



Uticaj toplotnog stresa na parametre funkcionalnog stanja jetre kod krava u različitim fazama laktacije

Jovan Stanojević^{a*}, Miodrag Radinović^a, Branislava Belić^a, Ivana Davidov^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za veterinarsku medicinu, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: jovan2912@email.com

SAŽETAK

Povišena ambijentalna temperatura i vlažnost vazduha u toku leta predstavljaju glavne činioce koji nepovoljno utiču na zdravlje i proizvodno reproduktivne sposobnosti visokomlečnih krava. Toplotni stres dovodi do poremećaja opšteg stanja i metabolizma, pri čemu se aktiviraju adaptacioni mehanizmi i dolazi do promena metaboličkog profila. Cilj ovog istraživanja je da se ispituju parametri funkcionalnog stanja jetre (bilirubin i enzimi), kao i parametri metaboličkog profila (glukoza i holesterol) u krvi krava u periodu povišene ambijentalne temperature. U ogled je uključeno 45 krava holštajn-frizijske rase, u drugoj laktaciji, jednake telesne kondicije i dobrog zdravstvenog stanja. Krave su podeljene u tri ogledne grupe: 15 krava koje su bile izložene toplotnom stresu u sredini laktacije, 15 krava koje su bile izložene toplotnom stresu na početku laktacije i 15 krava u termoneutralnoj zoni. Na osnovu dobijenih rezultata moguće je proceniti stepen oštećenja hepatocita, kao i uticaj toplotnog stresa na funkcionalno stanje jetre.

KLJUČNE REČI: Toplotni stres, krave, bilirubin, enzimi jetre.

Uvod

Krave su svakodnevno izložene različitim stresnim faktorima. Stresni faktori su svi oni uticaji iz spoljašnje i unutrašnje sredine koji nanose ili mogu naneti štetu homeostazi organizma i na koje se životinja svakodnevno prilagođava. Najvažniji spoljašnji ambijentalni stresni faktor kod krava je toplotni stres, dok su pojava metaboličkog stresa, povećana ketogeneza i opterećenje hepatocita najčešći unutrašnji stresni faktori (Wheelock i sar., 2010). U slučaju delovanja toplotnog stresa najvažniji poremećaj je smanjeno uzimanje hrane i povećano usmeravanje metabolita ka telesnim tkivima kako bi se nesmetano vršile funkcije hlađenja organizma. Toplotni i metabolički stres negativno utiču na zdravlje i produktivnost krava, a takođe dovode i do poremećaja parametara metaboličkog profila (Cincović, 2010).

Postojanje toplotnog stresa se potvrđuje određivanjem THI indeksa (eng. Temperature-humidity index) koji predstavlja numeričku vrednost koja se izračunava na osnovu podataka o temperaturi i vlažnosti vazduha u periodu ispitivanja. Dosadašnje analize drugih autora su pokazale da je kritična vrednost THI indeksa iznad koje se javljaju fiziološke adaptacije, pad produktivnosti i patofiziološke promene na nivou 72 (Ravagnolo i sar., 2000, West JW, 2003, Cincović i sar., 2010).

Funkcionalno stanje jetre se procenjuje na osnovu koncentracije: ukupnog bilirubina i aktivnost enzima u krvi (aspartataminotransferaze, alanin aminotransferaze, laktat-dehidrogenaze, sorbitol-dehidrogenaze), a značajnu ulogu u proceni stanja jetre ima glukoza i holesterol.

Koncentracija glukoze u krvi krava zavisi od resorbovanih količina iz digestivnog trakta, rezervi glukoze, koje su u vidu glikogena deponovani u jetri i mišićima, kao i od količine novostvorene glukoze u procesu glukoneogeneze. Najveći deo glukoze kod preživara se sintetiše u jetri. Iz tog razloga jetra ima značajnu ulogu u održavanju glikemije kod visokomlečnih krava (Jovanović i sar., 1987).

Holesterol se u krvnom serumu krava nalazi slobodan ili esterifikovan sa masnim kiselinama. Za razliku od nepreživara, holesterol se kod krava isključivo sintetiše u jetri, pa tako koncentracija holesterola u krvi direktno zavisi od funkcionalnog stanja jetre (Stober i sar., 1990, O'Brien i sar., 2010).

