

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2022. 71. 4

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Tőgygyulladás és tőgyödéma szerepe tejelő tehenek selejtezésében

› Mellizom myopathiák a baromfitartásban

› A keltetőtojások súlya és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatása a brojlerok teljesítményére

› Direkt és anyai tenyészték kapcsolata límousin apaságú borjak választási súlyában

› Gerincdeformitás pontyban

› Climate change - is white sheep more favorable than black?

TARTALOM - CONTENTS

Tóth Violetta – Gulyás László – Mikó Edit: A tőgygyulladás és tőgyödéma, mint a tejelő tehenek selejtezését befolyásoló tényezők (Irodalmi áttekintés) (The mastitis and udder edema as factors affecting culling of dairy cows. Review) 197

László Viktória - Mézes Miklós: Mellizom myopathiák kialakulása és előfordulása a baromfitartásban (Occurrence and importance of breast muscle myopathies in poultry rearing) 211

*Halas Veronika – Áprily Szilvia – Kirner Ildikó – Miklós Fruzsina – Gonodai Vivien – Nagy József – Tossenberger János – Tischler Annamária – Szeli Nóra – Kacsala László – Ács Virág: A keltetőtojások súlya és az *in ovo* szénhidrát kiegészítés hatása a brojlerek teljesítményére (Effect of hatching egg weight and *in ovo* carbohydrate supplementation on performance of broiler chicken) 220*

Szabó Ferenc – Márton Judit – Szűcs Márton – Anton István– Zsolnai Attila – Bene Szabolcs: A direkt és az anyai genetikai hatás kapcsolata limousin apaságú borjak választási súlyában (Relationship between direct- and maternal genetic effect on weaning weight of limousin sired beef calves) 234

*Lengyel Angéla Kinga – Balog Katalin – Bagi Zoltán – Hegedűs Bettina – Baranyai Edina – Fehér Milán – Bársony Péter – Kusza Szilvia: Gerincdeformitás a pontyban (*Cyprinus carpio*): hsp70 és hsp90 gének relatív expressziójának és a gerinc néhány makro- és mikroelem tartalmának összefüggés-vizsgálata (Spinal deformity in common carp (*Cyprinus carpio*): association study between relative expression of hsp70 and hsp90 genes and macro- and microelement content of spinal)..... 249*

Putri Kusuma Astuti – George Wanjala – Zoltán Bagi – Szilvia Kusza: Coping with climate change; is white sheep more favorable than black? A review (Szembenézni az éghajlatváltozással: kedvezőbb a fehér bárány a feketénél? Irodalmi áttekintés) 270

Címlap kép (Frontpage photograph)

Csibék keltetőtálcán (Fotó: Dr. Ács Virág)
Chicks in hatching tray (Photo: Virág Ács Dr.)

A TÓGYGYULLADÁS ÉS TÓGYÖDÉMA, MINT A TEJELŐ TEHENEK SELEJTEZÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK (IRODALMI ÁTTEKINTÉS)

TÓTH VIOLETTA – GULYÁS LÁSZLÓ – MIKÓ EDIT

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban megfigyelhető, hogy a tejelő tehenészetekben jelentősen lerövidült a hasznos élettartam, és a tehének korai selejtezése is igen gyakori probléma. A legfőbb selejtezési okok a szaporodásbiológiai problémák, a tőgygyulladás és tőgyproblémák, a nem megfelelő tejtermelés, az anyagforgalmi betegségek, valamint a lábproblémák. A tőgygyulladás a tejtermelő tehének leggyakoribb és a kezelését tekintve a legköltségesebb betegsége, ezért a megelőzésére nagy hangsúlyt kell fektetni. Bizonyított, hogy a tőgyödéma a tőgygyulladás kialakulásának egyik hajlamosító tényezője. A tőgyödéma kifejezetten a nagy tejtermelésű szarvasmarha fajták esetében jellemző. A megfelelő tőgyegészség fenntartása és a tőgygyulladás elkerülése érdekében fontos lépés a tőgyödémás állapotának megelőzése.

SUMMARY

Tóth, V. – Mikó, E. – Gulyás, L.: THE MASTITIS AND UDDER EDEMA AS FACTORS AFFECTING CULLING OF DAIRY COWS. Review

Nowadays, it can be observed that the useful life is significantly shortened in dairy farms, and early culling of cows is also a very common problem. Main reasons of culling are reproduction disorder, mastitis and udder problems, low milk production, metabolic disorders and lameness. Mastitis is the most common and most costly disease of dairy cows, so great emphasis should be placed on its prevention. There is evidence that udder edema is a predisposing factor for mastitis. Udder edema is specific to cattle breeds with high milk production. In order to maintain proper udder health and avoid mastitis, it is important to prevent the udder from being edematous.

BEVEZETÉS

Egy tejelő tehenészetben a különböző betegségek gyakran csökkent termelést és jövedelem kiesést okoznak. Ha ez a csökkenés oly mértékű, hogy az egyed helyett beállítandó üsző várható termelése meghaladja azt, akkor a beteg egyed selejtezésre kerül. Az optimálisnál fiatalabb korban történő selejtezések jelentős hatással vannak egy adott állomány termelésének jövedelmezőségére. *De Vries és Marcondes* (2020) arról számolt be, hogy az Amerikai Egyesült Államokban a tejelő tehenek hasznos élettartama kevesebb, mint 3 év. Hazánkban ez az érték 2,1 laktáció volt 2019-ben (*Holstein-fríz Tenyésztők Egyesülete*, 2019). A tejtermelés növelésére irányuló szelekció közvetetten befolyásolta a hasznos élettartamot azáltal, hogy csökkentette a betegségekkel szembeni ellenálló képességet (*McConnel és mtsai*, 2008).

Ha az egyed megbetegszik, nem tudja elérni a genetikailag lehetséges maximum tejhozamát, ez pedig bevételkieséshez vezet. Például a tőgygyulladás következtében az adott egyed genetikai kapacitását nem tudjuk kihasználni, valamint gondoskodnunk kell a tenyésztőanpótlásról is (*Bíró és Ózsvári*, 2006). A tejtermelő tehenészetek jövedelmezőségének növelésében kulcsfontosságú tényező a termelési veszteségek csökkentése (*Lakner*, 1997). A cél az, hogy a nagy termelésű teheneket minél tovább termelésben tartsuk. *Rilanto és mtsai* (2020) szerint a tejhozam a harmadik laktáció után éri el a legmagasabb szintet, tehát a fiatal tehenek selejtezése egyáltalán nem kívánatos. Hazánkban általános probléma, hogy a genetikailag nagy tejtermelésű egyedeink adottságait nem tudjuk kihasználni. Az alkalmazott selejtezési stratégia jelentősen befolyásolja a fajlagos jövedelmezőséget, mivel az idő előtti selejtezés csökkenti a tejtermelést, viszont növeli a vágóértéket (*Bíró és Ózsvári*, 2006).

A selejtezés ugyanakkor az állomány termelékenységének és jövedelmezőségének növelésére szolgál, mivel a beteg és nem kielégítően termelő tehenek tartása kisebb állomány szintű tejtermelést és kedvezőtlen szaporodásbiológiai mutatókat idéz elő. Az ilyen tehenek túl hosszú ideig való tartása ronthatja az állomány genetikai fejlődését is (*Hadley és mtsai*, 2006). *Weigel és mtsai* (2003) azonban felhívja a figyelmet arra, hogy ha a tejtermelésre alapozott selejtezés túlságosan nagymértékű, akkor az növelheti a betegségek, sérülések és a szaporodásbiológiai problémák kockázatát a nagy tejú tehenek körében. Ez főként azzal a ténnyel függ össze, hogy a nagy tejtermelésű tehenek hajlamosabbak a betegségekre, mint a kis tejtermelésű tehenek.

Korai selejtezések esetén az állományokban megnő a fiatal, a maximum genetikai termelőképességét el nem érő egyedek száma. *Széles* (1996) szerint ennek következtében kisebb lesz az állomány átlagos évi tejhozama. Sajnos a legtöbb selejtezési döntés még azelőtt történik, hogy a tehenek elérnék maximális teljesítőképességüket. Ez elsősorban a leggyakrabban előforduló betegségek, rendellenességek miatt következik be, mint például a tőgygyulladás, a ketózis, a méhgyulladás, vagy a sántaság (*Beauveau és mtsai*, 2000). Több tanulmány is megállapította, hogy az üszők 11–22%-át selejtezik még mielőtt az első ellést elérnék (*Hultgren és mtsai*, 2008; *Brickell és Wathes*, 2011), valamint a tehenek 8–19%-át az első laktáción belül selejtezik (*Bach*, 2011; *Brickell és Wathes*, 2011), ami pénzügyi veszteséget jelent a telepek számára.

A selejtezés egy komplex döntés. A döntés meghozatalakor számos tényezőt

kell figyelembe venni, mint például a szarvasmarha életkorát, laktációs stádiumát, tejtermelését, szaporodásbiológiai és egészségi állapotát, valamint a betegségekre való fogékonyságát (Beaudeau, 1995). Fontos jól megválasztani a selejtezés optimális idejét, mert az indokolatlanul korai selejtezés gazdasági károkat okoz (Magda, 2003). A selejtezési döntést gazdasági tényezők is befolyásolják, többek között a tej mennyisége, így annak ára, a selejtezett tehén ára, a beállítandó üsző felnevelési vagy beszerzési ára (McCullough és Delorenzo, 1996). A selejtezésnek költsége van, mégpedig azért, mert egy tenyészüsző felnevelési vagy beszerzési ára nagyobb, mint a selejttehén értéke. Ezt a költséget mérsékelni lehet a selejt tehén feljavításával (Magda, 2003). A selejtezés elsődleges okai a szaporodásbiológiai zavarok, a tőgygyulladás, a csökkent termelés és a lábvég betegségek (Bascom és Young, 1998; Ahlman és mtsai, 2011; Chiumia és mtsai, 2013). Rilanto és mtsai (2020) ugyanezeket a selejtezési okokat figyelték meg csak eltérő sorrendben: sántaság és lábvég problémák (26,4%), a tőgy rendellenességei (22,6%), anyagcsere és emésztési bajok (18,1%), valamint a szaporodásbiológiai problémák (12,5%). Fetrow (1987) vizsgálatában kimutatta, hogy a selejtezések 22,9%-a szaporodásbiológiai anomáliák, 15%-a pedig a tőgygyulladás és egyéb tőgyproblémák miatt történt. Tóth és mtsai (2019) eredményei alapján a vizsgált állomány 30%-a tőgygyulladás, tőgyproblémák, 22%-a pedig szaporodásbiológiai bajok miatt került selejtezésre. Beaudeau és mtsai (1995) megállapították, hogy a selejtezések legalább fele állategészségügyi gondokra vezethető vissza. Ez is azt mutatja, hogy az állategészségügyi helyzet figyelemmel követése elsődleges tényező a selejtezésekkel kapcsolatban. Megfigyelhető, hogy napjainkban a mednzsmnt a kezelések helyett a megelőzést állítja a központba (Derks, 2014).

A TŐGYGYULLADÁSRÓL: KIVÁLTÓ TÉNYEZŐK, KÁROS HATÁSOK

A tőgygyulladás a tejtermelő tehének leggyakoribb és a kezelését tekintve a legköltségesebb betegsége (Rajala-Schultz és Gröhn, 1999; Halasa és mtsai, 2007; Hogeveen és mtsai, 2011). A tőgygyulladás egy multifaktoriális eredetű betegség, mely a tejutak (*ductus lactiferi*) nyálkahártyájának, mirigy vagy kötőszöveti állományának, esetleg mindegyiknek a gyulladása, sokféle formában jelentkezhet (Horváth, 1983; Harmon, 1994). Az egészséges tőgy nem mutat kóros elváltozást, a tejben kimutatható szomatikus sejtszám mennyisége a megengedett határérték (400 ezer sejt/ml) alatt van (853/2004/EC rendelet, 2004). A szubklinikai tőgygyulladás esetében gyulladásra utaló, látható, valamint tapintható jeleket nem mutat a tőgy, viszont a tej szomatikus sejtszáma megnövekszik, a kémiai összetétele eltér az egészséges tejétől (Horváth, 1983; Monostori és Dégen, 2017; Pfützner és mtsai, 2017). A megnövekedett szomatikus sejtszám mellett jelentősen nő a tejben lévő klorid-ion mennyisége, emelkedik a nátrium, a kalcium és a magnézium szint a tejben, viszont csökken a kálium és a laktóz mennyisége (Bíró, 2014). A klinikai tőgygyulladás lehet heveny vagy idült. Heveny gyulladás esetén érzékelhető tünetek mutatkoznak. A tőgynegyed láthatóan duzzadt, piros, érintésre érzékeny, hőmérséklete megemelkedik. Idült gyulladás során látható tünetek nem feltétlenül jelentkeznek, de az első kifejt tejsugarak már látható érzékszervi elváltozást mutatnak. A tőgynegyedből nyert tejben csomók, pelyhek esetleg vér jelenik meg. Szisztémás tőgygyulladás esetén az állat általános betegségtüneteket is mutat,

mint például láz, levertség, étvágytalanság (Tóth és Bak, 2001). Mind klinikai, mind szubklinikai tőgygyulladás során jellemző a tej mennyiségének csökkenése és a szomatikus sejtszám emelkedése (Kovács, 2020). Legsúlyosabb esetben a gyulladt negyed tejtermelése akár meg is szűnhet. (Kovács, 2017).

A tőgygyulladást általában a tőgynegyedbe bejutó baktériumok (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli*) okozzák, de előfordulhat, hogy gombák (*Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus*), mikoplazmák (*Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma californicum*) vagy algák (*Prototheca zopfii*) okoznak gyulladást (Jánosi és mtsai, 2012). Ezek a kórokozók általában a fertőzött tőgynegyedben élnek, tehenről tehenre terjednek, vagy a környezetből kerülnek a tőgybimbóra (Tóth és Bak, 2001). A kórokozók jelenléte általában nem elegendő a tőgygyulladás kialakulásához, hanem különböző hajlamosító okok megléte is szükséges hozzá (Horváth, 1983). Ilyen hajlamosító tényezők a nem megfelelő környezeti tényezők, a helytelen takarmányozás és fejési technológia, valamint a tehen csökkent ellenálló képessége, rossz alkati tulajdonsága. A tőgygyulladás kialakulásában szerepet játszhatnak a veleszületett, egyedi hiányosságok, például a tőgybimbó vagy a bimbócsatorna elváltozásai (Hofmann és mtsai, 2013). A tehenek fogékonyabbak lehetnek a tőgygyulladásra a szárazon állás első szakaszában, mivel a tőgy védekezési rendszere nem egyformán erős a laktáció illetve a szárazon állás időszakában. Gröhn és mtsai (1998) vizsgálatai szerint a tőgygyulladás a laktáció korai szakaszában gyakrabban fordul elő. A tejhozam emelkedésével együtt általában növekedhet a tőgygyulladás gyakorisága. Emiatt a nagy tejtermelésű teheneknél általában többször fordul elő tőgygyulladás, mint a kisebb termelésűeknél. Fontos hangsúlyozni egyes tehéncsaládokban a tőgygyulladás-rezisztenciát, mely hosszú tenyésztői munka eredményeként érhető el (Várnagy, 2009).

A tőgygyulladás által okozott gazdasági károk mértékét tőgyegészségügyi program kidolgozásával és annak szigorú betartásával tudjuk csökkenteni. Caraviello és mtsai (2003) arra a következtetésre jutott, hogy különösen a tőgy mélységének, az elülső tőgyfél illesztésének, a tőgybimbók elhelyezkedésének és a tőgyfüggesztőszalagjának megfelelő és kívánatos állapota esetén kisebb mértékű a tehen selejtezés. A tőgy egészségi állapotát számos tényező befolyásolja, például a rossz tartás, a nem megfelelő tőgyelőkészítés vagy a kevésbé kémlelő fejés technológia elősegítheti a tőgygyulladás kialakulását (Tóth és mtsai, 2017). Rilanto és mtsai (2020) vizsgálatai szerint a fejőrobotos fejés csökkentette a selejtezési kockázatot a többi fejési módszerhez képest.

Számos vizsgálat szerint a tejtermelés eredményességét nagyban befolyásolják a különböző eredetű egészségügyi problémák, mint például a sántaság és a tőgygyulladás, (Warnick és mtsai, 2001; Seegers és mtsai, 2003), valamint ezek a legtöbb esetben csökkent szaporodásbiológiai teljesítménnyel járnak együtt (Santos és mtsai, 2004; Pinedo és mtsai, 2016), és megrövidítik a hasznos élettartamot is (Randall és mtsai, 2016; Gussmann és mtsai, 2019; Shabalina és mtsai, 2020). A tőgygyulladás az állat termelékenységére káros hatással van (Müller és Sauerwein, 2010). A tőgygyulladás következtében a tehen tejtermelése csökken, a tej minősége romlik, a tőgy károsodhat, ami korai termelésből való kikerülést, selejtezést okozhat. A szaporodásbiológiai zavarok, a tőgy és a tőgybimbó egészségi állapota, valamint a lábproblémák jelentik a korai, kényszerű selejtezés leggyakoribb okait (Bascom és Young, 1998; Doornewaard és mtsai, 2018; Canadian Dairy Information

Center, 2019). *Lescourret és Coulon* (1994) vizsgálataikban kimutatták, hogy a tőgygyulladásban szenvedő egyedek 7%-a korai selejtezésre került. Gyakran előfordul, hogy a tehenek a tőgygyulladásból nem gyógyulnak fel, tőgynegyedük elvakul vagy rosszabb esetben kényszervágásra kerülnek. *Seegers és mtsai* (2003) szerint a tőgygyulladás a második legfőbb selejtezési ok, a tehenek 5-17%-át érinti. *Bar és mtsai* (2008) vizsgálataiban hasonló eredményekről számolt be, esetükben tehenek 5-20%-a tőgygyulladás miatt került ki az állományból. *Allaire és mtsai* (1977) a kapott eredményeik alapján megállapították, hogy a tőgygyulladás és a tőgyproblémák miatti selejtezések aránya a kor előre haladtával emelkedik. *Chiumia és mtsai* (2013) vizsgálatában az összes selejtezés 27,4%-át a szaporodásbiológiai problémák és 26,9%-át a tőgygyulladás, tőgyproblémák okozták. A tőgygyulladás állománybetegségnek számít, mely leginkább a nagy termelésű fajtáknál fordul elő leggyakrabban (*Horváth*, 1983). *Fox* (2009) szerint a tőgyfertőzések gyakorisága ellés előtt 28,9-74,6% közötti, míg ellés után 12,3-45,5% között mozog.

AZ ÖDÉMÁRÓL ÁLTALÁNOSÁGBAN

A vizenyő (oedema) egy vízháztartási zavar, mely akár súlyos klinikai tünetekben is megmutatkozhat. A szervezetben a vitztereket a hajszálerek fala és a sejtek hátrhártájára választja el egymástól. A felvett víz a vérplazmába jut, onnan diffundál a szövethézagokba, majd ismét felszívódik a vénás szakaszban. Tehát a hajszálerek elülső szakaszában folyadék kiáramlás, a hátulsó részben pedig felszívódás történik. Ezt nevezik Starling-féle egyensúlynak (*Sályi*, 1959). Ha a leadásban vagy a felszívódásban zavar lép fel, akkor egy jellegzetes kórkép alakul ki. Ha a folyadék a szövetek között gyűlik össze vizenyőről, vagyis ödémáról beszélünk, ha pedig a testüregben, akkor vízkórnak nevezzük a jelenséget. Ödéma esetén az érintett terület szemmel láthatóan bedagad, tésztás tapintású lesz, valamint, ha a területet ujjunkkal benyomjuk, az ujjlenyomatot huzamosabb ideig megtartja (*Potsubay és Szép*, 1965). Az általános vizenyőnek különféle alakjai ismertek: pangásos vizenyő, gyulladáshoz kapcsolódó vizenyő, gyengeséggel, rossz állapottal kapcsolatos vizenyő, angioneuritikus vizenyő, vesebetegséggel kapcsolatos vizenyő (*Sályi*, 1959). Számunkra a szarvasmarha esetében gyakorlati jelentősége a vizenyő sajátos helyi formájának a tőgyödémának van (*Kutas*, 1987).

AZ ELLÉS ELŐTTI VIZENYŐ

Az ellés előtti vizenyő *Potsubay és Szép* (1965) szerint az úgynevezett limfatikus, vagyis bőtejtű, laza szervezetű, többször ellett tehenek esetében fordul elő a vemhesség utolsó szakaszában, rendszerint a szárazonállás idején. Az ellés előtti időszakban fokozódik az adiuretin termelődés az állatban, melynek hatására alakulhat ki vizenyő, de ez nem kóros eredetű, hanem a szervezet természetes vízforgalmának változására utal. Viszont, ha ehhez a vizenyőhöz sóforgalmi zavarok vagy mechanikai okok miatt újabb vizenyő kapcsolódik, igen súlyos probléma alakulhat ki. A sóforgalmi zavarokat általában a vemhes állat Ca és P hiánya okozza. A mechanikai ok pedig lehet a rosszul helyezkedő borjú, mely elszoríthatja a medence vénákat, amik kapcsolatban állnak a tőgyvénákkal, emiatt a tőgyben és a hasfalban duzzanat keletkezik (*Potsubay és Szép*, 1965).

Ez a típusú vizenyő téztás, hideg tapintású, feszes, egybefüggő duzzanatként jelentkezik a pérán, a hátsó lábakon és a has alján. Az enyhébb változata ellés után magától is elmúlik. Az ellés előtti ödéma elkerülése érdekében oda kell figyelni a vemhes állat takarmányozására, figyelembe kell venni a megnövekedett Ca és P igényt, valamint elegendő D vitaminhoz kell juttatni a tehenet. A vizenyőre hajlamos egyedek víz és só adagját a kritikus időszakban a minimálisra kell csökkenteni (Potsbay és Szép, 1965).

A TŐGYÖDÉMA

A tőgyödéma a nyirokfolyadék felhalmozódása az tőgy és a környező szövetek intersticiális terében (Tucker és mtsai, 1992; Kojouri és mtsai, 2015). Kialakulásában jelentős szerepük van a genetikai tényezőknek (Gilbert és Schwark, 1992), de ezen kívül a vemhesség utolsó szakaszában való egyoldalú takarmányozás is hajlamosító tényező. Ebben az esetben is szerepe van a borjú vénákat elszorító hatásának. Előfordulása a nagy tejtermelésű fajtákra, egyedekre jellemző (Gilbert és Schwark, 1992). A fiziológiás tőgyödéma egy nem fertőző anyagcserezavar, mely igen gyakori a tejelő szarvasmarhák esetében (Okkema és Grandin, 2021). A holstein-fríz tehenek 66%-ánál legalább egyszer fordult már elő tőgyödémás állapot (Morrison és mtsai, 2018). Megfigyelték azt is, hogy azoknál a teheneknél, melyeknek a vemhességi ideje az átlagnál hosszabb volt gyakrabban fordult elő súlyosabb tőgyödéma (Malven és mtsai, 1983). Ruegg (2015) megállapította, hogy az ideálisnál nagyobb kondícióponttal rendelkező teheneknél gyakrabban fordult elő fiziológiás tőgyödéma. Conway és mtsai (1977) arról számoltak be, hogy az őszi ellésű tehenek ödémája súlyosabb volt, mint a téli és tavaszi ellésűeké. Dentine és McDaniel (1983) is azt tapasztalta vizsgálataikban, hogy az ősszel és télen ellett tehenek ödémája súlyosabb volt, mint a tavasszal vagy nyáron ellett teheneké. Főleg üszőknél fordul elő magasabb arányban, mely röviddel az ellés előtt jelentkezik és ellés után pár napon belül magától elmúlik. Emery és mtsai (1969) feltételezik, hogy a tőgyödéma gyakoribb előfordulása az üszőknél a kevésbé fejlett érrendszeri keringésből adódhat. Az ellés előtti időszakban bekövetkezett fiziológiai és immunológiai változások felelősek lehetnek a tőgy fertőzések iránti fogékonyságért (Ramos és mtsai, 2020). Több kutatásban megfigyelték, hogy a kiterjedt tőgyödéma befolyásolja a tejtermelést és a tőgy egészségét is (Dentine és McDaniel, 1983; Kojouri és mtsai, 2015; Morrison és mtsai, 2018). Van Dorp és mtsai (1998) pozitív genetikai korrelációt azonosítottak a tejhozam és a tőgyödéma között. Melendez és mtsai (2006) arról számolt be, hogy a tejhozam az első befejes során 3,6 kg-kal kisebb volt a tőgyödémás teheneknél. Hasonló megállapítást tett Dentine és McDaniel (1983), valamint Kojouri és mtsai (2015) is vizsgálataikban. Okkema és Grandin (2021) arról számoltak be, hogy a tőgyödéma negatívan hat a tehen hasznos élettartamára, ugyanis a tőgyfüggesztő szalagok károsodhatnak. A duzzadt, ödémás tőgybimbók megnehezítik a fejkelyhek felhelyezését, mechanikai sérülést szenvedhet a tőgybimbó, mely elősegítheti a tőgygyulladás vagy a dermatitis kialakulását.

Horváth (1982) felhívja a figyelmet arra, hogy az ellésre való helytelen felkészítés és a mozgáshiány tőgyvizenyőt idézhet elő, mely elősegítheti a tőgy fertőződését a tőgybőrön kialakuló mikrosérüléseken keresztül. Nestor (1988) szerint az ödémás

tőgy hajlamosabb sérülésre vagy tőgygyulladásra. *Slettback és mtsai* (1995) vizsgálati eredményei alapján az ellés előtti tőgyödéma a klinikai tőgygyulladás kialakulásának elősegítője. Ehhez hasonlóan *Gröhn és mtsai* (1990), valamint *Ivemeyer és mtsai* (2011) az ellés előtti tőgyödémát a tőgygyulladás kockázati tényezőjeként azonosították. *Morrison és mtsai* (2018) vizsgálataiban megállapította, hogy a tőgyödéma a klinikai tőgygyulladás nagyobb előfordulási gyakoriságával társult a laktáció első 30 napjában, ami magyarázható a rosszabb tejleadó képességgel, a rosszabb tőgybimbóvégi állapottal, és a károsodott tőgybimbó-záróizmokkal. A kóros tőgyödéma viszont nem múlik el magától, tartós fennállása esetén a tőgy bőre és a bőralatti kötőszövet megkeményedik. A tőgyödéma tünetei hasonlóak az ellés előtti ödémáéhoz. A tőgy és környéke tésztaszerű duzzanat formájában megdagad. A tőgy bőre nem meleg, nem fájdalmas. Ha ujjunkkal benyomjuk az ödémás területet a mélyedés hosszabb ideig megmarad. *Horváth* (1983) a tőgyödéma két formáját írta le. A patológias tőgyödéma miatt a tőgy bőre elvékonyodik, fényes, meleg, fájdalmas és enyhén kipirult lesz. A patológiás tőgyödéma trauma, de sokkal inkább fertőző eredetű tőgygyulladás esetében alakul ki leggyakrabban (*Hetzel és Bölcsházy*, 1952). *Melendez és mtsai* (2006) vizsgálataiban hasonló megállapítást tett, megfigyelte, hogy az ellés utáni tőgyödéma esetében az tőgy térfogata megnövekszik, megduzzad, aszimmetrikussá válik, a tőgy bőre kipirul, rugalmassága csökken, valamint a tőgy hőmérséklete megnövekszik. Az intersticiális folyadék felhalmozódása csökkenti a tőgyben a tej tárolására rendelkezésre álló helyet (*Tucker és mtsai*, 1992). Az ilyen tőgyön könnyen sérülés keletkezhet, mely tőgyflegmonét idézhet elő. Az idült tőgyödéma ellés előtt 1-2 hónappal jelentkezhet és ellés után hetekig fennállhat. Ebben az esetben a függesztőszalagok megnyúlnak, akár szakadások is keletkezhetnek benne. A tőgy bőre feszes, eleinte tésztás tapintású, majd merev lesz. *Morrow és Schmidt* (1964) megfigyelték, hogy a súlyos vagy többszöri tőgyödémában szenvedő teheneknél több a laza tőgyfüggesztés és az oldalirányba mutató tőgybimbó. Az idült tőgyödéma hatására a tőgybimbók fokozatosan megrövidülnek, megvastagodnak és a bimbócsatorna ürege szűkülhet, ami nehézkessé teszi a fejést (*Kutas*, 1987; *Gilbert és Schwark*, 1992; *Medrano-Galarza és mtsai*, 2012; *Okkema és Grandin*, 2021). A fejőgép felhelyezésének és magának a fejés folyamatának nehézsége, növeli a tőgybimbók és a tőgy sérülésének kockázatát, mely akár tőgygyuladáshoz és azon keresztül a tejtermelés csökkenéséhez is vezethet. (*Melendez és mtsai*, 2006; *Bacic és mtsai*, 2007). *Hayes és Albright* (1976), valamint *Gussmann és mtsai*, (2019) magasabb selejtezési arányt figyeltek meg a súlyosan tőgyödémás teheneknél. Mivel a tőgyödéma káros hatással lehet a tőgy függesztésre, célszerű lenne a tőgyödéma minimalizálása a tejelő állományokban, ami jelentős gazdasági haszonnal járna együtt.

A TŐGYMORFOLÓGIA, TŐGYEGÉSZSÉG JELENTŐSÉGE A HASZNOS ÉLETTARTAM TEKINTETÉBEN

Berta és Béri (2011) szerint a tejelő jelleg és a testkapacitás meghatározó szerepet tölt be a hasznos élettartam szempontjából. *Zavadilova és Stipkova* (2012) megállapították, hogy a tőgy tulajdonságai és a hasznos élettartam között pozitív összefüggés van. *Ducrocq* (1991) kihangsúlyozta, hogy a tőgy szerkezeti állapota

(tőgyfüggesztés, tőgybimbók helyeződése) nagymértékben befolyásolja a hasznos élettartamot. *Waage és mtsai* (2001) megállapították, hogy a tőgyödéma, valamint a tőgybimbók ödémás állapota összefüggésben áll az ellés körüli időszakban kialakuló klinikai tőgygyulladással. A tőgymorfológiai tulajdonságokról tudnunk kell, hogy jól öröklődő ($h^2=0,5-0,7$), és már egy-két nemzedék alatt eredményesen javítható tulajdonságok (*Gulyás*, 2002). A tőgy és tőgybimbók egyes morfológiai tulajdonságai befolyásolhatják a tőgygyulladásra való hajlamot (*Seykora és McDaniel*, 1985ab, 1986). *Thomas és mtsai* (1984) megállapították, hogy a mély hátulsó tőgyfél, a szélesen helyezkedő tőgybimbók vagy a rövid, széles tőgybimbók hajlamosíthatnak tőgygyulladásra. *Lojda és mtsai* (1980) vizsgálatai alapján a tölcéses tőgybimbóvég és a kráteres alak szignifikáns összefüggésben van a tőgygyulladás gyakoriságával. *Ryniewicz* (1980) szerint a hibás tőgymorfológiai tulajdonságokkal rendelkező tehenek sokkal fogékonyabbak a tőgygyulladásra. A laza, lógó tőgy és az azzal járó morfológiai változások negatív hatással vannak a tejtermelésre és a hasznos élettartamra (*Dentine és McDaniel*, 1984). A rossz alkati tulajdonságok: a laza függesztőszalagokkal rendelkező, földhöz közeli tőgy, a szabálytalan, túl vastag, túl vékony tőgybimbó fogékonyabbá teszi a tehenet a tőgygyulladásra (*Tóth és Bak*, 2001).

A TŐGYÖDÉMA MEGELŐZÉSI LEHETŐSÉGEI

Az egyik fő feladat a tejtermelés során a tőgygyulladás megelőzése, így a termelési költségek csökkentése (*Sánchez és mtsai*, 2013). A szakirodalmi források alapján ebben fontos szerepet játszhat a tőgyödéma megelőzése. Néhány lehetséges módszer a tőgyödéma megelőzésére, kezelésére: az anionos sóbevitel ellenőrzése érdekében külön takarmányreceptúra kialakítása az üszők számára a vemhesség utolsó szakaszában (*Al-Ani és Vestweber*, 1986), mérsékeltebb tejtermelésre való szelekció a tőgyödéma fenotípusos megjelenésének csökkentéséhez (*Al-Ani*, 1984), az oxidatív stressz enyhítése érdekében az exogén antioxidánsok, például E-vitamin, C-vitamin, karotinoidok és flavonoidok megfelelő mennyiségének biztosítása a takarmányadagban (*Mueller és mtsai*, 1989; *Alhadrami és Faye*, 2016, *Reddy és mtsai*, 2016; *Mueller és mtsai*, 2019). *Randall és mtsai* (1974) takarmányozási kísérletükben megállapították, hogy a takarmány nátrium- vagy káliumtartalmának megemelésével fokozódott a tőgyödéma kialakulása, ezért célszerű a takarmányadag sótartalmának korlátozása. *Sharma* (2005) arról számolt be, hogy súlyos esetekben nagyhatású vízhajtó (pl. furoszemid) készítmények és kortikoszteroid (pl. dexametazon) alkalmazása, valamint a tőgymasszázs elegendő az állat 3-4 napon belüli felépüléséhez. *Ghudasara és mtsai* (2012) szintén javasolják az ödémás tőgy rendszeres masszírozását, valamint annak hideg-meleg vizes borogatását, mivel ez serkenti a vérkeringést. Enyhe tőgyödéma esetén általában nincs szükség kezelésre, mivel az néhány napon vagy egy héten belül elmúlik magától (*Ranjan és Zahid*, 2011).

Egy tanulmány szerint azoknál az üszöknél, melyek túlzott kondícióromlason estek át, valamint a béta-hidroxi-vajsav (BHB) koncentrációjuk megemelkedett nagyobb volt a tőgyödéma kialakulásának az esélye, ami viszont a klinikai tőgygyulladás kialakulásának kockázatát emelheti meg (*De Vlieghe és mtsai*, 2012). *De Vlieghe és mtsai* (2012) az üszők klinikai tőgygyulladásának elkerülése érde-

kében kidolgoztak 10 farm menedzsment pontot, melynek 7. pontja a tőgyödéma megelőzésének fontosságát mondja ki. A tőgyödéma nem csak a tőgygyulladás rizikó faktora, hanem például az ellés okozta stresszel együtt a BHM (*Bovine Herpes Mammillitis*) vírus előidézője is lehet (Martin, 1973; Gibbs, 1984; Kemp és mtsai, 2008). A tőgyödéma és a mérhető termelési eredmények, valamint az egészségügyi nyilvántartások közötti kapcsolat meghatározása lehetővé teszi a termelők számára a kockázati tényezők gyors felismerését és az ödéma negatív hatásainak enyhítését (Okkema és Grandin, 2021).

KÖVETKEZTETÉSEK

A tőgy egészségi állapota a minőségi tejtermelés egyik alappillére. Egyértelműen kirajzolódik, hogy a tőgyödéma hajlamosító tényező lehet a tőgygyulladás kialakulására, mely az egyik fő selejtezési ok. A vonatkozó szakirodalmak áttanulmányozása alapján megállapítható, hogy a tőgyödéma zömmel az úszóknél jelentkezik és súlyos esetben a tőgy morfológiai tulajdonságait negatívan befolyásolja, növelve a tőgygyulladás valószínűségét és ezzel a korai selejtezés kockázatát.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahlman, T. - Berglund, B. - Rydhmer, L. - Strandberg, E. (2011): Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. *J. Dairy Sci.*, 94. 1568 - 1575.
- Al-Ani, F. - Vestweber, J. G. E. (1986): Udder edema: An updated review. *Vet. Bull.*, 56. 763–769.
- Al-Ani, F. K. A. R. (1984): Udder Edema in Cattle. Kansas State University.
- Alhadrami, G. A. - Faye, B. (2016): Animals that produce dairy foods: Camel. Reference Module in Food Science. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-500620-X>
- Allaire, F. R. - Sterwerf, H. E. - Ludwick, T. M. (1977): Variations in removal reasons and culling rates with age for dairy females. *J. Dairy Sci.*, 60. 254-267.
- Bach, A. (2011): Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *J. Dairy Sci.*, 94. 1052–1057. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3633>.
- Bacic, G. - Karadjole, T. - Macesic, N. – Karadjole, M. (2007): A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Veterinarski Arhiv*. 77. 567–577.
- Bar, D. - Gröhn, Y. T. - Bennet, G. - González, R. N. - Hertl, J. A. - Schulte, H. F. - Tauer, L. W. - Welcome, F. L. - Schukken, Y. H. (2008): Effects of repeated episodes of generic clinical mastitis on mortality and culling in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91. 2196-2204. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0460>
- Bascom, S. S. - Young, A. J. (1998): A summary of the reasons why farmers cull cows. *J. Dairy Sci.*, 81. 2299–2305.
- Beaudeau, F. - Seegers, H. - Ducrocq, V. P. - Fourichon, C. - Bareille, N. S. (2000): Effect of health disorders on culling in dairy cows: A review and a critical discussion. *Ann. Zootech.*, 49. 293-311.
- Beaudeau, F. (1995): Cow's health and farmer's attitude towards the culling decision in dairy herds. Ph.D. Diss. Wageningen Agric. Univ. Wageningen, The Netherlands.
- Berta, A. – Béri, B. (2011): A hasznos élettartam és a küllem kapcsolatának elemzése holstein-fríz teheneknél. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60. 47-55.

