

Heat stress in dairy cows 2.

A review on nutritional strategies to alleviate losses

M. Bakony*¹

L. Könyves¹

M. Mézes²

L. Kovács^{3,4}

V. Jurkovich¹

1. Állatorvostudományi Egyetem,
Állathigiéniái és Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika,
Budapest

*e-mail: bakony.mikolt@univet.hu

2. Szent István Egyetem,
Takarmányozástani Tanszék, Gödöllő

3. MTA-SZIE Nagyállat Klinikai
Kutatócsoport, Úllő Dóra-major

4. NAIK Állattenyésztési,
Takarmányozási és Húsipari
Kutatóintézet, Herceghalom

SZARVASMARHA**Hőstressz tejelő tehénekben II.****Az alkalmazkodást segítő
takarmányozási megoldások****Irodalmi összefoglaló**

**Bakony Mikolt*¹, Könyves László¹, Mézes Miklós², Kovács Levente^{3,4},
Jurkovich Viktor¹**

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők előző, a tejtermelés hőstresszben tapasztalható csökkenését okozó élettani változásokkal kapcsolatos irodalmi áttekintő közleményük folytatásaként az alkalmazkodást segítő takarmányozási megoldásokat mutatják be jelen közleményükben. A fejadag energiatartalmának növelésével, ill. a bendőbeli illózsírsav-termelést serkentő kiegészítővel kapcsolatos kutatási eredmények mellett a hőstresszben tapasztalható fokozott inzulinhatást támogató megoldásokat is ismertetik. A sav-bázis egyensúlyt és az ásványianyag-ellátottságot javító, továbbá egyéb, nem pontosan ismert mechanizmus útján ható kiegészítővel kapcsolatos eredményeket is összefoglalják.

SUMMARY

The present review describes the possible nutritional strategies to alleviate the heat stress related decrease in the milk yield of dairy cows. Heat stress affects the energy metabolism both directly and indirectly. Loss of appetite and reduced feed intake lowers the energy sources available for production, while the increase in basal insulin concentration – as an indirect effect – is determinant in glucose and fatty acid utilization. Nutritional strategies that can lead to improved energy status and moderate increase in production are reviewed in detail. Altering the schedule of feed distribution, supplementing dairy rations with fat or feeding NDF (neutral detergent fibre) components with improved digestibility are effectively increasing energy intake. Yeast supplementation that is widely used in periods of negative energy balance can enhance ruminal fermentation, and it is also effective in heat stress. Niacin supports adaptation to heat stress through several different metabolic pathways, however, studies have come to contradictory conclusions. The enhanced insulin action characteristic to heat stress can be promoted by dietary chromium supplementation and an adjusted ratio of rumen degradable and undegradable protein in the ration. Supply of major cationic and anionic macro elements supports the acid base status and compensates the heat-related electrolyte-deficiency. Other, less investigated supplements, such as betaine, flavonoids and selenium act through mechanisms that are not fully known. The primary goal of feeding solutions is the improvement of the general health status and adaptive capacity of animals which often results in increased production, though understandably to a limited extent. The role of nutritional interventions can thus only be secondary to cooling efforts in preventing heat stress. Increasing knowledge on heat stress physiology can promote the development of nutritional strategies.

A nyári időszakban a tejelő tehenészetekben a termelékenység csökkenése és az állategészségügyi helyzet romlása tapasztalható. Az utóbbi évek különösen forró nyarai, sőt a több napig is tartó hóhullámok gyakorisága kiemelten fontossá teszik a hőstressz elleni védekezés lehetőségeinek jobb megismerését. A tehenek hőleadását segítő hűtési technológiák javításának lehetőségei mellett az élettani változások és az ezeken alapuló takarmányozási megoldások is számos kutatás tárgyát képezték az utóbbi időben. A tejtermelés csökkenéséhez vezető legfőbb változások a következőkben foglalhatók össze: a csökkent takarmányfelvétel miatt kialakuló energiahiány, a bendőemésztés zavara és a következményes anyagcserezavarok, amelyeket respiratorikus alkalózis és oxidatív stressz is súlyosbíthat; a feltételezhetően endotoxinhatás miatt emelkedett inzulinkoncentráció, és az ennek hatására megváltozott szénhidrát- és zsíryanycsere (4).

