



## A HŐSTRESSZ KIHÍVÁSAI TEJELŐ SZARVASMARHÁK ÉLETTANI, TERMELÉSI ÉS SZAPORODÁSBIOLOGIAI MUTATÓIBAN

SZALAI SZILVIA – VARGA FERENC BENCE – PAJOR FERENC – BODNÁR  
ÁKOS – KOVÁCS LEVENTE

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

### ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás következtében hazánkban is egyre nagyobb figyelmet kap a hőstressz, melynek negatív gazdasági hatásait az agrárium minden területén, így az állattenyésztésben is tapasztalhatjuk. Különösen igaz ez a nagy tejtermelésű szarvasmarha fajtákra, amelyek kifejezetten érzékenyen reagálnak az optimálisnál magasabb hőmérsékletre. Különböző élettani problémák merülhetnek fel a magas hőmérsékletű időszakokban, amelyek negatívan befolyásolják a szaporodásbiológiai és termelési eredményeket, ezáltal a gazdasági mutatókat. A cél, hogy olyan feltételeket teremtsünk, amelyek elősegítik a termelési és reprodukciós teljesítmény szinten tartását ezekben az időszakokban, ehhez azonban nélkülözhetetlen az állatok élettani szükségleteinek ismerete. A termelési és élettani paraméterek összefüggései alapján számos innovatív megoldás kínálkozik, amelyek a fenntartható állattenyésztésbe illeszthetők.

**Kulcsszavak:** hőstressz, tejelő szarvasmarha, HSP, THI, termelési-szaporodásbiológiai problémák

### BEVEZETÉS

A klímaváltozás következtében hazánkban is egyre nagyobb figyelmet kap a hőstressz, amelynek negatív gazdasági hatásait az agrárium minden területén, így az

állattenyésztésben közvetve és közvetlenül is tapasztalhatjuk. Különösen igaz ez a nagy tejtermelésű szarvasmarha fajtákra, amelyek érzékenyen reagálnak az optimálisnál magasabb hőmérsékletre. Évtizedek óta folynak kutatások annak érdekében, hogy hőstresszes időszakokban minél hatékonyabb termelést tudjanak folytatni a tejtermelő tehenészetek. Az innováció, a tudomány több különböző oldalról is vizsgálja a problémát, melyek közös célja a hőstressz okozta káros hatások mérséklése és az abból származó gazdasági károk csökkentése. Ahhoz, hogy a tejelő szarvasmarha ágazatban fejlesztéseket hajtsunk végre az említett cél érdekében, ismernünk kell az alapvető élettani, fiziológiás folyamatokat és azok zavarai következtében fellépő kedvezőtlen változásokat. Az innovatív megoldásoknak és a genetikai előrehaladásnak köszönhetően az elmúlt évtizedekben a fajlagos hozamok hatalmas növekedést mutatnak (pl. laktációs tejtermelés). A nagyobb termelés következtében fokozódik az anyagcsere és ezzel párhuzamosan a stressz-érzékenység is. Éppen ezért, a kedvezőtlen környezeti tényezők, mint pl. az optimálisnál magasabb hőmérséklet, kritikusak lehetnek termelési és súlyosabb esetben életfenntartási szempontból is. A kutatók úgy jósolják, hogy 2100-ra a globális átlagos felszíni hőmérséklet 1,8 és 4,0 °C közé fog növekedni (IPCC, 2007), tehát a hőstressz állattenyésztésre gyakorolt negatív hatásai a jövőben egyre súlyosbodhatnak. A környezet kedvezőtlen változásával párhuzamosan a világ népességének az élelmiszer-ellátási igénye továbbra is gyorsan növekszik, többszörös teherként nehezelve az állattenyésztési ágazatra (Renaudeau et al., 2012).

## **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

### **A hőstressz élettani hatásai**

A kutatók elmélete szerint 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 et al., 2012). Azt, hogy milyen mértékben és formában jelentkezik a hőstressz káros következménye, nagymértékben befolyásolja az egyed komfortzónája és az adott tartástechnológia színvonala (Bernabucci et al., 2010).

A testhőmérséklet emelkedése olyan sejten belüli és szervezeti szintű változásokat idéz elő, melyek rövid és hosszú távon is csökkentik a hőtermeléssel járó anyagcsere- és termelési folyamatok intenzitását. Az alkalmazkodásra fordított és a termelési

folyamatoktól elvont energia, az állomány egészségügyi és termelési mutatóinak visszaesésében mutatkozik meg (Bakony *et al.*, 2019).

Az állati szervezet sejtjei különböző stresszorok hatására hősokkfehérjéket (heat shock protein, HSP) termelnek, melyek jelentős feladatokat töltenek be a homeosztázis fenntartásában, a szervezet- és sejtszintű stresszfolyamatokban. Intracellulárisan jelen vannak a sejtplazmában, a sejtmagban, a mitokondriumban, illetve az extracelluláris térben is mérhetőek. Dajkafehérjeként a feladatuk más fehérjék kedvező szerkezetének kialakítása, védelem a káros aggregáció és denaturáció ellen. A HSP70 sejten belüli akkumulációja számos stresszorként ható inger hatására létrejöhet túl magas hőmérséklet, oxigénhiány, szabadgyökök jelenléte, energiahány és acidózis következtében. Az emlős sejtek citoplazmájában kimutatható HSP40 komplexet alkot a HSP70-nel és közösen segítik, hogy a denaturált fehérjék a hősokk után visszanyerjék működőképes állapotukat, vagy lebontásra kerüljenek, ha a károsodás már nem helyrehozható (Pál *et al.*, 2012). A teljes test felmelegedéséből adódó morbiditás és mortalitás néhány létfontosságú célszövet funkciójának károsodásából adódik. Ezek a szövetek valószínűleg egyszerre hőérzékenyek és létfontosságúak az állat számára (Hall *et al.*, 2000). Flanagan *et al.* (1995) szerint a bél és a máj elsőként reagálnak a HSP70 fehérjék akkumulációjával a teljes szervezetet ért hipertermiára.

A hőstresszhez való rövidtávú alkalmazkodásra a szimpatikus idegrendszer fokozott aktivitása jellemző. A test különböző pontjain lévő hőreceptorok a hipotalamuszba közvetítik az információt, ezáltal a hőleadás fokozása és a hőtermelés csökkentése érdekében viselkedésszerű és élettani változások következnek be. A hipotalamuszban termelődő, a mellékvese aktivitását fokozó hormon (ACTH) heveny stresszválaszt vált ki, nő az adrenalin és a kortizol szint a vérben (Moberg, 2000). Ennek hatására a szervezeten belül olyan változások mennek végbe, melyek lehetővé teszik a hirtelen jelentkező, nem várt, kellemetlen hatások elhárítását: energiatartalékok mozgósítása (emelkedő vércukor és szabad zsírsavszint a vérben), a szív működés és légzés fokozódik, javul az oxigénellátás stb. Azonban ez a fajta reakció tartósan nem maradhat fenn, mert a szervezet nagyon gyorsan kimerülne. A tartós ideig ható vagy ismétlődően jelentkező stresszorokkal szemben a szervezet a Selye-féle általános adaptációs szindrómával (general adaptation syndrome, GAS) reagál, melynek háttérében a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely aktiválódása áll. Ennek három fázisát különítjük el: 1) az alarm-reakció (sokk), amelyet az ACTH és következményesen a kortizolszekréció

fokozódása jellemez; 2) az ellenállási szakasz, melyben tartósan magas ACTH és kortizolszint jellemző; 3) a kortizol ellenálló képességet gyengítő hatása miatt (másodlagos megbetegedések, fertőzések kialakulását segíti) fellép az ún. kimerülési szakasz, mely a hipofízis, a mellékvesekéreg, a nyirok- és vérképzőrendszer regressziója, az energiatartalékok kimerülése miatt az állat elhullásához vezethet (*Húsvéth et al.*, 2000).

