog vremena smanjuje rektalnu temperaturu za 2-4,1% i brzinu disanja za 29-60%, a poboljšava unos suhe tvari za 6,8-23,2% i proizvodnju mlijeka za 9,4-22,7% (Mallonee i sur., 1985). Prema istraživanju Collier i sur. (1982), krave koje su tijekom suhostaja boravile u hladu imale su za 4,5-13,6% veću proizvodnju mlijeka poslije poroda te je porođajna masa njihove teladi bila za 3,1 kg veća zbog toga što su te krave imale više energetskih rezervi od krava koje nisu broavile u hladu. Valtorta i sur. (1996) su ustanovili da su krave koje su bile u hladovini i nisu dobivale koncentrat u ishrani imale sličnu proizvodnju mlijeka kao i krave koje su nisu bile u hladu i dobivale su 3,5 kg koncentrata dnevno.

U uvjetima stajskog držanja krava upotreba prskalica (slika 4) i ventilatora kod krava u laktaciji pokazala se kao najbolji način borbe

protiv toplinskog stresa. Smatra se da njihova upotreba smanjuje rektalnu temperaturu i brzinu disanja (Seath i Miller, 1948), a povećava unos suhe tvari za 7,1-9,2% te proizvodnju mlijeka za 8,6-15,8% (Bucklin i sur., 1991). Njihova upotreba ima utjecaja i na krave u suhostaju, koje nakon toga u laktaciji imaju veću proizvodnju mlijeka za 3,5 kg dnevno (Wolfenson i sur., 1988).

Životinje stajanjem gube manje topline jer se njezin prijenos uglavnom vrši preko zraka koji je slab vodič topline (Yousef, 1985). Zato je potrebno upotrijebiti materijale koji se koriste za stelju s visokom provodljivošću topline koji može poboljšati hlađenje životinje. Cummins (1998) je utvrdio da je u uvjetima visokih okolišnih temperatura kao materijal za steljenje najbolje se pokazao vapnenac.

Hranidba u uvjetima toplinskog stresa

Utjecaj visokih temperatura na unos hrane – unos hrane kod mliječnih krava se značajno smanjuje kod porasta okolišne temperature preko 30°C, a kod 40°C to smanjenje iznosi i do 40% (NRC, 1989). U tablici 4 je prikazana konzumacija hrane kod različitih okolišnih temperatura.

Tablica 4 – UNOS SUHE TVARI KOD RAZLIČITIH TEMPERATURA OKOLINE (MODIFICIRANO PREMA www.hpa.hr)

<i>Temperatura okoline (°C)</i>	<i>Unos suhe tvari (kg)</i>
20	18,19
25	17,69
30	16,92
35	16,69
40	10,21

Prema Johnson i sur. (1963), konzumacija hrane lagano pada kad je temperaturno – humidni indeks veći od 72, a naglo pada kad je veći od 76. Isti autori navode i da se za svako povećanje rektalne temperature od 0,55°C smanjuje unos hrane za 1,4 kg.

Zbog smanjenog unosa suhe tvari i iskoristivosti hranjivih tvari koji se javljaju tijekom toplinskog stresa, potrebna je veća koncentracija hranjivih tvari u obroku da bi se održala proizvodnja mlijeka poput one u termoneutralnoj zoni (West, 1999).

Tijekom vrućina je poželjnije hraniti goveda s manje vlakana jer se više topline proizvodi metabolizmom acetata nego propionata (West, 1999). Hranidba većom količinom koncentrata u odnosu na vlaknastu hranu povećava energiju obroka te bi trebala smanjiti proizvodnju topline (West, 1999). Hlapive masne kiseline su najvažniji izvor energije za kravu, a smanjen unos hrane tijekom toplinskog stresa smanjuje njihovu količinu u buragu.