A tartós hőség a tejtermelés jelentős csökkenését idézi elő

A takarmányozás megváltoztatásával, ill. adalékanyagokkal a hőstressz hatásai ellensúlyozhatók

Takarmány-adalékanyagok alkalmazásával az egyes folyamatokat célzottan segíthetjük, ill. a kedvezőtlen hatásokat ellensúlyozhatjuk.

Míg a hűtési technológia javítása az állatok hőleadásának támogatására irányul, a takarmányozási stratégia változtatásának célja elsősorban az energiaellátottság javítása az emésztési folyamatok során felszabaduló hő lehetséges minimalizálása mellett. Kifejezetten „hőstressz-specifikusnak” mondható takarmányozási megoldások jelenleg nem ismertek, azok kidolgozása jelenleg is folyik. A hőstressz hatásait megkülönböztethetjük aszerint, hogy azok a takarmányfelvétel csökkenéséből eredő negatív energiamérleg következményei, vagy a hőség közvetlen, elsősorban a szénhidrát-anyagcserére gyakorolt hatásának tulajdoníthatók. A takarmányozási megoldások egyrészt a szárazanyagra számított energiabevitel növelésére, másrészt az inzulinhatás és a glükóz hasznosulásának támogatására irányulhatnak. A fejadag nyersrosttartalmának csökkentésével és az abrakhányad növelésével, ill. zsírkiegészítéssel egyaránt csökkenthető a rostbontással járó bendőbeli hőtermelés, valamint nő az energiabevitel mértéke. Azonban az egészséges bendőműködés és illózsírsavtermelés fenntartása érdekében a napi adag nyersrostaránya csak bizonyos mértékig csökkenthető [minimum 19% ADF (acid detergent fibre, savdetergens rost), és 27–33% NDF (neutral detergent fibre, neutrális detergens rost)], a zsírtartalom pedig szintén csak szűk korlátok között növelhető (maximum 3–5%) (36). A tejtermelés fehérjeigényét, ill. a csökkent energiabevitelt figyelembe véve mind a hiányos, mind a túlzott fehérjebevitel kockázata fennállhat, ezért az ajánlások szerint a bendőben lebontható fehérje (rumen degradable protein, RDP) aránya ne haladja meg a napi adag nyersfehérje-tartalmának 61%-át (36). A negatív energiamérleg esetén alkalmazott, a glükoneogenezist támogató, vagy a bendőbeli rostemésztést segítő, ill. az ásványianyag-ellátottságot javító takarmány-adalékanyagok, legtöbbször hőstressz esetén is hatékonyak.

A következőkben a fejadag összetételének, ill. kiosztásának változtatásával, valamint a takarmány-adalékanyagok használatával kapcsolatos új kutatási eredményeit mutatjuk be. Fontosnak tartottuk a számszerű adatok – adagok, időtartamok, hatások – közlését is, ezzel gyakorlati segítséget nyújtva a területen dolgozó állatorvosoknak és telepi szakembereknek a tervezésben és a költséghatékony-ság felmérésében. Az eredmények emellett jól tükrözik, hogy a takarmányozási megoldások elsődleges célja nem a hozamfokozás, hanem az állatok általános állapotának, ellenálló képességének javítása, ami a termelési mutatók mérsékelt növekedését is maga után vonhatja.

A SZÁRAZANYAG-FELVÉTEL, ILL. A TAKARMÁNY ENERGIKONCENTRÁCIÓJÁNAK EMELÉSE

Nyáron az esti órákban tapasztalható lehűlés sok esetben fokozhatja az állatok étvágyát. Egy kutatásban a hűvösebb órákra korlátozott takarmányfelvétel hatását vizsgálták májustól szeptemberig terjedő időszakban (1). A meleg órákban

takarmányfelvételében gátolt csoport szárazanyag-felvétele összességében vagy napi szinten kisebb volt, mint a takarmányhoz a legmelegebb órákban is hozzáférő állatoké, a tejtermelés azonban nem különbözött és hosszabb távon jobb perzisztenciát mutatott a csupán a hűvösebb órákban takarmányozott csoport. A legmelegebb órákban mért testhőmérséklet és a légzésszám alapján a hőstressz mértéke nem különbözött a különböző időben takarmányozott csoportok között.