Oxidatív stresszről akkor beszélhetünk, amikor a szervezetben a reaktív oxigénformák mennyisége olyan mértékben megemelkedik, hogy a védekező mechanizmusok már nem bizonyulnak elegendőnek a reaktív oxigénformák kiküszöbölésére. A reaktív oxigénformák károsíthatják a létfontosságú makromolekulákat: a lipideket, a fehérjéket és a nukleinsavakat (*Renaudeau et al.*, 2012).

### **Hőmérséklet-páratartalom index (THI)**

A hőstresszt a környezeti tényezők (hőmérséklet, relatív páratartalom, napsugárzás, légmozgás és csapadék) kombinációja okozza. A kérődző fajok esetében gyakran hőmérséklet-páratartalom indexet (temperature humidity index, THI), vagy fekete gömb hőindexet használnak az adott környezeti hőterhelés mértékének felmérésére (*Wiersma és Armstrong*, 1989). Az utóbbi esetben szorosabb összefüggést találtak a rektális hőmérséklet emelkedése, valamint a tejhozam csökkenése esetén, mint amit a THI-nél tapasztalni lehetett (*Ji et al.*, 2017), ennek ellenére a THI alkalmazása terjedt el inkább. A THI különböző kategóriákra osztható, melyek jelzik a hőstressz szintjeit, azonban a definíciót és a körülményeket egyes szerzők eltérően határozzák meg. *Armstrong* (1994) 71 THI alatt határozta meg a termikus komfortzónát, míg a 72-79 THI közötti értéket enyhe, a 80-90 THI közöttit mérsékelt és a 90 THI fölötti értéket súlyos hőstressznek nevezte. *De Rensis et al.*, (2015) szerint a 68 THI alatti érték a tehenek termikus veszélyzónáján kívül esik, a hőstressz enyhe jelei figyelhetők meg 68 és 74 THI között, és a 75 THI érték fölötti hőstressz drasztikus csökkenést okoz a termelésben. Más kutatók eredményei alapján ezzel ellentétben már 60 és 65 közötti THI értékek esetén csökkent a tejtermelés és a tejösszetétel mérsékelt és kontinentális éghajlaton (*Brügemann et al.*, 2011; *Hammami et al.*, 2013), valamint 52-es THI érték fölött a kérődzési idő csökkenését tapasztalták (*Müschner-Siemens et al.*, 2020). *Berman* (2005) kutatási eredménye alapján a tejtermelés 35kg/nap-ról 45kg/nap-ra történő emelkedésével a hőstressz küszöbértéke 5

°C fokkal csökken. *Zimbleman et al.*, (2009) szerint a stressz küszöbérték nagy termelésű tehenek (>35 kg tej/nap) esetében már 68 THI értéknél megfigyelhető, hiszen ezek az állatok kevésbé tűrik az optimálisnál magasabb hőmérsékletet (*1. táblázat*).

*1. táblázat: THI értékhatárok és hatásuk a légzésszámra és a rektális hőmérsékletre*  
*Table 1: Intervals of THI and their effect on respiratory rate and rectal temperature*

STRESSZ	THI	Légzésszám (BPM)	Rektális hőmérséklet (°C)	Egyéb
Küszöbérték	68	60	38,5	tejhozam- és reprodukciós teljesítmény↓
Enyhe-Mérsékelt	72-79	75	39	
Mérsékelt-Súlyos	80-89	85	40	
Súlyos	90<	120-140	41	

(*Zimbleman et al.*, 2009)

A szakirodalomban leírt THI képleteknél nem csak a számítás módja lehet különböző, hanem ugyanazon képlet használata esetén eltérhetnek a küszöbértékek is, melyek felett már hőstresszről beszélünk. Az eltérő számítási módok és küszöbértékek közül pedig nehéz kiválasztani azt, amelyik a legmegbízhatóbban alkalmazható az adott éghajlati körülmények között (*Reiczigel et al.*, 2009).

A különböző klimatikus körülmények között más-más hőstressz elleni védekezési technikát kell alkalmazni. Ahol a magas levegő hőmérséklet magas páratartalommal párosul, ott a párologtatásos hőleadás jelentősen gátolt. Ilyen helyeken nem a párologtatásos hőleadáson alapuló módszereket érdemes bevezetni (*Bohmanova*, 2007). Ha a hőmérséklet eléri a 33 °C -ot - amely közel azonos a tehen felületi hőmérsékletével - a nedves hőleadás aránya tovább nő és elérheti a 80-90%-ot. Ez egyenes utat jelent a hőstressz kialakulásához, hiszen az istállóban a megnövekedett páratartalom gátolja a tehenek nedves hőleadását (*Takács*, 2003). *Orosz és Latos* (2006) megfigyelték, hogy a tehenek intenzívebb légmozgást igyekeznek produkálni azért, hogy egy helyre csoportosulnak, ugyanis így az összegyűlt felmelegedett levegő felszáll, aminek helyébe hűvösebb érkezik. Egy kísérletben nem laktáló, valamint laktáló alacsony és magas tejhozamú teheneket hasonlítottak össze és azt tapasztalták, hogy az alacsony tejhozamú tehenek 27%-kal, a magas tejhozamú tehenek 48%-kal több hőt termeltek, mint nem laktáló társaik (*Ríos-Utrera et al.*, 2013).

## A hőstressz tejelő szarvasmarhákra gyakorolt hatásai

A tejelő szarvasmarhák megfelelő körülmények között 3-5 órát töltenek takarmányfelvétellel, 7-10 órát kérődzéssel, 30 percet vízfelvétellel, 2-3 órát a fejési folyamattal, és körülbelül 10 óra pihenő időt igényelnek (*Grant és Albright, 2001*).

A hőstressz közvetlen és közvetett hatással van az állatok normál élettani, anyagforgalmi, hormonális működésére és immunrendszerére. Közvetlen hatás alatt a hőmérséklet-növekedéssel közvetlenül összefüggő betegségeket, illetve az elhullást értjük. Közvetett hatás, pedig a csökkent takarmányfelvétel, a mikrobák felgyorsult szaporodása, a vektorok által közvetített betegségek terjedése, valamint a gazdaszervezet csökkent védekezőképessége (*Bernabucci, 2010*).

A szarvasmarhák állandó szinten tudják tartani testhőmérsékletüket, amíg bőrfelületükön mért hőmérsékletük el nem éri a 35 °C -ot. E fölött az állati szervezet hőleadási képessége csökken, a testhőmérséklet emelkedik és aktiválódik a hőstresszválasz (*Berman, 2005*).

A *Bos taurus* eredetű tejtermelő tehenek már megnövekedett belső hőterheléssel rendelkeznek a magas tejtermelés miatt (*Chebel et al., 2004*), ami a növekvő hő hatására fokozódik, amikor a hőmérséklet és a páratartalom értékei nőnek az állatot körülvevő környezetben (*West, 2003*).

A hőstressz látható jelei közül a legszembetűnőbb a lihegés. *Collier et al., (2003)* úgy találták, hogy ha a légzésszám tehen esetében 85/perc fölé emelkedik, akkor az állat erős hőstresszes állapotban van, míg *Orosz és Latos (2006)* 75/perc fölötti értékről számolt be. Először a gyors, felületes légzéssel a légutak felső részén áthaladó levegő mennyisége növekedik, majd a hőmérséklet további emelkedésével egy lassabb, mélyebb alveoláris légzés alakul ki, ami javítja a párolgási hővesztéséget, növelve a légzés térfogatát. Ez azonban respirációs alkalózist eredményezhet a vérben és mérsékelt-súlyos kiszáradáshoz vezethet (*Renaudeau et al., 2012*). Az alkalózist a vizeletben megnövekedett bikarbonát kiválasztás kompenzálja, ami a vér bikarbonát koncentrációjának csökkenéséhez vezet. Ez veszélyezteti a puffer rendszert, ami acidózishoz vezethet, különösen a nyári meleg időszakban, amikor az alacsony szárazanyagfelvételt koncentráltabb takarmányozással próbálják kompenzálni (*West, 2003*).

