

Animal welfare, etológia és tartástechnológia



Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 8

Issue 1

Gödöllő
2012



A HŐSTRESSZ MEGELŐZÉSÉNEK ÉS MÉRSÉKLÉSÉNEK MÓDSZEREI A TEJELŐ SZARVARMARHATARTÁSBAN

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1. Közlemény: A hőstressz jelei és következményei

Kovács Levente, Kovács Alfréd

Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattenyésztés-tudományi
Intézet, Szarvasmarha- és Juhtenyésztési Tanszék
2103. Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Kovacs.Levente@mkk.szie.hu

Összefoglalás

Az istállózott tejelő tehéntartásban a környezeti feltételek, mint például a környezet hőmérséklete, a napsugárzás, a relatív páratartalom, továbbá az életfenntartás, valamint a tejtermelés során felszabaduló anyagcserehő hőstressz kialakulásához vezethetnek, amit a termelés szinten tartása érdekében csökkentenünk kell. A szerzők tanulmányuk első közleményében irodalmi adatok alapján ismertetik a hőstressz kialakulásának okait és jelentősebb tüneteit. Leírják a hőstressz szervezetre gyakorolt hatásait és a hőstressz-állapot kimutatásának módszereit a tejelő szarvasmarhatartásban.

Kulcsszavak: hőstressz, tejelő tehén

Methods of the precedence and the abatement of heat stress in dairy cattle housing – A review

Part 1. The symptoms and the inferences of heat stress

Abstract

In the housing of intensive dairy cows the environmental conditions, as the environmental temperature, the solar radiation, the relative humidity, moreover the life maintainer and the metabolic heat originated during milk production lead to establish heat stress. It is necessary to reduce heat stress to the own interest to maintain the level of milk production. The authors in their first publication of study based on data originated in the professional literature introduce the reasons and the most important symptoms of heat stress. They describe the effect of heat stress influence on the organism and present the methods detect heat stress conditions in dairy cattle farming.

Keywords: heat stress, dairy cow



Bevezetés

A nyári meleg időszakban fellépő termelés-visszaesés egyre jelentősebb az utóbbi években fokozódó kánikulák miatt, ugyanis a nagy genetikai képességű gazdasági haszonállatok igen erősen reagálnak a magas környezeti hőmérsékletre. Az intenzíven tejelő tehenek esetében is így van ez a nyári hónapokban, amikor – hőstressz-állapot gyakoribb fellépése következtében – a tehenek napi tejtermelése akár 3-4 literrel is csökkenhet. A nagy termelésű teheneket továbbá fokozott anyagcseréjük és stressz-érzékenységük miatt nagyobb mértékben sújtja a nyári meleg. A nem ritkán a 10000 kg-ot is meghaladó laktációnkénti tejtermelésű tehenek esetében ugyanis minden megtermelt 10 kg tej megkétszerezi az emészthető nettó energiaigényt, mely 35%-a hőtermelésre fordítódik (*Kadzere és mtsai, 2002*).

A globális felmelegedés következtében a hőstressz hazánkban is az állattartás figyelmet érdemlő tényezőjévé vált. Az utóbbi időkben egyre többen ismerték fel a hőstressz negatív gazdasági hatásait. A csökkent tejtermelés egy közepes méretű üzem esetében ugyanis akár több millió forintos árbevétel-csökkenést is eredményezhet. Évtizedek óta folynak kutatások abból a célból, hogy olyan megoldásokat fejlesszenek ki, amelyek segítségével mérsékelhető a hőstressz okozta termelés kiesés. Mivel az éghajlatváltozás miatt hazánk klimatikus helyzete állandósulni látszik, ezek a változtatások a hazai tejelő tartástechnológiában is igen sürgetőek.

A tartás- és takarmányozástechnológia egyes elemeinek fejlesztése és módosításával a tehenkörnyezetet közelíthetjük a tehen komfortzónájához. Ehhez azonban ismernünk kell azokat a homeosztázis fenntartásában, vagy éppen felborulásában jelentős élettani folyamatokat, amelyeket e változtatásokkal befolyásolni szeretnénk az állat jóllétének és a termelés kiesés csökkentésének érdekében. Irodalmi összefoglaló tanulmányunk első közleményében hazai és külföldi szerzők munkái alapján bemutatjuk a hőstressz kialakulásában szerepet játszó legfontosabb meteorológiai és technológiai tényezőket, valamint a hőstressz termelési eredményeket rontó élettani hatásait.

A hőstressz kialakulása

A hőstressz fogalmát viszonylag nehéz meghatározni, hiszen megjelenését és mértékét az egyedi különbségek (nem minden egyed reagál egyformán ugyanazon klimatikus változásokra) mellett a tartástechnológiából adódó különbségek is befolyásolhatják (*Bernabucci és mtsai, 2010*). Egyes publikációk kitérnek a fajták közötti hőstressz-tűrő képességben megmutatkozó különbségekre is, melyet az adott időjárási körülményekhez való adaptáció eltérő szintjein kívül (*Hansen, 2007; Scharf és mtsai, 2010*) a különböző fajták (pl. holstein-fríz és jersey: *Hansen, 1990; Muller és mtsai, 1993*) szóróerejének világosságával és hosszával is összefüggésbe hoznak.

Általánosságban akkor beszélhetünk hőstresszről, ha a környezeti hőmérséklet meghaladja azt az értéket, amelyet a tehen szervezete még kompenzálni képes, vagyis, ha a szarvasmarha hőmérsékleti komfortzónáját meghaladó hőmérséklet lép fel (*Collier és mtsai, 1982; Jones és mtsai, 1999; Bak és Pazsiczki, 2008*), amely már negatív hatást gyakorol az állatokra. Más megfogalmazásban a hőstressz a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyának olyan irányú eltolódása, amikor az állatot ért hőterhelés nagyobb, mint amennyi hőt leadni képes (*Wagner, 2001; Chatterjee és mtsai, 2012*).

A valódi stresszállapot kialakulásában igen sok tényező játszik szerepet, melyek közül a termelés szempontjából a külső hőmérséklet a leginkább meghatározó (*McDowell, 1972; Berman és mtsai, 1985; Sevi és mtsai, 2001*). Az alapvető hőkomfort-érzet azonban több mikroklíma-

paraméter együttes hatására alakul ki. A tehenek hőleadását ugyanis az istállólevegő száraz hőmérsékletén kívül a szellőzés, bizonyos értékek felett a relatív páratartalom, a közvetlen napsugárzás erőssége és tartama (Silanikove, 2000; Kadzere és mtsai, 2002), a hőség hossza, az esti istállóhűtés mértéke (Chatterjee és mtsai, 2012), az állatok mozgása, valamint a környező felületek sugárzási hőmérséklete (Sevi és mtsai, 2001; Brouk és mtsai, 2003) is befolyásolja. Amennyiben az e tényezők következtében kialakuló környezet meghaladja a tehén termoneutrális zónáját, hőstresszről beszélhetünk (Orosz és Latos, 2006; Bernabucci és mtsai, 2010). A semleges hőmérsékleti zóna az alsó kritikus hőmérséklet és a felső kritikus hőmérséklet közötti tartomány, amely magába foglalja a hűvös termelési zónát, az optimális termelési zónát, valamint a meleg termelési zónát (1. ábra).