- Bíró, O. – Ózsvári, L. (2006): Állat-egészségügyi Gazdaságtan. Szent István Egyetem Állatorvostudományi Kar Állat-egészségügyi Igazgatástani és Agrárgazdaságtani Tanszék, Budapest, 161.
- Bíró, G. (2014): Élelmiszer-higiéna. Agroinform Kiadó. Budapest, 531.
- Brickell, J. S. - Wathes, D. C. (2011): A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 94. 1831–1838. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3710>
- Canadian Dairy Information Centre (2019): Culling and replacement rates in dairy herds in Canada. Accessed October 22, 2020. genetics-cull_e.pdf (dairyinfo.gc.ca).
- Caraviello, D. Z. - Weigel, K. A. - Gianola, D. (2003): Analysis of the relationship between type traits, inbreeding, and functional survival in Jersey cattle using a Weibull proportional hazards model. *J. Dairy Sci.*, 86. 2984–2989. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73896-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73896-X).
- Chiumia, D. - Chagunda, M. G. - Macrae, A. I. - Roberts, D. J. (2013): Predisposing factors for involuntary culling in Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Res.*, 80. 45-50. DOI: [10.1017/S002202991200060X](https://doi.org/10.1017/S002202991200060X)
- Conway, J. F. - Olson, H. - McCoy, G. C. (1977): Effects of sodium chloride supplementation on the incidence and severity of mammary edema and on serum sodium levels in pre-parturient cows and heifers. *J. Dairy Sci.*, 60. 110. (Abstr.)
- De Vliegher, S. - Fox, L. K. - Piepers, S. - McDougall, S. - Barkema, H. W. (2012): Invited review: Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control. *J. Dairy Sci.*, 95. 1025-1040. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4074>
- De Vries, A. - Marcondes, M. I. (2020): Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. *Animal*, 14. 155-164.
- Dentine, M. R. - McDaniel, B. T. (1983): Variation of edema scores from herd-year, age, calving month and sire. *J. Dairy Sci.*, 66. 2391-2399. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)82097-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)82097-9)
- Dentine, M. R. - McDaniel, B. T. (1984): Associations of subjective udder edema scores and descriptive trait codes for udder types. *J. Dairy Sci.*, 67. 208-215. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81286-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81286-2)
- Derks, M. - Van Werven, T. - Hogeveen, H. - Kremer, W. D. J. (2014): Associations between farmer participation in veterinary herd health management programs and farm performance. *J. Dairy Sci.*, 97. 1336–1347. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6781>
- Doornewaard, G. J. - Reijs, J. W. - Beldman, A. C. G. - Jager, J. H. - Hoogeveen, M. W. (2018): Sectorrapportage duurzame zuivelketen: Prestaties 2017 in perspectief. No. 2018-094. Wageningen Economic Research, Wageningen, the Netherlands. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/466401>.
- Ducrocq, V. P. (1991): Statistical analysis of length of productive life of dairy cows in the Normande breed. 42. Annual Meeting of the European Association of Animal Production, Berlin, september 8–12.
- Emery, R. S. - Hafs, H. D. - Armstrong, D. - Snyder, W. W. (1969): Prepartum grain feeding effects on milk production, mammary edema, and incidence of diseases. *J. Dairy Sci.*, 52. 345-351.
- Fetrow, J. (1987): Culling dairy cows. Proceedings of the Twentieth Annual Conference. American Association of Bovine Practitioners. Phoenix, Arizona. 20. 102-107.
- Fox, L. K. (2009): Prevalence, incidence and risk factors of heifer mastitis. *Vet. Microbiol.*, 134. 82-88.
- Ghodasara, S. N. - Savsani, H. H. - Vataliya, P. H. (2012): Therapeutic management of periparturient udder edema in Jaffrabadi buffaloes and Gir cows. *Buffalo Bulletin*, 31. 111-113.
- Gibbs, E. P. J. (1984): Viral diseases of the skin of the bovine teat and udder. The veterinary clinics of north America. *Large Anim. Pract.*, 6. 187-202. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0196-9846\(17\)30047-2](https://doi.org/10.1016/S0196-9846(17)30047-2)
- Gilbert, R. O. - Schwark, W. S. (1992): Pharmacologic considerations in the management of peripartum conditions in the cow. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 8. 29-56.

- Gröhn, Y. T. - Eicker, S. W. - Ducrocq, V. - Hertl, J. A. (1998): Effect of diseases on the culling of Holstein dairy cows in New York State. *J. Dairy Sci.*, 81. 966–978. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75657-7
- Gröhn, Y. T. - Erb, H. N. - McCulloch, C. E. - Saloniemi, H. S. (1990): Epidemiology of mammary gland disorders in multiparous Finnish Ayrshire cows. *Prev. Vet. Med.*, 8. 241-252. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(90\)90082-S](https://doi.org/10.1016/0167-5877(90)90082-S)
- Gulyás, L. (2002): A nyers tej szomatikus sejtszámát befolyásoló néhány biológiai és környezeti tényező vizsgálata. Doktori (Ph.D.) értekezés. Mosonmagyaróvár, 163.
- Gussmann, M. - Denwood, M. - Kirkeby, C. - Farre, M. - Halasa, T. (2019): Associations between udder health and culling in dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 171. 104751. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104751>
- Hadley, G. L. - Wolf, C. A. - Harsh, S. B. (2006): Dairy cattle culling patterns, explanations, and implications. *J. Dairy Sci.*, 89. 2286–2296. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72300-1
- Halasa, T. - Huijps, K. - Osteras, O. - Hogeveen, H. (2007): Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Vet. Q.*, 29. 18–31. DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224>
- Harmon, R. J. (1994): Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *J. Dairy Sci.*, 77. 2103–2112. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77153-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8)
- Hayes, R. L. - Albright, J. L. (1976): Older heifers have more severe edema. *Hoard's Dairyman*, Jan. 25:75.
- Hetzel, H. - Bölcsházy, K. (1952): Állatorvosi szülészeti II., 3. átdolgozott kiadás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 623.
- Hofmann, W. - Hofmann, H. - Ózsvári L. (2013): Gyakori szarvasmarha-betegségek. Megelőzés és kezelés. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, 254.
- Hogeveen, H. - Huijps, K. - Lam, T. J. G. M. (2011): Economic aspects of mastitis: New developments. *N. Z. Vet. J.*, 59. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.547165>
- Holstein-Fríz Tenyésztők Egyesülete (2019): A hazai Holstein-fríz populáció standard laktációs eredményei. <https://www.holstein.hu/teb/orsz/lakt.pdf>
- Horváth, Gy. (1982): A tőgygyulladás elleni védekezés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 326.
- Horváth, Gy. (1983): Tőgybetegségek. 440-468. In: Szarvasmarha-egészségtan. (Szerk. Horváth, Z.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 538.
- Hultgren, J. - Svensson, C. - Maizon, D. O. - Oltenacu, P. A. (2008): Rearing conditions, morbidity and breeding performance in dairy heifers in southwest Sweden. *Prev. Vet. Med.*, 87. 244–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.04.003>
- Ivemeyer, S. - Knierim, U. – Waiblinger, S. (2011): Effect of human-animal relationship and management on udder health in Swiss dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 94. 5890–5902. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4048>
- Jánosi, Sz. - Rónai, Zs. - Dán, Á. - Glávits, R. - Barta, E. (2012): „Egzotikus” kórokozók okozta tőgygyulladások Magyarországon: Prototheca, gombák, corynebacteriumok és mycobacteriumok. <https://magyarmezogazdasag.hu/2012/01/26/egzotikus-korokozok-okozta-togygyulladasok-magyarorszagon-prototheca-gombak> (Hozzáférés dátuma: 2020. 04. 24.)
- Kemp, R. - Holliman, A. - Nettleton, P. F. (2008): Atypical bovine herpes mammilitis affecting cows and calves. *Vet. Rec.*, 163. 119-120. DOI: 10.1136/vr.163.4.119
- Kojouri, G. A. - Pouryeganeh, M. M. - Nekouei, S. - Nazifi, S. (2015): Udder edema and association with some serum biochemical measures and dietary factors in first calving cows. *Iran. J. Vet. Res.*, 16. 345–349.
- Kovács, P. (2017): A Prototheca és a tőgygyulladás. *Magyar Mezőgazdaság*, 72. (35) 38-39.
- Kovács, P. (2020): A tőgygyulladás diagnosztikája és kezelése robotizált fejrendszerekben. *Holstein Magazin*, 28. 34-37.
- Kutas, F. (1987): A vízforgalom és zavarai. 132-139 p. In: Brydl, E. (szerk.): A szarvasmarha anyagforgalmi betegségei és mérgezései. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 302.

- Lakner, Z. (1997): Élelmiszer-gazdaság és modernizáció. Statisztikai Szemle, 75. 922-939.
- Lescourret, F. - Coulon, J. B. (1994): Modeling the impact of mastitis on milk production by dairy cows. J. Dairy Sci., 77. 2289–2301 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77172-1
- Lojda, L. - Staviková, M. - Zaková, M. (1980): In: Bassalik-Chabielska, L. - Ryniewicz, Z. (ed) (1980): Resistant factors and genetic aspects of mastitis control. Proc. Int. Conf. Jablona-Poland, 261-276.
- Magda, S. (2003): Az állattenyésztés szervezése és ökonómiája. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 211.
- Malven, P. V. - Erb, R. E. - D'amico, M. F. - Stewart, T. S. - Chew, B. P. (1983): Factors associated with edema of the mammary gland in primigravid dairy heifers. J. Dairy Sci., 66. 246–252. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81783-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81783-4)
- Martin, W. B. (1973): Bovine mamillitis: Epizootiologic and immunologic features. J. Am. Vet. Med. Assoc., 163. 915-917.
- McConnel, C. S. - Lombard, J. E. - Wagner, B. A. - Garry, F. B. (2008): Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality on United States dairy operations. J. Dairy Sci., 91. 1423–1432. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0440>.
- McCullough, D. A. - Delorenzo, M. A. (1996): Effect of price and management level on optimal replacement and insemination decision. J. Dairy Sci., 79. 242–253.
- Medrano-Galarza, C. - Gibbons, J. - Wagner, S. - de Passille, A. M. - Rushen, J. (2012): Behavioral changes in dairy cows with mastitis. J. Dairy Sci., 95. 6994–7002. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5247>.
- Melendez, P. - Hofer, C. C. - Donovan, G. A. (2006): Risk factors for udder edema and its association with lactation performance on primiparous Holstein cows in a large Florida herd, U.S.A. Prev. Vet. Med., 76. 211-221. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2006.05.004
- Monostori, A. - Dégen, L. (2017): Tőgygyulladások diagnosztikai lehetőségei. Állategészség és Takarmányozás. 2017. április 10-13. http://static.atkft.hu/Cikkek/Allateu/Togy_201704.pdf
- Morrison, E. I. - DeVries, T. J. - LeBlanc, S. J. (2018): Short communication: Associations of udder edema with health, milk yield, and reproduction in dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci., 101. 9521–9526. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14539>
- Morrow, D. A. - Schmidt, G. H. (1964): Udder edema. Anita. Health Div. CIBA Pharm. Co., Summit, NJ.
- Mueller, F. J. - Miller, J. K. - Campbell, M. H. - Madsen, F. C. (2019): Prevention of udder edema in dairy cows. Dairexnet. <https://dairy-cattle.extension.org/prevention-of-udder-edema-in-dairy-cows/>
- Mueller, F. J. - Miller, J. K. - Ramsey, N. - DeLost, R. C. - Madsen, F. C. (1989): Reduced udder edema in heifers fed vitamin E prepartum. J. Dairy Sci., 72. 2211. Abstract
- Müller, U. - Sauerwein, H. (2010): A comparison of somatic cell count between organic and conventional dairy cow herds in West Germany stressing dry period related changes. Livest. Sci., 125. 30-37.
- Nestor, K. E. - Hemken, JR. R. W. - Harmon, R. J. (1988): Influence of sodium chloride and potassium bicarbonate on udder edema and selected blood parameters. J. Dairy Sci., 71. 366-372. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79565-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79565-X)
- Okkema, C. - Grandin, T. (2021): Graduate student literature review: Udder edema in dairy cattle—A possible emerging animal welfare issue. J. Dairy Sci., 104. 7334-7341.
- Pfützner, M. - Ivanyos, D. - Ózsvári, L. (2017): A szubklinikai tőgygyulladás által okozott gazdasági kár nagylétszámú német tejelő tehenészetekben. Állategészség és Takarmányozás, 2017. augusztus 10-13. http://static.atkft.hu/Cikkek/Allateu/Togy_201708.pdf
- Pinedo, P. J. - Melendez, P. - Paudyal, S. - Krauss, R. - Arias, F. - Lopez, H. - Luco, A. - Vergara, C. F. (2016): Association between disease occurrence and fertility of dairy cows in three geographic regions of Chile. Theriogenology, 86. 817–823.
- Potsubay, J. - Szép, I. (1965): Állategészségtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 337.
- Rajala-Schultz, P. J. - Gröhn, Y. T. (1999): Culling of dairy cows. Part III. Effects of diseases, pregnancy status and milk yield on culling in Finnish Ayrshire cows. Prev. Vet. Med., 41. 295–309. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(99\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(99)00047-1).

- Ramos, J. S. - Madureira, K. M. - Baldacim, V. A. P. - Silva, C. P. C. - Dias, M. R. B. - Stricagnolo, C. R. - Gomes, V. (2020): Physiological and pathological alterations in the mammary gland of holstein cows during transition period. *Acta Sci. Vet.*, 48. 1750. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.102863>
- Randall, L. V. - Green, M. J. - Chagunda, M. G. G. - Mason, C. - Green, L. E. - Huxley, J. N. (2016): Lameness in dairy heifers; Impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Prev. Vet. Med.*, 133. 52–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.006>
- Randall, W. E. - Hemken, R. W. - Bull, L. S. - Douglas, L. W. (1974): Effect of dietary sodium and potassium on udder edema in holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 57. 472-475. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84916-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84916-7)
- Ranjan, R. - Zahid, U. N. (2011): Udder edema (Synonym: Cake). 315-323. In: *Sharma, N. - Singh, N. K. - Bacic, G.* (2011): Production diseases of dairy animals (with special references to post-parturient metabolic disorders). Satish Serial Publishing House, Delhi.
- Reddy, P. R. K. - Raju, J. - Redy, A. N. - Reddy, P. P. R. - Hyder, I. (2016): Transition Period and its Successful Management in Dairy Cows. *Indian J. Natur. Sci.*, 38. 11691-11699.
- Rilanto, T. - Reimus, K. - Orro, T. - Emanuelson, U. - Viltrop, A. - Mötus, K. (2020): Culling reasons and risk factors in Estonian dairy cows. *BMC Vet. Res.*, 16. 173.
- Ruegg, P. L. (2015): Diseases of bovine teat and skin. Accessed Mar. 7, 2020. <https://www.merckvetmanual.com/reproductive-system/udder-diseases/diseases-of-bovine-teats-and-skin>.
- Ryniewicz, Z. (1980): In: *Bassalik-Chabielska, L. - Ryniewicz, Z.* (ed) (1980): Resistant factors and genetic aspects of mastitis control. *Proc. Int. Conf. Jablona-Poland*, 285-303.
- Sályi, Gy. (1959): Állatorvosi általános kóroktan. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest, 365.
- Sánchez, M. F. - López, M. L. - Hernandez, S. M. (2013): El periparto de la vaca: apuntes prácticos. *Editorial Servet*. 152.
- Santos, J. E. P. - Cerri, R. L. A. - Ballou, M. A. - Higginbotham, G. E. - Kirk, J. H. (2004): Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 80. 31–45. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00133-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00133-7)
- Schmidt, G. H. (1971): *Biology of lactation*. W. Freeman and Co., San Francisco. 317.
- Seegers, H. - Fourichon, C. - Beaudeau, F. (2003): Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.*, 34. 475–491. DOI: <https://doi.org/10.1051/vetres:2003027>.
- Seykora, A. J. - McDaniel, B. T. (1985a): Udder and teat morphology related to mastitis resistance: a review. *J. Dairy Sci.*, 68. 2087-2093. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81072-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81072-9)
- Seykora, A. J. - McDaniel, B. T. (1985b): Heritabilities of teat traits and their relationships with milk yield, somatic cell count and percent two-minute milk. *J. Dairy Sci.*, 68. 2670-2683.
- Seykora, A. J. - McDaniel, B. T. (1986): Genetics statistics and relationships of teat and udder traits, somatic cell counts, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 69. 2395-2407. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80679-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80679-8)
- Shabalina, T. - Yin, T. - König, S. (2020): Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 103. 583–596. DOI: [10.3168/jds.2019-16985](https://doi.org/10.3168/jds.2019-16985)
- Sharma, N. - Maiti, S. K. - Mukherjee, K. - Ghosh, S. C. - Roy, S. (2005): Post parturient udder edema in a Sahiwal cow and its treatment. *Indian Vet. J.*, 82. 675-676.
- Slettback T. - Jørstad, A. - Farver, T. B. - Holmes, J. C. (1995): Impact of milking characteristics and morphology of udder and teats on clinical mastitis in first- and second-lactation Norwegian cattle. *Prev. Vet. Med.*, 24. 235-244.
- Széles, Gy. (1996): A tehéntejtermelés gazdasági értékelése. 365-380 p. In: *Merényi I. - Lengyel Z.* (szerk.): *Tejgazdasági kézikönyv*. Gazda Kistermelői Lap- és Könyvkiadó. Budapest, 380.

- Thomas, C. L. - Vinson, W. E. - Pearson, R. E. (1984): Relationships between Linear Type Scores, objective type measures, and indicators of mastitis. *J. Dairy Sci.*, 67. 1281-1292.
- Tóth, L. - Bak, J. (2001): A minőségi tejtermelés technikája. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 217.
- Tóth, T. - Póti, P. - Tózsér, J. (2017): Négy tőgybimbó-paraméter ismételt ultrahangmérésének eredményei Holstein-fríz fajtában. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*. 13. 31-38.
- Tóth, V. - Nagypál, V. - Süli, Á. - Mikó, E. (2020): Investigation of culling practices on a dairy farm. *Rev. Agricult. Rural Dev.*, 8. 96-101.
- Tucker, W. B. - Adams, G. D. - Lema, M. - Aslam, M. - Shin, I. S. - Le Ruyet, P. - Weeks, D. L. (1992): Nutrition, feeding, and calves. Evaluation of a system for rating edema in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 75. 2382-2387. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77999-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77999-5)
- Van Dorp, T. E. - Dekkers, J. C. M. - Martin, S. W. - Noordhuizen, J. P. T. M. (1998): Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 81. 2264-2270.
- Várnagy, L. (2009): Szaporodásbiológiai kórformák és szülészeti betegségek. 169-189. In: *Az állategészség-védelem alapjai*. (Szerk.: Egri B.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 259.
- Waage, S. - Odegard, S. A. - Lunda, A. - Brattgjerd, S. - Rothe, T. (2001): Case-control study of risk factors for clinical mastitis in postpartum dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, 84. 329-392.
- Warnick, L. D. - Janssen, D. - Guard, C. L. - Gröhn, Y. T. (2001): The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84. 1988-1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5
- Weigel, K. A. - Palmer, R. W. - Caraviello, D. Z. (2003): Investigation of factors affecting voluntary and involuntary culling in expanding dairy herds in Wisconsin using survival analysis. *J. Dairy Sci.*, 86. 1482-1486. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73733-3
- Zavadilová, L. - Štípková, M. (2012): Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. *Czech J. Anim. Sci.*, 57. 125-136.
- 853/2004/EC (2004): Laying down specific hygiene rules for food of animal origin (EU Regulation). Annex III, Section IX, Chapter I /III. 3.(b) 66.

Érkezett: 2021. október

Szerzők címe: Tóth V. – Gulyás L.

Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Authors' address: István Széchenyi University, Kázmér Albert Faculty of Mosonmagyaróvár
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
toth.violetta@szte.hu

Mikó E.

Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar
University of Szeged Faculty of Agriculture
H-6800 Hódmezővásárhely, Andrásy út 15.

MELLIZOM MYOPATHIÁK KIALAKULÁSA ÉS ELŐFORDULÁSA A BAROMFITARTÁSBAN

LÁSZLÓ VIKTÓRIA - MÉZES MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

A mellizom myopathiák a brojler állományoknak ugyan csak viszonylag kis részét érintik, de gazdaságossági szempontból jelentős veszteséget okoznak, mert rontják a mellhús fogyasztói minőségét. A mellizom myopathiák kialakulásának hátterében a nagy növekedési erélyre történő szelekció áll, amelynek hatására megváltoznak a mellizomban zajló metabolikus folyamatok. A leggyakrabban előforduló myopathia az ún. Wooden-Breast szindróma, amelynek hatására lipid felhalmozódás figyelhető meg a mellizomban. Ennek oka, hogy megváltozik a lipidek anyagcsere-jét befolyásoló gének expressziója, amelyek közül a lipoprotein lipáz enzimet kódoló gént tekintik markernek, amely már fiatal korban is kimutatható. Emellett az izomban gyulladásos folyamatok is kimutathatók, amelyek hatására az izomban oxidatív stressz is indukálódik. A lipidanyagcsere mellett megváltozik a glükózanyagcsere is, csökken a glikolízis intenzitása. Az ún. White Striping szindróma szintén lipid felhalmozódással, degeneratív és regeneratív folyamatokkal jár, amelyek hátterében a Wooden-Breast szindrómához hasonló mechanizmusok állnak. Az úgynevezett „Spaghetti meat”-elváltozást mutató hús esetében az izomrostok közötti gyenge kapcsolat rontja a hús minőségét, amelynek oka az endo- és perimysium elvékonyodása. A „mély mellizom myopathia” (deep pectoralis myopathy) szindróma hatására a mellizom zöldes elszíneződésű és nekrotikus lesz. Ennek oka a *m. pectoralis minor* anatómiai elhelyezkedése, amelynek hatására fizikai terheléskor romlik a vérellátás, ennek következtében nekrosis, míg a hemoglobin szétesése miatt zöld szín alakul ki. A sertéseknél jól ismert PSE (Pale, Soft, Exudative) húshibához hasonló húsminőséget baromfinál is leírtak, amelyet a nagy növekedési intenzitással hoztak összefüggésbe. A PSE-szerű hús minőségi hiba okát abban látják, hogy a magas izomhőmérséklet és a gyorsan csökkenő pH hatására nő a fehérjék denaturációja. A gyors pH csökkenést az idezi elő, hogy a mellizom IIB típusú glikolitikus izomrostokból áll, amelyekben oxigénhiány hatására nagymennyiségű tejsav keletkezik, amelyet a magas izomhőmérséklet is növel.

SUMMARY

László, V. – Mézes, M.: OCCURENCE AND IMPORTANCE OF BREAST MUSCLE MYOPATHIES IN POULTRY REARING

The occurrence of breast muscle myopathies in broiler chicken is relatively low, but it causes economic loss due to lower consumer quality of breast meat. Breast muscle myopathies relate to the selection to a high growth rate, which causes metabolic changes in the muscle. The most frequent is the so-called Wooden-Breast syndrome, which causes lipid accumulation in the breast muscle. Lipid accumulation is caused by the changes in the expression of lipid metabolism encoding genes. Among them, gene encoding lipoprotein lipase was proposed as a marker, which showed changes even at an early age. Inflammatory processes are also found in this syndrome which can cause oxidative stress in the muscle. Glucose metabolism also impairs because it decreases the intensity of glycolysis. The so-called White Striping syndrome is also accompanied by lipid accumulation degenerative and regenerative processes, which are caused by the same mechanisms as Wooden-Breast syndrome. The so-called Spaghetti meat is caused by the weak connection between the muscle fibrils due to endo- and perimysium taper. The deep pectoralis myopathy is rare, and such breast muscle is greenish and necrotic. The anatomical location of *m. pectoralis minor* causes this syndrome. In the case of physical exercise, the blood supply of the muscle causes necrosis, and the greenish colour is the consequence of haemoglobin breakdown. The PSE-like (Pale, Soft, Exudative) meat defect is well-known as pig meat, also found in broiler chicken and found a connection with the selection to the high growth rate. The cause of PSE-like meat is the high muscle temperature and the rapid lowering of the pH caused by protein denaturation. The formation of lactic acid causes the rapid pH decrease originated from the glycolysis in anaerobic conditions. Breast muscle contains glycolytic type IIB muscle fibrils, and the high temperature accelerates this process.

BEVEZETÉS

Az elmúlt 50 év során világszerte gyors ütemben növekedett a baromfihús termelése és fogyasztása egyaránt (*Bárány és mtsai, 2013*). Az egyre növekvő kereslet rákényszerítette a baromfityenésztőket a növekedési erély és a takarmány-értékesítés hatékonyságának fokozására, ezzel biztosítva a brojlercsirkék mellhús hozamának maximalizálását. A genetikai szelekciónak azonban nem kívánt következményei is lettek. A gyorsan növekvő brojler vonalakban megjelentek a mellhús myopathiák, amelyek rontják a hús minőségét. A mellizom myopathiák genetikai hátterének pontos ismerete nélkül is feltételezhető, hogy a nagy súlygyarapodásra és mellizomzatra történő szelekció növeli a húshasznú brojlercsirkék hajlamát a különböző izomdegenerációkra. A brojlercsirkék növekedési üteme az elmúlt fél évszázadban rendkívül felgyorsult, de ezzel nem társult a táplálóanyag ellátottság arányos javulása, amelyet egyes szerzők összefüggésbe hoztak egyes mellizom myopathiák súlyosságával (*Siekmann, 2019*). Egyes myopathiák kialakulásának fő okát más szerzők, például *Kuttappan és mtsai (2013)* az izomanyagcsere károsodásában látják, amelyet a gyors növekedésre történt szelekció idézett elő, amely nem társult a kapilláris vérellátás növekedésével, ami degenerációs folyamatokhoz vezethet. A gyors növekedésű és nagy izomtömeggel rendelkező brojlercsirkék húsminősége azonban nem minden esetben rosszabb, mint a lassabb növekedésű genotípusoké. *Bailey és mtsai (2015)* például nem találtak zavart a húsképződésben, és csak kismértékű genetikai hatást állapítottak meg a myopathiák kialakulásával kapcsolatban az izmok hipertrófiás növekedésének hatására. Ehelyett elsődleges befolyásoló tényezőként az állománymenedzsment jelentőségét emelték ki. *Petracci és mtsai (2009)* pedig a hizlalás végén jelentkező hőstressz és a rosszabb húsminőség között találtak szoros összefüggést.

A mellizom myopathiák közül globálisan legnagyobb figyelmet a Wooden-Breast szindróma kapott, amely a csirkék *pectoralis major* izomzatának „elfásodását” jelenti (*Abasht és mtsai, 2016*). Az érintett húsokat ugyanis gyengébb minőségi kategóriába sorolják, emiatt csak csökkentett áron kerülhetnek értékesítésre, illetve ezek nagy részét csak baromfihús alapú készítményekhez használják fel (*Abasht és mtsai, 2016; Kuttappan és mtsai, 2016*). Három további mellizom myopathia is veszteséget okoz a baromfiiparban, a White Striping, a Spagetti meat és a Deep pectoral myopathy (*Siekmann, 2019*).

A mellizom myopathiák elfordulhatnak külön, de találkozni lehet együttes megjelenésükkel is. Kialakulásuk pontos háttere ugyan nagyrészt még tisztázatlan, de bizonyosra vehető, hogy annak hátterében genetikai és környezeti tényezők egyaránt vannak (*Siekmann, 2019; Lake és Abasht, 2020*).

AZ IZOM HÚSSÁ TÖRTÉNŐ ÁTALAKULÁSA

Az élő állatok izomzata a vágást követően a végbemenő anyagcsere- és a biokémiai folyamatoknak köszönhetően hússá alakul (*Sams, 1999*). Ezek a folyamatok a hús technológiai, valamint fogyasztói minőségét is befolyásolják (*Warner, 2016*).

Számos vizsgálat tárgyát képezték olyan külső tényezők, mint például a környezeti hőmérséklet, a koplaltatási idő és a szállítás időtartama, az esetleges szállítási stressz, továbbá a vágás közbeni nyugtalanság (védekező mozdulatok),

valamint az általános stresszérzet és a darabolás időpontja. Ezek külön-külön és együttesen is jelentős mértékben befolyásolják az izomzatban rendelkezésre álló glikogén- és energiatartalékokat, valamint azok lebontásának sebessége által a hús minőségét is (*Debut és mtsai, 2005; Bianchi és mtsai, 2006*).

Wooden-Breast szindróma

Ennek a mellizom myopathia-nak a kialakulása során a *m. pectoralis major*-ban nagy mennyiségű, makroszkópiusan és mikroszkópiusan egyaránt jól kivehető lipidfelhalmozódás figyelhető meg (*Soglia és mtsai, 2016*). A folyamatot a lipidanyagcsere szabályozásának zavara idézi elő, így feltehetően ezek az élettani folyamatok döntő szerepet játszanak a szindróma kialakulásában (*Papah és mtsai, 2017*). Az érintett mellhúsokban eltolódik a fehérje és a zsír aránya, valamint megváltozik a zsír zsírsavösszetétele is (*Gratta és mtsai, 2019*). A mellhúsok zsírában megemelkedett a hosszú szénláncú telített zsírsavak, így a palmitát, a palmitoleát, sztearát és oleát aránya (*Lake és Abasht, 2020*). A lipidanyagcsere zavarára és a zsírfelhalmozódásra utal az is, hogy a Wooden-Breast szindrómában szabad szemmel is jól látható fehér csíkozottság is megfigyelhető, amelyet az izomrostokkal párhuzamosan futó zsíros, fehér csíkok idéznek elő (*Papah és mtsai, 2017*).

A mikroszkopikus elváltozások azonban már az állatok egyhetes korában is kimutathatók, így előre jelzik a kóros állapot kialakulását (*Sihvo és mtsai, 2018*). Ilyenkor a mellizomban lipid cseppek, a lipogranulómák és lipidekkel terhelt makrofágok egyaránt kimutathatók (*Papah és mtsai, 2017*). A lipidanyagcserét szabályozó gének, ezek közül a zsírsav transzlokázt (CD36), a négyes számú zsírsavkötő fehérjét (FABP4), a lipoprotein lipázt (LPL) és a peroxiszóma-proliferátor aktiválta receptor gammát (PPARG) kódoló gének túlzott mértékű expresszióját már két és három hetes madarakban is kimutatták, és ezekben a madarakban 7 hetes életkorban jól megfigyelhető volt a degeneratív myopathia (*Lake és Abasht, 2020*).

A felsorolt gének közül a LPL génexpresszió fokozott szintjét korai markernek tekintik a Wooden-Breast szindróma kialakulása esetében. Ennek hátterében az állhat, hogy a lipidek akkumulációja azon vénák mentén volt számottevő, amelyek gyulladással állapotban voltak és lipid infiltrációt mutattak (*Wang és Eckel, 2009*).

A lipid anyagcsere mellett, a glükóz anyagcsere is megváltozik az érintett madarak mellhúsában, különös tekintettel a glikolízis gátlására, amelyet a 6-foszfofruktó-2-kináz csökkent aktivitása és az azt kódoló gén csökkent expressziója idéz elő (*Mutryn és mtsai, 2015*). Ezt támasztja alá, hogy a glikolízis köztitermékei, így például a glükóz-6-foszfát és a fruktóz-6-foszfát, továbbá annak végtermékei, így a piruvát és a laktát szintje is alacsonyabb volt a betegség tüneteit mutató madarakban. Az izom glikogénszintje viszont szignifikánsan alacsonyabb volt, így kizárható az a feltételezés, miszerint a glikogén fokozott szintézise vagy annak csökkent intenzitású lebontása lenne a felelős a folyamat közbenső- és végtermékeinek csökkent mennyiségéért (*Abasht és mtsai, 2016*). Az izom mellett a beteg madarak májának glikogén szintje is alacsonyabb volt, mint egészséges társaiké, ami arra utal, hogy a mellizomzatba megtörténik ugyan a glükózfelvétel, de annak felhasználása és raktározása eltér a normál életfolyamatoktól (*Kawasaki és mtsai, 2018*). A csökkent glikolízis tehát a lipid felhalmozódásra sejtszinten adott stresszválasznak tekinthető, amelynek hátterében feltételezhető az oxidatív stressz is, amelyet feltehetően

immunfolyamatok idéznek elő (Mutryn és mtsai, 2015). Oxidatív stressz során a glükóz nem glikolízis útján metabolizálódik, hanem a pentóz-monofoszfát útvonalon keresztül elsődlegesen NADPH termelésre fordítódik (Yamamoto és mtsai, 2014). A szindróma kialakulásának folyamatát az 1. ábrán mutatjuk be.

A Wooden-Breast szindróma esetében az elváltozások jellemzően a mellizom felső harmadában koncentrálnak, ahol legvastagabb az izom, bár az elváltozás akár a teljes mellizomzatot átszöheti. A hús felszíne hullámos, színe halvány rózsaszín, de lehet akár fehér is. A hullámok kemény tapintásúak a mellizomban felhalmozódott lipidek miatt, továbbá bevérzéseket és nyálka réteget is megfigyeltek a hús felületén. Ennek oka, hogy az izomban fibrózis megy végbe, amelynek

1. ábra A Wooden-Breast szindróma kialakulásának folyamata

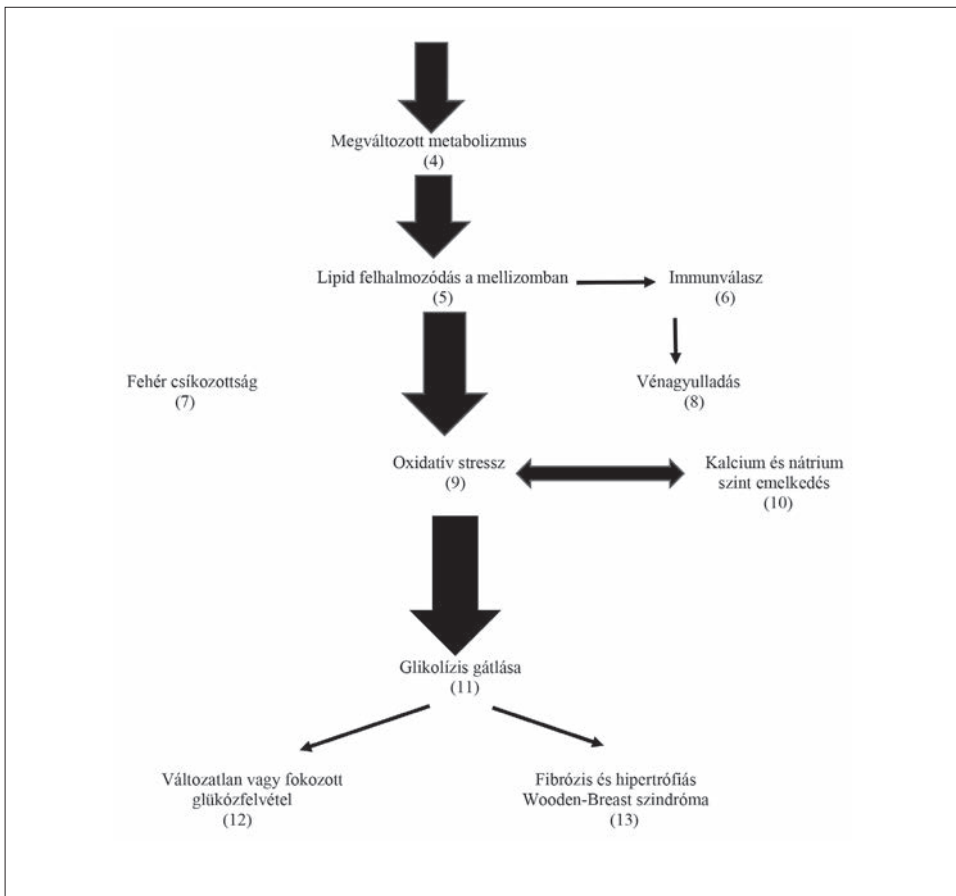


Figure 1. Schematic pathway of the development of Wooden-Breast syndrome

high growth rate (1); low FCR (2); intensive nutrition (3); metabolic changes (4); lipid accumulation in breast muscle (5); immune response (6); white striping (7); venous inflammation (8); oxidative stress (9); increase of calcium and sodium level (10); inhibition of glycolysis (11); same or increased glucose uptake (12); fibrosis and hypertrophic Wooden-Breast syndrome (13)

következtében vénagyulladás és lipid infiltráció következik be. Megállapították ugyanakkor azt is, hogy a lipid felhalmozódás miatt a mellhús tömege nagyobb lett. Ezeknek, az utóbbi években egyre gyakrabban előforduló elváltozásoknak, az oka az izom regeneratív folyamatai, így például a fibrózis, amelyek a degeneráció, a gyulladásos sejtekbe való beszivárgás és az azt követően kialakuló zsír- és kötőszöveti felhalmozódás lesznek a következményei. Ezeknél az állatoknál gyakran fordul elő egyidejűleg White Striping elváltozás a *m. pectoralis superficialis*-ban is (Petracci és Cavani, 2012).

White Striping szindróma

A White Striping komoly húsminőségi probléma, amely szintén a *m. pectoralis major*-t érinti. A fehér csíkok lefutása szabad szemmel is jól látható, jellemzően az izom ventrális oldalán. Ez a mellhúson tapasztalható elváltozás kedvezőtlenül befolyásolja a fogyasztói minőséget, így annak értékesíthetőségét is (Kuttappan és mtsai, 2013).

Egy olaszországi felmérés során 28 ezer mellhúst vizsgáltak meg 56 brojlerállományból, amelyek között hagyományos és nagy mellhús kihozatalra szelektált vonalak egyaránt voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy az összes vizsgált mellhús 12%-át érintette a White Striping. A hagyományos brojlercsirke vonalából vett minták 10%-nál, míg a nagy mellhús kihozatalra szelektált vonaloknál 15,2%-nál volt megfigyelhető az elváltozás. A szövettani vizsgálatok során hasonló degeneratív és regenerációs folyamatokat figyeltek meg, mint a korábban tárgyalt Wooden-Breast szindróma esetében (2. ábra), azaz az érintett mellhúsokban lipidózis alakult ki (Petracci és mtsai, 2013).