Hőstressz esetében a takarmányfelvétel és a kérődzés intenzitása, valamint a nyáltermelés is csökken, ami kisebb pufferoló hatást fejt ki a bendőben. Az állatok

ritkábban esznek, de akkor nagyobb mennyiséget, és ha tehetik, a könnyebben lebomló szénhidrátot tartalmazó összetevőket válogatják ki. A csökkent, illetve kiegyensúlyozatlan takarmányfelvétel viszont kedvezőtlenül vagy negatívan befolyásolja a bendőben zajló fermentációt: csökken az illózsírsavak koncentrációja és nő a tejsavkoncentráció, ami bendőacidózishoz vezethet (Collier et al., 2008).

Amikor az állatot hőstressz éri, az első azonnali reakció a szárazanyag felvétel csökkenése, mely csökkenti a tejtermeléshez szükséges elérhető tápanyagok mennyiségét (West, 2003; Rhoads et al., 2009). Kadzere et al. (2002) szerint laktáló teheneknél a takarmány felvétel 25 - 26 °C fok küszöbértéknél kezd hanyatlani. A kisebb energiabevitel, illetve a hőszabályozás megnövekedett energiaszükséglete negatív energiamérleget eredményez (Bajagai, 2011). A hőstressznek kitett teheneknél a kiegyensúlyozatlan takarmányfelvétel miatt éhségérzet és energiadeficit jelentkezhet (Roche et al., 2009). Bár a tejelő szarvasmarhák hőstresszes időszakban mérsékelten negatív energiamérleget produkálnak, Rhoads et al. (2009) és Shwartz et al. (2009) eredményei azt mutatják, hogy ennek ellenére nem mozgósítják a zsírtartalékaikat.

Másik nagyon fontos tényező az elérhető jó minőségű, friss ivóvíz, hiszen a vízfelvétel a tejelő szarvasmarha komfortzónáját meghaladó környezeti hőmérséklet felett 1,2 kg/ °C értékkel növekedhet, azaz a napi vízigény akár 1,2-2-szeres is lehet (West, 2003). Néhány emlősállat, testsúlyának 30-40%-os vízvesztését is túléli, ezzel szemben a tejelő tehenek testsúlyának 12%-os vízvesztése esetén már súlyos kiszáradás jeleit tapasztalhatjuk (Roussel, 1999). Több szerző véleménye alátámasztja, hogy a tejelő tehenek védekezésének élettani stratégiái magukba foglalják a megnövekedett vízfelvételt, a táplálkozási idők áthelyezését a hűvösebb időszakokra a nap folyamán, a megnövekedett állásidőt – árnyékkeresést, valamint a csökkent aktivitást és mozgást (De Rensis és Scaramuzzi, 2003; Schütz et al., 2008; West, 2003). Számos kutatás vizsgálja a tehenek fekvési idejét kötetlen istállóban, ahol ez az érték 11-14 óra között változik. Hőselemleges időszakban ez akár 30%-kal is csökkenhet, ahogy a környezeti hőmérséklet emelkedik. Így nem meglepő, ha a hőstresszt a sántaság egyik fő kockázati tényezőjének tekintik (Cook et al., 2007).

## A hőstressz következtében fellépő tejtermelési problémák

A tejtermelés csökkenéséhez vezető legfőbb változások a csökkent takarmányfelvétel miatt kialakuló energiahány, a bendőemésztés zavara, és a következményes anyagcserezavarok, amelyeket respiratorikus alkalózis és oxidatív stressz is súlyosbíthat. Továbbá -feltételezhetően endotoxinhatás miatt- megemelkedik az inzulinkoncentráció, aminek következtében megváltozik a szénhidrát- és zsíryanagcsere (*Bakony et al., 2019*).

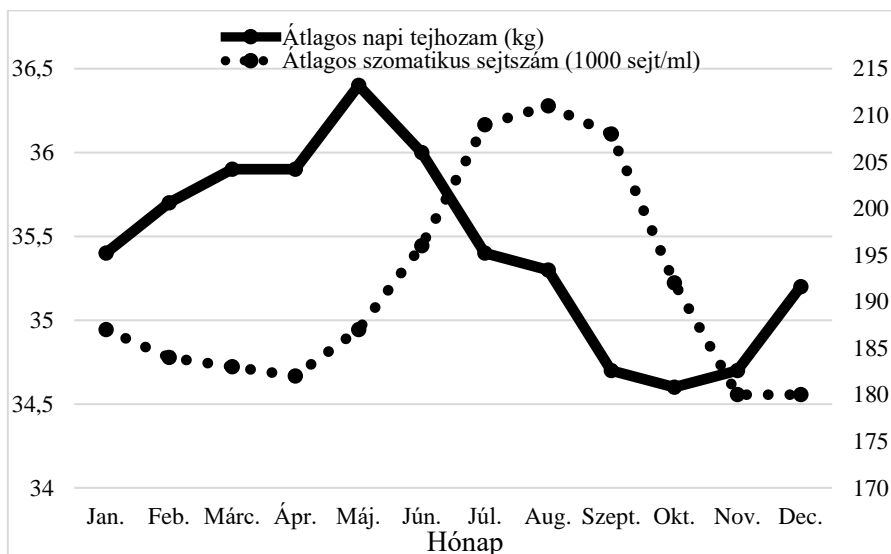
Mivel a véráramlás hűtési célból a perifériás szövetekre tolódik, ez befolyásolhatja az anyagcserét, mely hozzájárulhat a tejtermelés, valamint a tejfehérje tartalom csökkenéshez (*Bernabucci et al., 2002*). A hőstressz hatására bekövetkező tejtermelés csökkenés a korai laktációban 14%, a laktáció középső szakaszában 35% is lehet (*Bernabucci et al., 2010*). *Rhoads et al., (2009)* kutatásai azt mutatják, hogy a hőstressz következtében fellépő tejtermelés csökkenés körülbelül 50%-kal nagyobb, mint az önmagában a takarmányfelvétel csökkenésből várható.

A stressz állapot következtében a vér kortizol koncentrációja növekedik, ami gátolja az oxitocin felszabadulást, ezáltal tejj visszatartást eredményez (*Chatterjee et al., 2012*). *Rushen et al. (2001)* azt találták, hogy a tejhozam azonnal csökken, ha az állat stresszes vagy idegen környezetnek van kitéve. Ennek eredményeként gyakran feltételezik, hogy a tejtermelés egy közvetlen jólléti mutató, amely lehetővé teszi a termelők számára, hogy figyelemmel kísérjék az állataik egyéni válaszát egy kihívást jelentő eseményre (pl. növekvő környezeti hőmérséklet vagy takarmányváltozás). Azonban más kutatók megkérdőjelezték a tejtermelés jólléti mutatóként való alkalmazását (*Keyserlingk et al., 2009*). Különösen igaz ez a hőstressz alatt álló tehenek esetében, a csökkent szárazanyagfelvétel zavaró hatásai, valamint a megemelkedett környezeti hőmérsékletet követő késleltetett tejtermelés csökkenés miatt. *Collier et al., (1981)* és *Spiers et al., (2004)* vizsgálata alapján 24-48 órás késés van az emelkedett környezeti hőmérséklet és a tejtermelés csökkenés között. *West (2003)* kutatása alapján a tejtermelés-változás előrejelzésére a 48 órával korábbi THI napi átlagértékek használhatók fel leginkább, ugyanis vizsgálataikban a termoneutrális zóna tartományon felül a levegő hőmérsékletének minden 1 °C -kal való emelkedése a napi szárazanyag felvétel 0,85 kilogrammal való csökkenését okozta. Ugyanazon hőmérsékleten, de eltérő páratartalom mellett még szignifikánsabb a különbség: 29 °C és 40%-os relatív páratartalom mellett egy holstein-fríz az ideális termelési szint 97%-át, míg 90%-os páratartalom mellett már