OMINSKI és mtsai rövid ideig tartó (5 nap), mérsékelt hőstressz (legfeljebb 32 °C napi csúcshőmérséklet), majd az azt követő regeneráció során a napi egyszeri – reggeli vagy esti – etetés hatásait vizsgálták klímalaboratóriumban (37). A 08:30-kor, ill. 20:30-kor takarmányozott állatok szárazanyag-felvétele és tejtermelése azonos mértékben csökkent. A testhőmérséklet és a légzésszám alapján nem volt különbség az állatokat érő hőstressz mértékében. Az este takarmányozott állatok tejének zsírtartalma kisebb volt, amit a szerzők vizsgálatuk alapján nem tudtak magyarázni. Mások enyhe hőstresszben (maximális napi hőmérséklet 25–26 °C) vizsgálták a takarmányfelvétel reggeli (08:30), ill. esti (20:30) takarmánykiosztás mellett megfigyelhető napi ritmusát (38). Az esti időpontban etetett csoport szárazanyag-felvétele és a takarmány látszólagos emészthetőségének (total tract digestibility) hatékonysága kisebb volt, mint a reggeli időpontban takarmányozott csoporté. Az este takarmányozott csoportban az állatok a takarmánykiosztást követő két órában vették fel a napi takarmány jelentős részét és az éjszaka folyamán nem fogyasztottak több takarmányt, mint a másik csoport. A vérben mért inzulinkoncentráció nagyobb, a termelt tej zsírsavtartalma viszont kisebb volt az esti etetés esetén. Eredményeik alapján a szerzők megállapították, hogy az egyszeri, esti időpontban történő takarmánykiosztás nem illeszkedik a szarvasmarha takarmányfelvételének napi ritmusához, és a késői időpontban történő etetés hajlamosít a subacut bendőacidózisra az egyszerre nagyobb mennyiségű takarmány felvétele miatt. Mindamellettt hangsúlyozták, hogy a vizsgálatuk enyhe fokú hőterhelés idején zajlott, ami további, súlyos hőstresszben végzett vizsgálatokat tesz indokolttá.

A nem tömegtakarmány eredetű nyersrost etetése csökkenti a bendőbeli rostbontás okozta hőtermelést

Abból a megfontolásból, hogy a nem tömegtakarmány eredetű nyersrost etetése csökkenti a bendőbeli rostbontás okozta hőtermelést, HALACHMI és mtsai a laktáció középső harmadában termelő tehének napi takarmányadagjában a kukoricaszilázst szójababhéjjal helyettesítették, ezzel a tömegtakarmány eredetű NDF-frakció 18%-ról 12%-ra csökkent, a nyersrost emészthetősége azonban nőtt (19). A kísérleti (szójababhéjat tartalmazó) takarmányt fogyasztó állatok összes szárazanyag-felvétele azonos volt a kontroll csoportéval, azonban kevesebbszer vettek fel takarmányt, egy alkalommal viszont nagyobb mennyiséget. Mind az abszolút, mind a 4% zsírtartalomra korrigált (fat corrected milk, FCM) napi tejtermelés nagyobb volt a kísérleti csoportban, amit szerzők a hatékonyabb rostbontásból eredő nagyobb nettó energiatartalomnak tulajdonítottak.

Egy hasonló vizsgálatban a kukoricaszilázst növekvő arányban répaszelettel helyettesítve azonos szárazanyag-felvétel és emészthetőség mellett csökkent a bendőfolyadék pH-értéke (35). A csökkenést a répaszelet növekvő arányának tulajdonították, amelyet a csökkent kérődzési aktivitással, ill. nyáltermeléssel hoztak összefüggésbe. A bendőtartalomban nőtt a propionát és csökkent az acetát, ill. az ammónia eredetű nitrogén koncentrációja, ezzel összefüggésben a tejtermelés és a tejfehérje-tartalom a kiegészítés arányában nőtt, a tejszírtartalom azonban csökkent. A szerzők a tejtermelés növekedése és a tejszírtartalom csökkenése függvényében a répaszelet optimális arányát 12%-ban határozták meg.

