

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINKRA

Nagy Szabolcs Tamás

PhD, egyetemi tanár
nagy.szabolcs@georgikon.hu

Pál László

PhD, egyetemi docens

Bercsényi Miklós

PhD, egyetemi tanár

Farkas Valéria

PhD, tudományos munkatárs

Husvéth Ferenc

DSc, egyetemi tanár

Pannon Egyetem Georgikon Kar Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék, Keszthely

A klímaváltozás következtében egyre gyakrabban kialakuló időjárási anomáliák – különös tekintettel a nyári időszak hőhullámaira – megzavarják a gazdasági állatok élettani folyamatait, következésképpen termelésüket is. Az intenzív termelésre irányuló szelekció ráadásul közvetetten negatív hatással van a hőtoleranciára, ami tovább súlyosbíthatja a klímaváltozás állattermék-előállítás gazdaságosságára gyakorolt negatív hatását. A növekedő környezeti hőmérséklet következtében kialakuló termelés kiesés ma már nem csupán a trópusi országokban jelent gondot, hanem a mérsékelt égvön, így hazánkban is számolnunk kell egyre növekvő jelentőségével. Állattartás-technológiai eszközökkel, mint például a hűtés, a hőstressz csökkenthető, és a takarmányozástechnológia megválasztása is segíthet a magas hőmérséklet okozta élettani változások és termelés kiesés csökkentésében (Renaudeau et al., 2011). A gazdasági állataink környezeti feltételeinek változtatása nyilván-

valóan nem csupán állatjóléti kérdés, a tartási-takarmányozási körülmények változtatásainak tervezése során gazdasági szempontokat is figyelembe kell vennünk. A jelen áttekintés röviden ismerteti a hőstressz negatív hatásait a fontosabb állati termékek (tej, hús, tojás) előállítására, illetve a tenyésztéssel kapcsolatos szempontjából.

Tejtermelés

A tejtermelő tehén – a legtöbb gazdasági állatfajhoz hasonlóan – állandó testhőmérsékletű, homeoterm, és bizonyos hőmérsékleti tartományon belül nem kell extra energiát fordítania teste hűtésére vagy fűtésére (West, 2003). A tejelő szarvasmarha esetében ez a $-0,5$ és 20°C közötti tartomány. Ebben a tartományban az állatoknak nem kell külön energiát áldozni azért, hogy testhőmérsékletüket azonos értéken tartsák, ezért azt konform vagy neutrális hőmérsékleti zónának nevezzük. Ha a hőmérséklet e zóna fölé

emelkedik (25–26 °C környékén), különösen, ha ez magas páratartalommal párosul, az állatok igyekeznek csökkenteni minden olyan folyamatot, amely hőtermeléssel jár. Az intenzíven tejelő tehenekben az emésztés és az azt követő metabolikus folyamatok adják a hőtermelés nagyobb részét (Baumgard, 2010), így érthető, hogy magasabb környezeti hőmérsékleten az állatok kezdeti és hatékony reakciója a testhőmérséklet fenntartása érdekében a takarmányfelvétel csökkentése. Ennek morfológiai és élettani alapjai is jól kialakulnak az állatokban, hiszen a hipotalamuszban a takarmányfelvételt szabályozó és a hőközpontok között szoros kapcsolat van (Rockebush et al., 1991). A hőmérséklet emelkedése nagy tejtermelésű tehenek takarmányfelvételében is jelentős csökkenést eredményez (Kadzere et al., 2002), és ekkor már célszerű az állatok hűtéséről gondoskodni (Berman et al., 1985). A hőmérséklet emelkedésével a tehenek párologtatással igyekeznek hűteni magukat, de ez gyakran nehéz, ha a páratartalom is magas.

A termelés kiesés nem jelentkezik azonnal, a hőstressz hatása napokkal később figyelhető meg, ami a csökkenő takarmányfelvétellel, az anyagcsere-folyamatok időigényével, illetve az állat hormonális állapotával magyarázható. A magas környezeti hőmérséklet egy sor élettani változást eredményez, amelyek az emésztőrendszert, a sav-bázis egyensúlyt, a vér hormonszintjét érintik. Ezek a változások részben a csökkenő takarmányfelvétel miatt alakulnak ki, részben az állat komfortérzetének csökkenése következtében, a szervezet válaszreakcióival igyekszik visszaállítani a hőegyensúlyt. A tehenek étvágya csökken, az állatok kevesebbet mozognak, keresik az árnyékos, szellős helyeket, nő az időegységénti légzésszámuk és párologtatással (izza-