csak 69%-át képes produkálni. A késleltetett hatás magyarázata lehet a megváltozott takarmányfelvétel és takarmányhasznosítás, aminek háttérében a tehen megváltozott endokrin állapota állhat. *Hu et al.*, (2016) megállapították, hogy a hőstresszben lévő tehenek felmérésében a hőstressz következtében fellépő tej beltartalmi változás hasznosabb mutató lehet, mint önmagában a tejmennyiség csökkenése. A hőség közvetlenül is befolyásolhatja a tejmirigy működését, ugyanis a megnövekedett kortizol szint hatására aktiválódik egy tejtermelést szabályzó negatív visszacsatolási folyamat, melynek eredményeként a  $K^+$ -csatornák működésének gátlásával a tejválasztás csökken, azonban az esti órákban a hőmérséklet csökkenésével a tejtermelés ismét növekszik (*Silanikove et al.*, 2009).

A szomatikus sejttség csúcса a nyári hónapokra tehető, ami növelheti a tőgygyulladás előfordulását (*Haas et al.*, 2002; *Lievaart et al.*, 2007). *Tao* (2018) vizsgálataik során megállapították, hogy a napi átlagos THI érték növekedésével a tejhozam csökkent, a szomatikus sejttség pedig növekedett. *Norman et al.*, (2019) havi bontásban ábrázolja a tejhozam és a szomatikus sejttség alakulását, ahol szintén megfigyelhető a más szerzők által leírt tendencia (1. ábra).



(*Norman et al.*, 2019)

1. ábra: A hőstressz hatása a tejhozam és a szomatikus sejttség alakulására  
 Figure 1: The effect of heat stress on milk production and somatic cell count

A hőstressz következtében felborul a hormonháztartás egyensúlya, aminek eredményeképpen a tejelválasztásért felelős prolaktin szintje is változik a vérben. A szárazonállási időszakban a prolaktin szintben bekövetkező változás szintén negatív hatást gyakorolhat a későbbi tejtermelésre (*Pragna et al., 2017*).

*Gaughan et al., (2009)* arról számoltak be, hogy hőstresszes időszakban gyakrabban fordul elő tőgygyulladás. Azt feltételezték, hogy a meleg környezet kedvező a tőgygyulladást okozó kórokozónak, valamint negatív hatással van az állatok immunválaszára. Az ilyenkor jelentkező immunszuppresszió következtében az állatok fogékonyabbak a betegségekre (*Das et al., 2016; Pragna et al., 2017*).

### **A hőstressz kedvezőtlen hatásai a szaporodásbiológiai folyamatokra**

A hőstressz két általános mechanizmus révén zavarhatja a szaporodási folyamatokat. A testhőmérséklet szabályozására szolgáló homeokinetikai változások veszélyeztethetik a reprodukív funkciókat. Ilyen például a véráramlás eloszlása a testmag felől a perifériára, a hővesztés fokozása érdekében. Másik mechanizmus a csökkent takarmányfelvétel, ami csökkenti a metabolikus hőtermelést, ugyanakkor ez az energiaegyensúlyban és a tápanyag elérhetőségében is változást okoz, ez pedig jelentős hatással lehet a nemi ciklusra, a vemhesülésre és a magzat fejlődésére (*Hansen, 2009*).

A hőstressz kihat a tüszőérésre, a sárgatest fejlődésére, a petesejt és az embrió minőségére. Kevésbé érett domináns tüszők alakulnak ki, ami miatt a theca és granulosa sejtek szexuál-szteroid termelése is zavart szenved. A vérben egyrészt kisebb lesz az ösztrogénszint, másrészt pedig a plazma progeszteron szintje annak függvényében nő vagy csökken, hogy a hőstressz heveny vagy idült formában van jelen, valamint, hogy milyen az állat anyagcsere állapota. Ezek a hormonális változások csökkentik a tüszőaktivitást, ezáltal befolyásolják az ovulációt. A méhbeli környezet is változik, ami szintén rontja az embrió minőségét. A hőstressz termékenyülésre gyakorolt hatása nemcsak a nyári gyengébb vemhesülési eredményekben mutatkozik meg, de a kora őszi hónapokra is kihathat. Ez annak az elhúzóó hatásnak az eredménye, amit a nyári meleg okozott azokban a tüszőkben, melyek 49-50 nap múlva válnak domináns tüszővé (*Novotniné et al., 2017*).

A hőstressz következtében a csökkent fejlődésű kis- és közepes méretű tüszők száma megnövekedik, melynek oka a csökkent inhibin koncentráció és a megnövekedett FSH

elválasztás a preovulációs időszakokban (*De Rensis és Scaramuzzi, 2003*). Emellett a hőstresszes időszakokban az LH (*Hansen, 2009*), valamint az ösztadiol 17 $\beta$  kiválasztás is csökken (*Roth et al., 2000*). A hormonok visszafogott termelődése mellett a petefészek gonadotrop hormonok iránt való érzékenysége is mérséklődik (*Ahmed et al., 2015*), továbbá a petesejt sérülékenyebbé válik, ezáltal kevésbé lesz alkalmas a megtermékenyülésre (*Kovács és Kovács, 2012*).

*Wolfenson, (2009)* kutatási eredményei alátámasztják, hogy a termékenyülési problémák háttérében a károsodott petefészek működés, a petesejtek funkcionális zavarai és a gyengébb embrionális fejlődés áll. Az emelkedett környezeti hőmérséklet negatív hatást gyakorol a tehenek természetes ivarzási viselkedésére, azaz csökken az ivarzás kifejeződésének hossza és intenzitása (*Orihuela, 2000*). Egyes szerzők szerint ez a csökkent szárazanyagfelvétel és az azt követő hormonális hatások együttes eredménye (*Westwood et al., 2002*). A még nem termelő üszöknél és az alacsony tejtermelésű teheneknél kevésbé figyelhető meg a fertilitás csökkenése, szemben a magas tejtermelésű egyedekkel, amelyek a magasabb metabolikus hőtermelés miatt nehezebben tudják szabályozni a testhőmérsékletüket (*Sartori et al., 2002*). *Pereira et al., (2013)* kutatása alapján a rektális hőmérséklet érzékeny jóléti indikátor a mesterséges termékenyítés napján, ugyanis azon tehenek esetében, ahol a termékenyítéskor mért rektális hőmérséklet 39,1 °C -nál magasabb volt, a 60 napos vemhesülési arány 21%-ról 15%-ra csökkent.

Az ivarzás megfigyelés problémájára fejlesztették ki a programozott mesterséges termékenyítést, de ezek a programok sem nyújtanak kellő biztonságot a vemhesülésre. Egy izraeli kutatás során a vemhesülési arány az átlagos téli 39%-ról 3-12%-ra esett vissza a nyári időszakban, és még az állatok intenzív hűtése mellett is csak 19-25% volt. Észak-Floridában egy szabad tartású, árnyékolat, vízpermettel felszerelt istállóban lévő csoport esetében a hűvös hónapokban elért 38-46% vemhesülés a nyári meleg hónapokban már csak 11-26% volt. A vemhesülés elmaradásának fő oka a hőstressz káros hatásaként bekövetkező petesejt károsodás és korai embrió elhalás (*Hansen, 2019*).