Bilirubin nastaje razlaganjem hemoglobina nakon njegovog oslobađanja iz ostarelih eritrocita ili kada eritrociti iz bilo kog razloga budu u većoj meri razgrađeni. Do povećanja koncentracije bilirubina dolazi posle masovne hemolize eritrocita, opstrukcionog ikterusa i oštećenja parenhima jetre. Šamanc i sar. (1992) su kod prvotelki holštajn rase ustanovili prosečnu bilirubinemiju od 6,59 $\mu\text{mol/L}$ u puerperijumu, dok je u visokom graviditetu koncentracija bilirubina bila niža i iznosila je 4,85 $\mu\text{mol/L}$. Hiperbilirubinemija je utvrđena i kod svih ketoznih krava i dostizala je do 20,4 $\mu\text{mol/L}$, što se može objasniti smanjenom funkcijom jetre, a samim tim i oslabljenom ekskretornom funkcijom (Jovanović i sar., 1991).

Transaminaze su enzimi koji prevode aminokiseline u ketokiseline i obrnuto i na taj način povezuju metabolizam ugljenih hidrata i proteina, odnosno azotnih jedinjenja. Aktivnost transaminaza zavisi od fiziološkog stanja životinje. Rasooli i sar. (2004) su ustanovili značajno povećanje AST u krvi krava izloženih ekstremno visokim temperaturama tokom leta (85.81 ± 2.25 U/L) u poređenju sa zimskim periodom kada su optimalni ambijentalni uslovi (63.25 ± 2.36 U/L). Kaubkova i sar. (2002) su takođe ustanovili povećanje AST u toplotnom stresu. Povećanje transaminaza smatraju rezultatom opterećenja funkcije jetre usled porasta stepena glukoneogeneze u jetri.

Enzim alanin-aminotransferaza prenosi amino-grupu glutaminske kiseline na pirogroždanu kiselinu pri čemu nastaje alfa-ketoglutarna kiselina i alanin i obrnuto. ALT je lokalizovan u citoplazmi ćelija i najviše ga ima u parenhimu jetre, skeletnim mišićima i srcu. ALT se smatra veoma specifičnim enzimom za jetru jer ga u ostalim organima ima relativno malo. Kod lakih oštećenja hepatocita aktivnost ALT raste brže nego aktivnost AST, dok će u težim slučajevima, kada su zahvaćene i mitohondrije, povećanje AST biti izraženije (Rasooli i sar. 2004).

Cilj ovog istraživanja je da se ispituju parametri funkcionalnog stanja jetre (bilirubin i enzimi), kao i parametri metaboličkog profila (glukoza i holesterol) u krvi krava u periodu povišene ambijentalne temperature u različitim fazama laktacije.

Material i metod rada

Ogled je izveden na farmi visokomlečnih krava u Vojvodini, tokom proleća i leta u periodu od 1. do 30. aprila za krave u termoneutralnoj zoni, odnosno od 30. juna do 5. avgusta 2018. godine za krave izložene toplotnom stresu. Za sprovođenje ogleda odabrano je 45 krava holštajn-frizijske rase, koje su podeljene u tri grupe: 15 krava koje su bile izložene toplotnom stresu u sredini laktacije, 15 krava koje su bile izložene toplotnom stresu u prvoj fazi laktacije i 15 krava u sredini laktacije u termoneutralnoj zoni koje nisu bile izložene toplotnom stresu. Sve životinje uključene u ogled bile su klinički zdrave što je utvrđeno kliničkim pregledom i uvidom u evidenciju podataka o zdravstvenom stanju životinja u predhodnim laktacijama. Prosečna telesna masa krava iznosila je 600 ± 50 kg. U periodu ispitivanja krave su hranjene standardnim miksiranim obrocima dva puta dnevno. Optimizacija obroka izvršena je na osnovu telesne mase i dnevne količine proizvedenog mleka. U toku ogleda prečena je i konzumacija obroka odnosno unos suve materije u odnosu na optimalne potrebe za tu kategoriju krava.