2. ábra Lipidózis a mellhúsban (Aviagen, 2019)

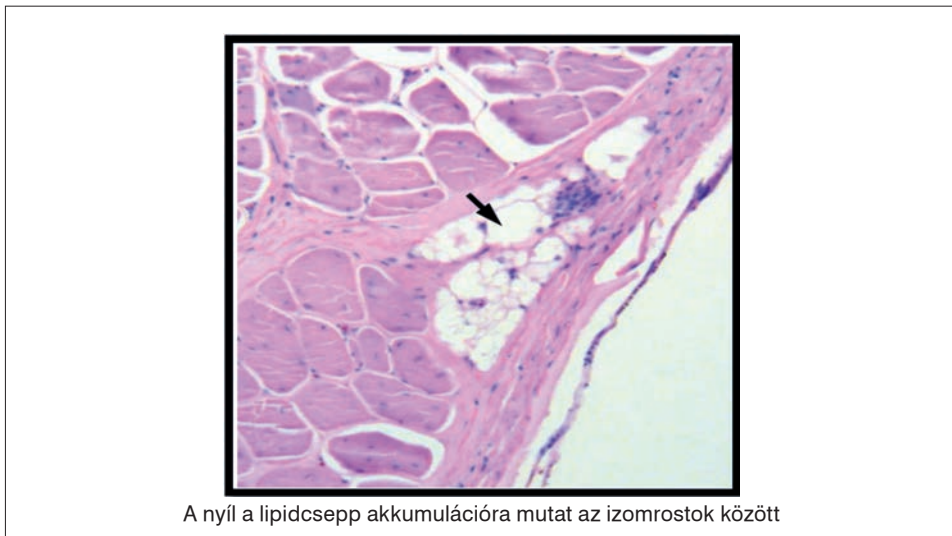


Figure 2. Lipidosis in breast muscle (Aviagen, 2019)

Arrow shows the lipid droplet accumulation between muscle fibrils

Spaghetti meat

Az úgynevezett „Spaghetti meat” -elváltozást mutató hús esetében az izomrostok közötti kapcsolat gyenge és ez rontja a hús minőségét. Szövettanilag hasonló elváltozások láthatók, mint a Wooden-Breast és a White Striping szindróma esetében, és különösképpen az endo- és perimysium elvékonyodásával jellemezhető (Baldi és mtsai, 2018). Ennek következtében a puha, szivacszerű hús annak szeletelésekor - a rostok közötti gyenge kapcsolat miatt - szétesik (Puolanne és Voutilainen, 2009).

Deep pectoral myopathy

A „mély mellizom myopathia” (deep pectoralis myopathy) szindrómát már az 1980-as évek elején leírták (Richardson és mtsai, 1980), amely az akkor vizsgált hét hetes brojlercsirkék 5%-át érintette. Kétoldali zöldes elszíneződés és nekrozis volt megfigyelhető a *m. pectoralis minor* középső harmadában. Ennek oka feltehetően az, hogy a *m. pectoralis minor* anatómiai elhelyezkedése miatt kevés hely áll rendelkezésre a terjeszkedéshez a mellcsont és a határoló, kevésbé rugalmas fascia között. Az izommunka során, mint például a szárnycsapások, valamint az izom terjeszkedésének gátlása egyaránt korlátozza a vérellátást és a vénás visszaráramlást, ennek következtében pedig az érintett szövet nekrotikussá válik (Siller, 1985). A bevérzések, majd ezt követően a hemoglobin szétesése következtében az izom zöld színű lesz (Bianchi és mtsai, 2006). Azt is megfigyelték, hogy azoknál az állatoknál, amelyeket nagy mellizomizom tömegre szelektáltak a probléma gyakrabban előfordul (Richardson és mtsai, 1980; Siller, 1985).

Bianchi és mtsai (2006) vizsgálatuk során több mint 120.000 brojlercsirkénél vizsgálták a szindróma előfordulását és megállapították, hogy a vizsgált mellizomok átlagosan 0,84%-át érintette. Az egyes állományokban 0% és 16,7% között változott, de az állatok 18,5%-ában egyáltalán nem fordult elő.

PSE húshibához hasonló húsminőség

Néhány szerző „stressz által előidézett myopathiáról” számol be, és ezek között tartják számon a „PSE húshibához hasonló húsminőséget” is (Petracci és mtsai, 2009). Sertéshús esetében a PSE-hús (Pale = halvány, Soft = puha, Exudative = vizenyős) néven ismert minőségi probléma különösen stresszre fokozottan érzékeny genotípusok esetében fordul elő (Von Lengerken és mtsai, 2002).

Baromfinál is leírták a sertéshúshoz hasonló elváltozásokat, amelyet a sertéseknél kimutatható elváltozások alapján „PSE-szerűnek” neveztek el, és amelyek összefüggésben állnak a vázizomzat szövettani és biokémiai változásaival (Barbut és mtsai, 2008). A PSE-szerű elváltozásokat több szerző is összefüggésbe hozta a gyorsabb növekedést és nagyobb vágáskori testsúlyt eredményező genetikai háttérrel (Siller, 1985; Petracci és Cavani, 2012; Kuttappan és mtsai, 2013).

A hús minőségét a halál után végbemenő anyagcsere-folyamatok határozzák meg, amelyek közül fontos a fehérjék denaturációja, amely a magas izomhőmérséklet és a csökkenő pH érték együttes hatására következik be. A baromfi mellizomzata kizárólag a IIB típusú fehér izomrostokból áll (Rémignon és mtsai, 1996),

amelyek gyors izomrostok. A nagy glikogéntartalék miatt az energiefelszabadulás ezekben az izomrostokban glikolitikus úton megy végbe (*Lefaucheur, 2006*). Kedvezőtlen körülmények között ezekben az izmokban a pH-érték nem csak gyorsan csökken, de rendkívül alacsony végső értéket is elérhet. A felgyorsult anyagcsere-folyamatok miatt a madarak hőmérsékleti tűrőképessége csökken, mert nő a testhőmérsékletük. A savasodás és a hőmérséklet emelkedése pedig befolyásolja az izomrostokban zajló folyamatokat és végeredményben rontja a hús minőségét (*Barbut és mtsai, 2008*).

Javaslatok a mellizom myopathiák kialakulásának megelőzésére

A baromfi mellizom myopathiák előfordulása számos genetikai, takarmányozási és tartástechnológiai okra vezethető vissza. Genetikai szempontból a rendkívül gyors növekedésre szelektált baromfi genotípusok esetében célszerű a nevelési időszak első szakaszában a napi testsúlygyarapodást kontrollálni, amely részben takarmányozással, valamint a telepítési sűrűség szabályozásával érhető el. Takarmányozási szempontból ugyanakkor célszerű a madarak táplálóanyag-szükségletének kielégítése mellett csökkenteni a napi takarmányfelvétel mennyiségét és a takarmány lizintartalmát. Növelni szükséges ugyanakkor olyan mikro-táplálóanyagok mennyiségét, mint az antioxidánsok (E- és C-vitamin, szelén), amelyek csökkenthetik a fejlődő izomzatban a fokozott mértékű oxidatív stressz kialakulását. Tartástechnológiai szempontból pedig azokra a tényezőkre szükséges különös gondot fordítani, amely fokozhatja a mellizom myopathiák kialakulásának valószínűségét. Ilyen tényező például a terem levegőjének szén-dioxid-tartalma, amelyet 3000 mg/l alatt kell tartani, vagy a terem hőmérséklete és megfelelő szellőztetése, amellyel elkerülhető a madarak testhőmérsékletének kritikus értékre történő növekedése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abasht, B. – Mutryn, M. F. – Michalek, R. D. – Lee, W. R.* (2016): Oxidative stress and metabolic perturbations in wooden breast disorder in chickens. *PLoS ONE*, 11. e0153750.
- Aviagen* (2019): Breast muscle myopathies. <http://eu.aviagen.com/tech-center/download/1282/Breast-Muscle-Myopathies-2019-EN.pdf>
- Barbut, S. – Sosnicki, A. A. – Lonergan, S. M. – Knapp, T. – Ciobanu, D. C. – Gatcliffe, L. J. – Huff-Lonergan, E. – Wilson, E. W.* (2008): Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Sci.*, 79. 46–63.
- Bailey, R. A. – Watson, K. A. – Bilgili, S. F. – Avendano, S.* (2015): The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poult. Sci.*, 94. 2870–2879.
- Bárány, L. – Pupos, T. – Szöllősi, L.* (szerk) (2013): Versenyképes brojlerhizlalás. Szaktudás Kiadó, Budapest, 316.

- Baldi, G. – F. Soglia, F. – Mazzoni, M. – F. Sirri, F. – Canonico, L. – Babini, E. – Laghi, L. – C. Cavani, C. – Petracci, M. (2018): Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, 12. 164–173.
- Bianchi, M. – Petracci, M. – Franchini, A. – Cavani, C. (2006): The occurrence of deep pectoral myopathy in roaster chickens. *Poult. Sci.*, 85. 1843–1846.
- Debut, M. – Berri, C. – Arnould, C. – Guemené, D. – Santé-Lhoutellier, V. – Sellier, N. – Baéza, E. – Jehl, N. – Jégo, Y. – Beaumont, C. – Le Bihan-Duval, E. (2005): Behavioural and physiological responses of three chicken breeds to pre-slaughter shackling and acute heat stress. *Br. Poult. Sci.*, 46. 527–535.
- Gratta, F. – Fasolato, L. – Birolo, M. – Zomeño, C. – Novelli, E. – Petracci, M. – Pascual, A. – Xicatto, G. – Trocino, A. (2019): Effect of breast myopathies on quality and microbial shelf life of broiler meat. *Poult. Sci.*, 98. 2641–2651.
- Kawasaki, T. – Iwasaki, T. – Yamada, M., – Yoshida, T. – Watanabe, T. (2018): Rapid growth rate results in remarkably hardened breast in broilers during the middle stage of rearing: a biochemical and histopathological study. *PLoS ONE*, 13. e0193307.
- Kuttappan, V. A. – Shivaprasad, H. L. – Shaw, D. P. – Valentine, B. A. – Hargis, B. M. – Clark, F. D. – Mckee, S. R. – Owens, C. M. (2013): Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poult. Sci.*, 92. 331–338.
- Kuttappan, V. A. – Hargis, B. M. – Owens, C. M. (2016): White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poult. Sci.*, 95. 2724–2733.
- Lake, J. A. – Abasht, B. (2020): Glucolipototoxicity: a proposed aetiology for Wooden breast and related myopathies in commercial broiler chickens. *Front. Physiol.*, 11. 169.
- Lefaucheur, L. (2006): Myofibre typing and its relationships to growth performance and meat quality. *Arch. Tierz.*, 49. 4–17.
- Mutryn, M. F. – Brannick, E. M. – Fu, W. – Lee, W. R. – Abasht, B. (2015): Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, 16. 399.
- Papah, M. B. – Brannick, E. M. – Schmidt, C. J. – Abasht, B. (2017): Evidence and role of phlebitis and lipid infiltration in the onset and pathogenesis of Wooden Breast disease in modern broiler chickens. *Avian Pathol.*, 46. 623–643.
- Petracci, M. – Bianchi, M. – Cavani, C. (2009): The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poult. Sci.*, 88. 1518–1523.
- Petracci, M. – Cavani, C. (2012): Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients*, 4. 1–12.
- Petracci, M. – Mudalal, S. – Bonfiglio, A. – Cavani, C. (2013): Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 92. 1670–1675.
- Puolanne, E. – Voutilainen, L. (2009): The role of connective tissue in poultry meat quality. *Proc. 19th European Poultry Symposium on Quality of Poultry Meat*, Turku, Finland, 170–194.
- Rémignon, H. – Desrosiers, V. – Marche, G. (1996): Influence of increasing breast meat yield on muscle histology and meat quality in the chicken. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36. 523–530.
- Richardson, J. A. – Burgener, J. – Winterfield, R. W. – Dhillon, A. S. (1980): Deep pectoral myopathy in seven-week-old broiler chickens. *Avian Dis.*, 24. 1054–1059.
- Sams, A. R. (1999): Meat quality during processing. *Poult. Sci.*, 78. 798–803.
- Siekmann, L. (2019): Die Fleischbeschaffenheit der Zweinutzungshuhnlinie Lohmann Dual. Eine vergleichende Betrachtung (bio-)chemischer, physikalischer, struktureller und sensorischer Parameter. *DVM dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover*, 16-36.
- Sihvo, H. K. – Airas, N. – Lindén, J. – Puolanne, E. (2018): Pectoral vessel density and early ultrastructural changes in broiler chicken wooden breast myopathy. *J. Comp. Pathol.*, 161. 1–10.
- Siller, W. G. (1985): Deep pectoral myopathy: a penalty of successful selection for muscle growth. *Poult. Sci.*, 64. 1591–1595.

- Soglia, F. – Mudalal, S. – Babini, E. – Di Nunzio, M. – Mazzoni, M. – Sirri, F. Cavani, C. – Petracci, M. (2016). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poult. Sci.*, 95. 651–659.
- Yamamoto, T. – Takano, N. – Ishiwata, K. – Ohmura, M. – Nagahata, Y. – Matsuura, T. – Kamata, A. – Sakamoto, K. – Nakanishi, T. – Kubo, A. – Hishiki, T. – Suematsu, M. (2014). Reduced methylation of PFKFB3 in cancer cells shunts glucose towards the pentose phosphate pathway. *Nat. Commun.*, 5. 3480.
- Von Lengerken, G. – Maak, S. – Wicke, M. (2002): Muscle metabolism and meat quality of pigs and poultry. *Vet. Zootech-Lith.*, 42. 82–86.
- Wang, H. – Eckel, R. H. (2009). Lipoprotein lipase: from gene to obesity. *Am. J. Physiol. Metab.*, 297. E271–E288.
- Warner, R. (2016): Meat: Conversion of muscle into meat. In: *Caballero, B. – Finglas, P. – Toldrá, F.* (eds): *The encyclopaedia of food and health*. Academic Press, Oxford, Vol. 3. 677-684.

Érkezett: 2022. február

Szerzők címe: László V. – Mézes M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus
Takarmánybiztonsági Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Science, Szent István
Campus
Department of Feed Safety
H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Mezes.Miklos@uni-mate.hu

A KELTETŐTOJÁSOK SÚLYA ÉS AZ *IN OVO* SZÉNHIDRÁT-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A BROJLEREK TELJESÍTMÉNYÉRE

HALAS VERONIKA – ÁPRILY SZILVIA – KIRNER ILDIKÓ – MIKLÓS FRUZZSINA –
GONODAI VIVIEN – NAGY JÓZSEF – TOSSEBERGER JÁNOS – TISCHLER ANNAMÁRIA
– SZELI NÓRA – KACSALA LÁSZLÓ – ÁCS VIRÁG

ÖSSZEFOGLALÁS

Az *in ovo* szénhidrát-kiegészítéssel foglalkozó kutatások eredményei azt mutatják, hogy a késői embrionális fejlődési időszakban a madárembrió számára biztosított szénhidrátok csökkentik a kelés utáni elhullást és hozzájárulnak a nagyobb növekedési teljesítményhez is. Kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy a keltetőtojások berakáskori súlya befolyásolja-e az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatását a brojlerek növekedési teljesítményére. Vizsgálatunkba 1200 db ROSS 308 húshibrid keltetőtojást vontunk be. A tojásokból két csoportot alakítottunk ki, kis súlyúnak tekintettük az 53-58 g közötti, nagy súlyúnak az 58 g feletti keltetőtojásokat. A tojásokat véletlenszerűen további 3 csoportba soroltuk, 2x3-as faktoriális elrendezést kialakítva. A tojások harmadánál nem alkalmaztunk beavatkozást, a tojások 1/3-ánál fiziológias sóoldatot, további 1/3-nál szénhidrátoldatot fecskendeztünk a keltetés 17. napján. A kikelt madarakat 36 óra várakozás után telepítettük és a technológia szerint takarmányoztuk. A madarak súlyát és takarmányfogyasztását a hizlalás 10., 21. és 35. napján mértük. Eredményeink alapján elmondható, hogy amennyiben az első takarmányhoz jutás a kelés után 36 órával megvalósul, akkor az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés előnyt jelent a hizlalás során, azonban a beavatkozás a kelési %-ot csökkentheti.

SUMMARY

Halas, V. – Áprily, Sz. – Kirner, I. – Miklós, F. – Gonodai, V. – Nagy, J. – Tossenberger, J. – Tischler, A. – Szeli, N. – Kacsala, L. – Ács, V.: EFFECT OF HATCHING EGG WEIGHT AND IN OVO CARBOHYDRATE SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCE OF BROILER CHICKEN

Increasing number of papers on *in ovo* carbohydrate supplementation has been published over the last 10 years. Those researches have shown that special nutrients primarily carbohydrates and some amino acids provided to avian embryo during the late embryonic development reduces post-emergence mortality and support for higher growth performance. In the present experiment, we examined whether the hatching eggs weight has impact on the effect of *in ovo* carbohydrate supplementation on the growth performance of broilers. For that purpose, 1200 hatching eggs of ROSS 308 broiler hybrid were used in our study. Regarding egg weight, the eggs below 58 g (53-58 g) and above 58 g were considered lower weight and heavy eggs, respectively. Eggs were randomly assigned to an additional 3 groups to form a 2x3 factorial arrangement. In one third of the eggs no intervention was applied one third of the eggs were injected with physiological saline, and one third of the eggs were injected with carbohydrate solution on the 17th day of hatching. The day-old-chicks were housed 36 hours post-hatch and fed according to the technological guideline. The individual live weight and feed intake per pen were measured on days 10, 21, and 35 of the experiment. Based on our results, we can state that the *in ovo* technique was successfully adapted and applied in our study. The hatching weight was significantly higher of chickens from heavier eggs. Chickens weight 36 hours post-hatch, but not the hatching weight was affected by the *in ovo* treatment. *In ovo* carbohydrate treatment group had higher body weight at day 21 and 35 then counter pairs had no intervention. In conclusion, when access to the first feed occurred 36 hours post-hatch, *in ovo* carbohydrate supplementation is an advantage during fattening, however, the hatchability might be compromised by the intervention. Egg weight is determinant for hatching weight and growth performance during fattening, but the effect of *in ovo* carbohydrate supplementation is independent of the weight of hatching eggs.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A brojlerhizlalás során az egyik legkritikusabb pontnak tekinthető, hogy a naposcsibék sokszor hosszú szállítást követően kerülnek csak telepítésre. A sziktömlő a kelés után még egy darabig táplálóanyagot biztosít a madarak számára, azonban ez csupán 24-36 órára elegendő. A naposkori hosszabb idejű késleltetett takarmányhoz jutás nem csak a madarak élősúlyára, de a szervek, főként az immunrendszer egyes szerveinek (Fabricius-tömlő, lép) méretére és a tápcsatorna fejlődésére is hatással van (*Panda és mtsai, 2015*). Ennek következtében a telepítésig eltelt idő hossza negatívan hathat a későbbi növekedési teljesítményre is.

De Jong és mtsai (2017) közel 50 brojlervizsgálat adatait dolgozták fel egy meta-analízisben azzal a céllal, hogy számszerűsítsék a kelés utáni éhezési időszak hossza és a hizlalási teljesítmény közti összefüggést. A vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy már az átlagosan 24 órás (~12-36 órás) takarmányfelvétel késleltetése is csökkenti a brojlernek 42 naponan mért élősúlyát mintegy 2,6%-kal ($p \leq 0,05$). Az első takarmányhoz jutás kitolódása hatványozottan csökkenti a madarak vágósúlyát, 48 (~36-60) vagy 72 (~36-60) órás késleltetés esetén az első heti növekedési teljesítmény 17-27%-kal maradt el, míg a 42. napi élősúly 5-8%-kal azokhoz a madarakhoz képest, amik azonnal takarmányhoz jutottak a kelést követően (*De Jong és mtsai, 2017*). A teljesítmény elmaradása mellett azonban további veszteséggel lehet számolni, mivel az elhullás is jelentősen, másfél, kétszeresére nőtt ezeknél a madaraknál. A késleltetett takarmányhoz jutás miatti lemaradás kompenzálására több megoldás is létezik, ezeket összefoglalóan korai takarmányozási módszereknek hívjuk. A korai takarmányozás egyik formája a szállítóládában biztosított takarmány vagy speciális takarmány-kiegészítő (*Edens és mtsai, 1998; Batal és Parsons, 2002*). Egy nemrégiben kidolgozott, új technológia az utókeltetés (bújtató) kihagyása és az előkelteztetett tojások speciális istállóban való elhelyezése, ahol a kelést követően a csibék azonnal takarmányhoz jutnak (*Ven és mtsai, 2013*). A korai takarmányozás további innovatív megoldása a madárembrió külső forrásból származó táplálóanyag ellátása, ezt a módszert hívjuk *in ovo* takarmányozásnak. Az *in ovo* technikát a vakcinázási programok fejlesztése során alkalmazták először az 1980-as években (*Sharma és Burmaster, 1982*), az *in ovo* táplálóanyag ellátás módszerét a 2000-es évek elején dolgozta ki *Uni és Ferket (2004)*. A kutatócsoport számos vizsgálatban igazolta, hogy a szénhidrát-kiegészítés pozitív hatású brojlercsirkék esetében (*Uni és Ferket, 2004; Tako és mtsai, 2004, Uni és mtsai, 2005*). Az *in ovo* szénhidrát-kiegészítést a keltetés végén, általában a 17-19. napon alkalmazzák. Az injektlálás nem rontja a kelési eredményeket, a befulladt embriók száma nem nő. A napos madarak élősúlya sok esetben nagyobb és a későbbi növekedési teljesítmény is jobb, mint a kontroll (nem, vagy csak fiziológiás sóoldattal injektlált) csoportban. Az ide vonatkozó vizsgálatok nem terjedtek ki arra, hogy vajon a keltetőtojások mérete, súlya befolyásolja-e az *in ovo* kezelés hatékonyságát, miközben egy közelmúltban megjelent meta-analízis eredményei ezt sejtetik (*Retes és mtsai, 2018*). Ezért kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy a keltetőtojások berakáskori súlya és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatással van-e a brojlernek növekedési teljesítményére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a hatályos állatvédelmi előírások figyelembevételével, a Somogy Megyei Kormányhivatal Agrárügyi és Környezetvédelmi Főosztály Élelmiszerláncbiztonsági és Állategészségügyi Osztály engedélye alapján (engedélyszám: SO/31/00690-7/2020 (KA-3007) a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani Intézet Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszékén végeztük. A vizsgálatba 1200 db ROSS 308 húshibrid keltetőtojást vontunk be. A tojásokat a keltetőgépbe rakás időontjáig 20 °C alatti hőmérsékleten, kartondobozban 4-6 napig tároltuk, így a tárolás rövidege miatt forgatásra és párasításra nem volt szükség. Az elő- és utókeltelést a technológiai leírás szerint végeztük (Aviagen, 2019) PL Maschine PLM 1350 típusú, 600W fűtőtéljesítményre képes 1350 férőhelyes keltető- és bújtatógépben.

A kísérletbe vont tojásokból két csoportot alakítottunk ki: kis súlyúnak tekintettük az 53-58 g közötti, nagy súlyúnak az 58 g feletti keltetőtojásokat. Az *in ovo* beavatkozást a keltetés 17. napján végeztük, a kis és nagy keltetőtojásokat véletlenszerűen 3 csoportba soroltuk, 2x3-as faktoriális elrendezést kialakítva. A 3 csoport kezelése az alábbi volt: nem kezelt csoport (NK), pozitív kontroll csoport, ahol a tojásokba 0,5 ml 0,9%-os steril NaCl oldatot injektáltunk (ioSó), valamint egy szénhidrát oldattal kezelt csoport, ahol a tojásokba 0,5 ml szénhidrát oldatot (ioCH) juttattunk (10% szacharóz, 10% maltóz, 5% dextrán 0,9%-os steril NaCl oldatban oldva). Az *in ovo* kezeléseknél használt oldatokat az amnionba fecskendeztük az embrió megsértése nélkül *Uni* és *Ferket* (2004) módszere alapján. A tű mérete 21G volt, a műveletet a tojások kézi lámpázóval történő átvilágítása mellett, sterilkamrában végeztük. A beavatkozás előkészítése során a tojáshéj felületét alkoholos vattával áttöröltük, precíziós fúróberendezés segítségével a tojáson 0,2 mm átmérőjű lyukat fúrtunk. Az oldat injektálását követően a furatot műanyag ragasztószalaggal (Cellux) befedtük, majd a tojásokat az utókeltetőbe helyeztük. Az elő- és utókeltetőgép tálcáit a kezeléseknél megfelelően jelöltük. A kikelt naposokat ivaronként szétválasztottuk (szexálás a tollnövekedés intenzitása alapján történt), szárnyjelölővel láttuk el, súlyukat grammnyi pontossággal mértük. A madarakat 36 órával a keltetőből való leszedést követően mélyalmos fülkébe telepítettük, random módon elhelyezve (18 madár/fülke, 9 fülke/kezelés). A jércék és kakasok száma fülkénként közel azonos volt (± 9 jérce/fülke, ± 9 kakas/fülke). A kísérleti terem hőmérsékletét és relatív páratartalmát a tenyésztő cég (Aviagen, 2019) ajánlásának megfelelően állítottuk be.

A kísérleti állatokat a teljesítményvizsgálat során önetetőkből *ad libitum* takarmányoztuk (1 önetető/fülke). Ivóvíz az önitatókból szükség szerint állt rendelkezésre. A nevelési szakaszban kukorica-szója alapú, 3 fázisos takarmányozást alkalmaztunk: inditótáp (dercés) 1-10. életnap, nevelőtáp (granulált) 11-21. életnap, befejezőtáp (granulált) 22-35. életnap között. A keverékek táplálóanyag-tartalma megfelelt a tenyésztő cég ajánlásának (Aviagen, 2019; 1. táblázat). A madarak egyedi élőtmegét a kelés napján, 36 órával a kelést követően, takarmányváltáskor, valamint a kísérlet végén mértük grammnyi pontossággal. Az elhullott madarak szárnyjelölő számát, tömegét, az elhullás idejét és okát az elhullási naplóban feljegyeztük. A brojlerek takarmányfelvételét fülkénként mértük az élőtmeg mérések közötti intervallumokban. A kísérleti időszakban az állatok általános egészségi állapotát folyamatosan ellenőriztük.

A kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalma (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu, energia, Ca, P) az AOAC (1989) ajánlásának megfelelően került meghatározásra. A kémiai vizsgálatokat a MATE Kaposvári Campus Egyetemi Laborközpontja végezte.

1. táblázat

Kísérlet során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma (g/kg)

Összetétel (1)	Indító (1-10. nap) (2)	Nevelő (11-21. nap) (3)	Befejező (22-35. nap) (4)
Kukorica (5)	551	577	601
Kukorica glutén (60%) (6)	32	32	32
Extr. szójadara (44,2 %) (7)	262	230	175
Extr. napraforgó dara (8)	53,5	53,5	75,0
Napraforgó olaj (9)	44,7	55,0	67,0
MCP (10)	18,7	17,5	15,0
Takarmánymész (11)	15,0	13,5	12,2
NaCl	2,7	2,7	2,7
L-Lizin HCl (12)	5,2	4,6	4,3
DL-Metionin (13)	4,5	3,9	3,2
L-Treonin (14)	2,6	2,3	1,8
Ásványi anyag és vitamin premix (15)	5,0	5,0	5,0
Összesen (16)	1000,0	1000,0	1000,0
Táplálóanyag-tartalom (g/kg) (17)			
AMEn (MJ/kg)	12,7	13,1	13,4
Nyersfehérje (18)	230,1	210,2	200,1
Nyerszsír (19)	73,7	86,8	92,9
Nyersrost (20)	29,1	28,6	27,8
Lizin (21)	14,1	12,1	11,2
M+C	10,2	9,0	8,5
Treonin (22)	9,4	8,2	7,8
Triptofán (23)	2,8	2,7	2,5
Ca	10,0	9,0	8,5
P _{összes} (24)	7,4	6,8	6,5
P _{nem-fitin} (25)	5,0	4,5	4,2
Na	1,6	1,6	1,6

Table 1. Diet composition and nutrient content of experimental feeds (g/kg)

composition (1); starter (day 1-10) (2); grower (day 11-21) (3); finisher (day 22-35) (4); corn (5); corn gluten (6); soybean meal (CP 44.2%) (7); sunflower meal (8); sunflower oil (9); mono-calcium phosphate (10); limestone (11); L-Lysine HCl (12); DL-Methionine (13); L-Threonine (14); Mineral and vitamin premix (15); total (16); nutrient content (17); crude protein (18); crude fat (19); crude fibre (20); Lysine (21); Threonine (22); Tryptophan (23); P_{total} (24); P_{non-phytic} (25)

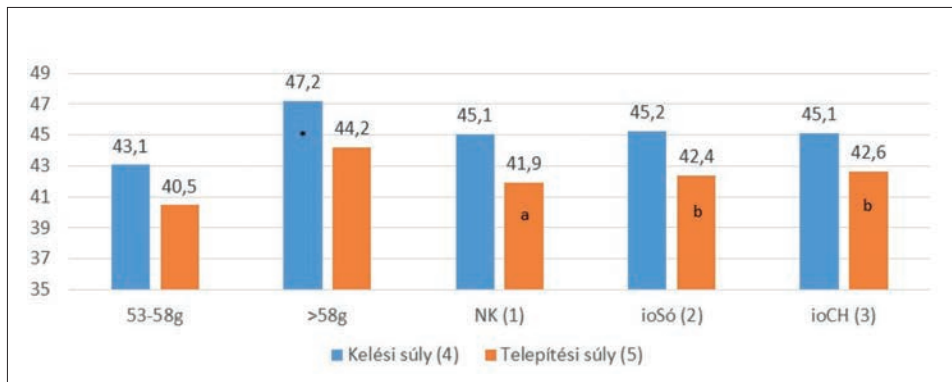
A statisztikai értékelés során Kolmogorov-Szmirnov próbával ellenőriztük az analízisváltozók (élősúlyok, takarmányfelvétel, súlygyarapodás) normalitását. A kétszeres szórástávolságon túl 38 egyed élősúlyát jegyeztük fel, így ezeket kiugró értékeknek tekintettük és kihagytuk az értékelésből. A tojássúly, valamint a kísérleti kezelések hatását kéttényezős variancia-analízissel értékeltük, szignifikáns kezeléshatás esetén a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztük (SAS, 2014).

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az eddigi kutatási eredmények azt mutatják, hogy a késői madárembrió számára biztosított speciális táplálóanyagok, elsősorban szénhidrátok, illetve egyes aminosavak csökkentik a kelés utáni elhullást és hozzájárulnak egy nagyobb növekedési teljesítményhez is. Az ígéretes kutatási eredmények ellenére az *in ovo* takarmányozás még nem terjedt el széles körben a gyakorlatban, de Brazíliában és az USA-ban már vannak olyan keltetők, ahol alkalmazzák a módszert (*El-Sabrouit és mtsai*, 2019). Ennek valószínűleg fő oka az, hogy a kelési % gyakran csökken a beavatkozás hatására.

Az általunk végzett vizsgálatban fő célunk a módszer adaptálása és tesztelése volt. Eredményeink szerint a szénhidrát-kiegészítés pozitív hatású volt a brojlercsirkék élősúlyára az 5 hetes hizlalás teljes időszakában ($p < 0,05$), azonban a kelési arányt a beavatkozás rontotta. Az 1200 berakott tojásból a 10. napon végzett lámpázás alkalmával 89 tojást (7,46%) ki kellett venni a vizsgálatból, mivel 60 db termékletlen, 29 tojás pedig véres volt. A 17. napon végzett lámpázás során további kiesés nem volt. A nem kezelt (NK) csoport esetében a keltethetőség (berakott tojásra) 86,5 és 89,0% volt a kis és nagy tojások esetében, az *in ovo* sóoldatos kezelése esetén 92 és 83%, míg az ioCH csoportnál 75,0 és 78,5%. Az eredmények statisztikai megbízhatóságát nem tudtuk értékelni, mivel kevés tálcáfél állt rendelkezésre ahhoz, hogy kezelésként elegendő kísérleti egységet alakítsunk ki, de a 10% körüli különbség mindenképpen figyelemre méltó. Más szerzők is tapasztalták, hogy a keltethetőséget a szénhidrátoldat bejuttatása csökkentheti (*Pedrozo és mtsai*, 2006; *Leitao és mtsai*, 2008; *Zhai és mtsai*, 2011a), azonban a kelési % nem minden vizsgálatban romlott (*lpek és mtsai*, 2004; *Tako és mtsai*, 2004; *Uni és Ferket*, 2004; *Uni és mtsai*, 2005; *Zhai és mtsai*, 2011b; 2011c; *Shafey és mtsai*, 2012; *Asa és mtsai*, 2022). A madarak élősúlyát a kezelések statisztikailag igazolható mértékben befolyásolták. A keléskori súlyban nem volt különbség, azonban a telepítési súly az *in ovo* szénhidrát kezelésben részesített csoport esetében szignifikánsan nagyobb volt a nem kezelt madarakhoz képest (1. ábra). Az idevonatkozó kutatási eredmények egy része azt mutatja, hogy az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés növeli a napos csibék súlyát (*Uni és Ferket*, 2004; *Zhai és mtsai*, 2011b; 2011c; *Shafey és mtsai*, 2012; *Salmanzadeh és mtsai*, 2012), más eredmények azonban nem erősítik ezt meg (*lpek és mtsai*, 2004; *Leitao és mtsai*, 2008). A pozitív eredményeket a madarak jobb energiaellátásával hozzák összefüggésbe. A kelést követő időszakban ugyanis, míg a napos madarak nem jutnak táplálékhoz és a szűkös glikogén készletek is elfogynak, az energiatermelés egy alternatív útja az izomszövet fehérjéjének bontásából származó glükoplasztikus aminosavak felhasználása. Ez azonban jelentős súlyvesztéssel jár,

1. ábra A tojássúly (53-58 g vs >58 g) és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatása napos csibék élősúlyára keléskor és telepítéskor (g)



NK: negatív kontroll; ioSó: *in ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt; ioCH: *in ovo* szénhidrát-kiegészítés; * a tojássúly szignifikáns hatása, $p < 0,05$; ^{a,b} a különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek, $p < 0,05$

Figure 1. The effect of egg weight and *in ovo* carbohydrate supplementation on body weight of chicken at hatch and housing (g)

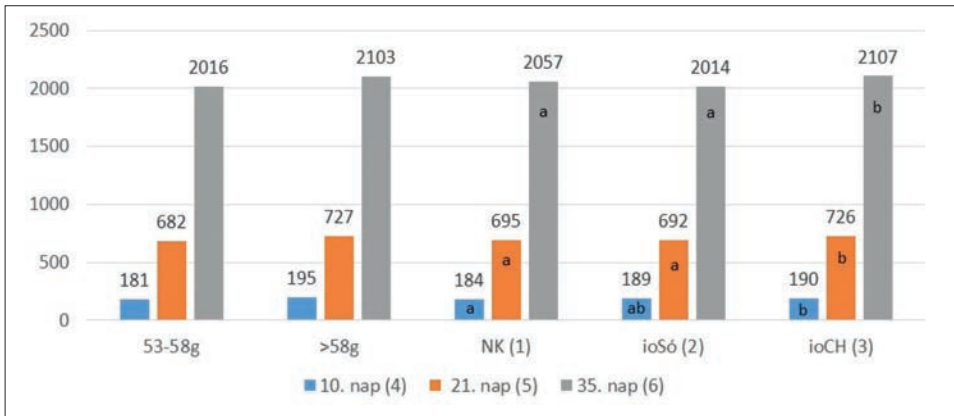
NK: negative control (1); ioSó: *in ovo* physiological saline supplementation (2); ioCH: *in ovo* carbohydrate supplementation (3); weight at hatch (4); weight at housing (5); * effect of egg weight significantly differ, $p < 0.05$; ^{a,b} means with different letters significantly differ, $p < 0.05$

hiszen az izomszövet bontása nem csak a testfehérje, hanem az általa kötött víz mennyiségének elvesztését is jelenti. Amennyiben az embrió a kelést megelőzően szénhidrát-pótlásban részesül, úgy a glikogéntartalékok feltöltésével jelentősen csökkenthető a szervezet fehérje „tartalékától” való függés és ezt az alternatív energianyerési utat nem kell kihasználni a szervezetnek.

Maga az *in ovo* kezelés, azaz a fiziológiás sóoldat tojásba való injektálása is növelte a telepítési súlyt, a madarak a 36 óra takarmányfelvétel késleltetés után statisztikailag igazolhatóan nagyobb súlyúak voltak, mint a nem kezelt csoport egyedei ($p < 0,05$) annak ellenére, hogy a kelési súlyban nem volt különbség ($p > 0,05$). Ez valószínűleg azzal függ össze, hogy a fiziológiás sóoldattal való kezelés jobb hidratáltságot eredményezett, így a madarak keltetőben való felszáradása és a telepítés 36 órás késleltetése következtében a nem kezelt madarakhoz képest nagyobb mértékű volt a test víztartalma. A korai szénhidrát kiegészítés a 10., 21. és a 35. életnapon 4,0, 4,4 és 2,5%-kal nagyobb élősúlyt eredményezett, a nem kezelt csoporthoz képest (2. ábra). Az *in ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt tojásokból kikelt csibék teljesítménye nem különbözött sem a szénhidráttal kezelt, sem pedig az *in ovo* kezelésben nem részesült csoportban mért súlyokhoz képest. Az eredmény megerősíti, hogy a kezdeti nagyobb élősúly a hizlalás teljes idejében előnyt jelenthet a madarak számára.

A keltetőtojás súlya mindvégig befolyásolta a madarak élősúlyát, az 58 grammnál kisebb súlyú tojásokból kelt madarak a hizlalás teljes idejében elmaradtak az 58 grammnál nagyobb súlyú tojásból kelt társaikhoz képest. Interakciót csak a telepítési súly esetén tapasztaltunk a kísérleti kezelések és a tojás súly között.

2. ábra A tojássúly (53-58 g vs >58 g) és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatása a brojlerek élősúlyára a hizlalás során (g)



NK: negatív kontroll; ioSó: *in ovo* fiziológias sóoldattal kezelt; ioCH: *in ovo* szénhidrát-kiegészítés; $p < 0,05$; ^{a,b} a különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek, $p < 0,05$

Figure 2. The effect of egg weight and *in ovo* carbohydrate supplementation on body weight of broilers during the fattening (g)

NK: negative control (1); ioSó: *in ovo* physiological saline supplementation (2); ioCH: *in ovo* carbohydrate supplementation (3); day 10 (4); day 21 (5); day 35 (6); ^{a,b} means with different letters significantly differ, $p < 0,05$

A szénhidrát-kiegészítés elsősorban a nagy súlyú tojások esetében okozott nagyobb telepítési súlyt, az 58 g alatti tojásokból kelt madarak esetében a különbség csekély mértékű volt. *Duman és Sekeroglu* (2017) vizsgálataiban a keltetőtojások súlya a kelési súlyt és az 1. élethéten mért élősúlyt szignifikánsan befolyásolta, azonban ez a későbbiekben már nem volt kimutatható. *Petek és mtsai* (2003) valamint *Nazligül és mtsai* (2005) fürjeknél igazolták, hogy a tojássúly és a hizlaláskori élősúly pozitív korrelációban áll. *Tahir és mtsai* (2011) több genotípus adatait feldolgozva arra a következtetésre jutottak, hogy a keltetőtojások illetve a napos csibe súlyának különbsége 7-10-szeres különbséget jelent a vágási súly tekintetében. Eredményeink ezt az arányt jelentősen túlszárnyalták, a mi vizsgálatunkban a 4 g kelési súlyban mért különbség 100 grammra növekedett a 35. életnapon.