*De Rensis és Scaramuzzi (2003)* kutatási eredményei szerint a vemhesülési arány 20-30%-kal csökkenhet a nyári időszakban. A hőstressznek kitett tehenek méhének vérellátottsága romlik és emelkedik a hőmérséklete, ami kedvezőtlen az embrió fejlődése szempontjából (*Mellado et al., 2012*). Egy kutatás során 28-60. napos vemhes teheneket állítottak kísérletbe, mely során a magzatfelszívódást és a vetélés előfordulásának a gyakoriságát vizsgálták. Bizonyított, hogy a hőstressz hatására nagyobb eséllyel fordul

elő ilyen veszteség. A vemhesség 34-45. napja között és a vemhesség 90. napjáig a vetélések aránya 2% volt a hűvös évszakban, szemben a meleg idősakkal, ahol 12% volt ez az érték (*García-Ispuerto et al., 2006*).

*Pragna et al., (2017)* azt tapasztalták, hogy ha a vemhesség első 6 napja alatt a testhőmérséklet 39 °C fölé emelkedik, akkor nő az embrióelhalás esélye. A vemhesség előrehaladtával azonban az embrió magas hőmérséklettel szembeni ellenállóképessége jelentősen javul.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

### **Tartástechnológiai megoldások**

A rosszul kialakított környezeti feltételek 20-50%-kal is csökkenthetik a termelési eredményeket, éppen ezért nagy jelentősége van minden olyan hőleadást segítő technikai beavatkozásnak, amely – az istálló környezetében várható időjárási viszonyokhoz igazodva – a termelőistállóban, a pihenőtéren vagy az elővárakozóban a tehenek komfortzónájához leginkább közelálló mikroklimát biztosítja (*Bak és Pazsiczki, 2004*). Különböző hűtési megoldások léteznek a tejtermelő tehenészetek számára, melyek a konvekció, a kondukción, tehát a sugárzás és a párolgás elvein alapulnak. A ventilátorok megkönnyítik a levegő mozgását és fokozzák a hőáramlást, amit a környezeti hőmérséklet csökkentésére és a hőstressz enyhítésére alkalmaznak. Használatuk révén csökkenthető a légzésszám és a rektális hőmérséklet, valamint növekszik a szárazanyagfelvétel (*Armstrong, 1994*).

*Bak és Pazsiczki (2008)* kutatásukban alátámasztják az adiabatikus hűtés jelentőségét, melynek lényege, hogy szórófejekkel benedvesítik a tehen testfelületét, miközben ventilátorok segítik a víz elpárolgását, ami hőt von el és mérsékli a hőstressz kedvezőtlen állatjóléti hatásait. Ez a rendszer bizonyítottan csökkenti a rektális hőmérsékletet, javítja a szárazanyagfelvételt, a vemhesülési eredményeket és a borjak születési testsúlyát (*West, 2003*).

### **Takarmányozási stratégia**

A hőstressz negatív hatásait a tehen mikrokörnyezetének módosítása mellett takarmányozás-technológiai módszerek segítségével is csökkenthetjük. Költségek szempontjából a legnagyobb befektetést a tartástechnológiai beruházások jelentik, mégis,

a legtöbb eredmény ezen a területen érhető el (*Bak és Pazsiczki, 2004*). A takarmányozás-technológiával kapcsolatos módszerek is hasznosak lehetnek, azonban a legtöbb tanulmány szerint viszonylag kis hatékonyságúak a környezet módosításán alapuló módszerekhez képest (*Orosz és Latos, 2006*).

Takarmány-adalékanyagok alkalmazásával az egyes élettani folyamatokat célzottan segíthetjük, illetve a kedvezőtlen hatásokat mérsékelhetjük. Míg a hűtési technológia alkalmazása az állatok hőleadásának támogatására irányul, a takarmányozási stratégia változtatásának célja elsősorban az energiaellátottság javítása, továbbá az emésztési folyamatok során felszabaduló hő minimalizálása. Ezen megoldások egyrészt a szárazanyagra számított energiabevitel növelésére, másrészt az inzulinhatás és a glükóz hasznosulásának támogatására irányulhatnak. A fejadag nyersrosttartalmának csökkentésével és az abrakhányad növelésével, illetve zsírkiegészítéssel egyaránt csökkenthető a rostbontással járó bendőbeli hőtermelés, valamint nő az energiabevitel mértéke (*Bakony et al., 2019*). Azonban az egészséges bendőműködés és illózsírsavtermelés fenntartása érdekében a napi nyersrost felvétel aránya csak bizonyos mértékig csökkenthető [minimum 19% ADF (acid detergent fibre, savdetergens rost), és 27–33% NDF (neutral detergent fibre, neutrális detergens rost)], továbbá a zsírtartalom szintén csak szűk korlátok között növelhető (maximum 3-5%) (*NRC, 2001*).

A takarmányadagok megváltoztatása esetében szem előtt kell tartani azt is, hogy ezek a módosítások nem elsősorban a hőstressz mérséklését, hanem a káros hatások csökkentését, a homeosztázis fenntartását hivatottak szolgálni. A megelőzési eljárások célja, hogy csökkentsék, vagy meggátolják a szárazanyag-felvétel visszaesését és ezáltal a termelési mutatók romlását (*Bakony et al., 2019*).

### **Precíziós eszközökben rejlő lehetőségek**

A haszonállatok egyedszáma világszerte növekszik, hiszen a népesség növekedésével egyre nagyobb mennyiségű állati fehérje szükséglet merül fel. Ugyanakkor a termelő gazdaságok száma csökken, ami azt jelenti, hogy nagyobb létszámú állatcsoportokkal kell dolgozni. Ezáltal egyre nehezebb követni az állatok egészségi és termelési állapotát. A Mezőgazdaság 4.0 program megjelenésével a precíziós állattenyésztés technológiák elterjedése egyre nagyobb mértékűvé vált. Nagy mennyiségű, valós idejű (ún. real time) adatokat és döntéstámogató rendszereket kínálva a gazdák számára, mint például az istállóklíma szabályozása számítógép-vezérelt automatikus rendszerek segítségével. A

megfigyelés történhet kamerával (valós idejű kép elemzés), mikrofonnal (valós idejű hang elemzés), valamint különféle szenzorokkal (*Berckmans*, 2013). A szenzorokat helyezhetjük az állatokra vagy azok környezetébe, melyek a nap 24 órájában pontos adatokat szolgáltatnak (*Berckmans*, 2017).

A technológia támogatja a döntéshozók munkáját, azonban a biológiai folyamatok elég bonyolultak ahhoz, hogy helyettesítse az embert. Hatékonyabb munkavégzést tesz lehetővé olyan megfigyelési és irányítási rendszer segítségével, mellyel jobban megközelíthetjük a mai állatfajták genetikai potenciálját (*Berckmans*, 2017). Az elmúlt években jelentős előrelépés történt a szenzorok fejlesztésében, melyek lehetővé teszik az állatok aktivitásának, viselkedésének, jóllétének, egészségi és termelési állapotának, valamint az őket körülvevő környezeti feltételek figyelemmel kísérését. Minél több ponton ellenőrizhetjük az állatokat, annál könnyebben észlelhetők a váratlan viselkedésformák és hozhatunk racionális döntéseket (*Meniuer et al.*, 2018).

A piacon már elérhetőek a fenti célokat szolgáló eszközök, mint például a fülchipek, transzponderek, lépésszámlálók, bendőbólszok, és az ezek által szolgáltatott adatokat kiértékelő szoftverek. A rendszert irányító programok egyedi szinten határozzák meg a különböző viselkedési formák alapvető paramétereit, és a normál viselkedéstől való bármilyen eltérés esetén a program riasztást küld (*Lokhorst et al.*, 2019).