dással) igyekeznek hűteni magukat (West, 2003). A növekvő légzésszám – lihegés, zihálás – és a verejtékezés megváltoztatja a vér sav-bázis egyensúlyát, mivel fokozódik a szén-dioxid leadása. Ez a vér szén-sav-bikarbonát arányának megváltozásához, következésképpen alkalózishoz vezet. Utóbbi kompenzálása érdekében nő a szervezet vizelettel történő bikarbonát-kiválasztása, ami viszont acidózist eredményez (Renaudeau et al., 2011). A verejtékezés továbbá jelentős mennyiségű káliumion-vesztéséget is eredményez (West, 2003). A káliumszint csökkenése problémát jelent a tejtermelés szempontjából, illetve állategészségügyi problémákhoz vezet, nő például a tüdőgyulladás kialakulásának esélye (Renaudeau et al., 2011). A hőstressz a tejelő tehenek bendőjében is acidózis kialakulásához vezet (Baumgard, 2010). Ez utóbbi esetben jelentősen csökken a rostemésztés hatékonysága, és hajlamosít a lábvégbetegségek (sántaság) kialakulására (Nocek, 1997).

Hústermelés

Hústermelésre több állatfaj is alkalmazunk, így a hőstressz hatásainak vizsgálata során faji különbségeket is figyelembe kell vennünk – a sertés, a szarvasmarha vagy éppen a baromfifélék szempontjából. A sertés verejtékmirigyait például nem aktiválja a magas hőmérséklet (Ingram, 1967, idézi Renaudeau et al., 2011), a madaraknak, így a baromfiféléknek pedig nincsenek is verejtékmirigyek. A húshasznosítású szarvasmarha – hasonlóan az előzőekben ismertetett tejtermelő tehenekhez – képes verejtékezéssel is hűteni magát. Másfelől, a sertés és baromfifélék esetében jellemző az intenzív tartástechnológia alkalmazása, ahol a klímaviszonyok mesterségesen alakíthatók – nyilván költségek árán. A marhahústermelés viszont jellemzően extenzívebb, legelőre ala-

pozott technológia keretén belül történik, ami együtt jár azzal, hogy az állatok természetszerű körülmények között élnek, és sokkal inkább kitettek az időjárási tényezőknek. A szabadon, legelőn tartott állatok azonban menedéket tudnak keresni (ha van), árnyékba, szellősebb helyre húzódnak. Ezért fontos, hogy a legeltetési időszakban, a nyári melegben, legalább a déli időszakban árnyékolt helyet (természetes vagy mesterséges) biztosítsunk állataink számára.

A baromfifélék a hiányzó verejtékmirigyek mellett további nehézségekkel kell, hogy együtt éljenek – tollazatuk is nehezíti a hőleadásukat (Sahin et al., 2009), emellett testhőmérsékletük is magasabb, mint az emlősöké. A hústermelésre szelektált broilercsirkék nagy növekedési erélyük és tömeges izomzatuk miatt sokkal inkább érzékenyek a hőstresszre, mint a tojástermelő állományok (amelyekről később teszünk említést). A hőstressz következtében kialakuló növekedéscsökkenés – amely értelemszerűen kevesebb húst, rosszabb takarmányértékesítést, vagy lassabban elkészülő és piacra kerülő terméket jelent – gyakran nagyobb lehet, mint ami a melegben csökkenő étvágy miatti takarmányfelvétel-csökkenéssel magyarázható, ami a takarmányhasznosítás zavarát jelzi (Renaudeau et al., 2011). A mennyiségi csökkenés mellett a húsminőség romlása is észlelhető – a glükózanyagcsere zavara a hús kémhatásának változását eredményezi (Debut et al., 2003).

Tojástermelés

A hőstressz tojástermelő állományokban a tojt tojások számának csökkenése mellett kisebb tömegű tojásokat, vékonyabb tojáshéjat is eredményez (Sahin et al., 2009). A háttérben itt is a takarmányfelvétel csökkenése áll, az alacsonyabb fehérje- és energiabevitel

felelős a kisebb tömegű tojásokért (Renaudeau et al., 2011), a tojáshéj gyengébb minőségének oka pedig az alacsonyabb kalciumfelvétel, illetve a vér szaporábbá váló légzés következtében kialakuló kémhatás-emelkedése (alkalózis, ahogy a tejelő tehenek esetében is láttuk). A vér tojáshéjképzéshez felhasználható bikarbonát-tartalma csökken, továbbá az alkalózis ellensúlyozására emelkedik a szerves savak termelődése, ami csökkenti a vér szabad kalciumion-tartalmát (Renaudeau et al., 2011).