Krv je uzimana venepunkcijom V. Jugularis. Krave su fiksirane na hranidbenom stolu, nakon čega je izvršeno šišanje dlake i dezinfekcija kože na mestu plasiranja igle u venu. Za uzorkovanje krvi korištene su vakutajner epruvete sa separacionim gelom. Epruvete su obeležene brojem ušne markice svake krave i stavljene u prenosni frižider u kom su transportovane u laboratoriju. U laboratoriji je određena koncentracija: glukoze, holesterola, ukupnog bilirubina, AST, ALT, GGT i LDH. Koncentracija pomenutih parametara određivana je pomoću standardnih, komercijalnih kitova (Randox, UK) na aparatu marke Rayto.

Postojanje toplotnog stresa potvrđeno je određivanjem THI indeksa. THI se računa pomoću formule: (Mohamed Ahmed et al., 2010): $mTHI = 0.8 \times mAT + (mRH \times (mAT - 14.4)) + 46.4$; mTHI- srednja vrednost THI, mAT- srednja vrednost atmosferskog pritiska, mRH – srednja relativna vlažnost data u decimalnim vrednostima (ne u procentima), a originalni podaci su dobijeni iz meteoroloških izveštaja.

Statistički podaci tokom ispitivanja obradjeni su deskriptivnim statističkim parametrima: aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom, standardnom greškom aritmetičke sredine, koeficijentom varijacije i prikazani su tabelarno. Za analizu stepena značajnosti razlika ispitivanih parametara između dve aritmetičke sredine korišćen je studentov T-test.

Rezultati i diskusija

Rezultati istraživanja prikazani u tabeli 1. pokazuju koncentraciju: glukoze, holesterola, ukupnog bilirubina, AST, ALT, GGT, LDH kod krava izloženih toplotnom stresu i krava u termoneutralnoj zoni, pri čemu su obe grupe krava u sredini laktacije.

THI kod krava u toplotnom stresu je iznosio 81, dok je kod krava u termoneutralnoj zoni THI iznosio 69. Rezultati istraživanja prikazani u tabeli 2. pokazuju koncentraciju: glukoze, holesterola, ukupnog bilirubina, AST, ALT, GGT, LDH kod krava izloženih toplotnom stresu u sredini laktacije i krava u ranoj laktaciji (metaboličkom stresu) koje su takođe bile izložene toplotnom stresu, kao i statistički značajnu razliku ovih parametara kod ove dve grupe krava.

Tabela 1. Koncentracija glukoze, holesterola, bilirubina i enzima jetre u krvi kod krava u toplotnom stresu i u termoneutralnoj zoni**Table 1.** Concentration of glucose, cholesterol, bilirubin and liver enzymes in blood in cows under heat stress and in the thermoneutral zone

grupa	Toplotni stres	Termoneutralna zona	Statistička značajnost
n	15	15	
Glukoza ($\mu\text{mol/L}$)	3.032 +/- 0.59	3.4 +/- 0.26	P<0.05
Holesterol ($\mu\text{mol/L}$)	3.607 +/- 0.96	3.25 +/- 0.73	NS
Ukupni bilirubin ($\mu\text{mol/L}$)	6.78 +/- 0.28	5.75 +/- 0.12	P<0.01
AST (U/L)	29.646 +/- 10.44	77.5 +/- 15.2	P<0.01
ALT (U/L)	67.326 +/- 18.647	21 +/- 3.68	P<0.01
GGT (U/L)	24.22 +/- 4.916	15.45 +/- 2.326	P<0.01
LDH (U/L)	886.913 +/- 214.834	623 +/- 185.962	P<0.01