### **Szaporodásbiológiát támogató eszközök**

Számos kísérlet folyik annak kiderítésére, hogy az időzített mesterséges termékenyítési protokollok jobban működnek-e hőstresszes tehenek esetében, mint a nem hőstresszes állatoknál. Ezen időszakokban a GnRH aktívabb analógjainak alkalmazásával csökkenthető az ovulációs problémák előfordulása (*García-Isperto et al.*, 2019).

*Friedman et al.*, (2012) azt értékelték, hogy a progeszteron koncentráció növekedése milyen hatással van a hőstresszben lévő tehenek termékenységre. A gesztagén hatású, progeszteron tartalmú készítmény (CIDR) alkalmazása a termékenyítést követő 5. és 18. nap között nem okozott javulást a vemhesülésben, de a kezelésnek pozitív hatásai voltak a gyenge kondíciójú vagy ellés utáni méhbetegségben szenvedő teheneknél. *Shabankareh et al.*, (2010) szerint a humán korion-gonadotropinnal (hCG) végzett kezelés az inszeminációt követő 5. napon növelte a vemhesülési arányt nyáron (24%-ról 38%-ra) és télen (35%-ról 47%-ra) egyaránt, azonban *Zolini et al.*, (2019) kutatásukban javulást csak

az elsőborjas teheneknél tapasztaltak. *Mendonça* (2016) GnRH-val végzett kezelése a termékenyítést követő 5. napon vagy a 0. és 5. napon alkalmazva egyaránt növelte a vemhesülési eredményeket, de csak a harmadik vagy nagyobb laktációs sorszámú teheneknél.

Egyes szerzők szerint a kulcs az, hogy az embrió mihamarabb rezisztensé váljon az anyai hipertermia ellen (*Edwards és Hansen, 1997; Krininger et al., 2002; Sakatani et al., 2004*). A tüsző érése kb. 120 napig tart, ez idő alatt – legalább az ovulációt megelőző 105 napban – a hőstressz károsíthatja a petesejtet (*Hansen, 2013*) A megtermékenyülést követően az embrió 1-4 sejtes állapotban van, tehát a genom -amely megvédené a hőstressz negatív hatásaitól- még nem aktiválódott. A termékenyülést követő 3-4. napon, az embrió 8-16 sejtes állapotában már aktiválódik a gén, így 3, 5 vagy 7 nap múltán kevésbé van hatással a hőstressz az embrió túlélésére (*Graf et al., 2014*). *Pragna* (2017) eredményei is alátámasztják, hogy ha a hőstressz a termékenyülést követő 7. napon túl jelentkezik, kevésbé van káros hatással, mint a vemhesség korábbi szakaszában vagy az ovuláció előtti időszakban. Erre a problémára lehet jó eszköz az embrió transzfer (ET), mellyel az embrió az ivarzást követő 7-8. napon kerül beültetésre. Az embrió erre az időpontra megszerezheti az ellenálló képességet, hogy túléljen és képes legyen fejlődni a hőstresszel terhelt anyaméhben. Az ET hatékonysága a nyári időszakban abban keresendő, hogy míg a petesejtek tág időintervallumban hajlamosak a hőstressz okozta károsodásra, addig a korai embrió szintén érzékeny ugyan, de a hőérzékenysége rövidebb ideig tart (*Edwards és Hansen, 1997*). A kutatási eredmények alapján elmondható, hogy embrió transzferrel kétszer jobb vemhesülési arányt lehet elérni a hagyományos mesterséges termékenyítéshez képest hőstresszes időszakban, azonban amikor a hőstressz nem olyan súlyos, hogy károsan befolyásolja a reprodukciós folyamatokat, akkor embrió transzferrel is csak hasonló eredményt lehet elérni, mint a hagyományos mesterséges termékenyítéssel (*Hansen, 2019*).

A hőstressz reprodukcióra gyakorolt negatív hatását genetikai szelekcióval is lehet csökkenteni, ugyanis holstein-fríz fajtában a hőstressz alatti testhőmérséklet öröklődhetőségi értéke 0,17 (*Dikmen et al., 2012*), míg a hőstressz alatti tejhozamcsökkenés öröklődhetőségi értéke 0,19 (*Nguyen et al., 2016*). Ausztráliai adatok alapján a genetikailag hőtoleránsabb tehenek nagyobb fertilitási tenyésztéssel rendelkeznek. Ugyanakkor a tejhozamra való genetikai képességük alacsonyabb, ezért

olyan tenyésztési stratégiákat kell kidolgozni, amelyek lehetővé teszik a kiváló hőtoleranciát biztosító gének kiválasztását a tejhozam veszélyeztetése nélkül.

Nem egyszerű döntés, hogy milyen stratégiát alkalmazzunk a hőstressz vemhesülési eredményekre gyakorolt negatív hatásainak csökkentésére. Az ET hatékony lehet, azonban költséges, így nem biztos, hogy gazdasági szempontból megéri az adott gazdaságnak. Emellett a nyáron, hőstressz-időszakban történő vemhesülés hosszú távú negatív következményekkel járhat a borjúra nézve (Hansen, 2019). Pinedo és DeVries (2017) szerint a nyári időszakban fogant üszők idősebb korukban ellenek először, kevesebb eséllyel élnek meg a második ellésüket, ellést követően kitolódik az első termékenyítés és vemhesülés ideje, valamint kisebb tejhozamot produkálnak a télen fogant társaikhoz képest. Allen *et al.*, (2015) kiemelte, hogy a csökkenő tejtermelés és a gyengébb szaporodásbiológiai eredmények a leggyakrabban vizsgált mutatók a hőstresszben szenvedő tejelő tehének egészségi állapotát tekintve. Az ezekkel kapcsolatos mutatók állomány szinten könnyen mérhetők és ráadásul közvetlen kapcsolatban állnak az ágazat jövedelmezőségével. A fejlesztésekre fordított összegek azonban nem mindig térülnek meg, aminek okait fel kell tárni. Ehhez adott esetben a környezeti stresszorokhoz való alkalmazkodás élettani mechanizmusának magasabb szintű megértése szükséges.

## **HEAT STRESS CHALLENGES IN PHYSIOLOGICAL, PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF DAIRY CATTLE**

SZALAI SZILVIA – VARGA FERENC BENCE – PAJOR FERENC – BODNÁR  
ÁKOS – KOVÁCS LEVENTE

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

### **SUMMARY**

Due to the ongoing climate change, heat stress is getting more and more attention in Hungary. Its negative economic effects can be experienced in all areas of agriculture, including animal husbandry. This is especially true for high-producing dairy farms due to the genetic progress, as high-yielding Holstein cows are sensitive to temperature extremes. Various physiological problems may arise during heat stress episodes in



summer, which negatively affect the effectiveness of production and reproduction. Producers should fit the conditions to the animals' needs that help to maintain milk production and herd reproductive performance during these periods. Consequently, it is essential to know the physiological needs of the animals. A number of innovative technological solutions are available, which can serve as a basis for sustainable animal husbandry.

**Keywords:** heat stress, dairy cow, HSP, THI, production-reproduction problems

## IRODALOMJEGYZÉK

*Ahmed, A. - Tiwari, R. - Mishra, G. - Jena, B. - Dar, M. - Bhat, A. (2015):* Effect of Environmental Heat Stress on Reproduction Performance of Dairy Cows - A Review. *International Journal of Livestock Research*, 5, 10-18.

*Allen, J. D. - Hall, L.W. - Collier, R. J. - Smith, J. F. (2015):* Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science* 98, 118–127.