A hőstressz mindezen túl a madarak immunrendszerét is gyengíti (Sahin et al., 2009), ami érzékenyebbé teszi az állatokat vírusos, bakteriális fertőzésekre, illetve parazitás megbetegedésekre (Quinterio-Filho et al., 2010).

Szaporodás

A hőstressz kiváltotta életteni változások közül elsőként az állatok szaporodásának zavarai jelennek meg (Hoffmann, 2010). Mivel gazdaságos állattermék-előállítás elképzelhetetlen megfelelő szaporodás nélkül, a klímaváltozás szaporodásbiológiai hatásait különösen szem előtt kell tartanunk. Bár gazdasági állataink többsége elveszítette szaporodása adott évszakra korlátozódó jellegét, a szaporodás bizonyos fokú szezonalitása még a korszerű, intenzíven termelő fajták esetében is kimutatható. Mint ahogy korábban említettük, a hőstressz felboríthatja a szervezet hormonális egyensúlyát, ami értelemszerűen a nemi hormonok szintjét is érinti. Szarvasmarha esetében a tehenek termékenysége csökken – a nem megfelelő petefészek-működés, ivarzási problémák, a levált petesejt életképtelensége vagy a korai embrionális fejlődés zavarai miatt. A sertés esetében – lévén többet ellő faj, szemben az egyet ellő szarvasmarhával – a fenti problémák mellett az alomszám csökkenése is jelentkezik (Renaudeau et al., 2011).

A nőivar szaporodásbiológiai problémáinak hátterében azonban a hímivar ivarsejtképzési zavarai is állhatnak. A spermiumképzés optimális hőmérsékleti tartománya emlőállatok esetében a normális testhőmérsékletnél mintegy 2–8 °C-kal alacsonyabb, ezért is vannak a herék a testüregen kívül. A herék hőmérsékletének csökkentése érdekében, azon kívül, hogy azok a testüregen kívül helyezkednek el, egy speciális vérkeringés (replikényfonat) alakult ki, amelynek funkciója a hereszövetek hűtése (Senger, 2013). A herék működése szempontjából így a magas környezeti hőmérséklet különösen veszélyes. A képződő ondósejtek életképessége magasabb hőmérsékleten csökken, morfológiai rendellenességek alakulhatnak ki, amelyek – tekintve a spermiumképződés mintegy két hónapos időtartamát – akár több héttel a hőstressz kialakulását követően jelennek csak meg az ejakulátumban. Mindezeket túl a spermium genetikai állománya is károsodhat, ami nem csökkenti feltétlenül az apaállat termékenységtéképességét, de zavart szenved az embriók fejlődése, azok korai vagy késői fejlődési stádiumban elpusztulhatnak – ilyen esetben gyakorlatilag lehetetlen különválasztani, hogy a hőstressz a hím- vagy a nőivar szaporodásbiológiai folyamataiban okozott-e zavart.

Az ivarsejtek genomját érintő káros hatások mellett a legújabb vizsgálati eredmények szerint a stressz epigenetikai változásokat is okozhat. A spermiumok által szállított mikroRNS-molekulákban kialakuló változások az utódgenerációban is detektálható élettani eltéréseket okoznak. Egereken végzett vizsgálatokban például a stresszelt hímek utódai depresszív viselkedést és rendellenes szénhidrát-anyagcserét mutattak (Gapp et al., 2014).

A korszerű táplálkozás egyre népszerűbbé válásával nő a haltenyésztési ágazat jelentősé-

ge is. A tenyésztett halak esetében a többi gazdasági állatfajhoz képest egy sor élettani különbséget kell szem előtt tartanunk a klímaváltozás hatásainak vizsgálata során. Az egyik legfontosabb eltérés a környezeti hőmérséklet és az ivar kialakulásának kapcsolata. Az ivar kialakulása a madaraknál és emlősnél az embrionális fejlődés során viszonylag szabályozott környezeti feltételek között zajlik, ami magában foglalja a hőmérsékletnek az embrió aktuális fejlettségi szakaszához igazodó szabályozottságát is. Ezzel szemben a változó testhőmérsékletű állatok, például a csontos halak embrionális fejlődése a környezeti tényezők folyamatos változásainak kitéve történik, ahol a hőmérséklet ingadozása fontos szerepet játszhat a leendő hal további életében (Conover, 2004).