Az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés kedvező hatása a fejlődő madárembrió táplálóanyag felhasználásának változásával magyarázható. A kelés első hetében intenzív szénhidrát felhasználás történik, a második héten elsősorban a fehérjét, a harmadikon pedig főleg a zsírt használja fel az embrió. A szik szénhidrátkészlete az első héten szinte teljesen kiürül, így a kelés második felében a májban és az izmokban raktározódó glikogén nem a szik tartalékaiból, hanem glükoneogenezisből származik (*Halas*, 2019). A kelés utolsó szakasza a tojásból való kibújás, ehhez a madárnak jelentős izommunkát kell végezni. A kopogtatásban szerepet játszó izmok kizárólag nagy glikolitikus kapacitással rendelkező izmok, olyanok, melyek glükózellátása bőséges. A májban és az izmokban felhalmozott glikogén döntően a tojásból feltörésekor használandó fel. A glikogénkészletek teljes kimerülése a kelést

követően azért kritikus, mert, ha a napos madarak nem jutnak táplálékhoz, akkor a szervezetük csak a sziktömlőben tartalékolt zsírsavakat tudja energianyérésre használni. Ismert, hogy a szik 25-35%-a az embrió fejlődése során felhasználatlan marad, a sziktömlő kibújás előtt a csibe testébe záródik és tartalék tápanyagot szolgáltat a kikelés és az első takarmányhoz jutás közötti időszakban. A zsírsavak oxidációja azonban csak akkor maradéktalan, ha megfelelő glükóz mennyiség is rendelkezésre áll, mivel a zsírsavak lebontása ketonanyagok felszaporodásával jár együtt. Az *in ovo* szénhidrát-kiegészítéssel a szervezet glükózkészleteit töltjük fel, ezzel segítve a kelés utáni energiaháztartás optimális működését.

Az embrió glikogénkészleteinek feltöltöttsége meghatározó a kelés utáni időszakban mindaddig, amíg a madár takarmányhoz jut. Az izmokban és a májban tárolt glikogén gyorsan felhasználható energiaforrást jelent, amire nagy szüksége van a napos baromfinak, mert az általános gyakorlat szerint a kelést követően a szállítás miatt sokszor 36-72 óra elteltével jutnak csak táplálékhoz (Kornasio és *mtsai*, 2011). Mivel a kelés során az izmokban tárolt glikogén javarészt felhasználódik az izommunkához szükséges ATP szintézisben, ezért abban az időszakban, mikor nem jutnak táplálékhoz, a madarak túlélését szinte kizárólag a máj glikogén (és a sziktömlő zsírsav) tartalékai segítik. Glükózt glikogénből és zsírból tud előállítani a szervezet. Amennyiben szükség van rá, az izomfehérje bontásából rendelkezésre álló aminosavak is részt vesznek a glükoneogenezisben, sőt baromfinál a glikolízis mellett ez az egyetlen glükózforrás azelőtt, hogy a madár takarmányt venne fel (Viera és Moran, 1999a, b). A fentiekből következik, hogy a madárembrío fejlődése és táplálóanyag felhasználása során a szénhidrátkészletek kimerülése jelenti a legnagyobb kihívást. Limitált glikogénraktárak esetén a késői embrió az izmokból mobilizál glükoplasztikus aminosavakat a glükoneogenezishez, így jelentősen visszaesik a növekedés üteme és kisebb súlyú, esetleg gyengébb madár kel ki a tojásból. Kísérleti adatok igazolják, hogy szénhidrátot (maltóz, szacharóz, dextrin, hidroximetilbutirát) tartalmazó oldat tojásba való injektálása javítja a napos madarak súlyát és mellizom arányát (Uni és Ferket, 2004; Uni és *mtsai*, 2005; Foye és *mtsai*, 2006). A szénhidrát-kiegészítés többféle módon is támogatja az embrió fejlődését. Egyrészt pótolja a máj glikogént, így keléskor nagyobb lesz a napos madarak hepatikus szénhidrát tartaléka (Uni és *mtsai*, 2005), másrészt támogatja a bélhám, a bélbolyhok morfológiai fejlődését és érését (Tako és *mtsai*, 2004). Ez azt jelenti, hogy a jobb energiaellátás következtében növekszik a bélhám felszívó felülete, sőt Smirnov és *mtsai* (2006) vizsgálataiban a mucin szintézist szabályozó gén expressziója is erősebb volt keléskor, ha *in ovo* szénhidrát-kezelést alkalmaztak. A kezdeti előnyt a madarak a hizlalás alatt is megtartják (Uni és Ferket, 2004; Uni és *mtsai*, 2005). Ez annak köszönhető, hogy növekszik az izomszövetben a mioblasztok száma, aminek következtében intenzívebb a mellizomzat kezdeti fejlődése és később a vágáskori mellhús arány is. Az *in ovo* takarmányozásnak akkor van különösen nagy jelentősége az izomsejtek számának növekedése szempontjából, ha a madarak a kelést követő 36 órában nem jutnak táplálékhoz (Kornasio és *mtsai*, 2011).

A kísérleti kezelések hatását a madarak átlagos napi súlygyarapodására, takarmány fogyasztására és a fajlagos takarmányértékesítésre a 2. táblázat mutatja be. A nagyobb tojásból kelt madarak súlygyarapodása a kísérlet teljes ideje alatt megmutatkozott. Az indító szakaszban 1,1 g, a nevelő és befejező szakaszban

2,8-2,9 g volt a napi súlygyarapodásban a nagy tojásból (58 g<) kelt madarak előnye az 58 g alatti súlyú tojásból kelt társaikhoz képest. Az első 10 napban a keltetés alatti kezelések hatását nem tudtuk statisztikailag igazolni, azonban a nevelő és befejező szakaszokban igen. A hizlalás során az átlagos napi súlygyarapodásban a két *in ovo* kezelésben részesült csoport között szignifikáns különbség volt, a sóoldattal kezelt madarak növekedési intenzitása elmaradt a szénhidráttal kezelt csoporttól (nevelő szakaszban 6,3%, a befejező szakaszban 4,5% különbség; $p < 0,05$). A nem kezelt csoport madarai az *in ovo* kezeltéktől statisztikailag nem különböztek.

A kis és nagyobb súlyú keltetőtojásoknak élősúlyokban és a napi súlygyarapodásban érvényesült különbsége a takarmányfelvételben is megmutatkozik. Az 58 g feletti súlyú tojásokból kelt madarak 2,0-4,6%-kal több takarmányt fogyasztottak (indító: 4,6%, nevelő: 2,0%, befejező: 3,9%), mint a kis súlyú tojásokból kelt társaik ($p < 0,05$). Az indító szakaszban statisztikailag igazolható különbséget tudunk kimutatni a nem kezelt és a sóoldattal kezelt csoport takarmányfelvételében, de a későbbiekben a kezelések hatása már nem volt igazolható.

2. táblázat

A tojássúly és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatása a brojlerek növekedési teljesítményére a hizlalás különböző szakaszaiban

	Tojássúly (TS) (1)		Kezelés (K) (2)			RMSE	p-érték (3)		
	53-58g	58g<	NK (7)	ioSó (8)	ioCH (9)		TS	K	TS x K
átlagos napi súlygyarapodás (g/nap) (4)									
1-10. nap	14,00x	15,11y	14,18	14,67	14,83	3,85	<0,001	0,11	0,49
11-21. nap	45,54x	48,29y	46,49ab	45,69a	48,55b	10,6	0,002	0,004	0,77
22-35. nap	94,14x	97,05y	95,47ab	93,55a	97,77b	13,77	0,002	0,001	0,21
átlagos napi takarmány felvétel (g/nap) (5)									
1-10. nap	19,5x	20,3y	19,2a	20,4b	20,2ab	1,4	0,02	0,02	0,98
11-21. nap	66,3	67,6	67,9	66,0	67,0	5,6	0,38	0,61	0,86
22-35. nap	138,1x	143,4y	139,6	139,7	144,2	8,6	0,02	0,11	0,52
takarmányértékesítés (kg/kg) (6)									
1-10. nap	1,60	1,56	1,56	1,60	1,57	0,12	0,24	0,53	0,32
11-21. nap	1,68	1,60	1,68	1,66	1,59	0,06	0,38	0,61	0,86
22-35. nap	1,72	1,70	1,70	1,73	1,70	0,06	0,44	0,31	0,93

NK: negatív kontroll; ioSó: *in ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt; ioCH: *in ovo* szénhidrát kiegészítés; ; ^{x,y} a tojássúly szignifikáns hatása, $p < 0,05$; ^{a,b} a különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek, $p < 0,05$

Table 2. The effect of egg weight and *in ovo* carbohydrate supplementation on the growth performance of broilers in different periods of fattening

egg weight (1); treatment (2); p-value (3); average daily gain (g/day) (4); average daily feed intake (g/day) (5); feed conversion ratio (kg/kg) (6); NK: negative control (7); ioSó: *in ovo* physiological saline supplementation (8); ioCH: *in ovo* carbohydrate supplementation (9); x, y significant effect of egg weight, $p < 0,05$; a, b means with different letters significantly differ, $p < 0,05$

A szénhidrát kiegészítésben részesült madarak takarmányfelvétele nem különbözött a nem kezelt csoportétól, a takarmányértékesítést a kísérleti kezelések nem befolyásolták ($p > 0,05$). A takarmányértékesítést sem a keltetőtojások súlya, sem a kezelések nem befolyásolták. A fajlagos takarmányfelhasználás az indító, a nevelő és a befejező szakaszokban átlagosan 1,58 kg/kg, 1,64 kg/kg és 1,71 kg/kg volt, ami a Ross 308 hibridre jellemző, kiváló takarmányértékesítő képességet mutatja.

Számos vizsgálat megerősíti, hogy *in ovo* glükóz-kiegészítés következtében a naposcsibék súlya és súlygyarapodása szignifikánsan nagyobb a kontrollmadarakhoz képest és a kezelés a takarmányértékesítésre is hatással lehet (*Uni és Ferket*, 2004; *Uni és mtsai*, 2005; *Foye és mtsai*, 2006; *Salmanzadeh és mtsai*, 2012). Ezt az eredményt adataink a madarak gyarapodása és élősúlya vonatkozásában igazolták. Az idevonatkozó vizsgálatok alapján a pozitív hatás többek között a bélben végbemenő strukturális változásoknak köszönhető. Speciális szénhidrátkeverék (maltóz, szacharóz és dextrin)-oldat a keltetés 18. napján, amnionba történő adagolásával intenzívebbé vált a bélbolyhok növekedése *Tako és mtsai* (2004) vizsgálatában. Ugyanezen kísérletben az injektálást követő 3. napon (keléskor) a napos madarak vékonybelének szövettani vizsgálata igazolta, hogy a bélbolyhok hossza, szélessége, és felszíne szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoportban mérhető értékekhez képest. Ezek a különbségek a kelést követő 3. napon még kifejezettebbé váltak. A keltetés során alkalmazott szénhidrát-kiegészítés következtében a kezelt madarak testtömege a 10. életnapon nagyobb volt, mint a kontroll madaraké. Egy másik vizsgálatban a szerzők a szénhidrát-kiegészítés génextpresszióra gyakorolt hatásáról számolnak be. *Bhanja és mtsai* (2014) a keltetés 14. napján a szikttömlőbe injektáltak szénhidrátoldatot (100 mg/ml glükóz oldat). Ennek hatására a kelés napján, valamint az 1. életnapon a növekedést befolyásoló hormonok vagy hormonszerű anyagok termeléséért felelős gének fokozottabb expresszióját mérték (növekedési hormon, cGH – chicken growth hormone; inzulin típusú növekedési faktor, IGF II – insuline-like growth factor), valamint egyes, immunfunkciókban szerepet játszó gének működésében is találtak különbséget (interleukinek: IL-6 és IL-10) a nem kezelt csoporthoz képest. Ribóz esetében a celluláris immunválaszban szerepet játszó interleukinek és interferon gamma (IL-2, IL-12, IFN- γ) termelődést szabályozó gének fokozottabb expressziója volt megfigyelhető (*Bhanja és mtsai*, 2014).

A kísérleti adataink elemzése során a tojássúly x kezelés interakció a telepítési súlyt kivéve egyik vizsgált paraméter esetében sem volt szignifikáns, vagyis elmondható, hogy a kis és nagyobb súlyú tojásoknál a kezelések azonos módon befolyásolták az eredményeket.

A 35 napos hizlalás során a kelést követő takarmányfelvétel késleltetése nem okozott jelentős elhullást a madarak között. A mortalitás átlagosan 2,2% volt, ami a csoportok tekintetében nem különbözött. Bár az elhullásban nem volt szignifikáns különbség, azonban a csoportok homogenitásában igen. A tojások méretétől függetlenül a nem kezelt csoportban a morbiditás, mely a készeres szórásértéken kívül eső egyedek arányával fejeztünk ki, statisztikailag igazolhatóan magasabb volt, mint a két *in ovo* kezelésben (3. ábra). Ez az adat felhívja a figyelmet arra, hogy a korai táplálóanyag-kiegészítésnek fontos szerepe lehet a homogénebb állomány kialakításában, ami a madarak vágóhídi értékesítése során is előnyt jelent. Az állomány nagyobb szórását általában a gyengébb egész-

3. ábra A tojássúly és az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés hatása az elhullott vagy az élősúly tekintetében a kétszeres szórásértéken kívül eső madarak arányára a 35 napos vizsgálat alatt

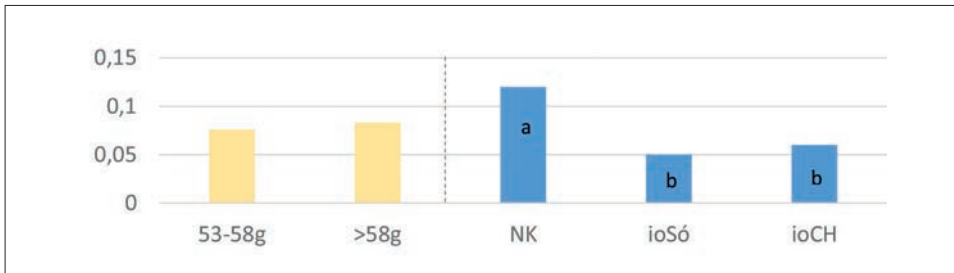


Figure 3. The effect of egg weight and *in ovo* carbohydrate supplementation on rate of culling during the 35 days trial, including mortality and rate of birds excluded because being out of the range of 2 times standard deviation

ségi állapottal hozzák összefüggésbe, így az uniformitás növelése a gyakorlati tapasztalatok szerint profítnövekedéssel jár együtt (Madsen és Peterson, 2010; Hughes és mtsai, 2017).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az elérhető publikációk alapján az *in ovo* táplálóanyag-ellátás ígéretes technológiának tűnik a hústípusú baromfi vitalitásának és teljesítményének optimalizálására. A módszer előnye, hogy a kezelés során természetes táplálóanyagokat juttatunk a madárembrío számára a késői embriófejlődési fázisban, ami hosszú távú előnyt jelent a nevelés során is, miközben a módszer állategészségügyi és élelmiszerbiztonsági kockázatot nem jelent. A tojások *in ovo* vakcinázása a gyakorlatban is alkalmazott, az *in ovo* táplálóanyag-ellátás szabadalommal védett technológia. Az utóbbi azonban még nem terjedt el széles körben és számos kérdés tisztázásra vár. Az *in ovo* technikát sikeresen alkalmaztuk a vizsgálataink során. Eredményeink alapján elmondható, hogy ha az első takarmányhoz jutás a kelés után 36 órával megvalósul, akkor az *in ovo* szénhidrát-kiegészítés bár ronthatja a kelési eredményeket, de előnyt jelent a hizlalás során. A nagyobb keltetőtojásokból nagyobb súlyú csibék kelnek, az *in ovo* szénhidrátkezelés hatása azonban független a tojások és a madarak kelési súlyától.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 azonosítószámú „Klimatikus változásokhoz adaptált növénytermesztési és állattenyésztési technológiák fejlesztése a fenntartható mezőgazdaság és a minőségi élelmiszer-előállítás megvalósítása érdekében, intenzív termelési környezetben.” című pályázat keretében valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Asa, M. N. – Chamani, M. – Mousavi, S. N. – Sadghi, A-A. – Foroudi, A. (2022): The effect of the *in ovo* injection of some carbohydrates and antioxidants on incubating parameters, blood and immunological parameters, intestinal morphometry and post-hatching production performance in broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.*, 21. 749-763.
- Aviagen (2019): Ross Broiler Management Handbook
- Batal, A. - Parsons, C. (2002): Effect of fasting versus feeding oasis after hatching on nutrient utilization in chicks. *Poult. Sci.*, 81. 853–859.
- Bhanja, S. K. - Sudhagar, M. - Goel, A. - Pandey, N. - Mehra, M. - Agarwal, S. K. (2014): Differential expression of growth and immunity related genes influenced by *in ovo* supplementation of amino acids in broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci.*, 59. 399-408.
- De Jong, I. C. - van Riel, J. - Bracke, M. B. M. - van den Brand, H. (2017): A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *Plos One*, <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0189350>
- Duman, S. - Sekeroglu, A. (2017): Effect of egg weights on hatching results, broiler performance and some stress parameters. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 19. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0372>
- Edens, F. E. - Doeder, R. E. - Cain, L. D. - Giesen, A. F. (1998): Pre-feeding of a navel hydrated nutritional supplement (oasis) improve early performance in turkey poults. *Poult. Sci.*, 77. 141.
- El-Sabrou, K. – Ahmad, S. - El-Deek, A. (2019): The *in ovo* feeding technique as a recent aspect of poultry farming. *J. Anim. Health Prod.*, 7. 126-130.
- Foye, O. T. - Uni, Z. - Ferket, P. R. (2006): Effect of *in ovo* feeding egg white protein, β -hydroxy- β -methylbutyrate, and carbohydrates on glycogen status and neonatal growth of turkeys. *Poult. Sci.*, 85. 1185-1192.
- Halas, V. (2019): *In ovo* és *in utero* takarmányozás. In: *Babinszky, L. – Halas, V. (Szerk.) Innovatív takarmányozás. Akadémiai Kiadó, Budapest, 507-522.*
- Hughes, R. J. - Heberle, N. – Barekatin, R. – Edwards, N. – Hynd, P. I. (2017): Flock uniformity - is it important and how is it assessed? *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium*, 28. 93-96.
- Ipek, A. - Sahan, U. - Yilmaz, B. (2004): The effect of *in ovo* ascorbic acid and glucose injection in broiler breeder eggs on hatchability and chick weight. *Arch. Geflügelkd.*, 68. 132–135.
- Kornasio, R.O. - Halevy, O. – Kedar, M. – Uni, Z. (2011): Effect of *in ovo* feeding and its interaction with timing of first feed on glycogen reserves, muscle growth, and body weight. *Poult. Sci.*, 90. 1467-1477.
- Leitão, R. A. - Leandro, N. S. M. – Café, M. B. – Stringhini, J. H. – Pedroso, A. A. - Chaves, L.d. S. (2008): Inoculação de glicose em ovos embri onados de frango de corte: Parâmetros de incubação e desempenho inicial. *Cienc. Anim. Bras.*, 9. 847–855.
- Masden, T. G. – Petron, J. R. (2010): Importance of flock uniformity - how can we improve it in broilers? *Pluimvee Poultry Bulletin* 2010 No. June. 10-12.
- Nazlıgül, A. – Türkyılmaz, M. K. – Bardakçioğlu, H. E. (2005): Effects of hatching egg weight on hatching chick weight, posthatching growth performance and livability in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 31. 33-40.
- Panda, A. K. - Bhanja, S. K. - Shyam-Sunder, G. (2015): Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poult. Sci. J.*, 71. 285-296.
- Pedroso, A. A. - Chave, L. S. - Lopes K. L. A. M. – Leandro, N. S. M. - Café, M. B. - Stringhini, J. H. (2006): Inoculação de nutrientes em ovos de matrizes pesadas. *Rev. Bras. Zootec.*, 35. 2018-2026.
- Petek, M. – Baspina, r H. – Ogan, M. (2003): Effects of egg weight and length of storage on hatchability and subsequent growth performance of quail. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 33. 242-247.

- Retes, P. L. - Clemente, A. H. S. - Neves, D. G. - Esposito, M. - Makiyama, L. - Alvarenga, R. R. - Pereira, L. J. - Zangeronimo, M. G. (2018): In ovo feeding of carbohydrates for broilers-a systematic review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 102. 361-369.
- Ricks, C. A. - Avakian, A. - Bryan, T. - Gildersleeve, R. - Haddad, E. - Ilich, R. - King, S. - Murray, L. - Phelps, P. - Poston, R. - Whitfill, C. - Williams, C. (1999): In ovo vaccination technology. *Adv. Vet. Med.*, 41. 495-515.
- Salmanzadeh, M. - Ebrahimnezhad, Y. - Shahryar, H. A. - Beheshti, R. (2012): The effects of in ovo injection of glucose and magnesium in broiler breeder eggs on hatching traits, performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. *Arch. Geflügelkd.*, 76. 277-284.
- SAS (2014) SAS user's guide: Statistics, Version 9.4. edn. Cary, N.C. USA, SAS Inst. Inc
- Shafey, T. M. - Alodan, M. A. - Al-Ruqaie, I. M. - Abouheif, M. A. (2012): In ovo feeding of carbohydrates and incubated at a high incubation temperature on hatchability and glycogen status of chicks. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 42. 210-220.
- Sharma, J. M. - Burmester, B. R. (1982) Resistance of Marek's disease at hatching in chickens vaccinated as embryos with the turkey herpesvirus. *Avian Dis.*, 26. 134-144.
- Smirnov, A. - Tako, E. - Ferket, P. R. - Uni, Z. (2006): Mucin gene expression and mucin content in the chicken intestinal goblet cells are affected by in ovo feeding of carbohydrates. *Poult. Sci.*, 85. 669-673.
- Tahir, M. H. - Cervantes, H. - Farmer, C.W. - Shim, M. Y. - Pesti, G. M. (2011): Broiler performance, hatching egg, and age relationships of progeny from standard and dwarf broiler dams. *Poult. Sci.* 90. 1364-1370.
- Tako, E. - Ferket, P. R. - Uni, Z. (2004): Effects of in ovo feeding of carbohydrates and β -hydroxy β -methylbutyrate on the development of chicken intestine. *Poult. Sci.*, 83. 2023-2028.
- Uni, Z. - Smirnov, A. - Sklan, D. (2003): Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: effect of delayed access to feed. *Poult. Sci.*, 82. 320-327.
- Uni, Z. - Ferket, R. P. (2004): Methods for early nutrition and their potential. *World's Poult. Sci.*, 60. 101-111.
- Uni, Z. - Ferket, P. R. - Tako, E. - Kedar, O. (2005): In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poult. Sci.*, 84. 764-770.
- Uni, Z. - Tako, E. - Gal-Garber, O. - Sklan, D. (2005): Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. *Poult. Sci.*, 82. 1747-1754.
- Ven, L. J. F. - Wagenberg, A. V. - Decuypere, E. - Kemp, B. - Brand, H. (2013): Perinatal broiler physiology between hatching and chick collection in 2 hatching systems. *Poult. Sci.*, 92. 1050-1061.
- Vieira, S. L. - Moran, E. T. (1999a): Effect of egg origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poult. Sci. J.*, 56. 125-142.
- Vieira, S. L. - Moran, E. T. (1999b): Effects of delayed placement and used litter on broiler yields. *J. Appl. Poult. Res.*, 8. 75-81.
- Zhai W. - Rowe D. E. - Peebles E. D. (2011a): Effects of commercial in ovo injection of carbohydrates on broiler embryogenesis. *Poult. Sci.*, 90. 1295-1301.
- Zhai, W. - Bennett, L. W. - Gerard, P. D. - Pulikanti, R. - Peebles, E. D. (2011b): Effects of in ovo injection of carbohydrates on somatic characteristics and liver nutrient profiles of broiler embryos and hatchlings. *Poult. Sci.*, 90. 2681-2688.
- Zhai, W. - Gerard, P. D. - Pulikanti, R. - Peebles, E. (2011c): Effects of in ovo injection of carbohydrates on embryonic metabolism, hatchability, and subsequent somatic characteristics of broiler hatchlings. *Poult. Sci.*, 90. 2134-2143.

Érkezett: 2022. március

Szerzők címe: Halas V. – Gonodai V. – Tossenberger J. – Tischler A. – Szeli N. – Kacsala L. – Ács V.

MATE, Kaposvári Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet
Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Science, Institute of
Animal Science, Department of Farm Animal Nutrition, Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba S. út 40.
halas.veronika@uni-mate.hu

Áprily Sz. – Kirner I. – Miklós F.

MATE, Kaposvári Campus, Állattenyésztési Intézet Precíziós Állattenyésztési
és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék
Hungarian University of Agriculture and Life Science, Institute of Animal
Science, Department of Precision Livestock Farming and Animal Biotechnics,
Kaposvári Campus
H-7400 Kaposvár, Guba S. út 40.

Nagy J.

AVI-VET Kft.

AVI-VET Ltd.

H-7400 Kaposvár, Beszédes József út 42.

A DIREKT ÉS AZ ANYAI GENETIKAI HATÁS KAPCSOLATA LIMOUSIN APASÁGÚ BORJAK VÁLASZTÁSI SÚLYÁBAN

SZABÓ FERENC – MÁRTON JUDIT – SZÚCS MÁRTON – ANTON ISTVÁN –
ZSOLNAI ATTILA – BENE SZABOLCS

ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők munkájuk során limousin fajtájú borjak választási súlyának populációgenetikai paramétereit, direkt és anyai tenyésztékét és genetikai trendjét értékelték. Összesen 19764 egyed - ebből 15437 fajtatiszta limousin és 4327 limousin és magyar tarka keresztezett (F_1 , R_1) borjú - adatát dolgozták fel, amelyek 44 magyarországi tenyészetből, 241 apától származtak. A populációgenetikai paraméterek becslésére DFREML és MTDFREML szoftvereket, a tenyésztékbecslésre BLUP egyedmodellrel használtak. A genetikai trendet súlyozott lineáris regressziós modellel vizsgálták. Az eredmények szerint az anyai öröklődhetőségi értékek ($h^2_m = 0,29 \pm 0,03$, ill. $0,32 \pm 0,10$) hozzávetőlegesen fele akkorák voltak, mint a direkt öröklődhetőség ($h^2_d = 0,63 \pm 0,05$, ill. $0,68 \pm 0,12$). A direkt és az anyai hatás kovarianciája, ezzel együtt a két hatás közötti genetikai korrelációs együttható ($r_{dm} = -0,80 \pm 0,03$, ill. $-0,96 \pm 0,07$) is szoros erősségűnek és negatív irányúnak bizonyult. A direkt és az anyai tenyészték közötti Spearman-féle rangkorrelációs együttható fajtatiszta állományban ($r_{rang} = -0,33$; $p < 0,01$) közepes erősségű, negatív előjelű, míg keresztezett állomány esetében ($r_{rang} = -0,99$; $p < 0,01$) szoros erősségű negatív irányú volt. A limousin borjak választási súlyának genetikai trendje mind a direkt, mind az anyai tenyészték alapján a vizsgált időszakban stagnáló jelleget mutatott ($b = +0,01$, ill. $+0,19$ kg/év).

SUMMARY

Szabó, F. – Márton, J. – Szűcs, M. – Anton, I. – Zsolnai, A – Bene, Sz.: RELATIONSHIP BETWEEN DIRECT- AND MATERNAL GENETIC EFFECT ON WEANING WEIGHT OF LIMOUSIN SIREBEEF CALVES

The aim of the study was to estimate the weaning weight direct and maternal breeding value of Limousin sires, the relationship between them, and the genetic trend based on the two kind of breeding values in Hungary. Population genetic parameters, direct and maternal breeding value, genetic trend in weaning weight of Limousin beef cattle calves were estimated. Data of 19764 calves - 15437 purebred Limousin and 4327 Limousin x Hungarian Simmental crossbred (F_1 , R_1) - were computed. Calves in question came from 44 herds and from 241 sires. DFREML and MTDFREML softwares were used for the estimation of population genetic parameters, BLUP animal model for breeding value estimation. Weighted linear regression models were used for describing genetic trends. There were no differences in variance components and other population genetic parameters between purebred (M1 model) and crossbred (M2 model) population. The maternal heritability ($h^2_m = 0,29 \pm 0,03$; $0,32 \pm 0,10$) was approximately half of the direct heritability ($h^2_d = 0,63 \pm 0,05$; $0,68 \pm 0,12$). The direct-maternal genetic covariance was negative, the direct-maternal genetic correlation coefficients ($r_{dm} = -0,80 \pm 0,03$ and $-0,96 \pm 0,07$) were strong negative. The Spearman rank correlation between direct and maternal breeding value in purebred population was moderate and negative ($r_{rang} = -0,33$; $p < 0,01$) in crossbred population strong and negative ($r_{rang} = -0,99$; $p < 0,01$). The genetic trend of weaning weight of purebred and crossbred Limousin calves appeared by direct and maternal breeding value of sires and that of the whole population were stagnant during the examined period ($b = +0,01$ to $+0,19$ kg/year). The negative relationship between direct and maternal genetic effect call attention to the importance of maternal breeding value. In a case when breeders don't take the maternal breeding value into consideration, and practically select sires on their direct breeding value, the weaning performance of grand-offspring will decrease and no genetic progress can be forecasted in the weaning weight of beef calves.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A húsmarhatenyésztésben a borjú választási súly fontos értékmérő tulajdonság. Alakulása a borjú öröklött növekedési erélye mellett elsősorban az anyja tejtermelésétől függ. Vagyis a borjak választási súlya anyjuk borjúnevelő képességére utal, ugyanakkor a választott borjú a tehéntartás egyetlen hozama, vagyis a végterméke is. A borjú kellő növekedéséhez, genetikai képességének kihasználásához, a nagy választási súly eléréséhez megfelelő mennyiségű tejet kell szopnia az anyjától. Mivel a húshasznosítású tehenek tejtermelésének mérése nem egyszerű feladat, a borjú választási súlya alkalmas lehet a tejtermelő-képesség kifejezésére, így alapjául szolgálhat a tejtermelés növelésére irányuló szelekciónak is. *MacNeil és mtsai* (2006) vizsgálati eredménye szerint a húshasznosítású tehenek tejtermelésének növelésére irányuló szelekció a borjú választási súlya alapján csaknem olyan hatékony volt, mint közvetlenül a tej mennyisége alapján végzett szelekció. Ha a borjú választási súlyának növelése érdekében folytatunk szelekciót - ennek megfelelően választunk ki továbbtenyésztésre tenyészbika jelölteket -, akkor nem elegendő a jelöltek direkt genetikai hatását figyelembe venni, hanem célszerű tekintettel lenni az anyai genetikai hatásra is.

A választási tulajdonságok javítására irányuló szelekció hatékonysága elsősorban a választási súly genetikai meghatározottságától függ. Azonban a tenyész kiválasztás során nemcsak a direkt genetikai hatást, azaz az öröklött gének összességének hatását, hanem az anyai genetikai hatást, azaz az anya genetikailag meghatározott környezethatását is célszerű figyelembe venni.

A tehenek tejtermelését, valamint a borjak növekedési erélyét - illetve ezek eredőjéből a borjak választási súlyát - számos tényező (hatás) befolyásolhatja. Ilyen tényező lehet a fajta, a környezeti hatások, mint a tenyészet, a takarmányozás, az évszak, az anyai ösztönök, az egyedek közti különbségek, vagy a borjak ivara. A különböző húshasznosítású szarvasmarha fajták választási eredményeinek értékelésével számos korábbi forrásmunka foglalkozott (*Szabó és mtsai*, 2005, 2012, 2013). A hazai állományokban kapott legfontosabb eredményeket (*Kovács és mtsai*, 1993; *Tózsér és mtsai*, 1996; *Gáspárdy és mtsai*, 1998; *Zándoki és mtsai*, 2003; *Nagy és mtsai*, 2004; *Bene és mtsai*, 2006; 2007), valamint *Kurucz és Bene* (2017) részletesen bemutatták, így azok megisméltetésétől itt eltekintünk.

Számos szakirodalmi forrásmunka szerint a húshasznosítású borjak adott életkorra korrigált választási súlya gyengén, vagy közepesen öröklődő tulajdonság (*Koury Filho és mtsai*, 2010; *Chud és mtsai*, 2014). *Montaldo és Kinghorn* (2003) több húsmarhafajta esetében azt találták, hogy amíg a választási tulajdonságok direkt öröklődhetősége (h^2_d) közepes, addig az anyai öröklődhetősége (h^2_m), nullához közeli volt. *Meyer* (1998) vizsgálata szerint ausztrál többfajtás állományban a választási súly direkt öröklődhetőségi értéke 0,12-0,28, az anyai öröklődhetőségi értéke 0,01-0,14 volt. Ehhez hasonló adatokat ($h^2_d = 0,21$; $h^2_m = 0,13$) közöltek *Boligon és mtsai* (2018) nellore populációban. *Tilki és mtsai* (2008) a direkt öröklődhetőségre 0,15, az anyai öröklődhetőségre 0,06 értéket közöltek brown swiss populációra vonatkozóan. *Martínez és mtsai* (2016) 0,24-0,47 közötti direkt, 0,15-0,21 anyai öröklődhetőségi értékeket találtak brahman zebu populációban. *Keeton és mtsai* (1996) limousin fajtában $h^2_d = 0,53$ és $h^2_m = 0,18$, *Van Vleck és mtsai* (1996) charolais fajtában $h^2_d = 0,16$ és $h^2_m = 0,12$, *Lee és mtsai* (1997) szimentáli fajtában

$h^2_d = 0,21$ és $h^2_m = 0,09$, illetve *Splan és mtsai* (1998) keresztezett állományban $h^2_d = 0,16$ és $h^2_m = 0,34$ értékeket számoltak. Az említett publikációk megerősítik, hogy a húshasznosítású borjak választási súlya direkt módon gyengén vagy közepesen öröklődő tulajdonság, amelynek értékei azonban nagyobbak az anyai öröklődhetőségi értékeknél.

Számos publikáció közölt adatokat a direkt és anyai genetikai hatás kapcsolatról. *Tilki és mtsai* (2008) a direkt és az anyai hatás közötti genetikai korrelációt (r_{dm}) szoros és negatív értékűnek (-0,92) találták. Ezzel szemben *Penasa és mtsai* (2012) szerint a r_{dm} értéke brown swiss borjak születési súlyában az előzőknél jóval kisebb, -0,02, ill. -0,31 volt. *Martínez és mtsai* (2016) arról számoltak be, hogy a direkt és az anyai hatás közötti korreláció a húshasznosítású borjak választási súlyában szoros, negatív (-0,59 és -0,76 közötti) volt. Limousin fajtában a direkt-anyai genetikai korrelációs értékre *Keeton és mtsai* (1996) -0,44, *Lee és mtsai* (1997) -0,07, *Kaps és mtsai* (2000) -0,51 értékeket becsültek. Hazai vizsgálatok (*Lengyel és mtsai*, 2004; *Szabó és mtsai*, 2012) a direkt és anyai genetikai hatás genetikai korrelációját szintén szoros, negatívnak (-0,53 és -0,62 közöttinek) találták.

Az említett adatok alapján feltételezhető, hogy a szóban forgó direkt és anyai hatás negatív kapcsolata a tenyészállatok direkt és anyai tenyészértékében, illetve a kétféle tenyészérték alapján végzett szelekció eredményeként megnyilvánuló genetikai trendben is megmutatkozhat. Mivel erre vonatkozóan meglehetősen kevés megbízható információ áll rendelkezésünkre, vizsgálatunk céljából azt tűztük ki, hogy értékeljük a direkt és az anyai tenyészérték kapcsolatát, valamint a kétféle tenyészérték alapján megnyilvánuló genetikai trendet fajtatizta és keresztezett limousin borjak választási súlyára vonatkozóan.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során limousin apaságú borjak választási súlyának variancia, kovariancia komponenseit, öröklődhetőségét, a választási súlyban megnyilvánuló direkt és anyai hatás korrelációját, továbbá tenyészállatok direkt és anyai tenyészértékét, valamint a választási súly genetikai trendjét becsültük. Az értékelés az 1992-2019 közötti időszak hazai, egységleti adatbázisán történt.

Az adatbázis

Az értékeléshez a Magyar Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesületének említett időszakra vonatkozó adatbázisát használtuk fel. Ebben a származási adatok mellett a borjak választási életkora és választási súlya szerepelt. Összesen 19764 borjú adatát dolgoztuk fel, amelyek közül 15437 borjú fajtatizta limousin, 4327 pedig keresztezett - limousin bika és magyar tarka tehén (F_1), vagy limousin bika és limousin x magyar tarka keresztezett tehén (R_1) ivadéka - volt. Az említett borjak 44 tenyészetből, 241 apától származtak. A felhasznált adatbázist az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat

A vizsgált adatbázis szerkezete

Az adatbázis (1)	Fajtatiszta adatbázis (AB1) (2)	Keresztezett adatbázis (AB2) (3)
Vizsgált időszak (4)	1992-2019	1992-2014
Tenyészek száma (5)	37	23
Tehenek életkora (év) (6)	2-16	2-16
Tehenek fajtája (7)	LIM	MT
Tenyészbikák (apák) fajtája (8)	LIM	LIM
Tenyészbikák (apák) száma (9)	241	98
Borjak genotípusa (10)	LIM	MT x LIM (F ₁)
Borjak létszáma (11)	15437	4327
Átlagos ivadékszám apánként (12)	64,3	44,2
Választási életkor (nap) (13)		
- átlag±SD (14)	219,1±46,3	218,6±54,0
- intervallum (15)	100-365	100-365
Választási súly (kg) (16)		
- átlag±SD (14)	223,5±48,1	216,8±43,7
- intervallum (15)	120-400	120-400

LIM = limousin; MT = magyar tarka (17)

Table 1. The structure of the evaluated database

applied database (1); purebred (2); crossbred (3); the studied period (4); number of herds (5); age of cows (year) (6); breed of cows (7); breed of sires (8); number of sires (9); genotype of calves (10); number of calves (11); average progeny number per sire (12); age at weaning (day) (13); mean±SD (14), range (15); weaning weight (kg) (16); Hungarian Simmental (17)

A populációgenetikai paraméterek becslése

A becslésre BLUP egyedmodelleket használtuk, amellyel a következő variancia és kovariancia komponenseket becsültük meg: additív direkt genetikai variancia (σ_d^2), anyai genetikai variancia (σ_m^2), direkt és anyai genetikai kovariancia (σ_{dm}), anya állandó környezeti hatása (varianciája), (σ_{pe}^2), hiba variancia (σ_e^2), fenotípusos variancia (σ_p^2), direkt öröklődhetőség (h^2_d), anyai öröklődhetőség (h^2_m), direkt és anyai hatás genetikai korrelációja (r_{dm}), az állandó környezethatás aránya a fenotípusos varianciában (c^2), valamint a hiba variancia aránya a fenotípusos varianciában (e^2).