1. ábra: A tehenek termelése és komfortja szerinti külső hőmérsékleti zónák (Bak és Pazsiczki, 2004)

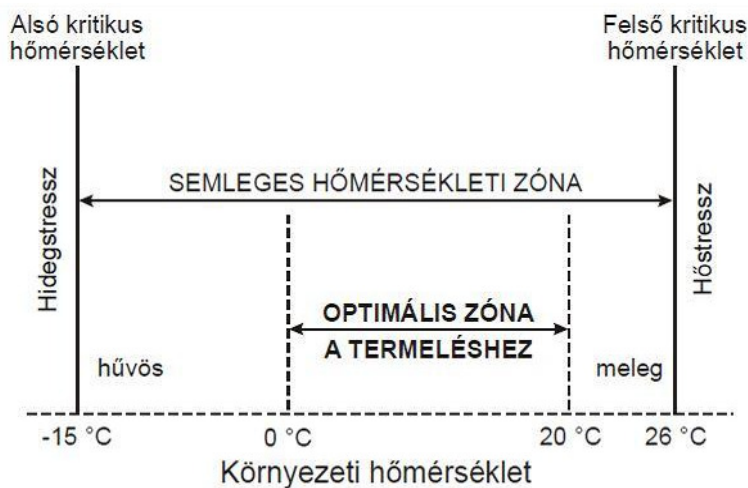


Figure 1: The external temperature zones widths such as the production and comfort of dairy cows (Bak and Pazsiczki, 2007)

A szarvasmarháknak sajátos a hőszabályozási mechanizmusuk miatt (a bendőfermentáció során keletkező hőt használják fel a test fűtésére) ebben a tartományban nem fordítanak többlet-energiát a hőtermelésre (Chatterjee és mtsai, 2012), ugyanakkor a többlet hőmennyiségtől könnyen meg tudnak szabadulni. Még elfogadható a tehén számára a meleg termelési zóna, amelynél a tehén, a meleg környezet miatt, csökkenő takarmányfogyasztásra kényszerül (Bak, 2008), melynek következménye az enyhén csökkenő tejtermelés. A felső kritikus hőmérséklet, a tehén nyári meleghez való alkalmazkodóképességének felső (környezeti hőmérsékleti) határa. A felső kritikus hőmérséklet az irodalmi adatok szerint 25°C (Chatterjee és mtsai, 2012) és 26°C (Kadzere és mtsai, 2002; Brouk és mtsai, 2003; Vitali és mtsai, 2009) között változik, de ekkor még nem csökken számottevően a takarmányfelvétel és a tejtermelés (Berman és mtsai, 1985; Muller és mtsai, 1994). Ennek magyarázata, hogy a tejlő tehenek tejtermelése olyan környezeti körülmények között a leghatékonyabb, ahol testhőmérsékletüket 38°C körül tudják

tartani (Stokka és mtsai, 1998), amely a felső kritikus határ alatti hőmérsékleten lehetséges is, hiszen a tehén többlet-hőjét könnyen le tudja adni és nem kényszerül felesleges hőtermelésre.

A tehének hőleadása azonban jelentősen változik a környező hőmérséklet változásának függvényében, ami a hőstressz-állapot kialakulása szempontjából szintén meghatározó páratartalom-változást is maga után vonja (Rocha és mtsai, 1998; Vitali és mtsai, 2009). Ugyanis amíg a környező levegő 18-21°C-os, vagyis a környezet jóval hűvösebb, mint a tehén hőmérséklete, a tehén saját hőjének mintegy 60-70%-át képes leadni száraz hőleadással. A levegő hőmérsékletének emelkedésével azonban a hőfelesleg egyre nagyobb hányadát nedves hőleadással kényszerül leadni az állat. Ha azonban a hőmérséklet eléri a 33°C-ot – amely közel azonos a tehén felületi hőmérsékletével –, akkor a nedves hőleadás aránya eléri a 80-90%-ot (Takács, 2003). Ennek következtében az istállóban emelkedni kezd a páratartalom, amely gátolja a nedves hőleadást, s ez által hőstressz fellépéséhez vezethet. A hőmérséklet és a relatív páratartalom alapján számított hőmérséklet-páratartalom indexet (HPI) a tehén komfortérzetének, illetve a hőstressz-állapot kifejezésére az 1990-es évek elejétől használják, mely könnyen számítható és a legtöbb meteorológiai szolgálat nyilvánosságra is hozza értékeit. McDowell és mtsai (1976) szerint a következőképpen kell számítani az értékét:

$$\text{HPI} = 0,72 \times (W + D) + 40,6$$

ahol W a nedves, D pedig a száraz hőmérséklet °C-ban (2. ábra).

2. ábra: A HPI alakulása a páratartalom és a környezeti hőmérséklet függvényében (Takács, 2003)

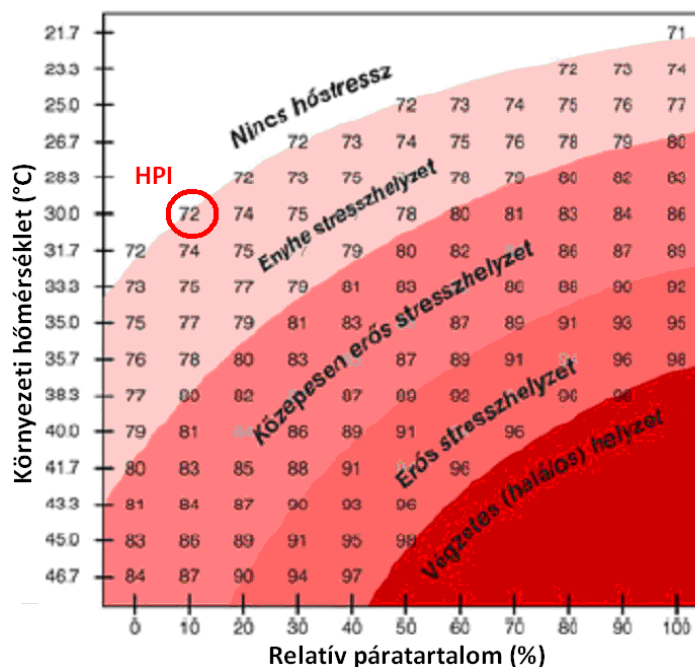


Figure 2: The THI (Temperature Humidity Index) according to the relative humidity and the external temperature (Takács, 2003)



Az ábrán jól látható módon 70 alatti HPI értéknél nem valószínűsíthető a hőstressz kialakulása. 70 és 80 közötti HPI értéknél enyhe hőstresszről beszélhetünk, ekkor a tehenek keresik az árnyékosabb helyeket, az ilyen mértékű stresszállapot általában nem mutatkozik meg a termelési mutatók romlásában (Chatterjee és mtsai, 2012). A 80 és 100 közötti HPI értéknél közepes-erős hőstresszről beszélhetünk, mely legtöbbször a tejtermelés és a szaporodásbiológiai mutatók romlásában is erősen megnyilvánul. A 100 feletti HPI értéket a szarvasmarha csak nagyon rövid ideig képes elviselni, így ez könnyen okozhat elhullást is (Takács, 2003; Dechow és Goodling, 2008; Vitali és mtsai, 2009).