Krave hranjene s manje vlakana tijekom toplinskog stresa su imale veću proizvodnju mlijeka, sporije disanje i nižu tjelesnu temperaturu u odnosu na one koje su hranjene s velikom količinom vlakana (Leighton i Rupel, 1956). Ipak, udio suhe tvari koncentrata ne bi trebao prelaziti 60-65% ukupne količine suhe tvari (Coppock, 1985), odnosno potrebna je određena količina voluminozne krme kako bi se poticalo žvakanje i preživljanje, jer se u suprotnom javlja acidoza zbog preniskog pH buraga te poremećaji u proizvodnji, zdravlju i metabolizmu (West, 1999).

Pretvorba masti iz hrane u tjelesnu mast je učinkovitija od pretvorbe acetata u masne kiseline te uzrokuje manje povećanje topline (Baldwin i sur., 1980) pa bi stoga mast u hrani trebala biti poželjna tijekom vrućina. Prema O'Kelly (1987), krave hranjene većom količinom masti u hrani (9,2%) tijekom vrućina su imale za 0,3-0,4°C manju tjelesnu temperaturu od krava hranjenih manjom količinom masti (2,5%). Knapp i Grummer (1991) su utvrdili da 5% dodanih masti u hranu krava držanih u vrućim okolišnim uvjetima (31,8°C, 56% relativna vlaga zraka) utječe na neznačajan porast u proizvodnji mlijeka od 0,3 kg. Prema Chan i sur. (1997), hranidba s 4,6% masti u hrani i boravak životinja u hladu te hranidba s 7,4% masti u hrani i boravak u hladu s hlađenjem evaporacijom nije povećalo proizvodnju mlijeka. Rezultati Nianogo i sur. (1991) pokazuju kako je kravama koje su hranjene s dodatkom masti poboljšana neto energija, ali količina proizvedenog mlijeka je ostala ista te je iskoristivost neto energije laktacije smanjena u odnosu na krave koje su hranjene bezmasnom hranom. Isto tako, krave

hranjene s dodatkom masti su izgubile više tjelesne mase nakon teljenja te su imale nižu probavu vlakana.

Zbog smanjenog unosa suhe tvari tijekom vrućina, smanjen je i unos sirovih proteina te se može javiti negativna bilanca proteina. Zato se povećava količina sirovih proteina u hrani. Hassan i Roussel (1975) su utvrdili da su krave hranjene hranom s udjelom od 20,8% sirovih proteina imale veći unos suhe tvari i proizvodnju mlijeka od onih hranjenih s udjelom od 14,3% sirovih proteina. Međutim, prevelika količina sirovih proteina smanjuje proizvodnju mlijeka. Danfaer i sur. (1980) navode da proizvodnja mlijeka pada s 24,5 do 23,1 kg kad se poveća udio sirovih proteina s 19 na 23%. Zook (1982) je utvrdio da u uvjetima toplinskog stresa krave više jedu i proizvode više mlijeka kad im je ponuđena hrana s 20% sirovih proteina, nego kad je njihov udio 40%. Ravnoteža dušika je poboljšana kod hranidbe s manjim udjelom sirovih proteina (West, 1999). Nепroteinske dušične tvari u krvi su u pozitivnoj korelaciji s rektalnom temperaturom, što je u skladu sa smanjenom učinkovitosti iskorištavanje energije kod prevelike količine dušika. Energija koja je potrebna za stvaranje uree iz viška dušika rezultira proizvodnjom topline te smanjuje udio neto energije laktacije u metaboličkoj energiji, a gubitak energije u izlučenom dušiku preko urina zbog viška proteina smanjuje udio metaboličke energije u probavljivoj energiji (NRC, 1989). Hranidba s nisko (31,2% sirovih proteina) i visoko (39,2% sirovih proteina) ruminalno nerazgradivim bjelančevinama nema utjecaja na dnevni unos suhe tvari, međutim proizvodnja mlijeka se povećala za 2,4 kg dnevno te se razina uree u krvi snizila sa 17,5 mg/100 mL na 13,3 kod hranidbe s visoko nerazgradivim bjelančevinama. Dakle, pretjerana ishrana proteinima tijekom toplinskog stresa ima štetan utjecaj na životinju, ali bitno je da se koriste kvalitetnije bjelančevine. Bolja kvaliteta bjelančevina smanjuje količinu proteina metaboliziranih za energiju te se manje energije koristi za pretvorbu amonijaka u ureu (Chen i sur., 1993). Ruminalni razgradivi protein ne bi trebao prelaziti 61% sirovih proteina i ne bi trebao prelaziti 100 g dušika dnevno (Huber i sur., 1994).