Tabela 2. Koncentracija glukoze, holesterola, bilirubina i enzima jetre u krvi krava u toplotnom stresu u sredini laktacije i na početku laktacije**Table 2.** Concentration of glucose, cholesterol, bilirubin and liver enzymes in the blood of cows under heat stress at mid-lactation and at the beginning of lactation

grupa	Toplotni stres (Sredina laktacije)	Toplotni stres (Rana laktacija)	Statistička značajnost
n	15	15	
Glukoza ($\mu\text{mol/L}$)	3.032 +/- 0.59	2.42 +/- 0.45	P<0.05
Holesterol ($\mu\text{mol/L}$)	3.607 +/- 0.96	3.34 +/- 1.09	NS
Ukupni bilirubin ($\mu\text{mol/L}$)	6.25 +/- 0.085	6.29 +/- 0.14	NS
AST (U/L)	29.646 +/- 10.44	64.22 +/- 26.41	P<0.05
ALT (U/L)	67.326 +/- 18.647	86.53 +/- 4.31	P<0.05
GGT (U/L)	24.22 +/- 4.916	8.45 +/- 1.86	P<0.05
LDH (U/L)	886.913 +/- 214.834	1167 +/- 336.1	p<0.05

Jetra predstavlja najvažniji organ u metabolizmu visokomlečnih krava. U jetri se odvija proces glukoneogeneze pri čemu se sintetiše glukoza koja je glavni izvor energije u organizmu krava. Iz tog razloga funkcionalno stanje jetre direktno utiče na koncentraciju glukoze u krvi.

Vujanac i sar. (2011) su ustanovili statistički značajno nižu koncentraciju glukoze kod krava u sredini laktacije (90. dan) u letnjem periodu u odnosu na istu fazu laktacije kod krava u prolećnom periodu.

U ovom radu su takodje ustanovljene statistički značajno niže ($P<0.05$) koncentracije glukoze kod krava izloženih toplotnom stresu u odnosu na krave u termoneutralnoj zoni. Kada se uporede krave u toplotnom stresu u sredini laktacije i na početku laktacije, takođe se uočava statistički značajna razlika između ove dve grupe krava, što se ogleda u statistički značajno nižoj ($P<0.05$) koncentraciji glukoze kod krava na početku laktacije u odnosu na krave u sredini laktacije (tabela 2.). Ovakvo značajno smanjenje koncentracije glukoze u krvi u toplotnom stresu u odnosu na termoneutralnu zonu ukazuje na uključivanje adaptacionih mehanizama protiv toplotnog stresa i metaboličkog prestrojavanja u kome dolazi do preusmeravanja upotrebe glukoze u ćelijama, kao izvora energije na štetu sintetskih procesa u mlečnoj žlezdi.

Koncentracija holesterola u krvi krava je u direktnoj zavisnosti od uzrasta i načina ishrane, uhranjenosti životinja i fiziološkog stanja (Stober i sar., 1990). Pošto se holesterol sintetiše u jetri svako akutno inflamatorno kao i degenerativno obolenje jetre dovodi do snižavanja koncentracije holesterola u krvi (Jovanović i sar., 1993). Utvrđene su značajno niže koncentracije holesterola u krvi kod krava gde je ustanovljena masna infiltracija i degeneracija ćelija jetre, što je posledica smanjene

sinteze holesterola u hepatocitima (Gaal, 1993). Rasooli i sar. (2004) su ustanovili nižu prosečnu koncentraciju holesterola leti ($1,8 \pm 0,06$ mmol/L) za vreme tropske vrućine nego zimi ($2,5 \pm 0,06$ mmol/L), pri čemu su ustanovili vrlo značajnu pozitivnu korelaciju T3 i holesterola u krvi i vrlo značajnu negativnu korelaciju između prosečne dnevne temperature i koncentracije holesterola u krvi. Horvat i sar. (2014) izveštavaju da sezona nije imala nikakvog uticaja na koncentraciju holesterola u krvi, što je potvrđeno i u ovom istraživanju da ne postoji statistički značajna razlika između koncentracija holesterola u krvi kod krava u toplotnom stresu u ranoj laktaciji, sredini laktacije i u termoneutralnoj zoni (tabela 1. i 2.).

Poremećaji metabolizma mogu da dovedu do disfunkcije jetre, što dovodi i do povećanja koncentracije ukupnog bilirubina u krvi. U ovom istraživanju je ustanovljena statistički značajno viša koncentracija ($P < 0.01$) bilirubina kod krava u sredini laktacije koje su bile izložene toplotnom stresu u odnosu na krave u termoneutralnoj zoni (tabela 1). Kada se uporede krave u sredini i na početku laktacije koje su bile izložene toplotnom stresu primećena je koncentracije bilirubina u okviru fizioloških granica kod obe grupe krava, pri čemu nema statistički značajne razlike (tabela 2), što znači da toplotni stres podjednako dovodi do povećanja ukupnog bilirubina kako kod krava na početku laktacije, tako i kod krava u sredini laktacije.