A hőstressz hatásai az élettani folyamatokra és a termelésre

A hőstressz kialakulása először az állatok viselkedésében nyilvánul meg. Az első tünet, a nagyfokú étvágy. Megfigyelték továbbá azt is, hogy ilyenkor 'összeállnak' a tehenek, melynek hátterében Orosz és Latos (2006) szerint egy kevésbé ismert, de egyszerű fizikai jelenség áll: az összetorlódó hő miatt a felmelegedett levegő felszáll, aminek a helyébe hűvösebb érkezik, így a tehenek intenzívebb légmozgást idéznek elő, természetes légáramlást okozva. Az állatok a nagy hőségben nem fekszenek, hanem gyakran az itatónál csoportosulva locsolják egymást és keresik azokat a helyeket, ahol a testüket hűteni tudják (Jones és mtsai, 1999). A hőleadás fokozódása miatt nő a légzés- és a pulzusszám (Singh, 1980; Cruz és mtsai, 2004; Chatterjee és mtsai, 2012), illetve nő a rektális hőmérséklet (Shafie, 1989

Kadzere és mtsai, 2002, Pollard, 2005; Bernabucci és mtsai, 2010). Először a légzésszám növekedése figyelhető meg ($73 < \text{HPI}$), majd ezt követi a rektális hőmérséklet növekedése ($80 < \text{HPI}$) (Lemerle and Goddard, 1986). Amennyiben a légzésszám 75/perc fölé emelkedik, a tehen az erős hőstressz állapotába került, ami szélsőséges esetben respirációs alkalózishoz vezethet (Orosz és Latos, 2006). Mivel a légzés igen energiaigényes, így az itt felhasznált energiamennyiség a tejtermelésre fordítható energiamennyiséget csökkenti (Cruz és mtsai, 2004).

A tehenek a nagy hőségben testhőmérsékletük csökkentésének érdekében igyekeznek minél kevesebb endogén hőt termelni. Ezt a legkönnyebben kisebb mennyiségű takarmány felvételével érik el, mely következtében az emésztési- illetve anyagcsere-folyamatokból származó metabolikus hőtermelésük csökken.

A szárazanyag-felvétel már 8-12%-os csökkenésekor csökkenni kezd a tejtermelés is (Muller és mtsai, 1994; Bernabucci és Calamari, 1998; Chatterjee és mtsai, 2012), ugyanis a fokozott anyagcsere következtében megnövekedett életfenntartó szükségletét az állat a tejtermelésre fordítandó energiából fedezi (Dechow és Goodling, 2008). A tejtermelés-csökkenés 3-20% között általános (Wagner, 2001), amely már 21°C felett meghaladhatja a 3 %-ot (Szűcs és mtsai, 2001; Kovács és Szűcs, 2006), de 32°C felett elérheti a 30%-ot is (Orosz és Latos, 2006), amely nagytermelésű állatok esetében akár napi 12-15 kg tejtermelés-csökkenést is jelenthet. Egyes tapasztalatok alapján súlyos esetben a tehenek következő laktációja során is érezhető az előző nyári hőség depresszív hatása (Sartori és mtsai, 2002; Orosz és Latos, 2006).

Közepesen erős hőstressz esetén Johnson és mtsai (1962), majd egy későbbi vizsgálatban Bernabucci és mtsai (2010) is lineáris csökkenést állapítottak meg mind a szárazanyag-felvétel, mind pedig a tejtermelés tekintetében ($\text{HPI} < 70$, illetve $\text{HPI} < 68$ értékek mellett). Bernabucci és mtsai (1998) kétéves telepi körülmények között végzett kutatásainak eredményeképpen megállapították, hogy 68 feletti HPI-nél a HPI értékének egy egységgel való növekedése – Ravagnolo és mtsai (2000) eredményeivel összhangban – holstein-fríz tehenek napi tejtermelésében 0,27 kg-os csökkenést eredményezett (3. ábra).

3. ábra: A THI és a napi tejtermelés közötti összefüggés (Bernabucci és mtsai, 1998)

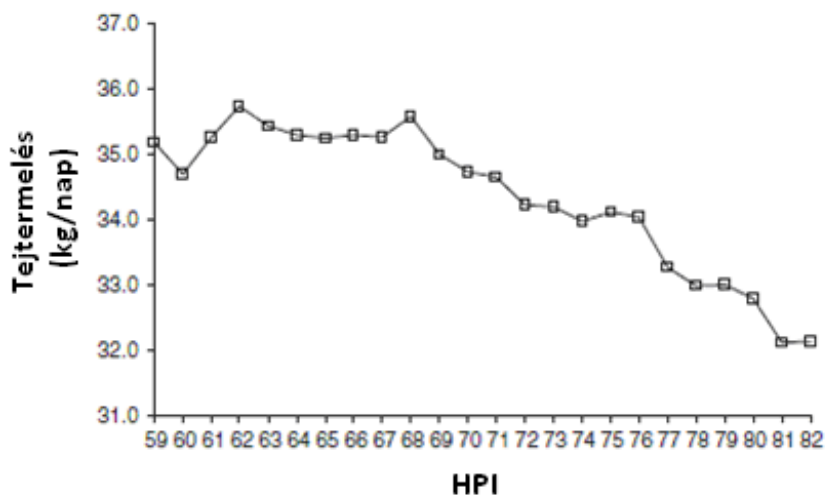


Figure 3: The relationship of the THI and the daily milk yield (Bernabucci et al, 1998)

A szárazanyag-felvétel csökkenése egyesek szerint 40°C felett elérheti a 40%-ot is (Chatterjee és mtsai, 2012), mely nagymértékben fokozza a zsírmobilizációt, így súlyosbítva a laktáció eleji állategészségügyi veszélyeket (Berman és Meltzer, 1973). A szárazanyag-felvétel csökkenésével párhuzamosan a vízfogyasztás is emelkedik. A normális napi 60-65 liter vízfelvétellel szemben 120-140 liter vizet is elfogyaszthatnak a tehenek (1. táblázat).