Zbog smanjenog unosa hrane za vrijeme toplinskog stresa potrebno je povećati količinu minerala u hrani, ali treba biti pažljiv kako se ne bi poremetio elektrolitički status organizma. Također, u buragovom soku

smanjuje se koncentracija Na zbog njegovog pojačanog izlučivanja preko urina i K preko znoja (Kadzere i sur., 2002). Prema Schneider i sur. (1986), krave koje su za vrijeme vrućina dobivale 0,55% Na imale su veći unos suhe tvari i veću proizvodnju mlijeka u odnosu na one koje su dobivale 0,18% Na. Hranidba s povećanom količinom Na i K te normalnom količinom Cl utječe na povećani dnevni unos suhe tvari i veću proizvodnju mlijeka, za razliku od hranidbe s većom količinom Cl i normalnom količinom Na i K, koja je uzrokovala i niski pH krvi (Escobosa i sur., 1984). Dnevni unos suhe tvari se povećava linearno s povećanjem sadržaja kationa u hrani, a jednako učinkoviti kao izvor kationa su i Na i K (West i sur., 1992). Dakle, alkalična prehrana krava za vrijeme toplinskog stresa daje bolje rezultate što se tiče unosa hrane i proizvodnje mlijeka zbog poboljšanog puferiranja krvi ili zbog nadoknade nedostatka minerala (West i sur., 1991). Povećana količina sumpora u hrani povećava probavljivost suhe tvari i osigurava dovoljnu količinu sumpora za mikrobnu sintezu aminokiselina koje sadrže sumpor te tako povećava proizvodnju mlijeka (Kadzere i sur., 2002).

Što se tiče vitamina, za vrijeme toplinskog stresa potrebno je povećati količinu vitamina niacina (NRC, 1989). Niacin može spriječiti ketozu i uključen je u metabolizam lipida. Muller i sur. (1986) su pretpostavili da niacin poboljšava proizvodnju mlijeka tako što utječe na metabolizam lipida i energije stimulirajući mikroorganizme buraga na sintezu proteina. Niacin poboljšava gubitak topline iz tijela zbog vazodilatacije i povećanog dotoka krvi u periferna tkiva (Di Costanzo i sur., 1997). Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se više saznalo o potrebama za vitaminima tijekom toplinskog stresa.

Zaključak

Visoko mliječne krave su izložene tijekom vrućih ljetnih mjeseci stresu uslijed visokih temperatura okoline. Zbog visoke dnevne proizvodnje, samo mala odstupanja od optimalnih temperatura mogu biti kritična za zdravlje i dobrobit krave. Uslijed nemogućnosti dovoljnog hlađenja organizma, javljaju se promjene u metabolizmu kojima si krava pokušava olakšati stanje toplinskog stresa. Smanjenim unosom hrane smanjuje se količina proizvedene topline, ali se javljaju i štetne

posljedice, kao što su manja iskoristivost i nedostatak hranjivih tvari. To rezultira smanjenjem proizvodnje mlijeka i promijenjenim sastavom mlijeka. Toplinski stres ima vrlo štetan utjecaj i na reproduktivni sustav mliječnih krava jer se smanjuje sekrecija gonadotropnih hormona, što može rezultirati smanjenom koncepcijom, većom šansom za gubitkom embrija, nemogućnošću razvoja embrija te povećanom stopom reproduktivnih bolesti. Najbolji način borbe protiv toplinskog stresa kod visoko mliječnih krava je primjenom ventilacije i sustava za rashlađivanje te adekvatna hranidba krava.