O povećanju AST u letnjem periodu izveštavaju mnogi autori. Rasooli i sar. (2004) i Koubkova i sar. (2002) su ustanovili značajno povećanje AST kod krava izloženih ekstremno visokim temperaturama. Koubkova i sar. (2002) smatraju da je povećanje aktivnosti AST rezultat opterećenja funkcije jetre usled porasta stepena glukoneogeneze u jetri. Rasooli i sar. (2004) su takođe ustanovili značajnu pozitivnu korelaciju između prosečne ambijentalne temperature i aktivnosti AST. U ovom istraživanju pronađena je statistički značajno niža ($P < 0.01$) koncentracija AST kod krava u uslovima toplotnog stresa u odnosu na krave koje nisu bile izložene povišenoj ambijentalnoj temperaturi (tabela 1), takođe je ustanovljena i statistički značajno viša koncentracija AST kod krava izloženih toplotnom stresu u prvoj fazi laktacije u odnosu na krave u sredini laktacije (tabela 2). Ovo je verovatno posledica većeg oštećenja hepatocita, tj. mitohondrija kod krava opterećenih i metaboličkim stresom u prvoj fazi laktacije.

Aktivnost ALT se kreće iznad fizioloških granica. Poredjenjem dobijenih rezultata iz oglada ustanovljena je statistički značajno viša ($P < 0.01$) koncentracija ALT kod krava u uslovima toplotnog stresa u odnosu na krave koje nisu bile izložene povišenoj ambijentalnoj temperaturi (tabela 1). Po mnogim autorima aktivnost enzima ALT i AST prate promene povećanog metabolizma proteina u intenzivnim procesima glukoneogeneze zbog povećane potrošnje glukoze u organizmu, a radi očuvanja glikemije u toplotnom stresu. Prema drugim autorima (Ronhi i sar., 1999 i Koubkova i sar., 2002) ustanovljeno je smanjenje koncentracije ALT u toplotnom stresu.

Enzimi GGT pokazuju značajno više koncentracije kod krava izloženih toplotnom stresu u odnosu na krave u termoneutralnoj zoni (tabela 1), pri čemu je veća koncentracija kod krava u sredini laktacije u odnosu na krave na početku laktacije (tabela 2).

Koncentracija LDH je bila značajno viša kod krava izloženih toplotnom stresu u odnosu na krave u termoneutralnoj zoni (tabela 1). Kada se porede krave izložene toplotnom stresu primećena je značajno viša koncentracija LDH kod krava na početku laktacije ($p < 0.05$) u odnosu na krave u sredini laktacije (tabela 2).

Zaključci

U uslovima toplotnog stresa parametri funkcionalnog stanja jetre pokazuju određena odstupanja od fizioloških granica.

Na osnovu dobijenih analiza utvrđeno je da toplotni stres utiče na koncentraciju ukupnog bilirubina, ALT i LDH, dok faza laktacije ima značajniji uticaj na koncentraciju AST i GGT.

Na koncentraciju glukoze podjednako utiču i faza laktacije i toplotni stres, dok koncentracija holesterola nije pokazala odstupanja.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je deo projekta „Unapredjenje zdravlja i dobrobiti visokoproduktivnih krava identifikacijom i otklanjanjem stresogenih faktora“ (TP31062).