1. táblázat: A hőmérséklet hatása a szárazanyag-felvételre, az életfenntartó szükségletre, a vízfogyasztásra és a tejtermelésre (Orosz és Latos, 2006)

Hőmérséklet (°C)	Létfenntartó szükséglet (%)	Várható		
	10-20 C = 100 %	szárazanyag-felvétel (kg)	vízfogyasztás (kg)	tej (kg)
0	110	18,8	64	27
5	103	18,4	67	27
10	100	18,2	67	27
15	100	18,2	67	27
20	100	18,2	68	27
25	104	17,7	74	25
30	111	16,9	79	23
35	120	16,7	120	18

Table 1: The effect of temperature on dry matter intake, water intake life maintainer requirement and milk production (Orosz and Latos, 2006)



Egyes szerzők azt is megállapították, hogy a hőstressznek kitett tejelő teheneknél az étvágytalanság következtében a kérődzés intenzitása, időtartama és a bélmozgások száma is csökken (*Bernabucci és mtsai, 1999; Wagner, 2001*). Az állatok, ugyanis míg semleges hőmérsékleti zónában naponta 12-15 alkalommal fogyasztanak takarmányt, addig hőstressz fellépésekor mindössze 3-5 alkalommal (*Bernabucci és mtsai, 2010*). A tejelő tehenek nagy hőségben lecsökkent étvágya a bendőmozgások és a bendőfermentáció intenzitásának csökkenését eredményezi (*Bernabucci és mtsai, 1999*), amely következtében a bendőben keletkező illó zsírsavak mennyisége is drasztikusan csökkenhet, és ennek eredményeképp megnő a bendőacidózis kialakulásának veszélye (*Linn, 1997; Kadzere és mtsai, 2002; Orosz és Latos, 2006; Bernabucci és mtsai, 2010*). A gyakoribbá váló bendő acidózis következtében a tehen szervezetében működő pufferrendszerek kapacitása is csökken. Számos tanulmány számol be a nyári hónapokban a tejelő tehenészetekben gyakoribbá váló a sántaságról (*Orosz és Latos, 2006; Bernabucci és mtsai, 2010*) és tőgygyulladásról (*Morse és mtsai, 1988; Waage és mtsai, 1998*) is. A tőgygyulladás kialakulásában az acidózis mellett egyes szerzők szerint hajlamosító tényező a stresszállapot következtében visszamaradt tejmenyiség, ugyanis a vér kortizolkoncentrációjának növekedése a nagy hőségben gátolja az oxitocin felszabadulást, így a tejleadást is (*Chatterjee és mtsai, 2012*). A kutatók szerint a tejj visszatartás mértéke enyhe hőstressz esetén 10-12%, és erős esetén elérheti a 17%-ot is.

Gazdasági kártételeit a tejtermelés olykor drasztikus csökkentésén túl tovább súlyosbítja az egyes tej-beltartalmi paraméterek megváltozása, amelyről számos tanulmány is beszámol (*Moran, 1989; Bernabucci és Calamari, 1998; Calamari and Mariani, 1998*). Az étvágytalanságból adódó alacsony szárazanyag- és rostfelvétel, az elégtelen bendőműködés, valamint rostbontás következtében ugyanis jelentősen csökken a tej zsírtartalma (*Muller és mtsai, 1994; Orosz és Latos, 2006; Bernabucci és mtsai, 2010*). A stressz következtében felszabaduló kortizol *Chatterjee és mtsai (2012)* szerint csökkenti továbbá a fehérjeszintézis mértékét, melynek eredményeképp a tejfehérje-koncentráció is csökken, amely, ha a HPI értéke 72 fölé emelkedik, meghaladhatja a 20%-ot is (*Bernabucci és mtsai, 2010*). Egy közép-olaszországi tejtermelő tehenészetben *Bernabucci és mtsai (2002b)* 210%-os tejtermelés-csökkenés mellett 2,18%-os kazeinkoncentráció-csökkenést állapítottak meg a tavaszi és a nyári termelési adatokat összehasonlítva. Amennyiben a hőstressz a nyári meleg időszakban tartósan fennáll, számolnunk kell a szomatikus sejtszám (somatic cell count, SCC) állományszintű emelkedésével is (*4. ábra*).

Smith és mtsai (2000) megállapítása szerint a testhőmérséklet már viszonylag kismértékű (akár 1°C-os) emelkedése is hátrányosan befolyásolja az emésztési folyamatokat és a sejtek, valamint a szövetek épségét, de különösen a fehérjéket roncsolja. A hőstressz következtében a kation-anion egyensúly szélsőségesen ingadozik, valamint Na- és K-hiány alakul ki (*Orosz és Latos, 2006*).

Egyes szerzők szerint oxidatív stresszt okoz a sejtekben (*Bernabucci és mtsai, 2002b*) a sejtmembrán lipid-peroxidáz rendszereinek károsításán keresztül (*Chatterjee és mtsai, 2012*). A hőstressz-állapot fellépésének idejére és ennek következményeire *Orosz és Latos 2006-os* munkájukban hívják fel a figyelmet. Amelyben megállapítják, hogy amennyiben a hőstressz a tehenet a vemhesség utolsó 3 hónapjában éri csökken a megszülető borjak testtömege és életképessége.

4. ábra: A szomatikus sejtszám (SCC) változása a hónapok szerint (Chatterjee és mtsai, 2012)

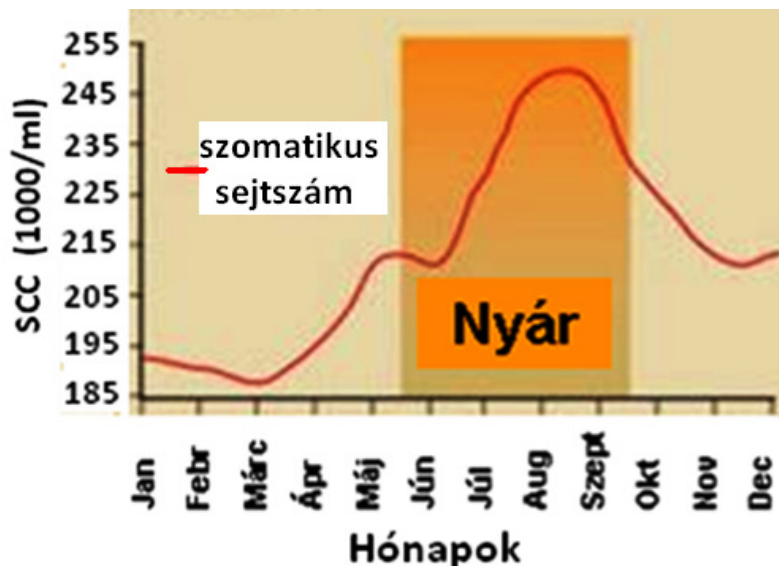


Figure 4: The alteration of the somatic cell count (SCC) according to the months (Chatterjee et al, 2012)

Több kutatásban is igazolást nyert, hogy tejlő teheneknél az erős hőstressz a szaporodás-biológiai mutatók romlásában is megnyilvánul (Thatcher és Collier, 1986; Jordan, 2003; Rensis és mtsai, 2003; West, 2003; Chatterjee és mtsai, 2012), a reprodukív mutatók romlása ugyanis a rektális, illetve a testhőmérséklet már kismértékű emelkedésénél is megfigyelhető (5. ábra).