LITERATURA

1. Alexander G. (1974). Heat loss from sheep. In: Monteith J.L., Mount L.E. (Eds.), Heat Loss From Animals and Man. Butterworth, London, 187–188
2. Badinga L., Thatcher W.W., Diaz T., Drost M., Wolfenson D. (1993). Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 39: 797–810
3. Bahman A. M., Rooke J.A., Topps J.H. (1993). The performance of dairy cows offered drinking water of low or high salinity in a hot arid climate. *Anim. Prod.* 57: 23–28
4. Baldwin R. L., Smith N.E., Taylor J., Sharp M. (1980). Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *J. Anim. Sci.* 51: 1416–1428
5. Bandaranayaka D.D., Holmes C.W. (1976). Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding. *Trop. Anim. Health Prod.* 8: 38–4
6. Berman A., Folman Y.M., Kaim M., Mamen Z., Herz D., Wolfenson A., Graber Y. (1985). Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *J. Dairy Sci.* 68: 488–495
7. Bitman J.A., Lefcourt D.L., Stroud B. (1984). Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67(5): 1014–1023
8. Bligh J. (1973). In: Bligh J. (Ed.), Temperature Regulation in Mammals and Other Vertebrates. North Holland, Amsterdam, 351–354
9. Bucklin R. A., Turner L.W., Beede D.K., Bray D.R., Hemken R.W. (1991). Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *App. Eng. In Agric.* 7: 241–247

10. Burfening P.J., Ulberg L.C. (1968). Embryonic survival subsequent to culture of rabbit spermatozoa at 38 and 40 8C. *J. Reprod. Fertil.* 15: 87–92
11. Chan S. C., Huber J.T., Chen K.H., Simas J.M., Wu Z. (1997). Effects of ruminally inert fat and evaporative cooling on dairy cows in hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 80: 1172–1178
12. Chen K. H., Huber J.T., Theurer C.B., Armstrong D.V., Wanderly R.C., Simas J.M., Chan S.C., Sullivan J.L. (1993). Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 80: 819-825
13. Collier R.J., Beede D.K., Thatcher W.W., Israel L.A., Wilcox C.J. (1982). Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65: 2213–2227
14. Coppock C.E. (1985). Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 68: 3403-3410
15. Coppock C.E., Grant P.A., Portzer S.J., Charles D.A., Escobosa A. (1982). Lactating dairy cow responses to dietary sodium, chloride, and bicarbonate during hot weather. *J. Dairy Sci.* 65: 566–576
16. Cummins K. (1998). Bedding plays role in heat abatement. *Dairy Herd Manage.* 35 (6): 20
17. Danfaer A., Thyssen I., Ostergaard V. (1980). The effect of the level of dietary protein on milk production. 1. Milk yield, liveweight gain and health. *Beret. Statens Husdyrbrugsfors*
18. De Rensis F., Scaramuzzi R.J. (2003). Heat stress and seasonal effect on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology.* 60: 1139-1151
19. Di Costanzo A., Spain J.N, Spiers D.E. (1997). Supplementation of nicotinic acid for lactating Holstein cows under heat stress conditions. *J. Dairy Sci.* 80: 1200–1206
20. DuBois P.R., Williams D.J. (1980). Increased incidence of retained placenta associated with heat stress in dairy cows. *Theriogenology* 13: 115–121
21. Escobosa A., Coppock C.E., Rowe L.D.Jr., Jenkins W.L., Gates C.E. (1984). Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 67: 574–584
22. Esmay M.L. (1969). *Principles of Animal Environment.* AVI, Westport, CT
23. Finch V.A. (1986). Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531–542