A teljes öröklődhetőséget az alábbi módon számítottuk (Willham, 1972):

$$h^2_T = (\sigma_d^2 + 0,5 \sigma_m^2 + 1,5 \sigma_{dm}) / \sigma_p^2$$

A populációgenetikai paraméterek (és a tenyésztékek) becslésre két, különböző BLUP modellt alkalmaztunk (2. táblázat).

Egyik modellt (M1) a fajtatiszta borjak adatbázisának (AB1) értékelésére használtuk Keeton és mtsai (1996), valamint Dodenhoff és mtsai (1999) iránymutatása szerint. Ebben a modellben a tehén borjazásainak száma, a borjú születésének

2. táblázat

Az alkalmazott BLUP modellek

A modell típusa és jelölése (1)	BLUP egyed modell (2)	
	1. modell (M1)	2. modell (M2)
A használt adatbázis (3)	Fajtatiszta (AB1) (4)	Keresztezett (AB2) (5)
Módszer (6)	Általános tenyésztérbecslés (7)	Fajtaközi tenyésztérbecslés (8)
A borjak genotípusa az adatbázisban (9)	LIM	LIM x MT (F_1 ; R_1)
Véletlen hatások (10)		
- egyed (borjú) (11)	+	+
- anyai genetikai hatás (12)	+	+
- anyai állandó környezethatás (13)	+	+
Fix hatások (14)		
- borjú genotípusa (15)	-	+
- tenyészet (16)	+	+
- tehének életkora (17)	+	+
- borjak születési éve (18)	+	+
- borjak születési évszaka (19)	+	+
- borjak ivara (20)	+	+
Rokonsági mátrix (21)		
- egyed, teljes testvér, féltestvér, apa, anya, nagyszülők (22)	+	+
A vizsgált tulajdonság (23)		
- választási súly (24)	+	+
Kovariáns (25)		
- választási életkor (26)	+	+

LIM = limousin; MT = magyar tarka (27); + = a modell a hatást tartalmazza (28); - = a modell a hatást nem tartalmazza (29)

Table 2. Applied BLUP animal models

type and sign of models, M1 = purebred, M2 = across breed (1); BLUP animal model (2); database used (3); purebred (AB1) (4); crossbred (AB2) (5); method (6); breeding value estimation (BVE) (7); across breed breeding value estimation (ABBVE) (8); genotype of calves in database (9); random effects (10); animal (calf) (11); maternal genetic effect (12); maternal permanent environment effect (13); fixed effects (14); genotype of calves (15); herd (16); age of cows (17); birth year of calf (18); birth season of calf (19); sex of calf (20); pedigree matrix (21); animal, full sibs, half sibs, sires, dams, grandparents (22); trait studied (23); weaning weight (24); covariant (25); age of calf at weaning (26); Hungarian Simmental (27); + = the model includes this effect (28); - = the model doesn't include this effect (29)

éve és évszaka, valamint a borjú ivara fix hatásként szerepelt (Gregory és mtsai, 1995; Lee és mtsai, 1997).

A másik modellt (M2) a keresztezett borjak adatbázisának (AB2) értékelésére használtuk, amely Van Vleck és mtsai (1992); Lo és mtsai (1997); Roso és mtsai (2005); valamint Brandt és mtsai (2010) javaslatai alapján a fajták közötti

tenyészték-bebecslésre is alkalmas volt. Ebben a modellben a borjú genotípusa *Splan és mtsai* (2002) munkájához hasonlóan fix hatásként szerepelt.

A BLUP modellek használata során két mátrixot, egy származási (pedigré) mátrixot és egy adatbázis mátrixot alkalmaztunk (*Szőke és Komlósi, 2000*). A származási mátrixban az egyed teljes testvérei, a féltestvérei, az anyja, az apja, és a nagyszülei szerepeltek. Az adatbázis mátrix a vizsgált tulajdonságok mellett fix (az előzők szerint) és véletlen (random) hatásokat is tartalmazott. Minden modellekben az anyai genetikai hatás, és anya állandó környezeti hatása véletlen hatásként szerepelt.

A BLUP egyedmodell formulája az alábbi volt (*Henderson, 1975*):

$$y = Xb + Zu + Wm + Spe + e$$

(Ahol: y = a megfigyelés (tulajdonság) vektor; b = a fix hatás vektora; u = a véletlen (egyed) hatás vektora; m = az anyai genetikai hatás vektora; pe = az anyai állandó környezeti hatás vektora; e = hiba vektor; X = fix hatás előfordulási mátrixa; Z = véletlen hatás előfordulási mátrixa; W = anyai genetikai hatás előfordulási mátrixa; S = anya állandó környezeti hatásának előfordulási mátrixa.)

Tenyésztékbecslése

Az egyes tenyészbikákra vonatkozóan az említett modellekkel direkt és anyai tenyésztékbecslést végeztünk mind a fajtatiszta, mind a keresztezett populációban. A tenyésztékbecslést az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a teljes populáció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg.

A tenyészbikákat mindkét tenyészték alapján rangsoroltuk, továbbá közöttük a rangkorrelációs együtthatókat - *Núnez-Dominguez és mtsai* (1995) iránymutatása alapján - is meghatároztuk.

A vizsgálatban szereplő összes tenyészbika direkt és anyai tenyésztékbecslését meghatároztuk mind a fajtatiszta populációban, mind pedig a keresztezett állományban. A rang-korrelációs vizsgálatok, valamint a genetikai trendek számítása során az összes tenyészbika tenyésztékbecslését felhasználva dolgoztunk. Mindezek mellett táblázatos formában - terjedelmi megfontolásból - csak a 25 legtöbb ivadékkal rendelkező tenyészbika tenyésztékbecslését mutatjuk be.

A genetikai trendek becslése

A választási súlyban megnyilvánuló genetikai trend becslésére súlyozott lineáris regresszió analízist használtunk. Meghatároztuk mind az egyes tenyészbikák (apák), mind a teljes állomány évenkénti tenyésztékbecslésének súlyozott számtani átlagát (eredményváltozó)t. Az apa, illetve a teljes állomány éves átlagos tenyésztékbecslése független, az év függő változóként, a létszám pedig súlyozó faktorként szerepelt a regressziós modellben.

Az alkalmazott szoftverek

A variancia-, a direkt és anyai hatás kovariancia-, a direkt és anyai hatás genetikai korrelációs együttható-, az öröklődhetőségi értékek- és tenyésztételek becslésére Willham (1972); Henderson (1975); Trus és Wilton (1988); Meyer és mtsai (1993); Lee és mtsai (1997); valamint Vanderick és mtsai (2017) javaslata alapján két szoftvert, a DFREML (Meyer, 1998) és az MTDFREML (Boldman és mtsai, 1993) programokat használtuk.

EREDMÉNYEK

A becsült populációgenetikai paramétereket a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az adatok azt mutatták, hogy nincs érdemi különbség a variancia komponensekben és az egyéb becsült mutatókban a fajtatiszta (M1 modell) és a keresztezett (M2 modell) populáció között. Az anyai öröklődhetőség ($h^2_m \pm SE = 0,29 \pm 0,03$, ill. $0,32 \pm 0,10$) hozzávetőlegesen fele volt, mint a direkt öröklődhetőség ($h^2_d \pm SE = 0,63 \pm 0,05$, ill. $0,68 \pm 0,12$). A direkt és az anyai genetikai hatás kovarianciája

3. táblázat

Limousin borjak választási súlyának populációgenetikai paraméterei

Populációgenetikai paraméterek (1)	Választási súly (2)	
	M1 modell (fajtatiszta) (3)	M2 modell (keresztezett) (4)
Additív genetikai variancia (σ^2_d) (5)	651,39	580,06
Anyai genetikai variancia (σ^2_m) (6)	305,78	270,60
Direkt-anyai genetikai hatás kovariancia (σ_{dm}) (7)	-359,21	-382,30
Anyai állandó környezeti variancia (σ^2_{pe}) (8)	88,30	104,83
Hiba variancia (σ^2_e) (9)	355,13	278,09
Fenotípusos variancia (σ^2_p) (10)	1041,39	851,27
Direkt öröklődhetőség (h^2_d) (11)	$0,63 \pm 0,05$	$0,68 \pm 0,12$
Anyai öröklődhetőség (h^2_m) (12)	$0,29 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,10$
Direkt-anyai hatás genetikai korrelációja (r_{dm}) (13)	$-0,80 \pm 0,03$	$-0,96 \pm 0,07$
Az állandó környezeti variancia aránya a fenotípusban (c^2) (14)	$0,09 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,05$
A hiba variancia aránya a fenotípusban (e^2) (15)	$0,34 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,09$
Az anyai öröklődhetőség és az állandó anyai hatás összege ($h^2_m + c^2$) (16)	0,38	0,44
Teljes öröklődhetőség (h^2_T) (17)	0,25	0,17

Table 3. Estimated population genetic parameters of weaning weight of Limousin calves

population genetic parameters (1); weaning weight (2); purebred (3); crossbred (4); additive direct genetic variance (σ^2_d) (5); maternal genetic variance (σ^2_m) (6); direct-maternal genetic covariance (σ_{dm}) (7); maternal permanent environmental variance (σ^2_{pe}) (8); residual variance (σ^2_e) (9); phenotypic variance (σ^2_p) (10); direct heritability (h^2_d) (11); maternal heritability (h^2_m) (12); direct-maternal genetic correlation (r_{dm}) (13); ratio of the permanent environmental variance to the phenotypic variance (c^2) (14); ratio of the residual variance to the phenotypic variance (e^2) (15); sum of the maternal heritability and permanent environmental variance ($h^2_m + c^2$) (16); total heritability (h^2_T) (17)

negatív, a direkt és az anyai hatás genetikai korrelációja szintén negatív és szoros értékeket mutatott ($r_{dm} \pm SE = -0,80 \pm 0,03$, ill. $-0,96 \pm 0,07$).

A választási súly alapján végzett tenyésztérbecslés eredményét a 4. táblázat szemlélteti. A táblázat a vizsgált 241 apa közül csak a legtöbb ivadékkal rendelkező 25 apára vonatkozó eredményeket tartalmazza.

Az adatok ugyanazon tenyészbikák esetében, mind a fajtatiszta, mind a keresztezett populációban nagy különbséget mutattak a direkt és az anyai tenyésztérbek

4. táblázat

Limousin apák direkt és anyai tenyésztérbek a borjaik választási súlya alapján

Az apa központi lajstromszáma (1)	Választási súly (kg) (2)					
	Fajtatiszta borjak (3)			Keresztezett borjak (4)		
	N	Tenyésztérbek (5)		N	Tenyésztérbek (5)	
		Direkt (6)	Anyai (7)		Direkt (6)	Anyai (7)
9034	61	+2,82	+0,88	394	-5,16	+0,27
12015	608	-7,17	-12,30	257	-18,30	+14,10
12470	43	+7,75	-6,18	50	-4,41	+2,28
12481	88	+1,06	-5,65	66	-14,63	+7,78
12482	54	+11,37	-1,29	54	-16,61	+11,74
12483	79	+7,88	-8,94	56	-20,60	+12,97
12484	72	-1,22	+6,74	59	-10,48	+7,64
12485	49	+9,15	-0,28	60	-13,26	+8,64
13098	1019	-3,17	+3,88	516	+0,13	+0,93
13869	259	-10,88	-4,31	31	+6,38	-5,41
14284	177	-16,77	+4,99	48	+0,08	-0,05
14473	185	-10,27	+2,66	55	+13,07	-10,15
14474	216	-6,51	+4,73	77	-7,31	+4,46
14475	109	-6,39	+2,62	32	+10,09	-6,65
14476	207	-8,09	+4,65	51	-6,58	+4,34
14602	52	-4,13	-1,36	198	-22,89	+13,12
14684	792	-21,92	-3,18	107	-5,73	+3,81
14709	66	-18,34	+10,11	80	+29,46	-19,42
14714	37	-1,43	+0,79	119	+12,85	-8,47
15250	619	-35,39	+22,97	165	-60,03	+39,56
16444	485	-9,74	+4,97	62	+12,80	-8,44
16851	80	-10,85	+23,90	36	+7,09	-4,68
16854	202	+1,63	-1,66	45	+33,78	-23,41
17562	153	+3,11	+0,53	52	+23,80	-16,48
21207	86	-8,63	-4,66	31	+21,38	-14,59
Főátlag ($\pm SD$) (8)	223,5 \pm 48,1			216,8 \pm 43,7		

Table 4. Direct and maternal breeding value of Limousin sires in different populations based on weaning weight of their calves

registration number of sire (1); weaning weight (kg) (2); purebred (3); crossbred (4); breeding value (5); direct (6); maternal (7); overall mean ($\pm SD$) (8)

között. A különbségek nemcsak a tenyésztértékek abszolút értékében, hanem a legtöbb esetben azok irányában (előjelében), pozitív, vagy negatív voltában is megmutatkoztak. A 25 részletesen bemutatott apaállat közül a fajtatiszta populációban becsült tenyésztérték előjele 20 esetben, a keresztezett állományon becsült tenyésztérték előjele pedig 24 esetben volt különböző. A tenyésztértékek főátlagtól különböző irányban történő eltérései az említett negatív genetikai korreláció következményeinek tekinthetők, amelyeket a direkt és az anyai genetikai hatások között kaptunk.

A tapasztalt különbségek szintén megmutatkoztak a vizsgált tenyészbikák direkt, illetve anyai tenyésztérték alapján felállított rangsorában is (5. táblázat). Amint a táblázat adatai tükrözték, a vizsgált tenyészbikák rangsorában fajtatiszta populációban közepes, negatív ($r_{\text{rang}} = -0,33$; $p < 0,01$), keresztezett állományban pedig szoros, negatív ($r_{\text{rang}} = -0,99$; $p < 0,01$) kapcsolatra utaló rangkorrelációs együtthatókat kaptunk.

5. táblázat

Spearman féle rangkorreláció az értékelt limousin tenyészbikák direkt és anyai tenyésztértéke között

r_{rang}	$T\acute{E}_a$ - fajtatiszta	$T\acute{E}_d$ - keresztezett	$T\acute{E}_a$ - keresztezett
$T\acute{E}_d$ - fajtatiszta (1)	*-0,33	-0,11	+0,11
$T\acute{E}_a$ - fajtatiszta		+0,19	-0,18
$T\acute{E}_d$ - keresztezett (2)			*-0,99

* $p < 0,01$; r_{rang} = Spearman-féle rangkorrelációs együttható (3); $T\acute{E}_d$ = direkt tenyésztérték (4); $T\acute{E}_a$ = anyai tenyésztérték (5)

Table 5. Spearman rank correlation coefficients among direct and maternal breeding values of the sires

purebred (1); crossbred (2); Spearman rank correlation coefficients (3); direct breeding value (4); maternal breeding value (5)

A választási súly genetikai trendjére kapott lineáris regressziós függvény paramétereit a 6. táblázat tartalmazza.

Látható, hogy a meredekségi együttható (b) közel állt a nullához, ami arra utalt, hogy a vizsgált időszakban nem mutatkozott számottevő genetikai előrehaladás a hazai limousin állomány borjainak választási súlyában.

A tapasztalt genetikai trendet az 1. és a 2. ábra is szemlélteti. Mindkét ábra szintén azt mutatja, hogy a vizsgált 27 év során nem mutatkozott érdemi genetikai előrehaladás a vizsgált értékmérő tulajdonságban a hazai limousin populációban. Mindkét ábra jól szemlélteti azt a negatív kapcsolatot is, amelyet a direkt és az anyai tenyésztérték között kaptunk. Nevezetesen mind a vizsgált apák tenyésztértékeinek éves átlagai (1. ábra), mind a teljes állomány tenyésztértékeinek éves átlagai (2. ábra) egymással ellentétes irányú változást mutattak. Ahol a direkt tenyésztérték változása növekvő volt, ott az anyai tenyésztérték változása csökkenő tendenciát mutatott, illetve fordítva.

6. táblázat

Genetikai trend a limousin borjak választási súlyában

Függő változó (1)	Merekségi együttható (2)		Tengelymetszet (3)		Determinációs együttható (4)
	b	SE	a	SE	R ²
Apák tenyésztéke fajtatizsza állományban (5)					
- direkt (6)	+0,19	0,23	-377,17	468,40	0,03
- anyai (7)	+0,04	0,15	-84,44	298,29	0,00
Apák tenyésztéke keresztezett állományban (8)					
- direkt (6)	+0,02	0,26	-37,61	512,63	0,00
- anyai (7)	+0,01	0,17	-14,90	340,64	0,00
A teljes populáció tenyésztéke fajtatizsza állományban (9)					
- direkt (6)	-0,05	0,03	97,65	64,15	0,06
- anyai (7)	+0,03	0,02	-69,17	47,71	0,05
A teljes populáció tenyésztéke keresztezett állományban (10)					
- direkt (6)	-0,03	0,04	57,77	79,55	0,01
- anyai (7)	+0,02	0,03	-33,22	51,44	0,01

Table 6. Genetic trend in weaning weight of Limousin calves

dependent variable (1); slope coefficient (2); Y-intercept coefficient (3); coefficient of determination (4); breeding value of sires in purebred population (5); direct breeding value (6); maternal breeding value (7); breeding value of sires in crossbred population (8); breeding value of whole population in purebred population (9); breeding value of whole population in crossbred population (10)

1. ábra Genetikai trendek a borjak választási súlyában az apák direkt és anyai tenyésztéke alapján fajtatizsza állományban

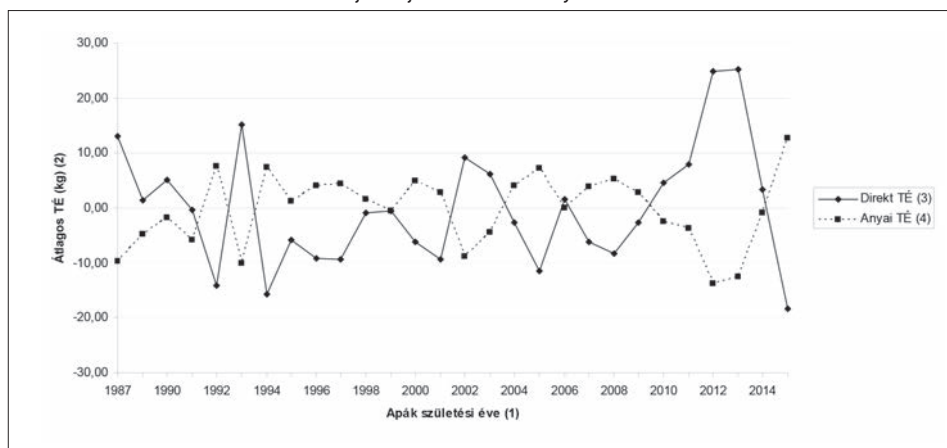


Figure 1. Genetic trends in weaning weight of calves based on direct and maternal breeding values of sires in purebred population

birth year of sires (1); annual mean breeding value (kg) (2); direct breeding value (3); maternal breeding value (4)

2. ábra Genetikai trendek a teljes állomány választási súly direkt és anyai tenyésztési értéke alapján fajtatizsza állományban

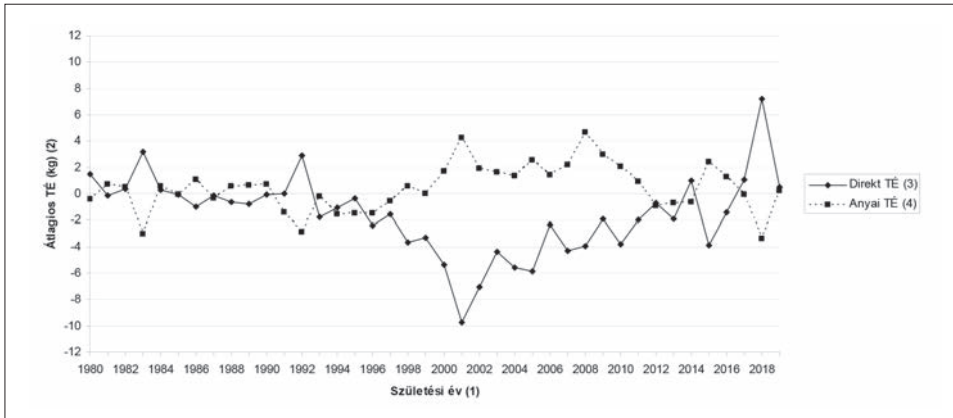


Figure 2. Genetic trends in weaning weight of calves based on direct and maternal breeding values of whole purebred population

birth year (1); annual mean breeding value (kg) (2); direct breeding value (3); maternal breeding value (4)

MEGBESZÉLÉS

A hazai fajtatizsza és a keresztezett limousin borjak választási súlyának öröklődhetőségi értékei - hasonlóan a korábbi irodalmi közlésekhez (*Koury Filho és mtsai*, 2010; *Chud és mtsai*, 2014) - kicsik, vagy közepesek voltak, amelyek gyenge, vagy közepes genetikai meghatározottságra utaltak. A kapott adatok hasonlóak, illetve valamivel kisebbek voltak annál, mint amelyeneket *Keeton és mtsai* (1996), *Splan és mtsai* (1998), *Crews és Kemp* (1999), *Dodenhoff és mtsai* (1999) valamint *Lukaszewicz és mtsai* (2015) tapasztaltak. Eredményeink nagyobbak voltak azoknál az adatoknál, mint amelyenokről *Albuquerque és Meyer* (2001); *Tilki és mtsai* (2008); *Martínez és mtsai* (2016); valamint *Boligon és mtsai* (2018) beszámoltak.

Ezek az információk megerősítik azokat a korábbi megállapításokat, hogy a húshasznosítású borjak adott életkorra elért választási súlyának alakulásában a környezethatások erősebbek lehetnek, mint a genetikai hatások.

Vizsgálatunkban az anyai öröklődhetőségi értékek mind a fajtatizsza mind a keresztezett limousin populációban nagyobbak voltak annál, mint amekkora értékek a vonatkozó szakirodalomban (*Keeton és mtsai*, 1996; *Lee és mtsai*, 1997; *Kaps és mtsai*, 2000) szerepeltek. A jelen munkánkban tapasztalt, negatív előjelű direkt-anyai hatás negatív genetikai kovarianciája hasonló volt korábbi hazai (*Lengyel és mtsai*, 2004; *Bene és mtsai*, 2010; *Szabó és mtsai*, 2012, 2013) megállapításokhoz. A két hatás közti genetikai korrelációs együttható - mind a keresztezett, mind a fajtatizsza populációban - nagyobb volt annál, mint amekkora értékeket *Cubas és mtsai* (1991); *Tilki és mtsai* (2008); *Penasa és mtsai* (2012); valamint *Martínez és mtsai* (2016) tapasztaltak.

Saját vizsgálatunk eredményei - miszerint a limousin borjak választási súlyában a direkt és anyai hatás kovarianciája és korrelációja negatív előjelű volt - nyilvánvalóan azt igazolják, hogy a direkt és az anyai genetikai hatás egymással ellentétes irányban változik. Mindezt az idézett irodalmi forrásmunkák is alátámasztották. Ezt az állítást megerősíti az is, hogy az tenyészbikák rangsora a kétféle hatás alapján egymással ellentétesnek bizonyult. Vagyis az értékelt limousin tenyészbikák között másféle rangsort kaptunk attól függően, hogy azokat a direkt tenyészértékük, vagy anyai tenyészértékük alapján rangsoroltuk. Ennek igazolására végzett rangkorrelációs vizsgálatban a fajtatiszta populációban kapott közepes, a keresztezett populációban tapasztalt szoros negatív kapcsolat irodalmi adatokhoz hasonlóan szintén megerősíti a kétféle hatás közötti ellentétes irányú tendenciát.

A direkt és az anyai genetikai hatás közötti negatív kapcsolatot alátámasztja a becsült genetikai trend is, amelyet a vizsgált limousin apák és a teljes állomány direkt és anyai tenyészértéke alapján tapasztaltunk. Gyakorlatilag nem mutatkozott érdemi genetikai előrehaladás a limousin borjak választási súlyában a vizsgált időszakban. Amikor ugyanis a direkt tenyészérték alapján felvázolt trend növekvő jellegű volt, akkor az anyai tenyészérték szerinti trend csökkenést mutatott, illetve fordítva.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A direkt és az anyai genetikai hatás közötti negatív kapcsolat az anyai tenyészérték fontosságára hívja fel a figyelmet. Abban az esetben ugyanis, ha a tenyésztők nem fordítanak figyelmet az anyai tenyészértékre és a tenyészbikáikat csupán a direkt tenyészérték alapján választják ki továbbtenyésztésre, akkor annak ellenére, hogy az első generációs ivadékaik választási súlya növekedhet, a második generációs ivadékaik, azaz az unokáik választási súlyában visszaesés következhet be.

Mindezek alapján javasolható, ha a tenyészbikákat hizóvégtermék előállításra használjuk, akkor azokat a direkt, ha pedig tenyészüző előállításra használjuk, akkor azokat anyai tenyészértékük alapján válasszuk ki tenyésztésre.

IRODALOM

- Albuquerque, G. – Meyer, K.* (2001): Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nellore cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, 118. 83–92.
- Bene, Sz. – Füller, I. – Lengyel, Z. – Nagy, B. – Fördös, A. – Szabó, F.* (2006): Húshasznú magyar tarka borjak választási eredménye. 2. Közlemény: Genetikai paraméterek, tenyészértékek. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 55. 505–519.
- Bene, Sz. – Füller, I. – Fördös, A. – Szabó, F.* (2010): Weaning results of beef Hungarian Fleckvieh calves. 2nd paper: Genetic parameters, breeding values. *Arch. Tierz.*, 53. 26–36.
- Bene, Sz. – Komlósi, I. – Nagy, B. – Lengyel, Z. – Szabó, F.* (2007): Többfajtás húsmarha tenyészértékbecslés a választási eredmények alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 56. 521–539.
- Boldman, K. G. – Kriese, L. A. – Van Vleck, L. D. – Kachman, S. D.* (1993): Manual for use of TD-FREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. USDA–ARS, Clay Center, NE

- Boligon, A. A. – Vicente, I. S. – Roso, V. M. – Pablos de Souza, F. R.* (2018): Direct and maternal annual genetic changes for selected traits at weaning and yearling in beef cattle. *Acta Sci. Anim. Sci.*, 41. e42572
- Brandt, H. – Müllenhoff, A. – Lambertz, C. – Erhardt, G. – Gauly, M.* (2010): Estimation of genetic and crossbreeding parameters for preweaning traits in German Angus and Simmental beef cattle and the reciprocal crosses. *J. Anim. Sci.*, 88. 80–86.
- Chud, T. C. S. – Caetano, S. L. – Buzanskas, M. E. – Grossi, D. A. – Guidolin, D. G. F. – Nascimento, G. B. – Munari, D. P.* (2014): Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nellore beef cattle. *Livest. Sci.*, 170. 16–21.
- Crews, D. H. – Kemp, R. A.* (1999): Contributions of preweaning growth information and maternal effects for prediction of carcass trait breeding values among crossbred beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 79. 17–25.
- Cubas, A. C. – Berger, P. J. – Healey, M. H.* (1991): Genetic parameters for calving ease and survival at birth in Angus field data. *J. Anim. Sci.*, 69. 3952–3958.
- Dodenhoff, J. – Van Vleck, L. D. – Gregory K. E.* (1999): Estimation of direct, maternal and grand maternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 77. 840–845.
- Gáspárdy, A. – Szabára, L. – Sváb, L. – Bodó, I.* (1998): Charolais borjak választási súlyának üzemi értékelése egyedi állatmodell alkalmazásával. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 47. 503–513.
- Gregory, K. E. – Cundiff, L. V. – Koch, R. M.* (1995): Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations as beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 73. 1920–1926.
- Henderson, C. R.* (1975): Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31. 423–447.
- Kaps, M. – Herring, W. O. – Lamberson, W. R.* (2000): Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. *J. Anim. Sci.*, 78. 1436–1442.
- Keeton, L. L. – Green, R. D. – Golden, B. L. – Anderson, K. J.* (1996): Estimation of variance components and prediction of breeding values for scrotal circumference and weaning weight in Limousin cattle. *J. Anim. Sci.*, 74. 31–37.
- Koury Filho, W. – Albuquerque, L. G. – Forni, S. – Silva, J. A. – Yokoo, M. J. – Alencar, M. M.* (2010): Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte [Genetic parameters estimates for visual scores and their association with body weight in beef cattle]. *Rev. Brasil Zootec.*, 39. 1015–1022. [in Portugal]
- Kovács, A. – Szűcs, E. – Völgyi Csík, J.* (1993): A tenyészkörzet, az évszak és az ivar szerepe a limousin borjak választási teljesítményében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 117–130.
- Kurucz, E. – Bene, Sz.* (2017): Választási eredmények egy hazai charolais húsmarha állományban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66. 225–239.
- Lee, C. – Van Tassel, C. P. – Pollak, E. J.* (1997): Estimation of genetic variance and co-variance components for weaning weight in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 325–330.
- Lengyel, Z. – Balika, S. – Polgár, J. P. – Szabó, F.* (2004): Hazai limousin állományok ellés lefolyásának és választási eredményeinek vizsgálata 2. közlemény: apa- és egyedmodell összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 199–211.
- Lo, L. L. – Fernando, R. L. – Grossman, M.* (1997): Genetic evaluation by BLUP in two-breed terminal crossbreeding systems under dominance. *J. Anim. Sci.*, 75. 2877–2884.
- Lukaszewicz, M. – Davis, R. – Bertrand, J. K. – Misztal, I. – Tsuruta, S.* (2015): Correlations between purebred and crossbred body weight traits in Limousin and Limousin x Angus populations. *J. Anim. Sci.*, 93. 1490–1493.

- MacNeil, M. D. – Leesburg, V. R. – Mott, T. (2006): Validating the breeding value for maternal preweaning gain in beef cattle with measured milk production. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 36. (Suppl.1). 1–5.
- Martínez, R. A. – Dassonneville, R. – Bejarano, D. – Jimenez, A. – Even, G. – Mészáros G. – Sölkner, J. (2016): Direct and maternal genetic effects on growth, reproduction, and ultrasound traits in zebu Brahman cattle in Colombia. *J. Anim. Sci.*, 94. 2761–2769.
- Meyer, K. – Carrick, M. J. – Donnelly, B. J. P. (1993): Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *J. Anim. Sci.*, 71. 2614–2622.
- Meyer, K. (1998): DFREML Version 3.0. User Notes.
- Montaldo, V. H. H. – Kinghorn, B. P. (2003): Additive and non-additive, direct and maternal genetic effects for growth traits in a multibreed population of beef cattle. *Arch. Med. Vet.*, 35. 243–248.
- Nagy, B. – Bodó, I. – Gera, I. – Lengyel, Z. – Török, M. – Szabó, F. (2004): Magyar szürke szarvasmarha állományok választási eredményei. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 503–513.
- Núñez-Domínguez, R. – Van Vleck, L. D. – Cundiff, L. V. (1995): Prediction of genetic values of sires for growth traits of crossbred cattle using a multivariate animal model with heterogeneous variances. *J. Anim. Sci.*, 73. 2940–2950.
- Penasa, M. – Cecchinato, A. – Dal Zotto, R. – Blair, H. T. – López-Villalobos, N. – Bittante, G. (2012): Direct and maternal genetic effects for body weight and price of calves sold for veal production. *J. Anim. Sci.*, 90. 3385–3391.
- Roso, V. M. – Schenkel, F. S. – Miller, S. P. – Wilton, J. W. (2005): Additive, dominance, and epistatic loss effects on preweaning weight gain of crossbred beef cattle from different *Bos taurus* breeds. *J. Anim. Sci.*, 83. 1780–1787.
- Splan, R. K. – Cundiff, L. V. – Van Vleck, L. D. (1998): Genetic parameters for sex-specific traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 76. 2272–2278.
- Splan, R. K. – Cundiff, L. V. – Dikeman, M. E. – Van Vleck, L. D. (2002): Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *J. Anim. Sci.*, 80. 3107–3711.
- Szabó, F. – Bene, Sz. – Nagy, L. – Erdei, I. – Márton, D. – Török, M. – Lengyel, Z. (2005): Néhány tényező hatása a húshasznú borjak választási súlyára. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 15–25.
- Szabó, F. – Szabó, E. – Bene, Sz. (2012): Statistic and genetic parameters of 205-day weaning weight of beef calves. *Arch. Tierz.*, 55. 552–561.
- Szabó, F. – Szabó, E. – Bene, Sz. (2013): Population genetic evaluation of weaning weight of different beef cattle breeds. *J. Cent. Eur. Agric.*, 14. 865–871.
- Szőke, Sz. – Komlósi, I. (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 231–246.
- Tilki, M. – Saatci, M. – Çolak M. (2008): Genetic parameters for direct and maternal effects and estimation of breeding values for birth weight in Brown Swiss cattle. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 32. 287–292.
- Tőzsér, J. – Dobra, L. – Domokos, Z. – Kertész, I. – Zsoltész, S. (1996): Charolais borjak választási teljesítményének értékelése egy törzstenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 45. 349–357.
- Trus, D. – Wilton, J. W. (1988): Genetic parameters for maternal traits in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 68. 119–128.
- Vanderick, S. – Gillon, A. – Glorieux, G. – Mayeres, P. – Mota, R. R. – Genglera N. (2017): Usefulness of multi-breed models in genetic evaluation of direct and maternal calving ease in Holstein and Belgian Blue Walloon purebreds and crossbreds. *Livest. Sci.*, 198. 129–137.
- Van Vleck, L. D. – Hakim, A. F. – Cundiff, L. V. – Koch, R. M. – Crouse, J. D. – Boldman, K. G. (1992): Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with animal model. *J. Anim. Sci.*, 70. 363–371.

- Van Vleck, L. D. – Gregory, K. E. – Benett, G. L. (1996): Direct and maternal covariances by age of dam for weaning weight. *J. Anim. Sci.*, 74. 1801–1805.
- Zándoki, R. – Balázs, F. – Márton, I. – Tózsér, J. (2003): Az angus fekete és vörös színváltozatának választási teljesítményei egy tenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 52. 203–213.
- Willham, R. L. (1972): The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J. Anim. Sci.*, 35. 1288–1293.

Érkezett: 2022. március

A szerzők címe: Szabó F.- Márton J.
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Authors' address: Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
szabo.ferenc@sze.hu

Szűcs M.
Limousin és Blonde d' Aquitaine Tenyésztők Egyesülete
Association of Hungarian Limousin and Blonde d'Aquitaine Breeders
Budapest

Anton I. - Bene Sz. - Zsolnai A.
Magyar Agrár- és Élelmiszertudományi Egyetem, Georgikon Campus
Herceghalom, Keszthely
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus
Herceghalom, Keszthely

GERINCDEFORMITÁS A PONTYBAN (*CYPRINUS CARPIO*): HSP70 ÉS HSP90 GÉNEK RELATÍV EXPRESSZIÓJÁNAK ÉS A GERINC NÉHÁNY MAKRO- ÉS MIKROELEM TARTALMÁNAK ÖSSZEFÜGGÉS-VIZSGÁLATA

LENGYEL ANGÉLA KINGA – BALOG KATALIN – BAGI ZOLTÁN – HEGEDŰS BETTINA –
BARANYAI EDINA – FEHÉR MILÁN – BÁRSONY PÉTER – KUSZA SZILVIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a ponty állományokban jelentős károkat okozó gerincdeformitás kialakulását befolyásoló tényezőket vizsgáltak. Több szövettípusban (vér, hátizom, agyvelő) elemezték hőstressz gének (HSP70, HSP90) relatív expressziós szintjeit, majd ezeket az eredményeket összevetették a gerincoszlop makro- és mikroelem tartalmával. A HSP70 relatív expressziójának mértéke mindhárom szövettípusban magasabb volt a deformált halak esetében, mint a normál csoportban, ami jelzi a gén érintettségét a szervezet immunválaszában. A HSP90 relatív expressziója vér és agyvelő szövetekben alacsonyabb volt a deformált csoportban, míg a hátizomban a deformált csoport mRNS szintje volt magasabb. A HSP90 elsődleges funkciója a sejt-növekedéshez és a túléléshez kapcsolódik, ezért a HSP90 ígéretes jelölt lehet a deformitások kezelésében. Statisztikailag szignifikáns különbség nem mutatkozott a csoportok között egyik gén esetében sem. A gerincoszlop makro- és mikroelem tartalmának vizsgálata során a normál és deformált csoportok között szignifikáns eltérés nem mutatkozott. Ugyanakkor a relatív expressziós szintek bevonásával készített összefüggésvizsgálatok több szignifikáns kapcsolatot tártak fel. A legtöbb esetben a hátizomban mért HSP70 mRNS szint, illetve a kálium volt érintett ilyen összefüggésekben.