5. ábra: A rektális hőmérséklet és a vemhesülési ráta közötti összefüggés (Chatterjee és mtsai, 2012)

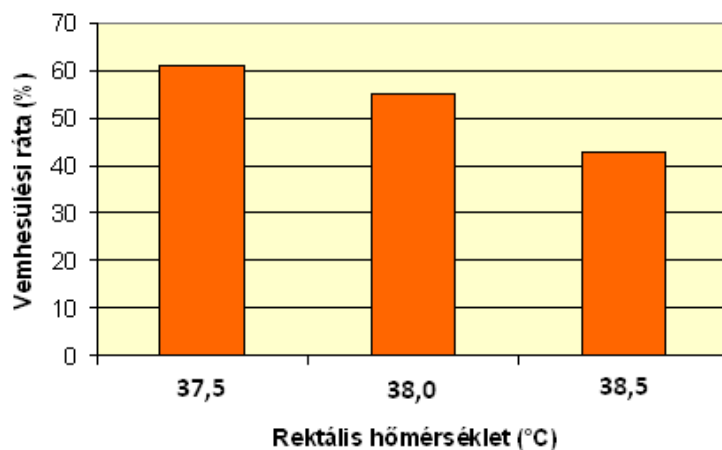


Figure 5: The relationship of the rectal temperature and the conception rate (Chatterjee et al, 2012)



Több kutatás is igazolta, hogy tartós hőség fennállása esetén emelkedik a termékenyítési index (Thatcher és Collier, 1986; De Renss és Scaramuzzi, 2003; Orosz és Latos, 2006), valamint egyesek szerint a fogamzási ráta szélsőséges esetben elérheti a 0%-ot is (Wagner, 2001). Ennek hátterében az acikliás petefészkek kialakulása mellett (Ronchi és mtsai, 2001; Chatterjee és mtsai, 2012) a legtöbb szerző szerint gyakoribb korai embrionális veszteségek állnak (Schrick és mtsai, 2001; Santos és mtsai, 2004; López-Gatius és mtsai, 2004; Grimard és mtsai, 2006). Ennek oka, hogy a magas hőmérsékletnek kitett embrió fejlődésében zavarok keletkezhetnek (Edwards és Hansen, 1997). A gátolt embrionális fejlődés tehát mindenképpen összefüggésben van a környezeti hőmérséklettel, azonban a jelenséget többféleképpen magyarázzák. Egyesek szerint a magasabb embrionális elhalás oka, hogy a hőstressznek kitett tehén magas méhüri hőmérséklete hátráltatja az embrió fejlődését, amely rontja az embrió beágyazódásának esélyeit (Jordan, 2003; West, 2003). Mások (Rocha és mtsai, 1998; Zeron és mtsai, 2001; Al-Katanami és mtsai, 2002) a forró nyári hónapokra eső magasabb mortalitási arányt a petesejt megtermékenyülésre való csökkent alkalmasságával magyarázzák. Ugyanis az ivarzás körül a petesejt érzékenyebbé válik a magas hőmérsékletre, és könnyebben károsodik (Wilson és mtsai, 1998; Putney és mtsai, 1989; Rensis és mtsai, 2003). Több kutatás a hőstressz embriót károsító hatásának okaként a csökkent mértékű fehérjeszintézist jelöli meg (Edwards és Hansen, 1996; Edwards és mtsai, 1997), amely Ealy és mtsai (1993) szerint a preimplantációs időszakban a legjellemzőbb. Egyes tropikus/szubtropikus, illetve arid klimatikus környezetben végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a nyári hőségnapok eltérően hatnak a közönséges szarvasmarhától eltérő genetikai felépítésű *Bos indicus* embrionális fejlődésére. Hansen (2007) szerint ugyanis a stressz-állapotot előidéző magas környezeti hőmérséklet az embrionális fejlődést zebu szarvasmarhában kevésbé gátolta, mint holstein-fríz és angus fajták esetében.

A szaporodásbiológiai mutatók romlása, a legtöbb tehenészetben, az ivarzó állatok számának csökkenésében is megmutatkozik (Kadzere és mtsai, 2002; Gergác, 2009). Csökken továbbá az ivarzás hossza és intenzitása is (Kadzere és mtsai, 2002; De Renss és Scaramuzzi, 2003). Ennek egyik oka az, hogy a hőstressz negatívan befolyásolja a tüszőfejlődést (Trout és mtsai, 1998; Rensis és mtsai, 2003; West, 2003), amelynek hátterében a petefészkek-működést szabályozó hormonok (a hipotalamuszban termelődő GnRH, illetve az agyalapi mirigy elülső lebenyében termelődő LH és FSH) csökkent szekréciója áll (Rensis és Scaramuzzi, 2000). A csendes ivarzás a hőségnapokon csökkenő mozgási aktivitás következtében is gyakoribbá válhat, ugyanis az állatok ilyenkor igyekeznek minden lehetséges módon csökkenteni belső hőtermelésüket (Kadzere és mtsai, 2002).

Egyes tanulmányok megállapítása szerint a hőstressz-állapotban véráramba ürülő kisebb mennyiségű luteinizáló hormon (LH) a tüszőérés hullámok megnyúlását eredményezheti (Wolfenson és mtsai, 2002), amely több kisebb elsődleges tüsző megéréséhez vezethet (Sartori, 2002). A kisebb tüszők ösztrogéntermelése is visszafogottabb (Bernabucci és mtsai, 2010), vagyis elmondható, hogy a hőstressz következtében fellépő csendes ivarzás egyik fő oka, a tüszőfejlődés hormonális szabályozásában fellépő rendellenességekben keresendő.

Bár e hormonális változások hátterében a legtöbb szerző a csökkenő takarmányfelvétel következtében fellépő negatív energiamérleg áll, a hőstressz hatására megváltozó élettani folyamatok még nem pontosan ismertek (Thompson és mtsai, 1996; West, 2003). A hőstressz termelési és reprodukciós eredményekre gyakorolt hatásait a 6. ábra foglalja össze:

6. ábra: A hőstressz hatásainak összefoglalása

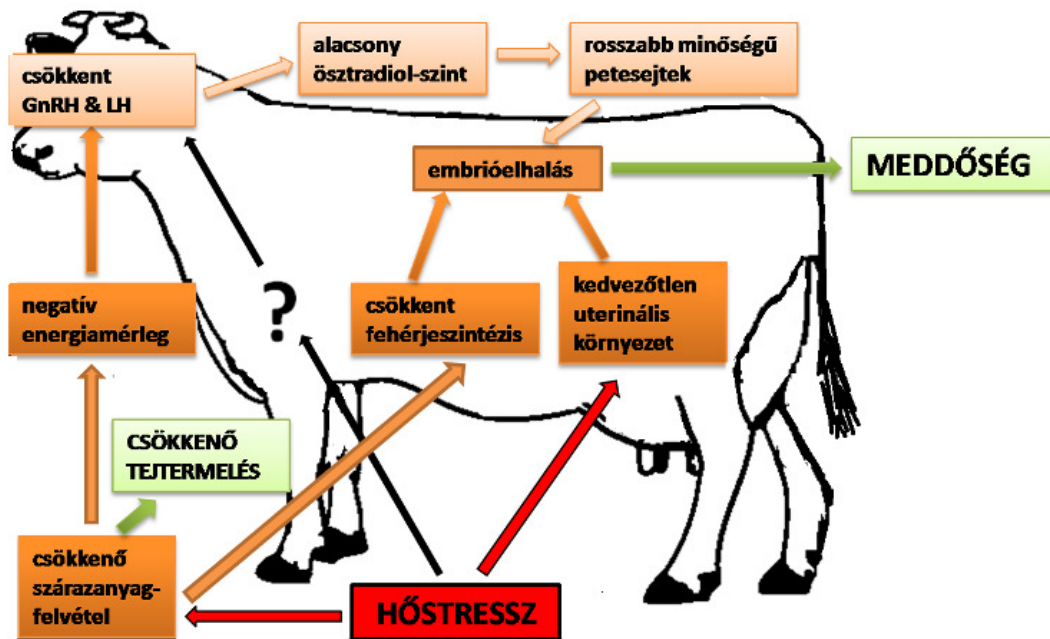


Figure 6: Summary of the effects of heat stress

Ahogy azt a fentiekben láthattuk, kutatások sora igazolta, hogy – a fentiek értelmében – a légzés- és pulzusszám emelkedésén kívül a rektális- (Thompson, 1973; Singh, 1980; Shafie, 1989) és testhőmérséklet (Kadzere és mtsai, 2002, Pollard, 2005; Bernabucci és mtsai, 2010; Chatterjee és mtsai, 2012) emelkedése is jó indikátora a hőstressz-állapot kialakulásának. Jóllehet, a nagy hőség az állatok szervezetében könnyen detektálható hormonális változásokat is okoz, mégis, mivel az endokrin folyamatok számos egyéb tényező által meghatározottak, a hőstressz jelenségének megállapítására az egyes hormonok vérszintjének meghatározása kevésbé alkalmas. Egy korai kutatás tanúsága szerint azonban 20 héten át tartó folyamatos erős napsugárzás hatására tejlő szarvasmarhák prolaktin vérszintje átlagosan 38 ng/ml értékről 86 ng/ml értékre nőtt (Roman-Ponce és mtsai, 1981). Ezeket az eredményeket azóta újabb kutatások is megerősítették, melyekben egyhangúan megállapították, hogy a prolaktin hormon vérszintjének emelkedése jó indikátora a hőstressz-állapotnak és a hőstressz-toleranciának szarvasmarhában (Chemineau és Ravault, 1984; Scharf és mtsai, 2010). A prolaktint, mint hőstressz hormont egyesek, a rektális hőmérséklettel kombinálva, a fajták közötti hőstressz-érzékenységekben való különbségek meghatározására is eredményesen használtak (Bernabucci és mtsai, 2010).

Számos tanulmány számolt be arról, hogy a melegebb hónapokban kialakuló magas külső hőmérséklet kockázati tényezőt jelent az elhullás tekintetében (Dechow és Goodling, 2008; Vitali és mtsai, 2009). Egy intenzív tejtermelő tehenészetben végzett vizsgálat szerint a mortalitási ráta szélsőséges időjárási körülmények hatására megnő (Hahn és mtsai, 2002). Egy kutatásban meghatározásra került az a minimális és maximális HPI érték is, melyek között a tehenállományban hirtelen megnő az elhullási arány (Vitali és mtsai, 2009). A 7. ábrán is látható módon, a grafikonon 79,6-os, illetve 70-es HPI értékeknél tapasztalható töréspont.

7. ábra: A napi HPI és az elhullások összefüggése (Vitali és mtsai, 2009)

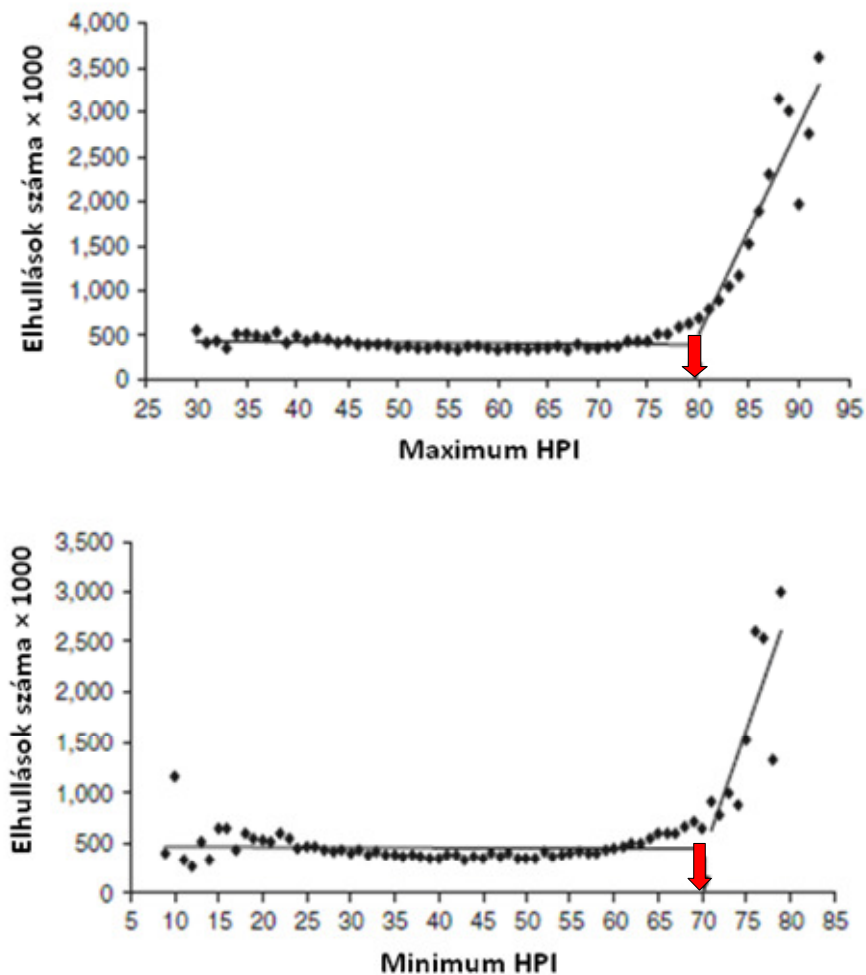


Figure 7: The relationship of the daily THI and mortality (Vitali et al, 2009)