A laktáció közepén termelő holstein-fríz tehének alaptakarmányának (7,32 MJ NE_L /kg sza., 25% kukoricadara, 1% zsírsavak kalcium sói) 300 g/állat/nap mennyiségben zsírsavak kalcium-sóival, vagy 825 g/állat/nap adagban kukoricadarával történő kiegészítése növelte a vérben mérhető szabadzsírsav-koncentrációt,

A zsírkiegészítés növelheti a tejtermelést

azonban nem javította a termelékenységet. Bár az energetikai számítások szerint csökkent az anyagcsere általi hőtermelés, a zsírsav-kiegészítésben részesült állatok testhőmérséklete magasabb volt, mint a kezeletlen kontrollé (33).

A 3% (szárazanyagra számított) zsírral kiegészített, ill. 60% abrakhányadú takarmánnyal való etetés hatását vizsgálták DRACKLEY és mtsai elsőborjas és többször ellett teheneknél a nyári időszakban (15). A kiegészítések hatására mindkét csoportban nőtt a tejtermelés, a tej zsírtartalma azonban csökkent. A nagyobb abrakhányad hatására viszont nőtt a tejfehérje-koncentráció. Az abrakkiegészítésben részesült csoport testhőmérséklete magasabb volt, mint a zsírkiegészítésben részesülő állatoké. Mindkét tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy a takarmány energiataralmának növelése javítja ugyan az energiaellátottságot, de az energia, a kiegészítés természetétől függően, megoszlik a tejtermelés és az életfenntartó szükséglet között.

WANG és mtsai szerint a szárazanyagra számított 1,5%, ill. 3%-os, túlnyomórészt telített zsírsavakat tartalmazó, 10 héten át tartó zsírkiegészítés átlagosan 2 kg-mal növelte a laktáció közepén termelő tehenek napi tejtermelését hőstresszben, továbbá a tejsír-koncentráció is emelkedett (47). A termelésnövekedés mértéke azonban nem állt egyenes arányban a kiegészítés mértékével, amit a nitrogénfüggő metabolizálható fehérje limitáló hatásának tulajdonítottak. Az előzőekben említett vizsgálatokkal ellentétben a zsírkiegészítésben részesült állatok vérében kisebb volt a szabadzsírsav-koncentráció.

ÉLESZTŐ ÉS EGYÉB GOMBATÖRZSEKET TARTALMAZÓ TAKARMÁNY-ADALÉKANYAGOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Hőstresszben a takarmányfelvétel és a kérődzés intenzitása, valamint a nyáltermelés is csökken, ami bendő-acidózisra hajlamosíthat

Hőstresszben a takarmányfelvétel és a kérődzés intenzitása, valamint a nyáltermelés is csökken, ami kisebb pufferoló hatást fejt ki a bendőben. Az állatok ritkábban esznek, de akkor nagyobb mennyiséget, és ha tehetik, a könnyebben lebomló szénhidrátot tartalmazó összetevőket válogatják ki. A csökkent/kiegyensúlyozatlan takarmányfelvétel viszont befolyásolja a bendőben zajló fermentációt, csökken az illózsírsavak koncentrációja és nő a tejsav-koncentráció. E tényezők együttállása pedig bendőacidózishoz vezet. Az élesztőt, mint takarmány-adalékokat sikerrel alkalmazták a bendőbeli fermentáció- és ezáltal az energiaellátottság javítására, és következményesen a termelési paraméterek növelésére (11). Az élő élesztők stabilizálják a bendőbeli anaerob körülményeket (26) és a pH-t, valamint javítják a rostbontás hatékonyságát a bendőflóra aktivitásának fokozása által (22).

SCHINGOETHE és mtsai kísérletükben 60 g/nap/tehen adagban alkalmaztak takarmányélesztő-kiegészítést (Diamond V XP yeast culture, Cedar Rapids, USA) 12 héten át a nyári időszakban (44). A szárazanyag-felvétel és a termelési paraméterek – tejtermelés, tejfehérje-, tejszírtartalom – nem különböztek a kiegészítésben részesült és nem részesült állatok között. A takarmányhasznosítás is csak kis mértékben (7%) javult a kiegészített csoportban. A várt, előnyös, hatások elmaradását az magyarázhatja, hogy a termék inaktivált, tehát bioaktív hatással már nem rendelkező élesztőtörzset tartalmazott.