*Armstrong, D. V. (1994):* Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044–2050.

*Bajagai, Y. S. (2011):* Global Climate Change And Its Impacts On Dairy Cattle. *Nepalese Veterinary Journal*. 30, 2-16.

*Bak J. - Pazsiczki I. (2004):* Szarvasmarha istállók természetes szellőztetése. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Szaktanácsadási füzetek, Gödöllő 27.

*Bak J. - Pazsiczki I. (2008):* Tehénedvesítéses hőstresszmérés, módszerek, hatékonyság. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4: 69-77.

*Bakony M. - Könyves L. - Hejel P. - Kovács L. - Jurkovich V. (2019.):* Hőstressz tejelő tehenekben I. A tejtermelés-csökkenés háttérében álló élettani tényezők Irodalmi összefoglaló. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 141. 341–350.

*Berckmans, D. (2013):* Basic principles of PLF: Gold standard, labelling and field data. In: *Proceedings of the 6th European Conference on Precision Livestock Farming*, Leuven. p. 21–29.

*Berckmans, D. (2017):* General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6-11.

- Berman, A. J.* (2005): Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83:1377-1384.
- 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. *Animal* 4, 1167–1183.
- Bernabucci, U.- Lacetera, N.- Ronchi, B.- Nardone, A.* (2002): Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Animal Research* 51, 25–33.
- Bohmanova, J. - Misztal, I. - Cole, J. B.* (2007): Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*, 90, 1947–1956.
- Brügemann, K. - Gernand, E. - von Borstel, U. U. - König, S.* (2011): Genetic analyses of protein yield in dairy cows applying random regression models with time-dependent and temperature x humidity- dependent covariates. *J. Dairy Sci.* 94, 4129–4139.
- 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-stressin-dairy-t2165/124-p0.htm>
- Chebel, R. C., Santos, J. E. P. - Reynolds, J. P. - Cerri, R. L. A. - Juchem, S. O. - Overton, M.* (2004): Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84:239–255.
- Collier, R. J. – Collier, J. L.* (2008): Genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.*, 91. 445–454.
- Collier, R. J. – Coppola, C. – Wolfgram, A.* (2003): Novel approaches for the alleviation of climatic stress in farm animals. In: Lacetera, N. – Bernabucci, U. et al., (ed): Interactions between climate and animal production. EAAP Technical Series vol. 7. Wageningen Academic Publisher, The Netherlands, 61–72.
- Collier, R. J. - Eley, R. M. - Sharma, A. K. - Pereira, R. M. - Buffington, D. E.* (1981): Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 64:844 849.
- Cook, N. B. - Mentink, R. L. - Bennett, T. B. – Burgi, K.* (2007): The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1674–1682.
- Das, R. - Sailo, L. - Verma, N. - Bharti, P. - Saikia, J. - Imtiwati, Kumar, R.* (2016): Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9, 260–268.

*De Rensis, F. - García-Ispierto, I. - López-Gatiús, F. (2015):* Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology* 84:659–666.

*De Rensis, F. - Scaramuzzi, R. J. (2003):* Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review. *Theriogenology* 60, 1139–1151.

*Dikmen, S. – Cole, J. B. – Null, D. J. – Hansen, P. J. (2012):* Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 95:3401-3405.

*Edwards, J. L. & Hansen, P. J. (1997):* Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46, 138–145.

*Flanagan S. W. - Ryan A. J. - Gisolfi C. V. - Moseley P. L. (1995):* Tissue-specific HSP70 response in animals undergoing heat stress. *Am J Physiol.* (1 Pt 2): R28-32

*Friedman, E. – Roth, Z. – Voet, H. – Lavon, Y. - Wolfenson D. (2012):* Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. *J Dairy Sci*, 95:3092-3099.

*García-Ispierto, I. - De Rensis, F. - Pérez-Salas, J. A. – Nunes, J. M. – Pradés, B. - Serrano-Pérez, B. - López-Gatiús, F. (2019):* The GnRH analogue dephereline given in a fixed-time AI protocol improves ovulation and embryo survival in dairy cows. *Res Vet Sci*, 122:170-174.

*García-Ispierto, I. - López-Gatiús, F. - Santolaria, P. - Yániz, J. L. - Nogareda, C. - López-Béjar, M. - De Rensis, F. (2006):* Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology*, 65: 799-807.

*Gaughan, J. – Lacetera, N. – Valtora, E. – Khalifah, H. H. - Hahn, L. – Mader, T. (2009):* Response of domestic animals to climate challenges. In *Biometeorology for adaptation to climate variability and change* (ed. KL Ebi, I Burton and GR McGregor), pp. 131–170. Springer, Auckland, New Zealand.

*Graf, A. – Krebs, S. – Zakhartchenko, V. – Schwalb, B. – Blum, H. - Wolf E. (2014):* Fine mapping of genome activation in bovine embryos by RNA sequencing. *Proc Natl Acad Sci USA*, 111:4139-4144.

*Grant, R. - Albright, J. (2001):* Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 84, E156–E163

- Haas, Y. – Barkema, H. W. – Veerkamp, R. F. (2002):* The effect of pathogen-specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count J. Dairy Sci., 85 pp. 1314-1323
- Hall, D. M. – Oberley, T. D. – Moseley, P. M. – Buettner, G. R. – Oberley, L. W. – Weindruch, R. – Kregel, K. C. (2000):* Caloric restriction improves thermotolerance and reduces hyperthermia-induced cellular damage in old rats. FASEB J. (1):78-86
- Hammami, H. - Bormann, J. - M'hamdi, N. - Montaldo, H. H. - Gengler, N. (2013):* Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of holsteins in a temperate environment. J. Dairy Sci. 96,1844–1855.
- Hansen P. J. (2009):* Effects of heat stress on mammalian reproduction, Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 364 (1534), p 3341-3350
- Hansen, P. J. (2013):* Cellular and molecular basis of therapies to ameliorate effects of heat stress on embryonic development in cattle. Anim Reprod; 10:322-333.
- Hansen P. J. (2019):* Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: implications for fertility and assisted reproduction, Anim. Reprod., Vol 16, No. 3, p.497-507
- Hu, H. - Zhang, Y. - Zheng, N. - Cheng, J. - Wang, J. (2016):* The effect of heat stress on gene expression and synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. Anim. Sci. J. 87:84–91.
- Húsvéth F. (szerk.)(2000): A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival, Mezőgazda Kiadó, 109-110.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007):* Palaeoclimate. In Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. S Solomon, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor and HL Miller). pp. 433–497. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Ji, Boyu. - Wang, C. - Banhazi, T. M., Li, B. (2017):* PLF technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. Conference: 8th European Conference on Precision Livestock Farming, Nantes, France
- Kadzere, C. T. – Murphy, M. R. – Silznikove, N. – Maltz, E. (2002):* Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livestock Production Science 77, 59–91.