24. Gwazdauskas F.C., Lineweaver J.A., Vinson W.E. (1981). Rates of conception by artificial insemination of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 358–362
25. Hansen P.J., Arechiga C.F. (1999). Strategies for managing reproduction in heat-stressed dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 82(Suppl.): 36–50
26. Hassan A., Rousset J.D. (1975). Effect of protein concentration in the diet on blood composition and productivity of lactating Holstein cows under thermal stress. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 85: 409–415
27. HPA (2012). HPA – Hrvatska poljoprivredna agencija, <<http://www.hpa.hr/>>, pristupljeno 13. rujna 2012.
28. Huber J. T., Higginbotham G., Gomez-Alarcon R.A., Taylor R.B., Chen K.H., Chan S.C., Wu Z. (1994). Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.* 77: 2080–2090
29. Igono M.O., Bjoetvedt G., Sanford-Crane H.T. (1992). Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int. J. Biometeorol.* 36: 77–87
30. Igono M.O., Johnson H.D. (1990). Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *J. Interdiscipl. Cycle Res.* 21: 303–320
31. Jenkinson D.M., Mabon R.M. (1973). The effects of temperature and humidity on skin surface pH and the ionic composition of skin secretions in Ayrshire cattle. *Brit. Vet. J.* 129: 282–295
32. Johnson H. D., Ragsdale A.C., Berry I.L., Shanklin M.D. (1963). Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. *Univ. of Missouri Res. Bull. No.* 846
33. Johnson H.D. (1980). Depressed chemical thermogenesis and hormonal functions in heat. In: *Environmental Physiology: Aging, Heat, and Altitude*. Elsevier /North Holland, New York, 3–9
34. Johnson H.D. (1987). Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In: Johnson H.D. (Ed.), *Bioclimatology and the Adaptation of Livestock*. Elsevier, Amsterdam, 35–57
35. Johnson H.D., Vanjonack W.J. (1976). Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. *J. Dairy Sci.* 59: 1603–1617
36. Johnston J.E., McDowell R.E., Shrode R.R., Legates J.E. (1959). Summer climate and its effect on dairy cattle in the Southern region. In: *Southern Cooperative Series Bulletin No.* 63

37. Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 77: 59-91
38. Kibler H.H., Brody S. (1954). Effects of temperature, 50 to 105°F and 50 to 90°F on heat production and cardiorespiratory activities in Brahman, Jersey and Holstein cows. *Univ. Missouri Agric. Exp. Stat. Res. Bull. No. 464*
39. Knapp D. M., Grummer R.R. (1991). Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.* 74: 2573-2579
40. Knowles T.G., Warriss P.D. (2000). Stress physiology during transport. In: Grandin T. (ed.) *Livestock Handling and Transport*, 2nd ed., CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 385-407
41. Kume S., Shibata M., Kurihara M., Aii T. (1986). Effect of environmental temperature on trace element metabolism of cows during feeding and fasting. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 57: 687-693
42. Leighton R. E., Rupel I.W. (1956). Effects of fiber content of the diet on milk production and hot weather discomfort in producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 39:937 (Abstr.)
43. Mallonee P.G., Beede D.K., Collier R.J., Wilcox C.J. (1985). Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. *J. Dairy Sci.* 68: 1479-1487
44. Maust L.E., McDowell R.E., Hooven N.W. (1972). Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 55: 1133-1139
45. McArthur A.J., Clark J.A. (1988). Body temperature of homeotherms and the conservation of energy and water. *J. Therm. Biol.* 3: 9-13
46. McDowell R. E., Weldy J.R. (1960). Water exchange of cattle under heat stress. *Proc. Third Intl. Biometeorological Cong., London*, Pergamon Press, New York, 414-424
47. McDowell R.E., Hooven N.W., Camoens J.K. (1976). Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. *J. Dairy Sci.* 59: 965-973
48. Milam K. Z., Coppock C.E., West J.W., Lanham J.K., Nave D.H., LaBore J.M., Stermer R.A., Brasington C.F. (1986). Effects of drinking water temperature on production responses in lactating Holstein cows in summer. *J. Dairy Sci.* 69: 1013-1019
49. Muller L. D., Heinrichs A.J., Cooper J.B., Atkin Y.H. (1986). Supplemental niacin for lactating cows during summer feeding. *J. Dairy Sci.* 69: 1416-1420