SUMMARY

Lengyel, A. K. – Balog, K. – Bagi, Z. – Hegedűs, B. – Baranyai, E. – Fehér, M. – Bársony, P. – Kusza, Sz.: SPINAL DEFORMITY IN COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*): ASSOCIATION STUDY BETWEEN RELATIVE EXPRESSION OF HSP70 AND HSP90 GENES AND MACRO- AND MICROELEMENT CONTENT OF SPINAL

In the present study we investigated, in carp, the relative expression levels of two heat stress protein genes, HSP70 (70 kDa heat stress protein) and HSP90 (90 kDa heat stress protein gene), which may be associated with spinal deformity. Our aim was to draw conclusions about spinal deformity from the results of tissue-specific analysis of these heat stress genes. For this study, 20 common carp individuals of the same breed and age, reared under the same housing conditions were selected. The relative expression levels of the genes were different in the different tissue types studied (blood, dorsal muscle, brain). In addition, we examined the macro- and microelement content of the spinal columns of normal and deformed individuals and whether these results are related to the relative gene expression of the genes studied. The relative gene expression levels of HSP70 in all the three tissue types were higher in the deformed fish than in the normal group. The higher levels of HSP70 expression in deformed individuals played an important role in the normal functioning of cells, thereby compensating the negative effects of deformity, appearing in a „protective” role. The increased level of the relative expression of the heat stress protein gene could also be caused by the induction of further HSP70 production by damaged HSP70 protein. In summary, the HSP70 heat stress protein gene has physiological properties that play a role in maintaining normal cell function. The level of HSP90 heat stress protein gene expression in blood and brain was lower in the deformed fish than in the normal group, except in the dorsal muscle, where the value of the deformed group was higher. The increased relative gene expression level of the heat stress protein HSP90 in the dorsal muscle plays a role in normal muscle formation and contributes to the stability of protein function. Lower levels of relative gene expression in blood and brain are due to defects

in signal transduction and protein tyrosine kinase receptor function, thereby contributing to spinal deformity. The HSP90 gene is associated with cell growth and, consequently, inhibition of HSP90 would be a promising approach to treat deformities. There was no significant difference between the macro- and microelement contents of the spines of the normal and deformed groups. However, correlation analyses involving macro- and microelement contents and relative expression levels revealed several significant correlations, most of which concerned potassium on the one hand and the level of HSP70 mRNA in the dorsal muscle on the other. This study may allow to reduce the incidence of recurrent spinal deformities in the future by minimizing or even counteracting the effects of heat stress. Our results may contribute to preventive measures that could significantly reduce the problems caused by severe malformations in carp.

BEVEZETÉS

A világ lakosságának növekedése napjainkban komoly kihívás elé állítja az élelmiszeripart és a mezőgazdaságot. A növekedés következtében az állattenyésztésben is fontossá vált az időtényező, így megjelentek intenzív tartási technológiák, melyeknek a számos előnye mellett a hátrányaival is számolnunk kell. Az egyik ilyen hátrány a gerinc deformitásának jelensége, mely a brojler csirkék és a sertések mellett számos tenyésztett európai halfajt is érinthet. A gerinc deformitásának következtében az állatjóléti problémák mellett filézési nehézségek léphetnek fel, illetve a hasított test gyengébb minőségű lehet, így a termelők jelentős gazdasági károkat szenvedhetnek el. Ugyan a valódi gazdasági veszteségeket nehéz pontosan megbecsülni, de az európai akvakultúra ágazatban okozott minimális éves veszteség meghaladhatja az 50 millió eurót évente, és feltételezhető, hogy ennek 50%-a a csontváz deformitásainak és rendellenességeinek köszönhető (Bostock és mtsai, 2016; Shefat és Karim, 2018). Ezért a halak gerincdeformációinak vizsgálata az akvakultúra-ágazatban több figyelmet igényel napjainkban. A terület ugyan az elmúlt években egyre népszerűbb lett, és előrelépés is történt az ok-okozati tényezők feltárása és a jobb tenyésztési eljárások kidolgozása terén is, de a probléma továbbra is fennáll, és jelentős veszteséget okoz az iparág számára. Fontos tehát ennek az egészségügyi problémának a minél alaposabb megismerése és a hozzá köthető folyamatok feltárása az intenzív rendszerekben történő haltenyésztés fejlesztése érdekében.

A gerincdeformitás egy olyan fejlődési rendellenesség, amely a gerinc alakjának kóros mértékű elváltozásait foglalja magába (Vagsholm és Djupvik, 1998). A rendellenességnek sokféle megjelenési formája lehet, mértéke változó, az enyhébb formától a súlyosabb állapotig terjedhet. A csontos halak nagyon érzékenyek a fejlődési gerincdeformációkra, mivel a csontrendszer fejlődése és növekedése olyan folyamat, amelyeket számos tényező befolyásolhat. Az erre hajlamosító tényezők közé tartoznak például nem öröklődő veleszületett rendellenességek (Boglione és mtsai, 2013), tenyésztési és takarmányozási technikák (Kasprzak és mtsai, 2018), gyulladással járó vagy fizikai traumás sérülések (Roberts, 2012), környezeti problémák és mérgező anyagok (például a nehézfémek) (Lavado és mtsai, 2012; Boglione és mtsai, 2013; Sfakianakis és mtsai, 2015), továbbá paraziták (Yokoyama és mtsai, 2005; Roberts, 2012) és néhány patogén baktérium (Madsen és Dalsgaard, 1999), valamint az örökletes genetikai okok (Hansen és Puvanendran, 2010). Ezek közül sok tényezőt gazdálkodási körülmények között lehet manipulálni, és így kockázati tényezőknek tekinthetők.

A deformitások különböző csontrendellenességek komplex keverékei, beleértve a csigolya és a gerinc alakulását. A fentiek tükrében a torzulások kísérletes vizsgálata a gerincdeformációk jobb megértését szolgálhatja, ami javíthatja a kezelési lehetőségeket. Jelen tanulmányban a HSP70 és HSP90 hőstresszfehérje gének relatív expressziós szintjének változásait vizsgáltuk egészséges és gerincdeformált halak kísérleti csoportjaiban, hátizom, agyvelő és vér szövettípusokban. Ezeket az eredményeket összefüggésvizsgálatok segítségével összevetettük a gerincoszlop makro- és mikroelem (Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Sr, Zn, S) tartalmaival is. Az eredményekből következtetéseket vonhatunk le a gének szerepéről a gerincdeformitás kialakulásában, ezzel hozzájárulva az akvakultúra ágazat fejlődéséhez és a deformitások mértékének csökkentéséhez.

IRODALMI ÁTTEKINÉS

A halak gerincdeformításával összefüggésbe hozható abiotikus tényezők

A halak gerince normál esetben egy, hátrafelé konvex „S” görbületet mutat (De Jonge, 2001). A torzulás során a gerincoszlop tengelye megrövidül, aminek következtében a hal teste a hátúszók mögött megtörik, így a hal teste aránytalanul magas és tömzsi lesz. Ez természetesen más, mint a jó táplálkozási viszonyok között élő halak hátának íveltsége. Különböző alakú gerincferdeségek ismeretesek, függőleges és vízszintes síkban egyaránt. Különbséget lehet tenni a gerincferdülés irányában, mértékében és abban is, hogy a torzulás a gerinc melyik szakaszán jelent meg (*scoliosis*, *lordosis* és *kyphosis*).

A víz hőmérséklete az egyik tényező, amely a csontrendszeri deformációk kialakulásához vezethet, de valamilyen ikráerést és keltetést befolyásoló környezeti hatás is okozhatja. Farkassügéren (*Dicentrarchus labrax*) végzett vizsgálatok szerint a 20 °C-os víz hőmérsékleten nevelt halakban gyakrabban fordult elő gerincorzulás, mint a 15 °C-os vízben nevelteknél. A magasabb víz hőmérsékleten gondozott halak közel felét a súlyos deformáció miatt nem tekintették piac-képesnek (*Sfakianakis és mtsai*, 2006). Bármely halfajon kialakulhatnak ezek a tünetek, azonban leggyakrabban tógazdaságban előnevelt halakon figyelhetők meg. Természetes vízi halakon a deformitás ritka, mivel a torzult forma miatt a rendellenes egyedek még korai ivadék korban áldozatul esnek a ragadozóknak (Molnár, 2003).

A hal organizmusokban a leggyakrabban előforduló nehézfémek közül a kadmiumot, a rezet, az ólmot, a cinket, a higanyt és a krómot vizsgálták leggyakrabban a halak deformitását illetően (Ahmed és mtsai, 2017). Ezekről a nehézfémekről ismert, hogy neuromuszkuláris károsodásokat okoznak, így a csontrendszeri alakváltozások következtében a fejlődési folyamatok károsodása, illetve csontváz deformációk léphetnek fel. Az ólom (Pb) és a kadmium (Cd) krónikus jelenléte a halak gerincének kóros deformációját és zsugorodását eredményezte (Davies és mtsai, 1976; Muramoto, 1981).

A táplálkozási tényezők és bizonyos tápanyagok a legjelentősebbek a csontrendszeri rendellenességek kialakulásában. Számos szerző vizsgálta különböző tápok hatékonyságát a növekedésre, illetve az esetleges negatív hatásait is (Wolnicki és mtsai, 2006; Demény és mtsai, 2009; Demény és mtsai, 2011; Printzi

és mtsai, 2021). Demény és mtsai 2009-ben réticsík lárvákat (*Misgurnus fossilis*) etettek három féle módon (kereskedelemben kapható táppal, keverékkel és élő eleséggel), a kísérlet első 10 napjában torzulás az élő eleséget kapó csoportban nem alakult ki, míg a két tápot fogyasztó csoportban kisebb részükön gerinc-torzulások, többségükön pedig fejtorzulások jelentkeztek. Egy hasonló kísérleti beállításban különböző takarmányok növekedésre gyakorolt hatását vizsgálták széles kárászokon (*Carassius carassius*). A kísérlet során az élő eleséggel etetett csoportban nem fordult elő deformáció, míg a vegyesen etetett csoportokban (táp alapú takarmányozás heti egyszeri természetes takarmány kiegészítéssel) különféle torzulások fordultak elő. A táppal etetett csoportban fordultak elő torzulások a legnagyobb százalékban ($23,3 \pm 7,6\%$) (Demény és mtsai, 2011). Compókon (*Tinca tinca*) is végeztek ilyen típusú kísérletet, négy kereskedelmi forgalomban lévő táppal, melyből három esetében akár 96,4%-os külső testdeformáció is előfordult (Wolnicki és mtsai, 2006). Mindegyik kísérlet megfigyelései egybevágóak, ugyanis a magas fehérje és zsírtartalmú tápok etetése révén a halak zsírtartalma majdnem kétszerese lett a kísérlet végére, mint az alacsonyabb az élőeleséggel etetett csoportokban, mely a nagyfokú deformációkat is okozhatta.

A szervezet alapvető fiziológiai folyamatainak megfelelő működéséhez nélkülözhetetlenek a makro- és mikroelemek (Pyz-Łukasik és Chałabis-Mazurek, 2019). Egyes vitaminokkal ellentétben ezeket az elemeket nem lehet szintetizálni, így csak táplálékkal juthatnak be a szervezetbe. Egyre több kutatás vizsgálja az élettani szerepüket a gerincdeformitással összefüggésben is (Bagi és mtsai, 2022). Jelen tanulmány esetében érdemes kiemelni a káliumot, ugyanis a gyors elektromos potenciál változás miatt az ideg és izomszövetek működéséhez elengedhetetlen (Kowey, 2002). A víz alacsony káliumszintje miatt a vázizomzat súlyos degenerációját és nekrozisát, a sejtek kifejezett hiperpláziáját és a vese tubuláris nekrozisát tárták fel barramundi halakban (Partridge és Creeper, 2004).

Genetikai tényezők

A deformitás öröklődésének nagysága és a különböző gazdaságok halainak deformitása közötti genetikai korrelációk mennyisége azt támasztja alá, hogy a csigolya deformitását additív genetikai összetevő határozza meg (Gjerde és mtsai, 2005). A deformitás és a testsúly között alacsony genetikai összefüggéseket véltek felfedezni. A beltenyésztés együtthatója és a teljes családok deformitására vonatkozó tenyésztési értékek közötti alacsony korreláció határozottan azt jelzi, hogy a beltenyésztés nem jelentős oka a vizsgált gerincdeformitásnak (Gjerde és mtsai, 2005). Pontyok fejdeformációs vizsgálata során a gerinc deformációit is megfigyelték. A tenyésztett utódok között nem észleltek rendellenességet, ami genetikai tényezőkre utalna a deformációk lehetséges okaként (Kužir és mtsai, 2015). Ebből a feltevésből adódóan szelektív tenyésztési kísérlet során vizsgálták pontyok uszonyának deformációit, ám a deformációk közötti genetikai korreláció többnyire negatív és pontatlan volt, a beltenyésztés hatása pedig nem magyarázta a tulajdonságok varianciáját (Kocour és mtsai, 2006). Hasonló eredményt kapott Eissa és mtsai (2009), aki két helyszínről begyűjtött csontos halak vázrendszeri rendellenességeit kutatta és eredményeit deformációk előfordulásának és mértékének változása jellemezte. Nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*), afrikai harcra

(*Clarias gariepinus*) és ponty esetében a deformált egyedek ritkábbak voltak a természetes populációkban, mint a gazdaságokban. Mindezekről függetlenül azonban nem lehet egyértelműen kizárni a genetikai komponenst a jelenség kialakulásáért felelős tényezők közül. A molekuláris genetikai módszerek fejlődését kihasználva érdemes új megközelítésekben és új módszerek bevonásával is kutatni a gerincdeformitás kialakulásának hátterét.

A hőstressz fehérje gének általános jellemzése

A stresszfehérje gének a sejtek kulcsfontosságú elemei közé tartoznak, nélkülözhetetlen szerepet játszanak a sejtek életében normál körülmények között, és akkor is, amikor a sejteket vagy az egész szervezetet károsodás, stressz éri. Az emberi és állati sejtekben a riboszómákon létrejövő, vagyis az RNS-ről meghatározott aminosav sorrendben összeépülő fehérje gének segítséget igényelnek ahhoz, hogy elfoglalják végső, a működésükhöz létfontosságú szerkezetüket. Ez csavarodás vagy tekeredés útján valósul meg. Legfontosabb szerepük, hogy a normál körülmények között vagy leginkább a sejtet ért ártalom hatására, a nem megfelelő szerkezetű, azaz a többé-kevésbé kitekeredett és visszatekeredő fehérjéket támogassák abban, hogy eredeti felépítésüket visszakapják. Részt vesznek még a jelátviteli folyamatokban, a már nem javítható proteinek lebontásában és a programozott sejthalálban is (Füst és mtsai, 2003).

HSP70 (Heat shock protein 70) és HSP90 (Heat shock protein 90)

A 70 kDa-os hőszokkfehérje (HSP70) egy igen konzervált fehérje, mely a stresszfehérjék egyik legismertebb képviselője. Hasonló szerkezetű fehérjék gyakorlatilag minden élő szervezetben léteznek. A HSP70-ek segítenek megvédeni a sejteket a stressztől. A HSP70 hőstressz fehérjét kódoló gének konzervált génszakaszokon helyezkednek el és fejeződnek ki változatos stressztényezők hatására (Yoshimune és mtsai, 2002). A HSP70 hőstressz fehérjét a HSPA1A, HSPA1B, HSPA1L, HSPA2, HSPA5, HSPA6, HSPA7, HSPA8 és HSPA9 hőstressz fehérje gének kódolják (Yang és mtsai, 2015). A HSPA1A gén, mely több fehérje mellett a HSP70 hőszokkfehérjét is kódolja, egy intron nélküli gén. A HSPA1A és HSPA1B a sejtmagban és a citoplazmában helyezkednek el. A HSPA1L aminosavszekvenciája 90%-os homológiát mutat a HSPA1A és HSPA1B izoformákkal, viszont már rendelkezik intronokkal. Bár a HSPA1A és HSPA1B-hez hasonló homológiát mutat, eltérően szabályozódik és nem hő-indukálható. Általában a HSPA1L alacsony szinten expresszálódik a szövetekben (Yang és mtsai, 2015).

A HSP90 egy chaperon fehérje, amely segíti más fehérjék megfelelő összehúzóódását, stabilizálja a fehérjéket a hőstressz ellen, és segíti a fehérje lebomlását. HSP90 baktériumokban és az eukarióták minden ágában jelen lévő, a citoplazmában az egyik legnagyobb mennyiségben megtalálható fehérjégen (Truman és mtsai, 2007). Két izomorf formája létezik, a HSP90 α és HSP90 β (Truman és mtsai, 2007). A HSP90 hőstressz fehérjét a HSP90AA1, HSP90AA2, HSP90AB1 és a HSP90B1 hőstressz fehérje gének kódolják. A HSP90AA1 gén, mely a HSP90 α hőszokkfehérjével áll kapcsolatban, két különálló mRNS transzkriptumot kódol, amelyeket külön transzkripciósi starthelyektől indítottak. A HSP90AA1 és

HSP90AA2 molekuláris chaperoning képességét az ATP hidrolízis által táplált strukturális átrendeződési ciklus hajtja. A hasonló aminosav-szekvencia megosztása ellenére a HSP90A expresszióját más módon szabályozzák, mint a HSP90B1 expresszióját. A HSP90A a stresszindukálható izoform módon, míg a HSP90B1 konstitutívan expresszálódik (Chen és mtsai, 2005).

Hőstressz gének szerepe a gerincdeformításban

A hőstressz fehérjék tehát az élő sejtekben a megemelkedett hőmérsékletre (a hősokkra) válaszul fokozott mértékben termelődnek, továbbá igen nagy mennyiségben vannak jelen, a szervezetek létfontosságú alkotóelemeit képezik. A HSP gének hősokkra és egyéb stresszfaktorokra adott válaszai a hősokk transzkripciósfaktor (HSF) aktiválásán keresztül történnek (Chen és mtsai, 2005), ezek a hősokk-faktorok egy célszekvenciához, az úgynevezett hősokk-elemhez (HSE) kötődnek, amelyek a hő promoterekben találhatóak (Chen és mtsai, 2005). Számos kutatás vizsgálta már a hősokk fehérjék expresszióját halakban, (Iwama és mtsai, 1998; Machado és mtsai, 2017). Vijayan és mtsai 1998-ban arra a következtetésre jutottak, hogy a máj, a vese és a kopoltyúszövetek azok, amelyek a leginkább érzékenyek a HSP gének válaszára (Vijayan és mtsai, 1998). Ezt pedig alátámasztja Rajeshkumar és Munuswamy (2011) munkája, mely során szövettani és immunhisztokémiai vizsgálatokat végeztek tejhalban (*Chanos chanos*), egy nehézfémekkel szennyezett területről. A szennyezett területről gyűjtött halakban szövettani elváltozásokat detektáltak, például az izomban az izomrostok megduzzadtak, az izomkötegek pedig lebomlottak. A hepatociták is károsodtak ezekben a halakban, továbbá szabálytalan májlemezes-repedéseket figyeltek meg. Az immunfestési analízis azt mutatta, hogy a HSP70 nagy intenzitással expresszálódik a szennyezett helyről gyűjtött halak szöveteiben, a kevésbé szennyezett helyekről összegyűjtött egyedekkel ellentétben. A HSP70 pozitív sejteket szövetszövetként hat helyen tárták fel, a két helyről származó eredmények pedig statisztikailag szignifikánsan eltértek (Rajeshkumar és Munuswamy, 2011). A HSP70 magas expressziós szintje a celluláris stresszválasz érzékeny indikátoraként szolgálhat a szennyezett környezetre. Olsvik és mtsai szintén 2011-ben a higannyal (Hg) dúsított üledékek hatásait vizsgálta halakban. A kísérlet során a toxikus üledékű akváriumokban tartott atlanti tőkehalakban (*Gadus morhua*) a kalretikulín, a HSP70 és a hem oxigenáz mRNS szintje szignifikánsan nőtt a kopoltyújukban és a májban. A konklúzió az volt, hogy az üledékhez kötött higany elérhető a halak számára, és befolyásolja az oxidatív stresszre reagáló enzimek transzkripcióját (Olsvik és mtsai, 2011). Sassi és mtsai 2012-ben a kadmium (Cd) expozícióját vizsgálták, illetve azt, hogy ez a stresszfaktor befolyásolja-e a csontképződés mechanizmusát, illetve a folyamatban részt vevő gének expresszióját aranydurbincsban (*Sparus aurata*). A kísérletbe stressz biomarkernek a HSP géneket választották, ugyanis ezek szintézise megnő a fizikai és kémiai stresszorok fokozódásával (Sassi és mtsai, 2012). A 6 napos expozíció során ellentmondásos eredmények születtek, ugyanis a HSP70 csökkent expressziót mutatott a 0,1mg/l és a 10 mg/l-es koncentrációs csoportokban is a kontroll csoporthoz képest. Ezt az eredményt azzal magyarázták, hogy az expozíció időtartama rövid lehetett, illetve a csökkenő tendenciát okozhatta az is, hogy az egyedek korábban már

lehet, hogy érintkeztek kadmiummal, így beindult egy egyfajta alkalmazkodási/tűrési mechanizmus. Ezzel egyidőben az osteocalcin gén transzkriptum szintjét is mérték a kadmium expozíció alatt, mivel az osteocalcin a csontfejlődési mechanizmus és mineralizáció egyik fontos eleme. A kísérlet ideje alatt az egyedek a középső csigolya és a farokúszó komplex csontosodásán estek át, így az 5 és 10 mg/l-es koncentrációjú csoportokban az osteocalcin relatív transzkripció szintje jelentősen lecsökkent.

Wargelius és mtsai 2005-ben arra keresték a választ, hogy a hő sokk milyen hatással lehet a szomitogenezisre és a csigolya deformitásának kialakulására atlanti lazacokban (*Salmo salar*). A szomitogenezis során a fejlődő embrióban kialakulnak a porcok és inak (*Wargelius és mtsai*, 2005). Az embriókat a fejlődés korai szakaszában, különböző hirtelenséggel fellépő hőmérsékletváltozások során figyelték. 10 hónappal később ezeknél az egyedeknél a farokcsigolyák elváltozásának aránya viszonylag magas volt (27-34%). Két gént azonosítottak, amelyek a csontváz fejlődéséhez szükséges markereket kódolták, nevezetesen a gének a szekretált fehérje, az Shh (Sashh) és a Twist transzkripció faktor (Satwist) voltak (*Wargelius és mtsai*, 2005). Az embriókban megváltozott ezeknek a fehérjéknek az expressziója, így mivel ezek részt vesznek a szklerotóma proliferációjában, így azt a következtetést vonták le, hogy a különböző mértékű hőstressz hatással van a szklerotóma működésére. A kísérlet során érdekes volt, hogy különböző életszakaszokban az egyedek hőstressz elleni védekező mechanizmusai eltérőek voltak, ugyanis a génexpresszió csökkenése nem volt minden szakaszban kimutatható, illetve nem az összes egyedet érintette a deformitás jelensége.

Galt és mtsai (2016) a kortizol hatásait vizsgálták az izomfejlődéssel kapcsolatban, miosztatin, illetve HSP90 gének expressziójával lazacfélékben. A tanulmányba a királylazacot (*Oncorhynchus tshawytscha*), az orgyilkos pisztrángot (*Oncorhynchus clarki*), a pataki pisztrángot (*Salvelinus fontinalis*) és az atlanti lazacot (*Salmo salar*) vonták be. Az emlősökben a glükokortikoidok szabályozzák az izomnövekedést gátló miosztatint a glükokortikoid válasz elemeken keresztül, ami izomsorvadáshoz vezethet (*Galt és mtsai*, 2016). Korábbi vizsgálatok arra utalnak, hogy ez a szabályozó mechanizmus a gerincesek körében konzervált, azonban a halak esetében ez még nem igazán ismert. Ezért ennek a tanulmánynak az volt a célja, hogy vizsgálja a kortizol hatását a miosztatinra és a HSP90 expressziójára, illetve az, hogy megállapítsa, előfordultak-e eltérések a különböző lazacfajokban. A lazacfélék intraperitoneálisan kortizolt kaptak (50 µg/l/testsúly), majd 48 óra elteltével értékelték a génexpresszió mértékét. A plazma glükóz és kortizol szintjét a kortizol minden fajban szignifikánsan megemelte, ami a kezelés fiziológiai hatékonyságát mutatta. Összefoglalva a 3 nemzetségből származó 4 faj eredményei azt mutatják, hogy a kortizol mennyisége képes szabályozni a HSP90-et az izmokban.

Bildik és mtsai (2019) a HSP30, HSP70, HSP90 és az IGF-1 hőmérsékletre adott válaszreakcióit és génexpresszióját vizsgálták aranydurbincs (*Sparus aurata*) egyedekben. A HSP70 mRNS relatív expressziós szintje az izomban a januári hónapban szignifikánsan magasabb volt, mint júliusban (körülbelül 1,7-szerese), míg a HSP30 gén expressziója a májban júliusban kétszeresére nőtt. Viszont a vizsgált szövetekben (máj, izom) a hőmérsékletváltozások nem befolyásolták az IGF-1 és a HSP90 gének transzkripcióját. A HSP70 és HSP30 gének expressziója szezonális változást mutatott.

A fent említett irodalmak is alátámasztják azt, hogy a hőstressz gének működése számos élettani folyamatban szerepet játszik. Ha nehézfém szennyezés fordul elő a vizekben, akkor is szabályozottá válik a működésük, melynek következtében előfordulhat gerincdeformitás. Ha viszont a lárvák, illetve a fiatal egyedek gyorsan változó hőmérsékletnek vannak kitéve, akkor is kialakulhat számos malformáció már a csigolya fejlődés során is. Összefoglalva a HSP gének megfelelő biomarkernek tekinthetők a halak esetében, melyek gyorsan reagálnak a környezet változásaira és a szervezetet ért különböző stresszhatásokra.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintagyűjtés, RNS izolálás, cDNS átírás és RT-qPCR

A kísérletbe 20db, 268 napos, egy tájfajtába (hajdúszoboszlói pikkelyes) tartozó pontyot (*Cyprinus carpio*) vontunk be, a következő csoportokat kialakítva: 10 db normál és 10 db deformált. A halakat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karának Halbiológiai Laboratóriumában nevelték. A vizsgálatot a Debreceni Egyetem Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának irányelvei szerint hagyták jóvá és kiviteleztek a DEMAB/15/2019 regisztrációs számú engedély alapján.

A kísérletbe vont halak mesterséges szaporításból és ugyanazon szülőktől származtak. A kísérletbe vont állomány takarmányozása a halfaj számára optimálisnak tekinthető protokollt követte. A szikzacskó felszívódását, illetve az exogén táplálkozás megkezdését követően a lárvákat 7 napig élő eleséggel (*Artemia nauplius* lárvá) etettük, majd megkezdtük a száraz tápra történő átszoktatást. A halak takarmányozását a nevelés további szakaszaiban kereskedelmi forgalomban kapható tápra alapoztuk, amely 30%-os nyersfehérje- és 7%-os nyerszsírtartalommal rendelkezett.

A halak nevelése, a keltetéstől a mintavétel végrehajtásáig azonos környezeti, technológiai és takarmányozási feltételek mellett történt.

A csoportok intenzív recirkulációs rendszerekben, 350 literes műanyag tartályokban voltak nevelve, a tartályok mechanikus biofilterrel és UV lámpával voltak ellátva. A halakat naponta 3 alkalommal etették (08:00, 12:00 és 16:00), kereskedelmi forgalomban lévő száraz táppal. A takarmány maradékok és a széklet naponta eltávolításra került. Az oxigén-telítettsége 80% felett, a hőmérséklet $25,05 \pm 0,5$ °C-on volt tartva. A fényperiódus 12 óra világos és 12 óra sötét volt. A víz hőmérséklet és az oldott oxigén naponta ellenőrizve volt HACH HQ30d hordozható mérővel (HACH CO., Loveland, CO, USA). Az NO₂-, NO₃- és NH₄⁺ -koncentrációkat HACH Lange DR/3900 spektrofotométerrel (HACH CO., Loveland, CO, USA) mérték. Az ellenőrzött környezet következtében a kísérletből a környezeti tényezők befolyását kizárhatjuk, hiszen az azonos környezeti feltételek között tartott egyedeknél a gerincdeformitás megjelenésének genetikai okai kerülnek előtérbe.

A mintavétel során az állatok agyvelejéből, hátizomszövetéből, illetve véréből vettünk mintát, amiket RNAlater (Roche) oldatba helyeztük az RNS stabilizálása és védelme érdekében. A folyamat során a teljes szervet homogenizáltuk. A boncolás előtt szegfűszegolajjal végeztünk eutanáziát az egyedeken. A minták

-70 °C-on voltak tárolva a laboratóriumi vizsgálatokig, mely a Debreceni Egyetem Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központjában zajlott. Az RNS izolálást a vér esetében az RNeasy Protect Animal Blood Kit (QIAGEN, Hilden, Németország), míg a hátizom és az agyvelő esetében az E.Z.N.A. Tissue RNA Kit (USA) használatával végeztük, követve a gyártók utasításait. Az E.Z.N.A. Tissue RNS Kit kimondottan az állati szövetekből származó teljes RNS izolálására lett kifejlesztve, különösen néhány nehéz rostos szövetre, mint például a vázizom, a szív és az aorta szövet. A minták RNS koncentrációját NanoDrop ND-1000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) spektrofotométerrel mértük. A cDNS-re írás a PCR Biosystems qPCR BIO cDNA Synthesis Kit szintetizáló kit alkalmazásával, annak gyártói protokollját követve történt.

Az RT-qPCR vizsgálat során az előírt összetevőkből egy mixet készítettünk, ami egy mintára vonatkoztatva a következő mennyiségeket tartalmazta: 1,3 µl desztillált víz, 0,6 µl forward primer (10µM), 0,6 µl reverse primer (10µM), 5 µl SYBR Green (Applied Biosystems, USA). 7,5 µl mixhez 2,5 µl (2 ng/µl) templát cDNS-t adtunk. Az RT-qPCR-hez 7300 Real Time PCR System-et használtunk, a vizsgálatot kétszeres ismétléssel végeztük el. A kapott ciklusküszöb értékeket (Ct) Pfaffl-módszerrel (Pfaffl, 2001) elemeztük. A számítások elvégzéséhez a Microsoft Excel 2013 (v15.0) programot használtuk. Az elemzések során a HKG (House Keeping Gene), a B2M, vagyis a béta-2-mikroglobulin volt. Az alkalmazott primerek adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Az alkalmazott primerek adatai

Gének (1)	Primer szekvenciák (5'→3') (2)	Amplikon hossza (bp) (3)
β-actin2	F: CCATCGGCAATGAGCGTTTC	75
	R: GCACAGCATAAGACTCACCCA	
HSP70	F: CTCAGGCACGTGGAGCATC	90
	R: TGAAGACAAAGTGACAAGTCCA	
HSP90	F: ACGGATCATGAAAGCCCAGG	104
	R: TGAGAGGATGTTGGGGTTGAT	

Table 1. Data of the applied primers

Genes (1); Sequence of the primer (2); Length of the amplicon (3)

A boncolás során a teljes gerincoszlop eltávolításra került makro- és mikroelem tartalom vizsgálata céljából. Ezek feldolgozását a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszéken végezték el. A mintákat kemencében állandó tömegig szárították, és 2x4,0 ml salétromsavval (HNO₂) marták (p.a. 65%). Ezután 1,0 ml hidrogén-peroxidot (H₂O₂) (p.a. 30%) adtak a mintákhoz, amelyeket a mérés előtt kiegészítettek 10 ml-re. A makro- és mikroelem értékeket ezekből az oldatokból mérték egy 5110 VDV Agilent ICP-OES (Agilent, Santa Clara, USA) 5 pontos kalibrációs vonal alkalmazásával.

Minden statisztikai elemzést SPSS 26.0 szoftverrel végeztünk (IBM Corp.,

Armonk, New York, USA). A csoportok közötti különbségek összehasonlítására független mintás T-próbát és Mann-Whitney U-próbát használtunk. A normális eloszlást a Shapiro Wilk teszt segítségével, a szóráshomogenitást pedig Levene tesztjével értékeltük. Ha a szóráshomogenitás nem volt szignifikáns, akkor független mintás T-próbát alkalmaztunk, ha pedig szignifikáns értéket kaptunk, akkor a Welch T-tesztet használtuk.

A génextpresszió és az elemtartalom közötti összefüggések vizsgálatára lineáris regressziós modellt alkalmaztunk. Ha a vizsgált minták mRNS-expressziója vagy elemtartalma nem mutatott normális eloszlást (Shapiro-Wilk teszt esetén), akkor egy nem paraméteres statisztikai tesztet, a Spearman-féle rangkorrelációs tesztet használtuk a kapcsolatok elemzésére.

Minden statisztikai teszt/próba során $p < 0,05$ küszöbértéket alkalmaztunk a szignifikancia értékelésére.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Összesen 20 egyedet vizsgáltunk, kétféle csoportosításban: 10 normál, 10 deformált egyed. Az 1. ábra bemutatja a HSP70 gén relatív kifejeződését a vizsgált szövettípusokban. Az X-tengelyen a szövettípusokat láthatjuk normál és deformált csoportok bontásában, az Y-tengelyen pedig a relatív génextpresszió szintjét. Az 1. ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a HSP70 relatív kifejeződésének mértéke deformált halak esetében minden szövettípusban magasabb értéket mutatott. A normál (vér: átlag=1,9; szórás=1,4; hátizom: átlag=1,02, szórás=0,23; agyvelő: átlag=1,03; szórás=0,26) és deformált (vér: átlag=3,64; szórás=7,69; hátizom: átlag=1,45; szórás=0,42; agyvelő: átlag=1,45; szórás=0,74) csoport relatív expressziója között szignifikáns különbséget egyik szövet esetében sem találtunk (vér: $t(4,34) = -2,083$ $p = 0,100$; hátizom: $t(10) = -1,882$ $p = 0,089$; agyvelő: $t(10) = -1,924$ $p = 0,083$). A legszembetűnőbb különbség a vér esetében volt tapasztalható a két csoport között. A vázizomban a HSP70 gyorsan indukálja a normál és káros stressz-ingereket is, beleértve a testmozgást és az akut izomsérüléseket. A HSP70 túlműködése hozzájárul az izomrost integritásának fenntartásához és elősegíti az izom regenerálódását és helyreállítását. Az indukálható HSP70 szintje megemelkedik a vázizomban a különböző zavarok, például a testmozgás és az izom sérülése, valamint az ezekhez az állapotokhoz kapcsolódó izomnövekedés és regeneráció időszakában. Ezzel ellentétben a HSP70 génextpressziója csökken az izom inaktivitása és öregedése során (Senf, 2013). Ahogy az 1. ábra mutatja, a HSP70 felülexpresszált a deformált csoport minden szövettípusában az egészséges halakhoz képest, bár ez a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns. Ez abba az irányba mutat, hogy a génnek nagy szerepe lehet a stresszre adott válaszban, és mintegy „védő” szerepben feltűnve, segíthet megőrizni az izomfunkciót, például a hátizom normális működése érdekében.

Számos eredmény ismert az egyes stressz-válasz gének expressziós szintjének növekedése kapcsán. A gerincesek korai embrionális fejlődésének vizsgálatához HSP47, HSP70 és HSP90 géncsaládok tagjait klónozták. Az ilyen típusú vizsgálatokra leggyakrabban zebrahalat (*Danio rerio*) használnak (Yeyati és mtsai, 2007; Du és mtsai, 2008; Van Gennip és mtsai, 2018). Számos hőszokk-gén komplex mintákat mutat a konstitutív és indukálható expresszióban mind gerinctelenek,

mind gerincesek korai embrionális fejlődése során (Chen és mtsai, 2005). Amint az 1. ábrán látható, a deformitással érintett hátizomban magasabb szintű HSP70 génkifejeződést észleltünk, mint a normál csoport esetében. Ennek egyik lehetséges magyarázata lehet, hogy a sérült hőstressz fehérjék további HSP70 hőstresszfehérje aktivitást váltanak ki, és a halak szervezete így reagál a testüket ért behatásokkal szemben.

Az általunk tapasztalthoz hasonlóan, emelkedett HSP70 génexpressziós szintet észleltek szívárványos pisztrángok hőstressz vizsgálata során környezeti tényezőkkel kapcsolatban. A környezeti szennyeződések a hőstressz fehérjéének szignifikáns kifejeződését is előidézik. A szívárványos pisztrángból származó elsődleges vizsgálati eredmények alapján kimutatták, hogy a HSP70 több szennyezőanyag jelenlétében magasabb génexpressziós szintet mutat (Iwama és mtsai, 1998). Ezek az eredmények, miszerint az állatokat ért különböző forrású stresszhatások növelik a HSP70 relatív génexpressziójának szintjét, összecsengenek az általunk észlelt eredményekkel, azzal a különbséggel, hogy esetünkben a gerinc deformítása lehetett az indukáló stresszhatás.

Machado és mtsai, (2017) tanulmányában a HSP70 és a p53 géneken keresztül vizsgálták a közönséges ponty embriók viselkedési reakcióit magasabb hőmérséklet hatására. A HSP70 és a p53 génexpressziós szint növekedése volt megfigyelhető a vizsgált összes szövetben, a kontrollcsoporthoz viszonyítva, jelezve a fehérjék funkcionális szerkezetének csökkenését és a DNS-károsodását a ponty embriókban. Ez a tanulmány arra utalt, hogy a magasabb hőmérsékleti kezelés viselkedési és fehérje kifejeződési változásokat okoz a halakban, és ezek a változások befolyásolhatják a faj túlélését. A HSP70 képes megvédeni a sejteket a stressztől. A halak különösen érzékenyek a környezeti felmelegedésre, mivel nincsen hőszabályozásuk, a testhőmérsékletük kapcsolódik a környezet hőmérsékletéhez, azaz poikiloterm állatok. Machado és mtsai, (2017) vizsgálatában a magasabb hőmérsékleten nevelt csoportokban a HSP70 génexpresszió a citoplazmában és az izom magjaiban szignifikánsan magasabb volt. A p53 és a HSP70 génexpresszió szinte észlelhetetlen volt a 25 °C-on tartott halakban, amik a kontroll csoportot jelentették (Machado és mtsai, 2017). Ahogy az 1. ábrán is megfigyelhető, vizsgálatunkban a HSP70 hőstresszfehérje génexpressziós szintje magasabb értéket mutatott a deformált csoportnál minden vizsgált szövettípusban, mint a normál csoport esetében, ugyanakkor ez a különbség nem volt statisztikailag is alátámasztható. Míg a fenti példában a kezelési csoportok között az eltérő környezeti hőmérséklet volt a különbség, a mi vizsgálatunk során a környezet azonos volt a normál és deformált csoportok esetében. Tehát stresszfaktorként a deformált gerinc jelentkezett, ami folyamatos nehézséget, terhelést jelent az érintett állatoknak, ezáltal „bekapcsolhatta és folyamatosan működtethette” szervezetük védelmi mechanizmusát. Ez energiát vonhat el a szervezet normál működésétől, vagy másként fogalmazva többlet energiát igényel az állattól. A fentiek tükrében elképzelhető, hogy a gerincdeformitás jelentette stresszhatások növelhetik a HSP70 gén kifejeződésének mértékét is.