Bizonyos fajok képesek arra, hogy stratégiaként, reprodukciós sikerük érdekében az ivararányok változtatásával a maguk hasznárá fordítsák a külső hőmérsékleti behatásokat. Más fajoknál ez természetes körülmények között nem fordul elő, de ha valamely szélsőséges időjárási esemény következik be, az e fajok esetében teljesen felboríthatja az ivarmeghatározás normális menetét (Devlin, 2002). A hőmérsékletfüggő ivarmeghatározás mechanizmusának ismerete olyan eszközt adhat az ember kezébe, amellyel hormonok és vegyszerek nélkül is lehetséges a tenyésztett halak gazdasági szempontból kívánatos ivararányainak szabályozására (Shen – Wang, 2014). Ez különösen fontos a testméretben vagy a növekedési képességben jelentős ivari dimorfizmust mutató fajoknál.

A hőstressz elleni védekezés

Szerencsére egy sor eszköz áll rendelkezésünkre az extrém környezeti hőmérséklet hatásainak enyhítésére. Szabadon tartott állatok

esetében árnyékos helyek biztosítása, jól szellőztetett permetezőhelyek, kapuk kialakítása, zárt épületben tartott állatok esetében a hőmérséklet és a páratartalom szabályozása, a megfelelő légcseré biztosítása csökkenti a hőstresszt. Rendkívül fontos a megfelelő minőségű – szükség esetén hűtött – és elegendő mennyiségű ivóvíz biztosítása.

A hőstressz káros élettani hatásainak mérséklésében számos takarmányozási módszer és technológia is segítséget jelenthet (West, 1999; Kley, 2013). Alkalmazásukkal fő célunk a termelés fenntartását és az egészség megőrzését szolgáló energia- és tápanyag-felvétel biztosítása a csökkenő takarmányfelvétel ellenére. Ilyen lehetőségek például a takarmány-adag-kiosztás időpontjának helyes megválasztása, a tápanyagok emészthetőségének javítása, a nagy nyersrost tartalmú összetevők kerülése. Célyszerű lehet a takarmány lipidekből származó energiahányadának növelése a szénhidrátból származó hányad javára. A túlzott fehérjeellátás helyett elsősorban az optimális esszenciális aminosav felvételének biztosítására kell törekednünk. A hőstressz érintheti a sav-bázis háztartást, ilyenkor szükség lehet a vér kémhatásának befolyásolására, a kation- és anionszintek egyensúlyának fenntartására. A fokozott légzés okozta szén-di-

oxid-veszteség esetén például a takarmány megfelelő szintű bikarbonát kiegészítésével megakadályozhatjuk a vér pH-értékének káros változását. A hőstressz hatásai ellen további hatékony megoldás a takarmányban található bizonyos vitaminok (például C- és E-vitamin, riboflavin, niacin) és ásványi anyagok (kálium, nátrium, magnézium) koncentrációjának megemlése is.

Az állattenyésztési biotechnológia ugrásszerű fejlődése új eszközöket biztosíthat a fentiek mellett a hőstressz elleni küzdelemben – a hőtolerancia genetikai hátterének felderítésével, a felelős gének azonosításával, a termotolerancia és a termelés közötti antagonizmus mélyebb megismerésével az állattenyésztők a tenyészállatok kiválasztási szempontjai közé emelhetik a hőtűrést is.

Jelen cikk „Az éghajlatváltozásból eredő időjárási szélsőségek regionális hatásai és a kár-enyhítés lehetőségei a következő évtizedekben” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: klímaváltozás, hőstressz, állattenyésztés-előállítás

IRODALOM

Baumgard, Lance (2010): *Heat Stress and The Dairy Industry* • <http://www.docstoc.com/docs/49738180/Heat-stressppt---Effects-of-Heat-Stress-on-Lactating-Dairy-Cattle>

Berman, A. – Folman, Y. – Kaim, M. – Mamen, M. – Hertz, Z. – Wolfenson, D. – Arieli, A. – Graber, Y. (1985): Upper Critical Temperature and Forced Ventilation Effects for High-yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*. 68, 1488–1495. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80987-5

Conover, David O. (2004): Temperature-dependent Sex Determination in Fishes. In: Valenzuela, N. –

Lance, V. (eds.): *Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 11–20.