Literatura

- Cincović M.R., Belić B., Stevančević M., Lako B., Toholj B., Potkonjak A. (2010.) Diurnal variation of blood metabolite in dairy cows during heat stress, *Contemporary agriculture* 59 (3-4): 300-305.
- Cincović MR (2010) Toplotni stres krava – fiziologija i patofiziologija, Monografija, Zadužbina Andrejević, Beograd.
- Gaal T, 1993, Sindrom masne jetre u mlečnih krava, *Vet Glasnik*, 47,4-5, 311-317.
- Horvat, J., Šamanc, H., Kirovski, D., & Vujanac, I. (2014). Uticaj toplotnog stresa na metabolički status krava. *Vet glasnik*, 68, 3-4.
- Jovanović JM, Stamatović MS, Boroš I, Pivnički Z, Damjanović Z, 1991, Vrednosti nekih parametara u krvi kod krava obolelih od hronične ketoze, endometritisa i mastitisa, *Vet glasnik*, 10, 697-701.
- Jovanović JM, Stamatović SM, Šamanc H, Biljana Radojčić, Ivanov I, Damjanović Z, Jonić B, Arsić B, Arandjelović J, Stefanović M, Petković B, 1987a, Prilog izučavanju Metaboličkog profila krava u visokom graviditetu i puerperijumu, *Vet Glasnik*, 41 (5) 297-400.
- Jovanović M J, Šamanc H, Damjanović Z, Marković S, Djoković R, 1993, Funkcionalno stanje jetre krava u visokom graviditetu i ranoj laktaciji, *Vet glasnik*, 47,4-5, 295- 310.
- Koubkova M, Knížková I, Kunc P, Härtlová H, Flusser J, doležal O, 2002, Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows, *Czech J. Anim. Sci.*, 47, (8): 309–318.
- Ravagnolo, O., Misztal, I., & Hoogenboom, G. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of dairy science*, 83(9), 2120-2125.
- Rasooli A, Nouri M, Khadje G H and Rasekh A, 2004, The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle, *Iranian Journal of Veterinary Research*, University of Shiraz, Vol. 5, No. 2, Ser. No. 1Q 1383
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., ... & Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of dairy science*, 92(5), 1986-1997.
- Ronchi B, Bernabucci U, Lacetera NG, Supplizi AV, Nardone A, 1999, Distinct and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status of Holstein heifers, *Zoot Nutr Anim*, 25, 11–20.
- Stober M, Grunder H, 1990, *Kreislauf- die klinische untersuchung des rindes- auflage hera uzgegeben von gekrit Dirksen, Hans-Dieter Grunder und Matheaus, Stober Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.*
- Šamanc H, Jovanović MJ, Damjanović Z, Ivanov I, 1992, Koncentracija aminokiselinskog azota i ukupnog bilirubina u krvnom serumu visokogravidnih i tek oteljenih junica istočno-frizijske i Holštajn rase, *Vet glasnik*, 46 (7-8) 377-381.
- Vujanac, I., Kirovski, D., Šamanc, H., Prodanović, R., Adamović, M. and Ignjatović, M., 2011. Glucose concentration and blood acid-basis status in high-yielding dairy cows during heat stress. *Veterinarski glasnik*, 65(5-6), pp.297-312.
- West JW, 2003, Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *J Dairy Sci*, 86, 2131- 2144.
- Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Sanders, S. R., & Baumgard, L. H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of dairy science*, 93(2), 644-655.

Influence of heat stress on liver functional parameters in cows at different stages of lactation

Jovan Stanojević^{a*}, Miodrag Radinović^a, Branislava Belić^a, Ivana Davidov^a

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of veterinary medicine, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: jovan2912@email.com

ABSTRACT

Elevated ambient temperature and humidity during the summer are the main factors that adversely affect the health and production reproductive ability of dairy cows. Due to the high outdoor temperatures, in the summer, there is increasing concern about the health status of cows on large farms. The aim of this study was to investigate the parameters of the functional state of the liver (bilirubin and enzymes), as well as the parameters of the metabolic profile (glucose and cholesterol) in the blood of cows during periods of elevated ambient temperature. The trial included 45 cows of the Holstein-Friesian breed, in the second lactation, of equal physical fitness and good health. Cows were divided into three experimental groups: 15 cows exposed to heat stress in the middle of lactation, 15 cows exposed to heat stress at the beginning of lactation, and 15 cows in the thermoneutral zone. Based on the results obtained, it is possible to evaluate the degree of hepatocyte damage as well as the influence of heat stress on liver functional status.

KEY WORDS: heat stress, cows, liver enzymes

Primljen 04.02.2020.
Prihvaćen 02.07.2020.