50. Nianogo A. J., Amos H.E., Froetschel M.A., Keery C.M. (1991). Dietary fat, protein degradability, and calving season: effects on nutrient use and performance of early lactation cows. *J. Dairy Sci.* 74: 2243–2255
51. NRC. (1989). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC
52. O'Kelly J. C. (1987). Influence of dietary fat on some metabolic responses of cattle to hyperthermia induced by heat exposure. *Comp. Biochem. Physiol.* 87A: 677–682
53. Purwato B.P., Abo Y., Sakamoto R., Furumoto F., Yamamoto S. (1990). Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 114: 139–142
54. Richards J.I. (1985). Milk production of Friesian cows subjected to high daytime temperatures when allowed food either ad lib or at nighttime only. *Trop. Anim. Health Prod.* 17: 141–152
55. Roenfeldt S. (1998). You can't afford to ignore heat stress. *Dairy Manage.* 35(5): 6–12
56. Schneider P.L., Beede D.K., Wilcox C.J. (1988). Effects of supplemental potassium and sodium chloride salts on ruminal turnover rates, acid-base and mineral status of lactating dairy cows during heat stress. *J. Anim. Sci.* 66: 126–135
57. Seath D. M., Miller G.D. (1948). Effect of water sprinkling with and without air movement on cooling dairy cows. *J. Dairy Sci.* 5:361–366
58. Shearer J.K., Beede D.K. (1990). Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. *Agri-Practice.* 11: 5-17
59. Shkolnik A., Maltz E., Choshniak I. (1980). The role of the ruminant's digestive tract as a water reservoir. In: Ruckebush, Y., Thivend, P. (Eds.), *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. AVI, Westport, CT, 731–742
60. Valtorta S. E., Gallardo M.R., Castro H.C., Castelli M.E. (1996). Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina. *Trans. Amer. Soc. Agric. Eng.* 39: 233–236
61. West J. W., Mullinix B.G., Sandifer T.G. (1991). Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 74: 1662–1674
62. West J. W., Haydon K.D., Mullinix B.G., Sandifer T.G. (1992). Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* 75: 2776–2786
63. West J.W. (1999). Nutritional Strategies for Managing the Heat – Stress Dairy Cow. *Journal of Animal Science.* 77: 21-35

64. Wolfenson D., Flamenbaum I., Berman A. (1988). Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:809–818
65. Wolfenson D., Lew B.J., Thatcher W.W., Graber Y., Meidan R. (1997). Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. *Anim. Reprod. Sci.* 47: 9–19
66. Yousef M.K. (1985). In: *Basic Principles. Stress Physiology in Livestock*, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL
67. Zook A. B. (1982). The effects of two levels of dietary protein solubility on lactating cows exposed to heat stress and in thermal neutral environments. *Diss. Abstr. Intl.* 43:1760B.

EFFECT OF HIGH TEMPERATURE ON THE METABOLISM AND REPRODUCTION OF DAIRY COW

Summary

High environmental temperatures, often in combination with high relative humidity resulting thermal stress, and the body in such conditions can not be cool and encourages different adaptive mechanisms. In dairy cows in the response to heat stress alters the metabolism to become sluggish. Decreased feed intake and milk production, altered metabolism of minerals, increased water intake and decreased its loss in the urine and feces, and increased sweating, salivation, and rectal temperature. Heat stress in dairy cows has the most significant effect on the reproductive system. This paper describes the effect of high temperature and thermal stress on the body of dairy cows, with an emphasis on reproduction and metabolism. Shown are typical symptoms that show cows and processes that occur in the body in response to high temperatures, as it comes to heat stress, the ways in which the cow is struggling with adverse impacts to the environment and trying to reduce the harmful effects of stress. Furthermore, brief basic methods to mitigate the effects of heat on the body of dairy cows, and the basic principles of nutrition in the conditions of high environmental temperature are shown.

Ključne riječi: heat stress, cows, response to stressful conditions, metabolism, reproductive system.

Primljeno: 30.10.2012.