A 2. ábrán láthatjuk a HSP90 hőstresszfehérje gén relatív kifejeződésének mértékét a vizsgált szövettípusokban. A HSP90 hőstresszfehérje gén expressziójának mértéke vér és agyvelő szövettípusban alacsonyabb értéket mutatott a deformált halak esetében, mint a normál csoportnál, viszont hátizom szövettípusban a defor-

1. ábra HSP70 relatív kifejeződése a vizsgált szövettípusokban

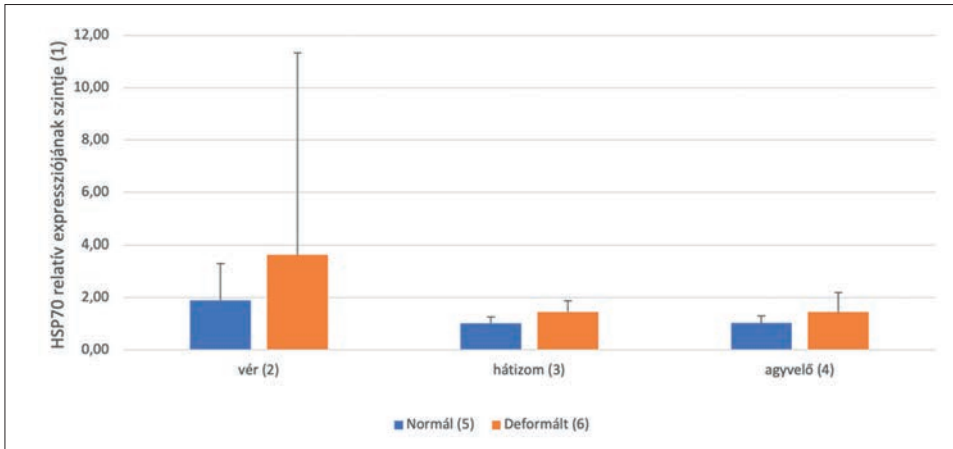


Figure 1. Relative expression level of HSP70 in each studied tissue types

Relative expression level of HSP70 (1); blood (2); back muscle (3); brain (4); normal group (5); deformed group (6)

mált csoport értéke volt magasabb. A normál (vér: átlag=2,1; szórás=1,9; hátizom: átlag=1,08; szórás=0,42; agyvelő: átlag=1,45; szórás=1,63) és deformált (vér: átlag=1,76; szórás=2,2; hátizom: átlag=1,34; szórás=0,6; agyvelő: átlag=1,04; szórás=0,74) csoport relatív expressziója között statisztikailag szignifikáns különbséget egyik szövet esetében sem találtunk (vér: $t(6,38)=-2,32$ $p=0,057$; hátizom: $t(10)=1,208$ $p=0,255$; agyvelő: $t(10)=-1,857$ $p=0,093$). A HSP90 fehérjék környezeti szempontból érzékeny chaperonok, amelyeket gerincesek többszörös lókuszaiban kódolnak. Normál körülmények között elősegítik az újonnan szintetizált fehérjék hajtogatódását, valamint a szabályozható molekulák, például kinázok és szteroid hormon receptorok kísérését. Mutáció vagy környezeti stressz hatására további HSP90-kapacitás szükséges az újonnan destabilizált fehérjék megtartásához, magasabb expressziós szintet eredményezve. E kettős szerep következménye, hogy a HSP90 funkcionálisan korlátozhatóvá válik, annak ellenére, hogy stressz hatására indukálódik (Yeyati és mtsai, 2007). Vizsgálatunkban, ahogyan a 2. ábrán is megfigyelhető, vér és agyvelő szövettípusban az ellenkező eset bekövetkezése valószínűsíthető, mivel a génexpressziós szint alacsonyabb értéket mutat a deformált csoportnál. Ez ellentmondásban van az előbb említettekkel, és ennek oka talán az lehet, hogy a deformált egyedek vér és agyvelő szöveteiben zavar léphetett fel vagy pedig ezekben a szövetekben nem jelentkezett stresszhatásként a gerincdeformitás, nem volt egyértelmű kapcsolat közöttük. A hátizom viszont közelebb van a gerinc-hez és jobban kitétt a deformált gerinc közvetlen hatásainak, így abban nem volt számunkra meglepő a magasabb expressziós szint HSP90 hőstresszfehérje gén esetében, amit a stresszre adott válasz jeleként is értelmezhetünk.

Egy vizsgálat kimutatta, hogy a HSP90 α kifejezetten a zebradánió (*Danio rerio*) embriók vázizomzatában fejeződik ki (Du és mtsai, 2008). A kutatás szerint a zebradánió két HSP90 α gént tartalmaz, amelyek hasonló génexpressziós mintázattal rendelkeznek. A HSP90 α 1 kulcsszerepet játszik a miofibrillum szerelvényben,

ami a vázizom izomroston belüli összehúzódásra képes alapegysége. A HSP90 α 1 génexpressziójának csökkentése a vázizomban mozgásképtelen embriókhoz vezetett. A funkcionális vizsgálatok azt mutatták, hogy a HSP90 α 1 génexpresszió gátlása erősen megzavarta az izom fejlődését, miközben a HSP90 α 2 blokkolása nem volt hatásos (Du és mtsai, 2008). Ezekből a kutatási eredményeinkből arra a következtetésre juthatunk, hogy a hátizomban a HSP90 hőszokkfehérjéjén expressziós szintjének megemelkedése a deformált gerinc hatásaiból adódik, a sejt- és az izomfunkció stabilizálásának érdekében.

A HSP90 hőstresszfehérje gén fontos szerepet játszik a patogén transzformáció szabályozásában. A rosszindulatú betegségek jellemző funkciói mellett számos laboratóriumi vizsgálat utal arra, hogy a HSP90 részt vesz a neuronális fehérjék funkcionális stabilitásának fenntartásában, akár mutáns, akár túlaktivált az adott fehérje, lehetővé téve és fenntartva a mérgező aggregátumok felhalmozódását. Ezen túlmenően a HSP90 szabályozza az 1-es (HSF-1) transzkripció faktor fő szabályozógénjét, melyet a sejtek a védelemhez használnak, ha stresszes körülményeknek vannak kitéve. Ezek miatt a biológiai funkciók miatt HSP90 gátlást javasolnak, mint a neurodegeneratív betegségek kettős terápiás módja (Luo és mtsai, 2010). A HSP90 szerepet játszhat a normál izomképzés során, segíti a fehérjék működésének stabilitását, ami alátámaszthatja a vizsgálatunk során észlelt megemelkedett génexpressziós szintet a hátizom szövettípusban.

A HSP90 védő szerepe a gerinces állatokban előforduló öröklődő fejlődési rendellenességek változó penetranciájának vagy súlyosságának tudható be. A HSP90 inhibitor szinteket zebrahalban határozták meg. A HSP90-gátlás csökkentheti a zebrahal fejlődési stabilitását, a vizsgálatok azt mutatják, hogy a HSP90 funkció enyhe zavarása a kritikus fejlődési szakaszokban, számos fejlődési rendellenesség változó penetranciáját és expresszivitását támasztja alá, ahol a genotípus és a környezet közötti kölcsönhatás is fontos szerepet játszik.

2. ábra HSP90 relatív kifejeződése a vizsgált szövettípusokban

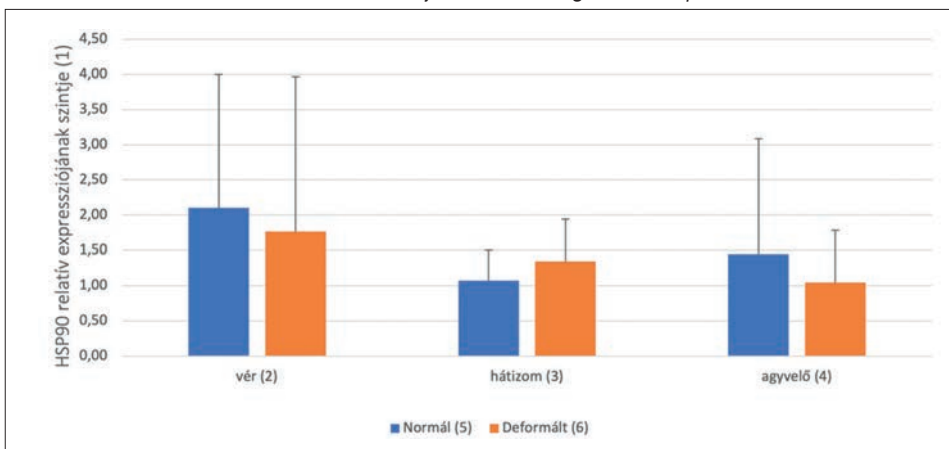


Figure 2. Relative expression level of HSP90 in each studied tissue types

Relative expression level of HSP90 (1); blood (2); back muscle (3); brain (4); normal group (5); deformed group (6)

Stresszhelyzetekben a HSP90 hőstresszfehérje gén expressziós szintjének csökkentését vélték felfedezni. Az eredmények azt mutatták, hogy a gerinces állatokban a HSP90 képes a diszkrét kvalitatív morfológiai jellemzők fenotípusos variabilitását pufferelni, külalakilag aszimmetrikus egyedeket eredményezve (Yeyati és mtsai, 2007). Tehát a 2. ábrán látható deformált csoportok csökkent HSP90 relatív génexpressziós értékét magyarázhatják a fenti információk, miszerint a stresszhelyzetekből adódó külalaki elváltozások összefüggésben állnak az alacsonyabb HSP90 hőstresszfehérjégen expressziós szinttel agyvelő és vér szövettípusban. Ennek igazolása azonban kiterjedtebb, további szöveteket és magasabb elemszámot alkalmazó vizsgálatokat igényel.

A relatív génexpresszió szintjei és a gerincoszlop elemtartalma közötti kapcsolatok

A 2. táblázatban az mRNS-szintek és a gerinc makro- és mikroelem tartalmának statisztikailag szignifikáns kapcsolatai láthatóak a lineáris regresszió és a Spearman-féle korreláció alapján. A halakban az ásványi anyagoknak is fontos szerepük van az ozmoregulációban és a vázképzésben, valamint a köztes anyagcsere folyamatokban is. Viszonylag nehéz tanulmányozni a halak megfelelő és káros ásványi szükségleteit, de rendkívül érdemes, ugyanis egyes ásványi anyagok nagyon kis mennyiségben, más ásványi anyagok pedig jelentős mennyiségben szükségesek számos élettani folyamathoz (El-Sadaawy és mtsai, 2013; Sfakianakis és mtsai, 2015). A takarmányozási hibák súlyos ásványianyag-hiányhoz vezethetnek, ami a halak ellenálló képességének a csökkenéséhez vagy akár csontváz deformációjához is vezethet számos egyéb betegségen kívül (Koumoundouros és mtsai, 2002). Az ilyen típusú összefüggés vizsgálatokra pedig a korreláció vizsgálatok a legalkalmasabbak. A táblázatban látható, hogy több esetben kimutatható összefüggés volt az egyes gének különböző szövetekben mért relatív expressziója és a gerincoszlop ásványianyag tartalma között, továbbá minden esetben erős kapcsolat volt a változók között. Összesen 10 esetben volt szignifikáns kapcsolat, mely során legtöbbször a hátizom állt kapcsolatban a gének expressziójával és a gerinc elemtartalmával (7 eset), melyből csak 2 esetben fordult elő kapcsolat a normál csoportban, a többi eset mind a deformált csoportokra volt jellemző. Legkevesebb alkalommal pedig az agyvelő állt kapcsolatban a gének expressziójával (1 eset). A hátizomban a HSP70 erős negatív korrelációban állt a gerincoszlop réz tartalmával a deformált csoportban ($r=-0,901$; $p=0,014$), illetve a hátizomban szintén negatív korreláció mutatkozott a foszforral a deformált csoportban a HSP70 génben ($r=-0,883$; $p=0,020$). A többi esetben az összefüggések között pozitív korreláció volt. A normál csoport hátizom szövetében például a HSP70 expressziója és a kálium koncentráció álltak erős, pozitív kapcsolatban ($r=0,811$; $p=0,050$). Illetve magas, pozitív korrelációt detektáltunk a normál csoport hátizom szövet HSP90 gén expressziója és a gerincoszlop kálium tartalma között ($r=0,970$; $p=0,001$). A HSP90 gén a deformált csoportban magas korrelációt mutatott vérszövetben a káliummal ($r=0,829$; $p=0,042$). A deformált csoportban mért legalacsonyabb regressziós érték az agyvelő HSP90 mRNS szintje és a gerinc vastartalma között volt ($R^2=0,668$; $p=0,047$). A legmagasabb regresszió pedig a deformált csoport hátizom szövetében a HSP70 kifejeződés és a kalcium között fordult elő ($R^2=0,780$, $p=0,020$).

2. táblázat

Az mRNS-szintek és a gerincoszlop mikro- és makroelem-tartalmának kapcsolatai lineáris regresszió és a Spearman-féle korreláció alapján

				Lineáris Regresszió (5)			Spearman féle korreláció (6)	
				p-érték (7)	R ² (8)	Korrigált R ² (9)	rho korrelációs együttható (10)	p-érték (7)
Szövet (1)	Gén (2)	Elem (3)	Csoport (4)					
hátizom (11)	HSP70	Ba	deformált (14)	0,036	0,706	0,632		
hátizom	HSP70	Ca	deformált	0,020	0,780	0,725		
hátizom	HSP70	Sr	deformált	0,035	0,713	0,641		
agyvelő (12)	HSP90	Fe	deformált	0,039	0,695	0,618		
hátizom	HSP70	Cu	deformált				-0,901	0,014
hátizom	HSP70	K	normál (15)				0,811	0,050
hátizom	HSP70	P	deformált				-0,883	0,020
vér (13)	HSP90	K	deformált				0,829	0,042
hátizom	HSP90	K	normál				0,970	0,001
vér	HSP90	S	normál				0,819	0,046

Table 2. Relationship between mRNA levels and spinal micro- and macroelement content based on Linear Regression and Spearman Correlation

tissue (1); gene (2); element (3); group (4); Linear Regression (5); Spearman's correlation (6); p-value (7); R²-value (8); Adjusted R-squared (9); rho Correlation Coefficient (10); back muscle (11); brain (12); blood (13); deformed group (14); normal group (15)

KÖVETKEZTETÉS

Összességében elmondható, hogy a két vizsgált hőstressz gén működése szövetenként eltérő volt. A HSP70 expressziója a deformált csoportban minden esetben magasabb értéket mutatott a normál csoporthoz képest, ugyanakkor ezek a különbségek nem voltak statisztikailag szignifikánsak. Az eredményeket az irodalmi adatokkal összevetve elképzelhető, hogy a deformált egyedek esetében elindulhatott a génnek a biomarker funkciója, így a megjelenő egészségügyi károsodás jelzése során változott a génexpresszió mértéke is. Illetve a megnövekedett relatív expressziós szintet okozhatta az is, hogy a sérült fehérjék további HSP70 aktivitását váltották ki.

A HSP90 gén relatív expressziójának mértéke a vér és agyvelő szövetekben alacsonyabb értékeket mutatott a deformált csoportban a normál csoporthoz képest. A hátizom szövetben viszont a deformált csoport értéke volt magasabb. A HSP90 génnek fontos szerepe van a normál izomképzésben, illetve segíti a fehérjék funkciójának stabilitását, ezért az általunk kapott eredmény összhangban volt előzetes várakozásainkkal. A vér és agyvelő szövettípus esetében előforduló alacsonyabb kifejeződési szint pedig a szignál transzdukció, protein-tirozin kináz

receptorának nem megfelelő működéséből adódhat, melyek hozzájárulnak a gerincoszlop deformáltságához. Fontos kiemelni, hogy egyik vizsgált gén relatív expressziója esetében sem sikerült szignifikáns mértékű különbségeket kimutatni a vizsgálati csoportok között. A statisztikailag igazolható különbség hiányára egyaránt magyarázat lehet a biológiai kapcsolat hiánya és a jelen vizsgálatban alkalmazott alacsony elemszám is. Ahogy a bemutatott irodalmi adatok alátámasztják, a biológiai kapcsolat nem zárható ki, így a kérdés eldöntése érdekében javasolt lenne a vizsgálatsorozat megismétlése nagyobb elemszám alkalmazásával.

A gerincoszlop makro- és mikroelem tartalmának vizsgálata izgalmas eredményeket szolgáltatott. A legtöbb kapcsolatban a hátizom volt érintett, ami megfelelt az előzetes várakozásainknak, mivel a hátizom a legközelebb elhelyezkedő szövet a gerincoszlophoz, amiben pedig a makro-, illetve mikroelemek nagy hányada raktározódik. Érdekes volt, hogy csak 2 esetben volt szignifikáns kapcsolat a normál csoportban, a többi szignifikáns kapcsolat esetében a deformált csoport volt érintett. Az elemek tekintetében a kálium volt a leggyakoribb előforduló makroelem, mely a hátizom és vér HSP génjeinek relatív expressziójával állt gyakran igazolható összefüggésben. Mindhárom esetben erős pozitív korreláció volt a jellemző. A sejtek normál működéséhez szükséges az, hogy az őket körülvevő membrán két oldalán elektromos töltés alakuljon ki, mely elsősorban a kálium megoszlásától függ (Kowey, 2002). Éppen ezért a kálium kulcsfontosságú az olyan szövetekben, melyekre a gyors elektromos potenciál változás a jellemző, tehát például az ideg és izomszövetek működéséhez elengedhetetlen. Továbbá fontos a szervezet vércukorszint szabályozásában is (Kowey, 2002), így ezzel magyarázható lehet a deformált csoportban fellépő magas korrelációja a vérszövetben. A továbbiakban pedig a normál csoport esetében volt összefüggés a hátizom és a kálium között, ami jelentheti azt is, hogy az egészséges egyedekben működött megszokott módon a kálium. Partridge és Lymbery 2008-ban sós talajvízben történő kálium-kiegészítés hatásait vizsgálták az ázsiai sügér (*Lates calcarifer*), vagy másnéven barramundi halakban. A különböző koncentrációjú ozmotikus közegekben vizsgálták a halak növekedésre, illetve fiziológiai reakciókra adott válaszait. Hígítatlan talajvizet (45 ppt) nem használtak a kísérlet során, ugyanis az az egyedek nagyfokú mortalitását okozta egy korábbi kísérletben (Partridge és Creeper, 2004). Összesen 4 fokozatot állítottak be a kálium kiegészítés szempontjából, ennek megfelelően hígították is a sós talajvizet klórmentesített csapvízzel. Az 50%-os kálium-egyenértékű vízben a halak 4 hétig éltek, de a testsúlyban nagy fogyás következett be. A 75%-os és 100%-os egyenértékű vízben a halak hízást és jó kondíciót mutattak. A vérplazma kálium homeosztázisát ezekben a halakban a vázizomzat pufferelemével tartották fenn. Az említett kísérletek alátámasztják a kálium fontosságát, ugyanis Partridge és Creeper 2004-ben végrehajtott kísérlete során a kórszövetteni vizsgálat a vázizomzat súlyos degenerációját és nekrozisát, a sejtek kifejezett hiperpláziáját és a vese tubuláris nekrozisát tárta fel. Arra a következtetésre jutottak, hogy a nagyfokú mortalitás fő oka a víz alacsony káliumszintje által kiváltott csontrendszeri myopathia volt (Partridge és Creeper, 2004). Mivel az egyedek ellenőrzött körülmények között, nem szennyezett területen és vízben voltak tartva, így valószínűleg ezért nem alakultak ki egyéb, különleges mintázatok a makro- és mikroelemek tekintetében.

Eredményeink rávilágítanak a hőstressz gének komplex élettani szerepére és a gerincdeformitás genetikai hátterének bonyolult összefüggéseit is sejtetik. Javasoljuk további vizsgálatok elvégzését a témában, melyek az itt felvetett kutatási irányok kiteljesítését szolgálják. A különböző hőstressz gének relatív expresszójának és a gerincdeformitás összefüggéseinek igazolására nagyobb elemszámú, és a jelen tanulmányban bemutatott két HSP génen túl további hőstressz gének bevonása indokolt lenne. Hasznos információkkal szolgálhatna a génexpressziós eredmények és a hátizom szövet különböző elemtartalmakra vonatkozó koncentrációinak összevetése, tehát a két vizsgálatípust egyazon szövetben elvégezni, az esetleges közvetlen kapcsolatok feltárására. Megítélésünk szerint ezek a vizsgálatok a jövőben az intenzív haltermelő rendszerek számára is adaptálható gyakorlati eredmények megszületéséhez vezethetnének a jelentős gazdasági károkat okozó gerincdeformitás jelenségének visszaszorítása érdekében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka a GINOP-2.3.2-15-2016-00025 projekt keretei között az Európai Regionális és Fejlesztési Alap és Magyarország Kormánya támogatásával valósult meg.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmed, E. O. – Abd-Alrhman, A. M. – Sheham–Ebrahim, J. – Heba, H. Adm. (2017): Proximate and mineral composition of some commercially important fishes in Jebel Awlia reservoir, Sudan. –IJFA, 3. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.4314/tfb.v25i1.5>
- Bagi, Z. – Balog, K. – Tóth, B. – Fehér, M. – Bársony, P. – Baranya, I. E. – Harang, I. S. – Mohammad, R. A. – Hegedűs, B. – Stündl, L. – Kusza, Sz. (2022): Genes and elements involved in the regulation of the nervous system and growth affect the development of spinal deformity in *Cyprinus carpio*. PLoS ONE 17(4): e0266447. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266447>
- Bildik, A. – Asıcı Ekren, G. S. – Akdeniz, G. – Kiral, F. (2019): Effect of environmental temperature on heat shock proteins (HSP30, HSP70, HSP90) and IGF-I mRNA expression in *Sparus aurata*. Iran. J. Fish., 18. 1014-1024. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijfs.2018.116979>
- Boglione, C. – Gisbert, E. – Gavaia, P. – Witten, E. P. – Moren, M. – Fontagné, S. – Koumoundouros, G. (2013): Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Rev. Aquac., 5. S121-S167. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12016>
- Bostock, J. – Lane, A. – Hough, C. – Yamamoto, K. (2016): An assessment of the economic contribution of EU aquaculture production and the influence of policies for its sustainable development. Aquac. Int., 24. 699-733. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9992-1>
- Chen, B. – Piel, W. H. – Gui, L. – Bruford, E. – Monteiro, A. (2005): The HSP90 family of genes in the human genome: insights into their divergence and evolution. Genomics., 86. 627-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2005.08.012>
- Davies, P. H. – Goettl, Jr. J. P. – Sinley, J. R. – Smith, N. F. (1976): Acute and chronic toxicity of lead to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in hard and soft water. Water Res., 10. 199-206. DOI: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(76\)90128-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(76)90128-7)
- De Jonge, T. (2001): A gerinc *sagittalis* görbületi deformitásainak műtéti kezelése, különös tekintettel a *scoliosis*hoz társuló *sagittalis* elváltozásokra. Doktori értekezés. Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Pécs, 106.

- Demény, F. – Lévai, T. – Zöldi, L. G. – Fazekas, G. – Hegyi, Á. T. – Urbányi, B. – Müller, T. (2009): Különböző takarmányok hatása a réticsík lárvák (*Misgurnus fossilis*) növekedésére és megmaradására intenzív körülmények között. Halászat, 102. 150-156.
- Demény, F. – Sudár, G. – Trenovszki, M. – Kucska, B. – Hóvári, J. – Szabó, G. – Molnár, T. – Hegyi, Á. – Urbányi, B. – Müller, T. (2011): Különböző takarmányok hatása a széles kárász (*Carassius carassius* L.) termelési mutatóira laboratóriumi körülmények között. Állattenyésztés és Takarmányozás, 60. 29-45.
- Du, S. J. – Li, H. – Bian, Y. – Zhong, Y. (2008): Heat-shock protein 90alpha1 is required for organized myofibril assembly in skeletal muscles of zebrafish embryos. P. Natl. Acad. Sci. USA., 105. 554-559. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0707330105>
- Eissa, A. – Moustafa, M. – El-Husseiny, I. – Saeid, S. – Saleh, O. – Borhan, T. (2009): Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raised in Egyptian aquaculture. Chemosphere., 77. 419-425. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.06.050>
- El-Sadaawy, M. M. – El-Said, G. F. – Sallam, N. A. (2013): Bioavailability of heavy metals in freshwater *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758): Potential risk to fishermen and consumers. J. Environ. Sci. Health-B, 48. 402-409. DOI:10.1080/03601234.2013.742719
- Füst, Gy. – Prohászka, Z. – Cervenak, L. (2003): A hő sokkfehérjék immunológiai tulajdonságai és szerepük az érelmeszesedés keletkezésében. Magyar Tudomány, 48. 430-439.
- Galt, N. J. – McCormick, S. D. – Froehlich, J. M. – Biga, P. R. (2016): A comparative examination of cortisol effects on muscle myostatin and HSP90 gene expression in salmonids. Gen. Comp. Endocrinol., 237. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.07.019>
- Gjerde, B. – Pante, M. – Baevefjord, G. (2005): Genetic variation for a vertebral deformity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 244. 77-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.002>
- Hansen, Ø. J. – Puvanendran, V. (2010): Fertilization success and blastomere morphology as predictors of egg and juvenile quality for domesticated Atlantic cod, *Gadus morhua*, broodstock. Aquac. Res., 41. 1791-1798. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02506.x>
- Iwama, G. – Phillip, T. T. – Forsyth, R. B. – Vijayan, M. (1998): Heat shock expression in fish. Rev. Fish Biol. Fish., 8. 35-56.
- Kasprzak, R. – Ostaszewska, T. – Wagner, B. (2018): The effect of feeding commercial diets on the development of juvenile crucian carp (*Carassius carassius* L.). Part 1: Skeletal deformations. Aquac. Nutr., 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12831>
- Kocour, M. – Linhart, O. – Vandeputte, M. (2006): Mouth and fin deformities in common carp: Is there a genetic basis? Aquac. Res., 37. 419-422. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01425.x>
- Koumoundouros, G. – Maingot, E., Divanach, P. – Kentouri, M. (2002): Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. – Aquaculture, 209. 49-58. DOI:10.1016/s0044-8486(01)00821-3
- Kowey, P. R. (2002): The Role of Potassium. Med. Sci. Symp. Ser., 151-157. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1061-1_18
- Kužir, S. – Malenčić, L. – Stanin, D. – Vukičević, T. – Alić, I. – Gjurčević, E. (2015): Description of head deformities in cultured common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Vet. Arh., 85. 437-449.
- Lavado, R. – Shi, D. – Schlenk, D. (2012): Effects of salinity on the toxicity and biotransformation of L-selenomethionine in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) embryos: mechanisms of oxidative stress. Aquat. Toxicol., 108. 18-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.07.001>
- Luo, W. – Sun, W. – Taldone, T. – Rodina, A. – Chiosis, G. (2010): Heat shock protein 90 in neurodegenerative diseases. Mol. Neurodegener., 5. 24. DOI: <https://doi.org/10.1186/1750-1326-5-24>
- Machado, A. – Cardoso, C. – Priscila, V. S. – Costa, E. – Vignardi, C. – Hasue, F. – Viadanna, P. H. – Santos, D. – Yasumaru, F. – Marion, C. – Gomes, V. – Ngan, P. (2017): Lethal thermal maximum temperature induces behavioral responses and protein expressions (Hsp70 and p53) in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus). Pan-Am. J. Aquat. Sci., 12. 295-309.

- Madsen, L. – Dalsgaard, I. (1999): Vertebral column deformities in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 171. 41-48. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(98\)00427-x](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00427-x)
- Molnár, K. (2003): Halbetegségek. Magyar Országos Horgász Szövetség, Budapest, 95.
- Muramoto, S. (1981): Vertebral column damage and decrease of calcium concentration in fish exposed experimentally to cadmium. *Environ. Pollut. A.*, 24. 125-133. DOI: [https://doi.org/10.1016/0143-1471\(81\)90074-X](https://doi.org/10.1016/0143-1471(81)90074-X)
- Olsvik, P. A. – Brattås, M. – Lie, K. K. – Goksøyr, A. (2011): Transcriptional responses in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) after exposure to mercury-contaminated sediments obtained near the wreck of the German WW2 submarine U-864, and from Bergen Harbor, Western Norway. *Chemosphere*, 83. 552-563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12>
- Partridge, G. J. – Creeper, J. (2004): Skeletal myopathy in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), cultured in potassium-deficient saline groundwater. *J. Fish. Dis.*, 27. 523-530. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00567.x>
- Partridge, G. J. – LyMBERY, A. J. (2008): The effect of salinity on the requirement for potassium by barramundi (*Lates calcarifer* (Bloch)) in saline groundwater. *Aquaculture*, 278. 163-169.
- Pfaffl, M. V. (2001): A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. *Nucleic Acids Res.*, 29. e45-e45. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/29.9.e45>
- Printzi, A. – Kourkouta, C. – Fragkouli, S. – Dimitriadi, A. – Geladakis, G. – Orfanakis, M. – Mazurais, D. – Zambonino-Infante, J.-L. – Koumoundouros, G. (2021): Balancing between *Artemia* and microdiets usage for normal skeletal development in zebrafish (*Danio rerio*). *J. Fish Dis.*, 44. 1689-1696. <https://doi.org/10.1111/jfd.13487>
- Pyz-Lukasik, R. – Chalabis-Mazurek, A. (2019): Content of macro-and microelements in the muscles of grass carp, bighead carp, siberian sturgeon and wels catfish from eastern Poland. *J. Elem.*, 24. 221-232.
- Rajeshkumar, S. – Munuswamy, N. (2011): Impact of metals on histopathology and expression of HSP 70 in different tissues of Milk fish (*Chanos chanos*) of Kaattuppalli Island, South East Coast, India. *Chemosphere*, 83. 415-421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12>
- Roberts, R. J. (2012): *Fish Pathology*. Fourth Edition. John Wiley & Sons, 591.
- Sassi, A. – Darias, M. J. – Said, K. – Messaoudi, I. – Gisbert, E. (2012): Cadmium exposure affects the expression of genes involved in skeletogenesis and stress response in gilthead sea bream larvae. *Fish. Physiol. Biochem.*, 39. 649-659. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9727-9>
- Senf, S. M. (2013): Skeletal muscle heat shock protein 70: diverse functions and therapeutic potential for wasting disorders. *Front. Physiol.*, 4. 330.
- Sfakianakis, D. G. – Georgakopoulou, E. – Papadakis, I. E. – Divanach, P. – Kentouri, M. – Koumoundouros, G. (2006): Environmental determinants of haemallordosis in European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 254. 54-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.028>
- Sfakianakis, D. G. – Renieri, E. – Kentoruri, M. – Tsatsakis, A. M. (2015): Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environ. Res.*, 137. 246-255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014>
- Shefat, S. H. T. – Karim, M. D. A. (2018): Nutritional diseases of fish in aquaculture and their management: A Review. *Acta Sci. Pharm. Sci.*, 2. 50-58.
- Truman, A. W. – Millson, S. H. – Nuttall, J. M. – Mollapour, M. – Prodromou, C. – Piper, P. W. (2007): In the yeast heat shock response, Hsf1-directed induction of Hsp90 facilitates the activation of the Slt2 (Mpk1) mitogen-activated protein kinase required for cell integrity. *Eukaryot. Cell.*, 6. 744-752. DOI: <https://doi.org/10.1128/EC.00009-07>
- Vagsholm, I. – Djupvik, H. O. (1998): Risk factors for spinal deformities in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish. Dis.*, 21. 47-53. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1998.00069.x>
- Van Gennip, J. L. M. – Boswell, C. W. – Ciruna, B. (2018): Neuroinflammatory signals drive spinal curve formation in zebrafish models of idiopathic scoliosis. *Sci. Adv.*, 4. e1781. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav1781>

- Vijayan, M. M. C. – Pereira, G. – Kruzynski, G. – Iwama, K. (1998): Sublethal concentrations of contaminant induce the expression of hepatic heat shock protein 70 in two salmonids. *Aquat. Toxicol.*, 40. 101-108. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(97\)00057-X](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(97)00057-X)
- Wargelius, A. – Fjellidal, P. G. – Hansen, T. (2005): Heat shock during early somitogenesis induces caudal vertebral column defects in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Dev. Genes Evol.*, 215. 350-357. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00427-005-0482-0>
- Wolnicki, J. – Myszkowski, L. – Korwin-Kossakowski, M. – Kamiński R. – L. Stanny, A. (2006): Effects of different diets on juvenile tench, *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions. *Aquacult. Int.* 14, 89-98 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-005-9017-y>
- Yang, J. – Nune, M. – Zong, Y. – Zhou, L. – Liu, Q. (2015): Close and Allosteric Opening of the Polypeptide-Binding Site in a Human Hsp70 Chaperone BiP. *Structures*, 23. 2191-2203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.str.2015.10.012>
- Yeyati, P. L. – Bancewicz, R. M. – Maule, J. – van Heyningen, V. (2007): Hsp90 selectively modulates phenotype in vertebrate development. *Plos Genet.*, 3. 3. e43. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030043>
- Yokoyama, H. – Freeman, M. – Itoh, N. – Fukuda, Y. (2005): Spinal curvature of cultured Japanese mackerel (*Scomber japonicus*) associated with a brain myxosporean, *Myxobolus acanthogobii*. *Dis. Aquat. Org.*, 66. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.3354/dao066001>
- Yoshimune, K. – Yoshimura, T. – Nakayama, T. – Nishino, T. – Esaki, N. (2002): Hsc62, Hsc56, and GrpE, the third Hsp70 chaperone system of *Escherichia coli*. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 293. 1389-1395. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(02\)00403-5](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)00403-5)

Érkezett: 2022. március

Szerzők címe: Lengyel A. K.
Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar
Authors' address: University of Debrecen Faculty of Science and Technology
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.
lengyel.angi@gmail.com

Balog K. – Hegedűs B.
Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola,
Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ
Doctoral School of Animal Science, University of Debrecen,
Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Faculty of Agricultural and
Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Bagi Z. – Kusza Sz.
Debreceni Egyetem Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ
Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Faculty of Agricultural and
Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Baranyai E.

Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Kémiai Intézet
Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Atomic Spectroscopy
Laboratory, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Fehér M.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi
és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai
és Természetvédelmi Intézet
Laboratory of Aquaculture, Institute of Animal Science, Biotechnology and Nature
Conservation, Department of Animal Husbandry, Faculty of Agricultural and
Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Bársony P.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai
és Természetvédelmi Intézet
Fish Biology Educational Base, Institute of Animal Science, Biotechnology
and Nature Conservation, Department of Animal Nutrition, Faculty of Agricultural
and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen,
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

COPING WITH CLIMATE CHANGE; IS WHITE SHEEP MORE FAVORABLE THAN BLACK? A REVIEW

PUTRI KUSUMA ASTUTI – GEORGE WANJALA – ZOLTÁN BAGI – SZILVIA KUSZA

SUMMARY

Climate change and its impact on livestock production are a point of discussion nowadays. The impact of climate change, heat stress mainly, is negatively correlated to livestock production. In sheep, heat stress causes disruptions in the biological and physiological activities inside the body, resulting in hormonal imbalance, lower body growth and production, and reproduction impairment. Furthermore, the stress caused by the thermal condition does not promote animal welfare in the sheep population. Genetic factors determine coat color, and numerous genes have been identified as associated with it, including TRYP, MC1R, MLANA, OCA2, and others. Numerous studies indicate that light coat colors promote adaptation to hot environments owing to their ability to reflect sunlight more effectively than dark coat colors. Regardless, other research found no difference in adaption to a hot environment between light and dark coat colors. In the present work, authors summarized the effect of light and dark coat colors.

ÖSSZEFOGLALÓ

Astuti, P. K. – Wanjala, G. – Bagi, Z. – Kusza, S.: SZEMBENÉZNI AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSSAL: KEDVEZŐBB A FEHÉR BÁRÁNY A FEKETÉNÉL? - IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az éghajlatváltozás és annak az állattenyésztésre gyakorolt hatása manapság vita tárgyát képezi. A klímaváltozás hatása, elsősorban a hőstressz negatívan hat az állattenyésztésre. A juhokban a hőstressz megzavarja a szervezetben belüli biológiai és élettani tevékenységeket, ami hormonális egyensúlyhiányt, kisebb testnövekedést és termelést, valamint szaporodási zavarokat okoz. Továbbá a termikus állapot okozta stressz hátrányosan hat az állatjólétre is. Genetikai tényezők határozzák meg a gyapjú színét, és számos gént azonosítottak, amelyek kapcsolatba hozhatóak annak kialakulásával, köztük a TRYP, MC1R, MLANA, OCA2 stb. A gyapjúszín kialakulása a bőr epidermiszében található melanociták által termelt kétféle pigmenttől függ. Számos tanulmány kimutatta, hogy a világos szőrszínek elősegítik a meleg környezethez való alkalmazkodást, mivel hatékonyabban verik vissza a napfényt, mint a sötét színek. Ettől függetlenül más kutatások nem találtak különbséget a forró környezethez való alkalmazkodásban a világos és a sötét szőrzet színei között. Sajnos jelenleg nem ismert, hogy a sötét és világos gyapjú miben tér el hőszabályozási mechanizmusaiban a hőstressz hatására. A szerzők jelen tanulmányukban összegezni kívánták a világos és sötét gyapjú hatását.