- Keyserlingk, M. A. G. - Rushen, J. - de Passillé, A. M. - Weary, D. M.* (2009): Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *J. Dairy Sci.* 92:4101–4111.
- Kovács, L., Kovács, A.* (2012): A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban. *Animal welfare, ethology and housing systems.* 8. 1. 44-59.
- Krinninger III, C. E. - Stephens, S. H. - Hansen, P. J.* (2002): Developmental changes in inhibitory effects of arsenic and heat shock on growth of preimplantation bovine embryos. *Mol. Reprod. Dev.* 63, 335–340.
- Lievaart J. J. – Barkema, H. W. – Kremer, W. D. J. - van den Broek J. – Verheijden, J. H. M. –Heesterbeek, J. A. P.* (2007): Effect of herd characteristics, management practices, and season on different categories of the herd somatic cell count *J. Dairy Sci.*, 90 pp. 4137-4144
- Lokhorst, C. - de Mol, R. M. - Kamphuis, C.* (2019): Invited review: Big data in precision dairy farming. *Animal*, 13, 1519–1528
- Mendonça, L. G. D.* (2016): Treatment of lactating dairy cows with gonadotropin-releasing hormone before first insemination during summer heat stress. *J Dairy Sci*, 99:7612-7623
- Moberg, G. P.* (2000): Biological response to stress: Implications for animal welfare. In: Moberg, G. P. – Mench, J. A. (ed.): *The biology of animal stress.* CABI, Wallingford, UK, 1–21.
- Müschner - Siemens, - T. Hoffmann, G. - Ammon, C. - Amon, T.* (2020): Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *J. Therm. Biol.* 88:102484
- National Research Council (NRC) (2001): *Nutrient requirements of dairy cattle.* 7th ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA.
- Nguyen, T. T. T. – Bowman, P. J. - Haile-Mariam, M. – Pryce, J. E. – Hayes, B. J.* (2016): Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *J Dairy Sci*, 99:2849-2862.
- Norman, H. D. - Guinan, F. L. Walton, L. M. - Dürr. J.* (2019): Somatic cell counts of milk from Dairy Herd Improvement herds during 2019. Council on Dairy Cattle Breeding, Beltsville, MD
- Novotniné Dankó Gabriella - Rónai Ákos - Tóth Péter Pál - Szabó Dávid - Balogh Péter - Kovácsné Koncz Nóra* (2017): Nyári meleg okozta hőstressz hatásának vizsgálata a

tejelő szarvasmarha szaporodásbiológiai mutatóira, Magyar Állatorvosok Lapja 139 (12) 717-727.

*Orihuela, A.* (2000): Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70:1–16.

*Orosz Sz.- Latos, S.* (2006): A hőstressz hatása tejelő szarvasmarhában. *Holstein Magazin*, 14:43-49.

*Pál L. – Nagy Sz. – Bercsényi M. – Husvéth F.* (2012): Hősokkféherjék jelentősége az élettani stresszválasz folyamatában. *Proceedings of 54. Georgikon Napok*, 371–379.

*Pereira, M. H. C. - Rodrigues, A. D. P. Martins, T. - Oliveira, W. V. C. - Silveira, P. S. A. Wiltbank, M. C. – Vasconcelos, J. L. M.* (2013): Timed artificial insemination programs during the summer in lactating dairy cows: Comparison of the 5-d Cosynch protocol with an estrogen/progesterone-based protocol. *J. Dairy Sci.* 96:6904–6914.

*Pinedo P. J. - De Vries, A.* (2017): Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. *J Dairy Sci*, 100:6631-6639.

*Pragna, P. - Archana, P.R. - Aleena, J. - Sejian, V. - Krishnan, G. - Bagath, M. - Manimaran, A. - Beena, V. - Kurien, E. K. - Varma, G. - Bhatta, R.* (2017) :Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition. *International Journal of Dairy Science* 12, 1–11.

*Reiczigel J. - Solymosi N. - Könyves L. - Maróti-Agóts A. - Kern, A. - Bartyi J.* (2009): A hőstressz okozta tejtermelés-kiesés vizsgálata hőmérséklet-páratartalom indexek alkalmazásával. *Magyar Állatorvosok Lapja* 131 (3):137–144.

*Renaudeau, D.- Collin, A.- Basilio, de V.- Gourdine, J. L.- Collier, R. J.* (2012): Adaption to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production, *Animal* V 6, I 5: 707-728.

*Rhoads, M. L. - Rhoads, R. P. - VanBaale, M. J. - Collier, R. J. - Sanders, S. R. - Weber, W. J. Crooker, B. A. - Baumgard, L. H.* (2009): Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–1997.

*Ríos-Utrera, Á. - Calderón-Robles, R. C. - Galavíz-Rodríguez, J. R. - Vega-Murillo, V.E. - Lagunes-Lagunes, J.* (2013): Effects of Breed, Calving Season and Parity on Milk Yield, Body Weight and Efficiency of Dairy Cows under Subtropical Conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5 (6): 226-232.

- Roche, J. R. - Friggens, N. C. Kay, J. K. - Fisher, M. W. - Stafford, K. J. – Berry, D. P.* (2009): Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92:5769–5801.
- Roth, Z. – Meidan, R. - Braw-Tal, R. – Wolfenson, D.* (2000): Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fertil*, 120:83-90
- Roussel, A. J.* (1999): Fluid therapy in mature cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 15:545–557.
- Rushen, J. - Munksgaard, L. - Marnet, P. G. - De Passillé, A. M.* (2001): Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73:1–14.
- Sakatani, M. - Kobayashi, S. - Takahashi, M.* (2004): Effects of heat shock on in vitro development and intracellular oxidative state of bovine preimplantation embryos. *Mol. Reprod. Dev.* 67, 77–82.
- Sartori, R. - Sartor-Bergfeld, R. – Mertens, S. A. – Guenther, J. N. – Parrish, J. J. - Wiltbank, M. C.* (2002): Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci*, 85:2803-2812
- Shabankareh, H. K. – Zandi, M. – Ganjali, M.* (2010): First service pregnancy rates following post-AI use of HCG in Ovsynch and Heatsynch programmes in lactating dairy cows. *Reprod Domest Anim*, 45:711-716.
- Shwartz, G. - Rhoads, M. L. - VanBaale, M. J. - Rhoads, R. P. – Baumgard, L. H.* (2009): Effects of a supplemental yeast culture on heatstressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:935–942.
- Spiers, D. E. - Spain, J. N. - Sampson, J. D. - Rhoads, R. P.* (2004): Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 29, 759–764.
- Takács D.* (2003): Istálló klimatechnikai vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Áramlástan Tanszék. 20. <http://www.mm.bme.hu/~takacs/tudomany/istallo.pdf>
- Tao, S. – Orellana, R. – Weng, X. – Marins, T. – Dahl, G. - Bernard J.* (2018): Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function *J. Dairy Sci.*, 101, pp. 5642-5654
- 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. *Journal of Dairy Science* 86, 2131–2144.

Westwood, C. T. - Lean, I. J. – Garvin, J. K. (2002): Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. *J. Dairy Sci.* 85:3225–3237.

Wiersma, F. – Armstrong, D. V. (1989): Microclimate modification to improve milk production in hot arid climates. In *Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*. Agricultural Engineering (ed. VA Dodd and PM Grace), pp. 1433–1440. A. Balkema Publishers, Rotterdam, the Netherlands.

Wolfenson, D. (2009): Impact of heat stress on production and fertility of dairy cattle. In *Proceedings of the 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Fort Wayne, IN, USA, 21–22 April 2009, pp. 55–59.

Zimbleman, R. B. – Rhoads, R. P. – Rhoads, M. L. - Duff G. C. – Baumgard, L. H. and Collier, R. J. (2009): A re-valuation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proceedings of the 24th Annual Southwest Nutrition and Management Conference*, pp. 158–168.

Zolini, A. M. - Ortiz, W. G. - Estrada-Cortes, E. – Ortega, M. S. – Dikmen, S. – Sosa, F. - Giordano J. O. - Hansen P. J. (2019): Interactions of human chorionic gonadotropin with genotype and parity on fertility responses of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 102:846-856.

*A szerzők levélcíme – Address of authors:*

Szalai Szilvia

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Szalai.Szilvia.2@phd.uni-mate.hu

Varga Ferenc Bence

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Varga.Ferenc.Bence@phd.uni-mate.hu



Pajor Ferenc

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Pajor.Ferenc@uni-mate.hu

Bodnár Ákos

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Bodnar.Akos@uni-mate.hu

Kovács Levente

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Kovacs.Levente@uni-mate.hu