Összegzés

A globális felmelegedés következtében hazánkban a magas hőmérséklet a tejlő tehenek termelési mutatóit leginkább befolyásoló klimatikus tényezőjévé lépett elő. A forró nyári napokon kialakuló hőstressz-állapot következtében csökken a takarmányfelvétel, megváltozik a savbázis egyensúly, csökken az ellenálló-képesség, a tejtermelés és romlanak a tej beltartalmi paraméterei. A szárazanyag-felvétel csökkenése miatt kialakuló negatív energiamérleg következtében létrejövő hormonális változások és a csökkent fehérjeszintézis kedvezőtlen feltételeket teremt a petesejtek megtermékenyülésének is. A hőségnapokon gátolt beágyazódás, illetve a nagyarányú embrionális veszteségek szintén rontják a tejlő állományok szaporodásbiológiai mutatóit. A hőstressz súlyos esetekben az állatok elhullásához is vezethet. Egyes tanulmányok a hőstressz következtében fellépő magasabb elhullási arányról is beszámoltak tejlő tehenészetekben végzett



vizsgálataik alapján. Az általa okozott termelés kiesést tovább súlyosbítja a sok helyütt elavult tartási technológia, amely az alacsony belmagasságú és kis légterű, zárt épületekkel és a meleg mélyalommal csak tovább rontja a helyzetet. Ezért nagy szükség van minden olyan intézkedésre, amelyek a tartás- és takarmányozástechnológia megfelelő alkalmazásával, illetve bizonyos módosításával elősegítik az állatok termelési igényeiknek megfelelő környezet kialakítását. A hőstressz káros hatásainak csökkentési lehetőségeiről tanulmányunk következő részében olvashatnak majd.

Irodalomjegyzék

- Al-Katanami, Y.M., Paula-Lopes, F.F., Hansen, P.J.* (2002): Effect of season and exposure to heat stress on oocyte quality of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 58: 171-182.
- Bak J.* (2008): Klimatikus szempontok a tehénistállók kialakításához. <http://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2008/03/tartastechnologia/2987>
- Bak J., Pazsiczki I.* (2004): Szarvasmarha istállók természetes szellőztetése. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Szaktanácsadási füzetek, Gödöllő. 27.
- Bak J., Pazsiczki I.* (2008): Tehénedvesítéses hőstresszmérséklés, módszerek, hatékonyság. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4: 69-77.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y.* (1985): Upper critical temperature and forced ventilation effects for high-yielding dairy cattle in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.*, 68: 1488-1495.
- Berman, A., Meltzer, A.* (1973): Critical temperatures in lactating dairy cattle: A new approach to an old problem. *Int. J. BiofMt.*, 17: 167.
- Bernabucci, U., Calamari, L.* (1998): Effects of heat stress on bovine milk yield and composition. *Zoot. Nutr. Anim.*, 24: 247-257.
- Bernabucci, U., Bani, P., Ronchi, B., Lacetera, N., Nardone, A.* (1999): Influence of short and long-term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility in Friesian heifers. *J. Dairy Sci.*, 82: 967-973.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Ronchi, B., Nardone, A.* (2002a): Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *J. Dairy Sci.*, 85: 2173-2179.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Ronchi, B., Nardone, A.* (2002b): Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Anim. Res.*, 51: 25-33.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A.* (2010): Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Anim. Res.*, 4: 1167-1183.
- Brouk, M.J., Harner, J.P., Smith, J.F.* (2003): Effectiveness of cow cooling strategies under different environmental conditions. Proc. 6th Western Dairy Management Conference, Reno, 141-153.
- Calamari, L., Mariani, P.* (1998): Effects of hot environment conditions on the main milk cheese-making characteristics. *Zoot. Nutr. Anim.* 24: 259-271.
- Chatterjee, A., Thirumeignanam, D., Singh, A.K.* (2012): Heat stress in dairy: heat stress takes toll on dairy animal. <http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/management/articles/heat-stress-in-dairy-t2165/124-p0.htm>



- Chemineau, P., Ravault, J.P.* (1984): Hourly variations in rectal temperature and prolactinemia in the creole goat kept outside in a tropical environment. *Reprod. Nutr. Dev.*, 24: 71-80.
- Collier, R.J., Beede, D.K., Thatcher, W.W., Israel, L.A., Wilcox, C.J.* (1982): Influences of environment and its modifications on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.*, 65: 28-39.
- Cruz, L., Shah, M., Murphy, M.R., Kadzere, C.T.* (2004): Responses of Holstein cows to heat stress in early lactation. University of Illinois. Kézirat.
- De Renss, F., Scaramuzzi, R.J.* (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology*, 60: 1139-1151.
- Dechow, C.D., Goodling, R.C.* (2008): Mortality, culling by sixty days in milk, and production profiles in high- and low-survival Pennsylvania herds. *J. Dairy Sci.*, 91: 4630-4639.
- Ealy, A.D., Drost, M., Hansen, P.J.* (1993): Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy Sci.*, 76: 2899-2905.
- Edwards, J.L., Ealy, A.D., Monterroso, V.H., Hansen, P.J.* (1997): Ontogeny of temperature-regulated heat shock protein 70 synthesis in preimplantation bovine embryos. *Mol. Reprod. Dev.*, 48: 25-33.
- Edwards, J.L., Hansen, P.J.* (1996): Elevated temperature increases heat shock protein 70 synthesis in bovine two-cell embryos and compromises function of maturing oocytes. *Biol. Repr.*, 55: 340-346.
- Edwards, J.L., Hansen, P.J.* (1997): Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.*, 46: 138-145.
- Gergác, Z.* (2009): A Tejelő tehének kondícióváltásának, tejtermelésének és termékenységének összefüggései. Phd értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Állattudományi Intézet, Mosonmagyaróvár. 168.
- Grimard, B., Freret, S., Chevallier, A., Pinto, A., Ponsart, C., Humblot, P.* (2006): Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Anim. Repr. Sci.*, 91: 31-44.
- Hahn, G.L., Mader, T.L., Harrington, J.A., Nienaber, J.A., Frank, K.L.* (2002): Living with climatic variability and potential global climate change: climatological analyses of impacts on livestock performance. 16th International Congress of Biometeorology, 45-48. American Meteorological Society, Boston, MA, USA.
- Hansen, P.J.* (1990): Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. *Vet. Rec.*, 127: 333.
- Hansen, P.J.* (2007): Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology*, 68: 242-249.
- Johnson, H.D., Ragsdale, A.C., Berry I.L., Shanklin, M.D.* (1962): Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. Res. Bull. No. 791. University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station, MO, USA.
- Jones, G.M., Stallings, C.C.* (1999): Reducing heat stress for dairy cattle. *Virg. Coop. Ext.*, 404-200.
- Jordan, E.R.* (2003): Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.*, 86: 104-114.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E.* (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Liv. Prod. Sci.*, 77: 59-91.
- Kovács A., Szücs E.* (2006): Meteorológiai tényezők hatásai a szarvasmarhák életfolyamataira és teljesítményére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 55: 54.