INTRODUCTION

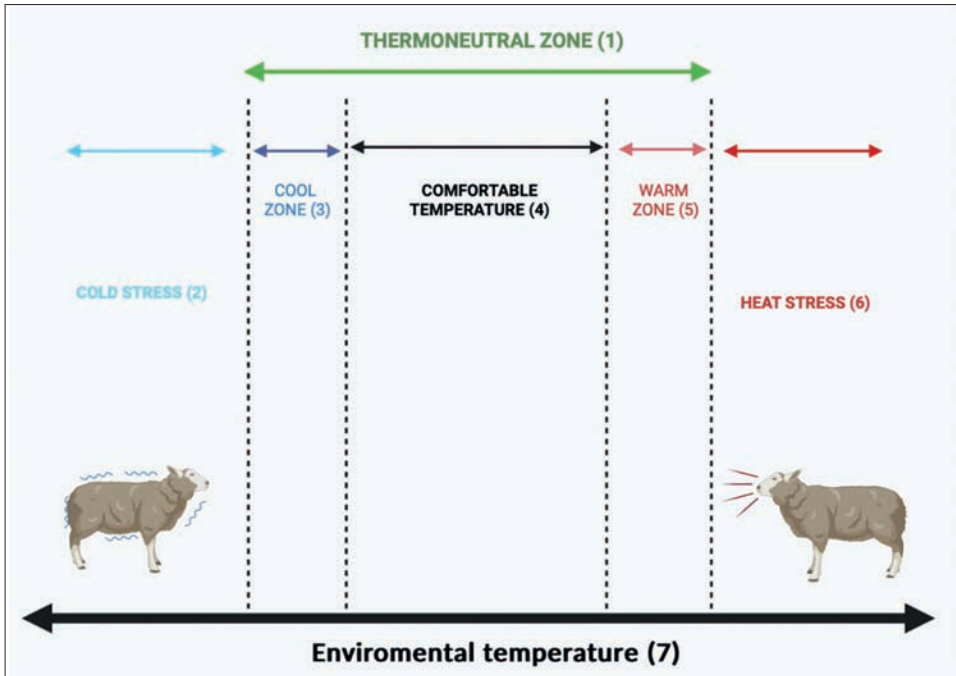
As the world is getting hotter, climate change is also becoming a hot topic that threatens humans and livestock. The rising global temperature is one of the significant components of climate change. Since 1975, the average global temperature has risen at an average rate of 0.15–0.20 °C per decade (Malhi *et al.*, 2021), and probabilistic calculations of the IPCC's range of climate sensitivity suggest that it will rise by 2 °C by 2100 and 4.2 °C by 2400 (IPCC, 2013) which enforce our attention to look for an adaptation measurement. Many studies have been done to understand how climate change, particularly heat stress, can affect livestock. According to Sawyer and Narayan (2018), heat/thermal stress is defined as any combination of environmental variables resulting in temperatures higher than the temperature range of the animal's thermoneutral zone and the urge to mitigate the heat stress effects has been widely discussed. Heat stress affects livestock farming in various ways; reduction in production efficiency (West, 2003; Mader *et al.*, 2006), disruption of physiology, development, and reproductive function through complex hormonal changes (Kapoor *et al.*, 2008; Fabris *et al.*, 2019), and many more that definitely lead to economic loss for farmers.

Each animal has a thermoneutral zone to maintain its normal body temperature without compromising its behavioral or physiological functioning. Thermoregulatory mechanisms to heat stress differ by species, and hence the extent of decrease in production performance varies between livestock animals. One of the primary regulators of animal adaptation to heat stress situations is endocrine responses. The Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) axis is essential for homeostasis (Niyas *et al.*, 2015).

Figure 1. shows three thermal zones: thermoneutral, heat stress zone, and cold stress zone. According to dos Santos *et al.* (2021), when the animals are in the thermal comfort range, their metabolic rate is low because they are limited between the lower critical temperature (LCT) and the upper critical temperature (UCT) in the thermoneutral zone. Under this state, the animal does not activate physiological functions to release heat to the environment or generate endogenous heat, resulting in a body temperature that is balanced with the environment and all available energy being allocated to optimal performance (production, reproduction, among others). In this case, perceptible heat exchange methods are sufficient to maintain thermal balance. Suppose the environmental situation exceeds the UCT, the condition under heat stress. In that case, animals may attempt to adapt their behavior, such as seeking shade, increasing water intake, rapid breathing, increasing pulse rate, and decreasing feed intake, in addition to resting next to colder surfaces to try to balance the temperature change. The range of thermoneutral zone in sheep varies based on the type of sheep. Wool sheep produced constant metabolic heat at ambient temperatures ranging from 15 to 35°C, whereas hair coat sheep produced constant metabolic heat at temperatures ranging from 20 to 30°C (de França Carvalho Fonsêca *et al.*, 2019). This difference is related to the sheep's physiological ability to dissipate excessive heat.

Many efforts have been made to minimize the economic loss in livestock farming due to heat stress, as the consequences of climate change are unavoidable and seem to be becoming more severe; one that might be worth considering is

Figure 1. Illustration of sheep's thermoneutral zone



1. ábra Juhok termoneutrális zónájának bemutatása

termoneutralis zóna (1); hideg okozta stressz (2); hűvös zóna (3); kényelmes zóna (4); meleg zóna (5); hőstressz (6); környezeti hőmérséklet (7)

selecting an animal breed based on its coat color. Choosing tropical breeds that are more resistant to heat stress has been practiced for quite a long time, but what about having a different breed preference according to their coat color? This review will discuss heat stress in sheep and the relationship between coat color and heat tolerance in sheep.

DISCUSSION

Heat stress in sheep

Not excluding sheep, heat stress has a negative impact on sheep, despite the fact that sheep are thought to be the most robust livestock that can survive harsh conditions. The hot environment is the most significant single stressor affecting the efficiency of animal production systems, which has an impact on sheep performance and well-being. Many studies have proven the negative manifestation of heat stress in every stage of sheep life.

Gestation period

In the early-stage development of sheep life, exposure to excessive heat can inhibit normal prenatal growth. In oocyte development, *Gharibzadeh et al.* (2015) investigated ovine oocyte maturation in vitro after a 12-hour heat shock at 41°C. Heat stress during the early stages of maturation had a negative impact on oocyte maturation and the meiotic apparatus of the oocyte, which could have severe implications for pre- and post-implantation development. Furthermore, heat stress increased the dissolution time of the zona pellucid, which may be connected to premature cortical granule exocytosis. The overall embryo cell quantity and placentome size are dramatically reduced when a pregnant ewe is exposed to warm ambient temperatures during mid and late gestation (*van Wettere et al.*, 2021). Aside from that, the incidence of embryo mortality in short term heat-stressed ewes is 12.7 higher than in thermoneutral ewes, followed by higher unfertilized ova found (*Sartori et al.*, 2002; *Kandemir et al.*, 2013; *Romo-Barron et al.*, 2019). From the beforementioned findings, it can be concluded that heat stress impairs oocyte maturation, resulting in decreased fertility rates and independent effects on embryo wastage.

Lamb growth

In terms of growth, heat-exposed lambs had a reduced growth rate and feed efficiency without changing dry matter intake compared to thermoneutral lamb ($p < 0.01$). Heat stress altered lambs' postabsorptive metabolism, specifically producing a metabolic environment of hyperinsulinemia, which hindered adipose tissue catabolism, boosted lipid anabolism, and increased cellular glucose availability. Blood biochemical disruption was also found; lower ($p < 0.01$) serum concentrations of glucose, cholesterol, total protein, urea, potassium, thyroid hormones, erythrocyte and platelet counts, hemoglobin, and hematocrit were also identified, as were higher ($p < 0.01$) serum triglyceride values, chlorine values, erythrocyte size, and leucocyte count, which could be a sign of reducing immune function (*Nicolás-López et al.*, 2021). Heat stress also had a deleterious impact on lamb antioxidant status and immunological response via complicated pathways, including body temperature change, behavioral and hormonal adaptation, circulatory adjustment, and oxidative stress, as evidenced by several previous research by *Rathwa et al.* (2017) and *Shi et al.* (2020).

Ewes and ram fertility

As is the case with heat-stressed animals, when nutrient insufficiency is discovered as a result of an imbalanced energy supply within the body, heat stress also disrupts hormonal balance, a critical aspect of reproduction. *Indu et al.* (2014) explained that heat stress significantly decreased plasma estradiol and progesterone levels in sheep due to decreased Gonadotrophin-releasing hormone (GnRH) production and feed intake. Further described by *Wakayo et al.* (2015), reduced estrogen concentrations may result from impaired ovarian follicular development caused by a reduced peripheral gonadotrophin concentration in

response to heat stress. This condition might lead to estrous delay and alteration of estrous manifestation and behaviors.

Moreover, in ewes, when ambient temperatures were 32°C, ewe fertility and lambing rate were negatively correlated with the number of days per week during the mating period. Ewe fertility and lambing rate declined by 2.7 and 3.5 %, respectively, for each additional day of 32 °C during the mating week. High temperatures during the mating season harm fertility; heat-stressed ewes are 2.4 times less likely to become pregnant than thermo-neutral ewes (*Kleemann and Walker, 2005; Romo-Baron et al., 2019*).

Fertility disruption is also found in ram. Semen from rams with high testicular and scrotal temperatures are linked negatively with pregnancy rates due to lower semen quality, a higher presence of defective sperm, and a lower percentage of motile sperm. Germ cell death, DNA damage, and sperm maturation disruption can all be caused by elevated testicular temperature due to the environment condition. This damage to the sperm may result in infertility, impaired embryonic development, genetic disorders in the offspring, disturbance of postnatal growth, and litter longevity (*Hamilton et al., 2018; van Wettere et al., 2021*). Similar findings were also reported by *Marai et al. (2008)* and *Kastelic et al. (2017)*.

Meat and milk production

The heat stress manifested in a live animal will affect the quality of their products, milk production, and meat after slaughtering. As the body needs more energy to maintain the homeostasis, in contrast, livestock tends to reduce feed intake and increase water consumption in anticipation of more heat accumulating inside the body, as another thermoregulation mechanism to reduce fermentative heat production at the rumen level and thus the body heat load created endogenously (*Hill and Wall, 2017*). In that case, to enhance the availability of needed nutrients without affecting the feed intake, sheep lower anabolic activity while increasing the catabolism of fat and muscle tissue (*Macías-Cruz et al., 2020*). According to *Gregory (2010)* and *Xing et al. (2019)*, heat-stressed sheep produce meat that is darker, dryer, and harder, attributed to a high post-mortem final pH (>6.0), which is attained by increased muscle glycogenolysis and anaerobic metabolism. Furthermore, these hormones are connected with metabolic changes decrease in post-sacrifice muscle glycogen content, and as a result, lactic acid production levels are insufficient to lower the ultimate pH below 6.0.

Many physiological responses are induced by heat load to maintain the core temperature constant, such as increasing blood circulation to transfer heat from the core to the periphery and also increasing respiration rate as an act of heat dissipation outside the body. *Kitajima et al. (2021)* investigated heat rate variability (HRV) in sheep, which was used as a sensitive indicator of the functional regulatory properties of the autonomic nervous system in sheep. HRV of sheep was reduced under high Heat Humidity Index (THI) circumstances, which could be attributed to an increase in sympathetic nervous system activity on heart rate regulation. This physiological adjustment and changing biochemical regulation inside the livestock body consume higher energy and increase inefficiency in livestock growth, leading to a slow growth rate, low feed efficiency, lower carcass yield,

and many deprivations of meat quality aspects. Some findings evidencing the reduction in body weight were found in Dorset cross and Dorper cross sheep (Zhang *et al.*, 2021) and in Dorper x Katahdin male lamb but without feed intake change observed (Macías-Cruz *et al.*, 2020).

Because sheep milk is solely used for cheese manufacturing, it is required to include a high fat and protein content to manufacture high-quality cheese. According to Caroprese *et al.* (2012), heat stress can alter the composition of milk by lowering fat and protein levels. High ambient temperatures can also cause a mineral imbalance in the plasma, most notably by decreasing sodium, potassium, calcium, and phosphorus concentrations and increasing in chloride concentrations. Sevi *et al.* (2002) discovered that exposure to direct solar radiation had a deleterious effect on the fatty acid composition of sheep milk, resulting in a decrease in unsaturated fatty acids and an increase in saturated fatty acids, with the ratios of long to short chain and unsaturated to saturated fatty acids were 4 and 13% greater in the milk of shaded ewes compared to those of unshaded animals, respectively. Addition by Sevi and Caroprese (2012), exposure to sun radiation at high ambient temperature increased milk concentrations of neutrophils and capillary permeability, leading to an increase in milk lipolytic and proteolytic enzymes. While in term of milk production, a study in Sarda ewes by Peana *et al.* (2007) showed up to 15% milk yield reduction occurred if the minimum temperature reached 21°C, while in Valle del Belice sheep and Italian tropical breed, 3.9% decreasing milk production was observed when the THI is exceeding 23 (Finocchiaro *et al.*, 2005).

Disease occurrence and immunity

The disruption of biological processes inside animals' bodies as a response to stress due external factors, which here is defined as due to climate change or heat shock, has a deleterious impact on the sheep's immunity increasing susceptibility to some diseases. According to Inbaraj *et al.* (2016), stress is the biological response induced when an animal perceives a threat to its equilibrium, which could be in the form of metabolic alteration. When an animal experiences a stressor, the central nervous system sends signals to any of the body's systems to alleviate or compensate for the threat, then compensating the animal's immune system. In addition, by Chauhan *et al.* (2021), heat stress enhances the generation of reactive oxygen species and/or the depletion of antioxidants, resulting in an imbalance between oxidants and antioxidants and oxidative stress, which makes animals more prone to pathogens and production disease.

In sheep, Ewes exposed to heat stress had elevated cortisol levels; the increase in cortisol release may be responsible for weakening their cellular immune response following intradermal mitogen injection and their IgG production following antigen injection (Caroprese *et al.*, 2012). In the case of dairy sheep, one of the important aspects is udder health. It was observed that the frequency of environmental pathogens among the microbial species isolated from bacteriologically positive milk samples from ewes exposed to direct solar radiation suggests that heat stress can reduce mammary defense capacity, resulting in increased bacterial colonization of sheep udders, threaten the udder health and deprivation of milk

quality (Sevi et al., 2001). Many studies have also suggested the cellular disruption in genes related immune system and inflammatory, such as TNF- α and NF- κ B (Chauhan et al., 2014) also IL1R1, IL1R2, and HSPA2 (Lu et al., 2019)

Skin and hair color of sheep Coat color genes

When addressing heat stress, the skin and hair are crucial factors to consider because it is the exterior layer of an organism's body that functions as a defense layer against thermal stressor exposure. As explained by Macías-Cruz et al. (2018), sheep exposed to high temperatures engage evaporative thermoregulation mechanisms. In contrast to other ruminants, where sweating is essential for avoiding hyperthermia, sheep can dissipate between 60 and 90 % heat load by raising the respiratory rate and less than 10% via sweating. The exterior qualities of animals' coats, such as coat color and physical hair characteristics, influence their adaptive potential. Coat traits can be considered essential phenotypic indicators that can be used as a criterion for animal selection; also, these qualities have a relationship with the thermoregulatory capacity and homeostasis of the animals.

According to Yin et al. (2019), the formation of coat color is dependent on two types of pigments produced by melanocytes in the epidermis of the skin. Melanocytes are skin cells that may create melanin, namely pheomelanin and eumelanin. The quality and ratio of these two kinds of pigment result in different skin and hair colors; pheomelanin is yellow to reddish, and eumelanin is black

Table 1.

Gene associated to skin color in sheep

Genes (1)	Sheep breed (2)	Reference (3)
Dopachrome tautomerase (DCT), tyrosinase (TYR), tyrosinase related protein 1 (TYRP1), melanin corpuscle protein (PMEL), solute carrier family 45 member 2 (SLC45A2), and melan-A (MLANA)	Bashibai, Yemule white, and Tulufan black.	Yao et al. (2019)
Melanosomal transmembrane protein (OCA2), dopachrome tautomerase (DCT), tyrosinase (TYR) and tyrosinase related protein (TYRP1), melanocortin 1 receptor (MC1R), and premelanosome protein (PMEL)	Minxian black fur and Small-tail Han.	Shi et al. (2021)
Lengsin (LGSN), melanosomal transmembrane gene (OCA2), and E3 ubiquitin protein ligase (HERC2)	Indian Changthangi, Deccani, and Garole.	Saravanan et al. (2021)
Melanocortin 1 receptor (MC1R), melanogenesis associated transcription factor (MITF)	Sarda and the Sardinian Ancestral Black.	Cesarani et al. (2019)
Platelet derived growth factor receptor alpha (PDGFRA), receptor tyrosine kinases (KIT), Sry-related HMg-Box gene 10 (SOX-10), Protein interacting with PEKCA1 (PICK1), endothelin 3 (EDN3), zinc finger protein 831 (ZNF831)	Black Noire de Thibar and Queue fine de l'ouest.	Baazaoui et al. (2019)

1. táblázat Bőrszint befolyásoló gének juhban

gének (1); juhajták (2); forrás (3)

to brown. Melanin is produced by melanocytes and accumulates because of hereditary and environmental influences. Several genes have been found that influence coat color in sheep, some of them are presented in *Table 1*.

Coat and adaptability

The morphological feature of animals determines their adaptability to nature. According to *Gebremedhin et al. (2008)*, skin type and color are essential factors in heat stress adaptation. The sweat gland density, function, morphology, and the hair coat's density, length, and color determine the effectiveness of heat evaporation from the skin surface.

Hair density is significantly connected with the number of apocrine glands. Denser coats may make it more challenging to eliminate latent heat by cutaneous evaporation. In sheep, primary follicles give rise to hairs where heterotypic strands form first, followed by secondary follicles that give rise to wool. As a result, wool is not associated with a sweat gland (*do Prado Paim et al., 2012*). Wool acts as a protective barrier, but it also makes water evaporation from the body more difficult, resulting in less heat loss through perspiration. Wool sheep have a lower thermoregulatory capacity. Despite the lower insulating effect of slightly thick wool, it also has characteristics that reduce thermoregulation by convection. Even with thinner wool, there is air stability on the inside of the fleece, resulting in less heat loss by convection (*McManus et al., 2020*).

In addition to the hair type, color is also determinant in sheep's adaptability to the hot environment. Several research has been conducted to confirm the assumption that light colors reflect sunlight better than dark colors in terms of livestock coat color. A study in West African Dwarf male sheep by *Okourwa (2015)* implied that a higher risk of heat stress was observed in black coat color with low coat depth and short hair length sheep group due to the absorption of solar radiation by the dark pigmentation, low coat depth and short hair length that could not help the sheep to protect itself, especially from direct sunlight. A similar finding was found in Brazilian Santa ines, Bargamasca, and the crossbred animals by *McManus et al. (2011)*. The white color coat is superior because it enhances epidermal protection by absorbing short-wave ultraviolet rays, which is critical due to epidermal depigmentation, which causes animals to be prone to erythema, burns, and neoplasms (*Leite et al., 2020*).

A different discovery was found in Indian sheep breeds. The comparison of hemato-physio-biochemical traits of Chokla, Marga, and Marwari sheep with varied coat colors revealed no significant difference; all of these sheep are similarly adaptable under hot conditions (*Singh et al., 2016*). Likewise, the Morada Nova Ewes with varying coat colors were observed by *Leite et al. (2020)*. Regardless of color, there was no variation in the animals' rectal temperature, and all animals were able to maintain homoeothermic settings; nonetheless, each group activated different heat loss pathways. The most striking difference was seen in the entirely white coat, which displayed altered thermoregulatory responses as well as the highest sweating rate. The research on Saudi sheep by *Al-Haidary et al. (2021)* showed that Naemi, the white coat-colored breed had a considerably higher rectal temperature ($p < 0.001$) than Najdi, the black coat-colored breed. Meanwhile, no

significant ($p > 0.05$) changes in skin temperature, packed cell volume, or plasma albumin levels were seen between the two breeds. However, plasma globulin and total protein levels in the black coat-colored breed were considerably ($p = 0.05$) more remarkable than in the white coat-colored breed. The calculated heat tolerance coefficient in the black coat-colored breed was significantly ($p = 0.001$) higher than in the white coat-colored breed. The findings revealed that light coat color did not increase heat tolerance in sheep grazing in a hot desert region.

CONCLUSION

This review highlights the adaptation of sheep to a heat-stressed environment. Heat stress has a negative impact on sheep productivity in various aspects; reproduction, body growth, milk production, and meat quality. Choosing animals based on coat color can be a mitigation strategy to minimize the effects of heat stress in sheep. Prior studies' findings either confirm the hypothesis that white coat sheep can outperform black coat sheep under heat stress conditions or disprove the superiority of the two types of sheep coat. None of the studies can prove the distinction between black-coat sheep and white one. Unfortunately, it is unknown how the thermoregulatory mechanism of heat stress differs in the bodies of these two types of sheep. More comprehensive research on the differences in thermoregulation in sheep with black or white skin and coat color is required in the future, which will undoubtedly strengthen and clarify the advantages between them and be very beneficial for farmers in deciding which sheep to keep in this era of unavoidable global warming.

REFERENCES

- Al-Haidary, A. A. – Al-Dosari, Y. – Abd-Elwahab, A.-E. – Samara, E. M. – Al-Badwi, M. A. – Abdoun, K. A. (2021): White hair coat color does not influence heat tolerance of sheep grazing under a hot arid environment. *Small Rumin. Res.*, 201. 106410. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2021.106410
- Baazaoui, I. – McEwan, J. – Anderson, R. – Brauning, R. – McCulloch, A. – van Stijn, T. – Bedhiaf-Romdhani, S. (2019) : GBS data identify pigmentation-specific genes of potential role in skin-photosensitization in two tunisian sheep breeds. *Animals*, 10. 5. DOI: 10.3390/ani10010005
- Caroprese, M. – Albenzio, M. – Bruno, A. – Annicchiarico, G. – Marino, R. – Sevi, A. (2012): Effects of shade and flaxseed supplementation on the welfare of lactating ewes under high ambient temperatures. *Small Rumin. Res.*, 102. 177–185. DOI: j.smallrumres.2011.07.010
- Cavalcanti, L. C. G. – Moraes, J. C. F. – Faria, D. A. de. – McManus, C. M. – Nepomuceno, A. R. – Souza, C. J. H. de – Caetano, A. R. – Paiva, S. R. (2017): Genetic characterization of coat color genes in Brazilian Crioula sheep from a conservation nucleus. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 52. 615–622. DOI: 10.1590/s0100-204x2017000800007
- Cesarani, A. – Sechi, T. – Gaspa, G. – Usai, M. G. – Sorbolini, S. – Macciotta, N. P. P. – Carta, A. (2019): Investigation of genetic diversity and selection signatures between Sarda and Sardinian Ancestral black, two related sheep breeds with evident morphological differences. *Small Rumin Res.*, 177. 68–75. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2019.06.014
- Chauhan, S. S. – Rashamol, V. P. – Bagath, M. – Sejian, V. – Dunshea, F. R. (2021); Impacts of heat stress on immune responses and oxidative stress in farm animals and nutritional strategies for amelioration. *Int. J. Biometeorol.*, 65. 1231–1244. DOI: 10.1007/s00484-021-02083-3

- Chauhan, S. S. – Celi, P. – Fahri, F. T. – Leury, B. J. – Dunshea, F. R.* (2014): Dietary antioxidants at supranutritional doses modulate skeletal muscle heat shock protein and inflammatory gene expression in sheep exposed to heat stress. *J. Anim. Sci.*, 92. 4897–4908. DOI: 10.2527/jas.2014-8047
- de França Carvalho Fonsêca, V. – Maia, A. S. C. – Saraiva, E. P. – de Melo Costa, C. C. – da Silva, R. G. – Abdoun, K. A. – Al-Haidary, A. A. – Samara, E. M. – Fuller, A.* (2019): Bio-thermal responses and heat balance of a hair coat sheep breed raised under an equatorial semi-arid environment. *J. Therm. Biol.*, 84, 83–91. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.05.024
- do Prado Paim, T. – Borges, B. O. – de Mello Tavares Lima, P. – Gomes, E. F. – Dallago, B. S. L. – Fadel, R. – de Menezes, A. M. – Louvandini, H. – Canozzi, M. E. A. – Barcellos, J. O. J. – McManus, C.* (2013): Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. *Int. J. Biometeorol.*, 57. 59–66. DOI: 10.1007/s00484-012-0533-y
- dos Santos, M. M. – Souza-Junior, J. B. F. – Dantas, M. R. T. – de Macedo Costa, L. L.* (2021): An updated review on cattle thermoregulation: physiological responses, biophysical mechanisms, and heat stress alleviation pathways. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28. 30471–30485. DOI: 10.1007/s11356-021-14077-0
- Fabris, T. F. – Laporta, J. – Skibieli, A. L. – Corra, F. N. – Senn, B. D. – Wohlgemuth, S. E. – Dahl, G. E.* (2019): Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 102. 5647–5656. DOI: 10.3168/jds.2018-15721
- Finocchiaro, R. – van Kaam, J. B. C. H. M. – Portolano, B. – Misztal, I.* (2005): Effect of heat stress on production of mediterranean dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 88. 1855–1864. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72860-5
- Gebremedhin, K. G. – Hillman, P. E. – Lee, C. N. – Collier, R. J. – Willard, S. T. – Arthington, J. D. – Brown-Brandl, T. M.* (2008): Sweating rates of dairy cows and beef heifers in hot conditions. *Trans ASABE*, 51. 2167–2178. DOI: 10.13031/2013.25397
- Gharibzadeh, Z. – Riasi, A. – Ostadhosseini, S. – Hosseini, S. M. – Hajian, M. – Nasr-Esfahani, M. H.* (2015): Effects of heat shock during the early stage of oocyte maturation on the meiotic progression, subsequent embryonic development and gene expression in ovine. *Zygote*, 23. 573–582. DOI: 10.1017/S0967199414000203
- Gregory, N. G.* (2010): How climatic changes could affect meat quality. *Food Res. Int.*, 43. 1866–1873. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.018>
- Hamilton, T. R. dos S. – Siqueira, A. F. P. – Castro, L. S. de– Mendes, C. M. – Delgado, J. de C. – de Assis, P. M. – Mesquita, L. P. – Maiorka, P. C. – Nichi, M. – Goissis, M. D. – Visintin, J. A. – Assumpção, M. E. O. D. Á.* (2018): Effect of heat stress on sperm DNA: Protamine assessment in ram spermatozoa and testicle. *Oxi. Med. Cell. Longev.*, 1–14. DOI: 10.1155/2018/5413056
- Hill, D. L. – Wall, E.* (2017): Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. *J. Dairy Sci.*, 100. 2240–2257. DOI: 10.3168/jds.2016-11047
- Inbaraj, S., Sejian, V., Bagath, M., & Bhatta, R.* (2016): Impact of heat stress on immune responses of livestock: A Review. *Pertanika J. Trop. Agri. Sci.*, 39. 459–482.
- Indu, S. – Sejian, V. – Naqvi, S. M. K.* (2015): Impact of simulated heat stress on growth, physiological adaptability, blood metabolites and endocrine responses in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Anim. Prod. Sci.*, 55. 766. DOI: 10.1071/AN14085
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).* (2013): Climate change 2013: The physical science basis. In *Stocker, T. – Qin, D. – Plattner, G. K. – Tignor, M. Allen, S. – Boschung, J. – Nauels, A. – Xia, Y. – Bex, V. – Midgley, P.* (Eds.), Contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (1535). Cambridge University Press
- Kandemir, C. – Koşum, N. – Taşkin, T.* (2013): Effects of heat stress on physiological traits in sheep. *Maced. J. Anim. Sci.*, 3. 25–29.
- Kapoor, A. – Leen, J. – Matthews, S. G.* (2008): Molecular regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in adult male guinea pigs after prenatal stress at different stages of gestation. *J. Physiol.*, 586. 4317–4326. DOI: 10.1113/jphysiol.2008.153684

- Kastelic, J. – Wilde, R. – Rizzoto, G. – Thundathil, J. (2017): Hyperthermia and not hypoxia may reduce sperm motility and morphology following testicular hyperthermia. *Vet. Med.*, 62. 437–442. DOI: 10.17221/124/2016-VETMED
- Kitajima, K. – Oishi, K. – Miwa, M. – Anzai, H. – Setoguchi, A. – Yasunaka, Y. – Himeno, Y. – Kumagai, H. – Hirooka, H. (2021): Effects of heat stress on heart rate variability in free-moving sheep and goats assessed with correction for physical activity. *Front. Vet. Sci.*, 8. DOI: 10.3389/fvets.2021.658763
- Kleemann, D. O. – Walker, S. K. (2005): Fertility in South Australian commercial Merino flocks: relationships between reproductive traits and environmental cues. *Theriogenology*, 63. 2416–2433. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.052
- Leite, J. H. G. M. – Façanha, D. A. E. – Costa, W. P. – Chaves, D. F. – Guilhermino, M. M. – Silva, W. S. T. – Bermejo, L. A. (2018): Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach, *J. App. Anim. Res.*, 46. 353-359. DOI: 10.1080/09712119.2017.1302877
- Lu, Z. – Chu, M. – Li, Q. – Jin, M. – Fei, X. – Ma, L. – Zhang, L. – Wei, C. (2019): Transcriptomic analysis provides novel insights into heat stress responses in sheep. *Animals*, 9. 387. DOI:10.3390/ani9060387
- Macías-Cruz, U. – Correa-Calderón, A. – Mellado, M. – Meza-Herrera, C. A. – Aréchiga, C. F. – Avendaño-Reyes, L. (2018): Thermoregulatory response to outdoor heat stress of hair sheep females at different physiological state. *Int. J. Biometeorol.*, 62. 2151–2160. DOI: 10.1007/s00484-018-1615-2
- Macías-Cruz, U. – Saavedra, O. R. – Correa-Calderón, A. – Mellado, M. – Torrentera, N. G. – Chay-Canul, A. – López-Baca, M. A. – Avendaño-Reyes, L. (2020): Feedlot growth, carcass characteristics and meat quality of hair breed male lambs exposed to seasonal heat stress (winter vs. summer) in an arid climate. *Meat Sci.*, 169. 108202. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108202
- Mader, T. L. – Davis, M. S. – Brown-Brandl, T. (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 84. 712–719. DOI: 10.2527/2006.843712x
- Malhi, G. S. – Kaur, M. – Kaushik, P. (2021): Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13. 1318. DOI: 10.3390/su13031318
- Marai, I. F. M. – El-Darawany, A. A. – Fadiel, A. – Abdel-Hafez, M. A. M. (2008): Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*, 8. 209–234.
- McManus, C. – Louvandini, H. – Gugel, R. – Sasaki, L. C. B. – Bianchini, E. – Bernal, F. E. M. – Paiva, S. R. – Paim, T. P. (2011): Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop. Anim. Health Prod.*, 43. 121–126. DOI: 10.1007/s11250-010-9663-6
- McManus, C. M. – Faria, D. A. – Lucci, C. M. – Louvandini, H. – Pereira, S. A. – Paiva, S. R. (2020): Heat stress effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant? *Theriogenology*, 155. 157–167.
- Nicolás-López, P. – Macías-Cruz, U. – Mellado, M. – Correa-Calderón, A. – Meza-Herrera, C. A. – Avendaño-Reyes, L. (2021): Growth performance and changes in physiological, metabolic and hematological parameters due to outdoor heat stress in hair breed male lambs finished in feedlot. *Int. J. Biometeorol.*, 65. 1451–1459. DOI: 10.1007/s00484-021-02116-x
- Niyas, P. A. A. – Chaidanya, K. – Shaji, S. – Sejian, V. – Bhatta, R. et al. (2015): Adaptation of livestock to environmental challenges. *J. Vet. Sci. Med. Diagn.*, 4. DOI: 10.4172/2325-9590.1000162
- Okoruwa, M. I. (2015): Effect of coat characteristics on physiological traits and heat tolerance of west african dwarf sheep in Southern Nigeria. *Open J. Anim. Sci.*, 5. 351–357. DOI: 10.4236/ojas.2015.54039
- Peana, I. – Fois, G. – Cannas, A. (2007): Effects of heat stress and diet on milk production and feed and energy intake of Sarda ewes. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6. 577–579. DOI: 10.4081/ijas.2007.1s.577
- Rathwa, S. D. – Vasava, A. A. – Pathan, M. M. – Madhira, S. P. – Patel, Y. G. – Pande, A. M. (2017): Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Vet. World*, 10. 650–654. DOI: 10.14202/vetworld.2017.650-654

- Romo-Barron, C. B. – Diaz, D. – Portillo-Loera, J. J. – Romo-Rubio, J. A. – Jimenez-Trejo, F. – Montero-Pardo, A. (2019): Impact of heat stress on the reproductive performance and physiology of ewes: a systematic review and meta-analyses. *Int. J. Biometeorol.*, 63. 949–962. DOI: 10.1007/s00484-019-01707-z
- Saravanan, K. A. – Panigrahi, M. – Kumar, H. – Bhushan, B. – Dutt, T. – Mishra, B. P. (2021): Genome-wide analysis of genetic diversity and selection signatures in three Indian sheep breeds. *Livest. Sci.*, 243. 104367. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104367
- 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. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74367-1
- Sawyer, G. – Jitlik Narayan, E. (2019): A Review on the influence of climate change on sheep reproduction. In *Comparative endocrinology of animals*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.86799
- Sevi, A. – Annicchiarico, G. – Albenzio, M. – Taibi, L. – Muscio, A. – Dell’Aquila, S. (2001): Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.*, 84. 629–640. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74518-3
- Sevi, A. – Caroprese, M. (2012): Impact of heat stress on milk production, immunity and udder health in sheep: A critical review. *Small Rumin. Res.*, 107. 1–7. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2012.07.012
- Sevi, A. – Rotunno, T. – Di Caterina, R. – Muscio, A. (2002): Fatty acid composition of ewe milk as affected by solar radiation and high ambient temperature. *J. Dairy Res.*, 69. 181–194. DOI: 10.1017/S0022029902005447
- Shi, L. – Xu, Y. – Mao, C. – Wang, Z. – Guo, S. – Jin, X. – Yan, S. – Shi, B. (2020): Effects of heat stress on antioxidant status and immune function and expression of related genes in lambs. *Int. J. Biometeorol.*, 64. 2093–2104. DOI: 10.1007/s00484-020-02000-0
- Shi, X. – Wu, J. – Lang, X. – Wang, C. – Bai, Y. – Riley, D. G. – Liu, L. – Ma, X. (2021): Comparative transcriptome and histological analyses provide insights into the skin pigmentation in Minxian black fur sheep (*Ovis aries*). *PeerJ*, 9. e11122. DOI: 10.7717/peerj.11122
- Singh, K. M. – Singh, S. – Ganguly, I. – Ganguly, A. – Nachiappan, R. K. – Chopra, A. – Narula, H. K. (2016): Evaluation of Indian sheep breeds of arid zone under heat stress condition. *Small Rumin. Res.*, 141. 113–117. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2016.07.008
- van Wettere, W. H. E. J. – Kind, K. L. – Gatford, K. L. – Swinbourne, A. M. – Leu, S. T. – Hayman, P. T. – Kelly, J. M. – Weaver, A. C. – Kleemann, D. O. – Walker, S. K. (2021): Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. *J. Anim. Sci. Biotech.*, 12. 26. DOI: 10.1186/s40104-020-00537-z
- Wakayo, BU. – Brar, PS. – Prabhakar, S. (2015): Review on mechanisms of dairy summer infertility and implications for hormonal intervention. *Open Vet. J.*, 5. 6–10.
- West, J. W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86. 2131–2144. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
- Xing, T. – Gao, F. – Tume, R. K. – Zhou, G. – Xu, X. (2019): Stress effects on meat quality: A mechanistic perspective. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 18. 380–401. DOI: 10.1111/1541-4337.12417
- Yao, L. – Bao, A. – Hong, W. – Hou, C. – Zhang, Z. – Liang, X. – Aniwashi, J. (2019): Transcriptome profiling analysis reveals key genes of different coat color in sheep skin. *PeerJ*, 7. e8077. DOI: 10.7717/peerj.8077
- Yin, Z. – Ge, Y. – Ning, H. – Zhu, Y. – Chen, L. – Zhang, S. – Xia, X. – Wang, X. – Wang, L. – Pang, Q. – Liu, X. (2019): Expression and tissue distribution analysis of Angiotensin II in sheep (*Ovis aries*) skins associated with white and black coat colors. *Acta Histochem.*, 121. 407–412.
- Zhang, M. – Warner, R. D. – Dunshea, F. R. – DiGiacomo, K. – Joy, A. – Abhijith, A. – Osei-Amponsah, R. – Hopkins, D. L. – Ha, M. – Chauhan, S. S. (2021): Impact of heat stress on the growth performance and retail meat quality of 2nd cross (Poll Dorset × (Border Leicester × Merino)) and Dorper lambs. *Meat Sci.*, 181. 108581. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108581

Érkezett: 2022. március

Szerzők címe: Astuti P. K. – Wanjala G.

Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ

Authors' address: Doctoral School of Animal Science, Centre of Agricultural Genomics and Biotechnology, University of Debrecen H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Bagi Z. – Kusza Sz.

Debreceni Egyetem Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ, Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

kusza@agr.unideb.hu

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉBEL Hedvig (Herceghalom)

Társfőszerkesztő (Co-editor): MÉZES Miklós (Gödöllő)

Technikai szerkesztő (Technical assistant): SIPICZKI Bojana (Herceghalom)

Szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): HORN Péter (Kaposvár)

MANABE, N. (Japán),

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

ANTON István (Herceghalom),

BALOGH Krisztián (Gödöllő),

BODÓ Imre (Szentendre),

DUBLECZ Károly (Keszthely),

HIDAS András (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

PÓTI Péter (Gödöllő),

RÁTKY József (Budapest),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

URBÁNYI Béla (Gödöllő),

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

Szerkesztőség: Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani

(Editorial office): Intézet Takarmányozás-élettani csoport

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Institute of Physiology

and Nutrition Group of Nutrition physiology

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana.nora@uni-mate.hu

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) a CAB Abstracts c. kiadványban

The journal is abstracted by CAB International (UK) in CAB Abstracts

Felelős kiadó (Publisher): Bozay Péter ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230-1814

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Agriculture founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az info@agrarlapok.hu címen, vagy az alábbi postacímen:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park u. 2.

A borítékre kérjük, írja rá: „Folyóirat-rendelés”.

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8500Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

e-mail: info@agrarlapok.hu, telefon: 06-1/362-8100

Nyomta: Zemplén-Vektor Kft., 3900 Szerencs, Csalogány köz 5.