Debut, Martine – Berri, C. – Baéza, E. et al. (2003): Variation of Chicken Technological Meat Quality in Relation to Genotype and Preslaughter Stress Conditions. *Poultry Science*. 82, 1829–1838. DOI: 10.1093/ps/82.12.1829 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/82/12/1829.long>

Devlin, Robert H. – Nagahama, Yoshitaka (2002): Sex Determination and Sex Differentiation in Fish: An Overview of Genetic, Physiological, and Environ-

- mental Influences, *Aquaculture*. 208 191–364. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00057-1
- Gapp, Katharina – Jawaid, A. – Sarkies, P. – Bohacek, J. – Pelczar, P. – Prados, J. – Farinelli, L. – Miska, E. – Mansuy, I. M. (2014): Implications of Sperm RNA Sin Transgenerational Inheritance of the Effects of Early Trauma in Mice. *Nature Neuroscience*. 17, 667–669. DOI:10.1038/nn.3695
- Hoffmann, Irene (2010): Climate Change and the Characterization, Breeding and Conservation of Animal Genetic Resources. *Animal Genetics*. 41, 32–46. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2010.02043.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2010.02043.x/epdf>
- Kadzere, Charles T. – Murphy, M. R. – Silznikove, N. – Maltz, E. (2002): Heat Stress in Lactating Dairy Cows: A Review. *Livestock Production Science*. 77, 59–91. DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
- Kleyn, Rick (2013): *Chicken Nutrition. A Guide for Nutritionists and Poultry Professionals*. Context Products Ltd, England. 157–158.
- Nocek, James E. (1997): Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *Journal of Dairy Science*. 80, 1005–1028. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0 • [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76026-0/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76026-0/pdf)
- Quinterio-Filho, Wanderley Moreno – Ribeiro, A. – Ferraz-De-Paula, V. – Pinheiro, M. L. – Sakai, M. – Sá, L. R. M. – Ferreira, A. J. P. – Palermo-Neto, J. (2010): Heat Stress Impairs Performance Parameters, Induces Intestinal Injury and Decreases Macrophage Activity in Broiler Chickens. *Poultry Science*. 89, 1905–1914. DOI: 10.3382/ps.2010-00812 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/89/9/1905.full.pdf+html>
- Renaudeau, David – Collin, A. – Yahav, S. – De Basillo, V. – Gourdine, J. L. – Collier, R. J. (2011): Adaptation to Hot Climate and Strategies to Alleviate Heat Stress in Livestock Production. *Animal*. 6, 707–728. DOI: 10.1017/S175173111002448 • http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM6_05%2F5175173111002448a.pdf&code=d439fb7c9foed94ad6939of92ddf4fcd
- Rockebush, Yves – Phaneuf, L. P. – Dunlop, R. (eds.) (1991): *Physiology of Small and Large Animals*. Decker B. C. Inc., Philadelphia – Hamilton, 399–406.
- Sahin, Kazim – Sahin, N. – Kucuk, O. – Hayirli, A. – Prasad, A. S. (2009): Role of Dietary Zinc in Heat-stressed Poultry: A Review. *Poultry Science*. 88, 2176–2183. DOI: 10.3382/ps.2008-00560 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/88/10/2176.long>
- Senger, Phil L. (2013): *Pathways to Pregnancy and Parturition*. Second Edition. Current Conceptions, Inc., Washington, 58–63.
- Shen, Zhi-Gang – Wang, Han-Ping (2014): Molecular Players Involved in Temperature-dependent Sex Determination and Sex Differentiation in Teleost Fish. *Genetics Selection Evolution*. 46, 26 DOI: 10.1186/1297-9686-46-26 • <http://www.gsejournal.org/content/46/1/26>
- West, Joe W. (1999): Nutritional Strategies for Managing the Heat-stressed Dairy Cow. *Journal of Animal Science*. 77, 21–35. doi:1997.77suppl_22ix • <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/77/suppl2/21?search-result=1>
- West, Joe W. (2003): Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 86, 2131–2144. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X • [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73803-X/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73803-X/fulltext)