- Lemerle, C., Goddard, M.E., (1986): Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. *Trop. Anim. Health Prod.* 18: 232-242.
- Linn, J. (1997): Nutritional management of lactating dairy cows during periods of heat stress. University of Minnesota. Kézirat.
- López-Gatiús, F., Santolaria, P., Yáñez, J.L., Garbayo, J., Hunter, R.H.F. (2004): Timing of early foetal loss for single and twin pregnancies in dairy cattle. *Repr. Dom. Anim.*, 39: 429-433.
- McDowell, R.E. (1972): The physical environment. In: Improvement of livestock production in warm climates. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 23.
- 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.
- Moran, J.B. (1989): The influence of season and management system on intake and productivity of confined dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Prod.*, 49: 339-344.
- Morse, D., DeLorenzo, M.A., Wilcox, C.J., Collier, R.J., Natzke, R.P. Bray, D.R. (1988): Climatic effects on occurrence of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.*, 71: 848-853.
- Muller C.J.C., Botha, J.A. (1993): Effect of summer climatic conditions on different heat tolerance factors in primiparous Friesian and Jersey cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 23: 98-103.
- Muller, C.J.C., Botha, J.A., Smith, W.A. (1994): Effects of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and milk composition. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 24: 49-55.
- Orosz Sz., Latos, S. (2006): A hőstressz hatása tejelő szarvasmarhában. *Holstein Magazin*, 14: 43-49.
- Pollard, B.C., Estheimer, M.D., Dwyer, M.E., Gentry, P.C., Weber, W.J., Lemke, E., Baumgard, L.H., Henderson, D.A., Crooker, B.A., Collier, R.J. (2005): The influence of parity, acclimatization to season, and recombinant bovine somatotropin (rbST) on diurnal patterns of prolactin and growth hormone in Holsteins exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 88: 121.
- Putney, D.J., Drost, M., Thatcher, W.W. (1989): Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology*, 31: 765-778.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. (2000): Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci.*, 83: 2126-2130.
- Rensis, F., Scaramuzzi, R.J. (2000). The heat stress and seasonal effects on reproduction in dairy cows. Royal Veterinary College London, UK. Kézirat.
- Rensis, F., Scaramuzzi, R.J. (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review *Theriogenology*, 60: 1139-1151.
- Rocha, A., Randel, R.D., Broussard, J.R., Lim, J.M., Blair, R.M., Roussel, J.D., Godke, R.A., Hansel, W. (1998): High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos Taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 49: 657-665.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Collier, R.J., Wilcox, C.J. (1981): Hormonal responses of lactating dairy cattle to TRH and ACTH in a shade management system within subtropical environment. *Theriogenology*, 16: 131-138.
- Ronchi, B., Stradaioli, G., Verini-Supplizi, A., Bernabucci, U., Lacetera, N., Accorsi, P.A., Nardone, A. Seren, E. (2001): Influence of heat stress and feed restriction on plasma progesterone, estradiol-17b, LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. *Liv. Prod. Sci.*, 68: 231-241.
- Wilson, S.J., Marion, R.S., Spain, J.N., Spiers, D.E., Keisler, D.H., Lucy, M.C. (1998): Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 81: 2124-2131.



- Santos, J.E.P., Thatcher, W.W., Chebel, R.C., Cerri, R.L.A., Galvão, K.N.* (2004): The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim. Repr. Sci.*, 82-83: 513-535.
- Sartori, R., Rosa, G.J., Wiltbank, M.C.* (2002): Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.* 85: 2813-2822
- Scharf, B., Carroll, J.A., Riley, D.G., Jr. Chase, C.C., Coleman S.W.* (2010): Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano and heat-susceptible (Angus) *Bos Taurus* during controlled heat challenge. *J. Anim. Sci.*, 88: 2321-2336.
- Schrack, F.N., Hockett, M.E., Saxton, A.M., Lewis, M.J., Dowlen, H.H., Oliver, S.P.* (2001): Influence of Subclinical Mastitis During Early Lactation on Reproductive Parameters. *J. Dairy Sci.*, 84: 1407-1412.
- Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A., Dell'Aquila, S.* (2001): Effects of solar radiation and feeding time on behaviour, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.*, 84: 629-640.
- Shafie, M.M.*, (1989): Environmental constraints on animal productivity. In: Ruminant production in the dry subtropics: constraints and potentials. Compiled by *Galal, E.S.E., Aboul-Ela, M.B., Shafie, M.M.* Pudoc, Wageningen, 10-16.
- Silanikove, N.* (2000): Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Liv. Prod. Sci.*, 67: 1-18.
- Singh, K.K.*, (1980): Physiological responses of crossbred heifers under different environments. *Indian J. Anim. Sci.*, 50: 607-611.
- Smith, J., Harner, J., Dunham, D., Stevenson, J., Shirley, J., Stokka, G., Meyer, M.* (2000): Coping with summer weather: Dairy management strategies to control heat stress. Kansas State University. Kézirat.
- Stokka, G., Smith, J., Harner, J., Dunham, D., Stevenson, J., Meyer, M.* (1998): Heat stress in feedlot cattle. *Kansas Veterinary Quarterly*, 3: 1-8.
- Szűcs E., Mika, J., Nagy Z., Tuan, T.A.N., Györkös I., Kovács A.* (2001): Meteorológiai tényezők szerepe a holstein-fríz tehének tejtermelésben. 1. közlemény: A napi időjárás-változás hatásai. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 50: 215-228.
- Takács D.* (2003): Istálló klímatechnikai vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Áramlástan Tanszék. 20. <http://www.mm.bme.hu/~takacs/tudomany/istallo.pdf>
- Thatcher, W.W., Collier, R.J.* (1986): Effects of climate on bovine reproduction. In: *Morrow, D.A.* (ed.) Current therapy in theriogenology, 301-309. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Thompson, G.E.* (1973): Review of the progress of dairy science climatic physiology of cattle. *J. Dairy Res.*, 49: 441.
- Thompson, J.A., Magee, D.D., Tomaszewski, M.A., Wilks, D.L., Fourdraine, R.H.* (1996): Management of summer infertility in Texas Holstein dairy cattle. *Theriogenology*, 46: 547-558.
- Trout, J.P., McDowell, L.R., Hansen, P.J.* (1998): Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status of lactating Holstein cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 81: 1244-1250.
- Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A., Lacetera, N.* (2009): Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature humidity index in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92: 3781-3790.



- Waage, S., Sviland, S., Odegaard, S.A. (1998): Identification of risk factors for clinical mastitis in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 81: 1275-1284.
- Wagner, P.E. (2001): Heat stress on dairy cows. Dairy Franklin Country Publishers, USA.
- West, J.W. (2003): Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131-2144.
- Wolfenson, D., Roth, Z., Meidan, R. (2000): Impaired reproduction in heatstressed cattle: basic and applied aspects. *Anim. Repr. Sci.*, 60-61: 535-547.
- Zeron, Y., Ocheretny, A., Kedar, O., Borochoy, A., Sklan, D., Arav, A. (2001): Seasonal changes in bovine fertility: Relation to developmental competence of oocytes, membrane properties and fatty acid composition of follicles. *Reproduction*, 121: 447-454.