SCHWARTZ és mtsai 28 napon keresztül 10 g/nap/tehen adagban alkalmaztak egy rostbontó enzimeket, élesztőtörzseket, kobalt-kloridot, biotint és niacint tartalmazó takarmány-adalékanyagot (45). A 7 napos hősemleges kontrollidőszakban, és az azt követő 21 napos hőstresszes időszakban nem tapasztaltak számottevő különbséget a kiegészített és a kontroll takarmányokat fogyasztó csoportok között a testhőmérséklet, a szárazanyag felvétel, ill. a tejtermelés tekintetében. A kísérletes hőstressz mindkét csoportban azonos mértékben csökkentette a tejtermelést, a tej fehérje- és laktóztartalmát, a tejszírtartalom azonban nem változott.

BRUNO és mtsai vizsgálatukban 30 g/tehen/nap adagban takarmányélesztőt alkalmaztak a 20. és 140. laktációs nap között a fejadagba keverve a nyári időszakban (7). A kiegészített csoportban lévő állatok a kontrollhoz képest átlagosan

Az élesztő javítja a bendőbeli fermentációt és ezzel az energiaellátottságot

**Az élesztőkiegészítés
jótékony hatású lehet
hőstresszben**

1,2 kg-mal több tejet termeltek, amelynek nagyobb volt a fehérje- és zsírmennyiség szárazanyag-tartalma, ám az energiára korrigált tej mennyiségre számolva már nem volt szignifikáns különbség, továbbá nem különbözött a takarmányfelvétel, a rektális hőmérséklet, a vérben mért glükóz-, szabadzsírsav-, béta-hidroxiavajsav- (BHB-) és inzulinkoncentráció sem.

A nyári hónapokban 8 héten át 240 g/állat/nap mennyiségben adagolt teljes élesztőfermentátum hatására javult a takarmányértékesítés, a tejtermelés, valamint az energiamérleg, és a kiegészítésben részesült tehenek testtömeg-gyarapodása is kedvezőbb volt, mint a kiegészítésben nem részesült állatoké (52).

Az eltérő eredmények fényében megállapítható, hogy a takarmány élesztővel történő kiegészítésének hatása hőstresszben is elsősorban az alkalmazott adag nagyságának és a kezelés időtartamának függvénye.

Prebiotikus hatású *Aspergillus oryzae* készítményt 8 héten át vagy a fejadaghoz (3 g/tehen/nap), vagy a kukoricaszilázshoz (45 mg/kg) keverve, valamint ezek kombinációjában adagolva kis mértékben növekedett az állatok szárazanyag-felvétel, és tejtermelés, a tej beltartalmi mutatói azonban rosszabbak voltak, mint a kiegészítésben nem részesült csoportban (9). A szerzők egy másik tanulmányukban kimutatták, hogy *Aspergillus oryzae* kiegészítés hatására a kukoricaszilázs oldható fehérje, és nem fehérje eredetű nitrogénfrakciója, valamint annak tejsav- és szárazanyag-tartalma is nőtt (10), ami magyarázatul szolgálhat a javuló értékekre.

Liu és mtsai vizsgálatukban takarmányélesztővel (33 g/állat), ill. glicerinnel kevert takarmányélesztővel (153 g glicerinnel + 32 g élesztő) történő kiegészítés során megállapították, hogy azok mérsékelték a hőstressz negatív hatásait (30). A 60 napig tartó vizsgálat során a kiegészített csoportokban nagyobb volt a tejtermelés, és javultak a tej beltartalmi mutatói, ugyanakkor kisebb volt a hőstresszt jelző HSP70-fehérjét kódoló gén expressziója, valamint kisebb volt a testtömegvesztés is a kiegészítésben nem részesült kontrollhoz képest. A glicerint is fogyasztó állatokban a vér kisebb szabadzsírsav-koncentrációja és a tendenciájában nagyobb glükózkoncentráció jobb energiaellátottságra utalt a csak élesztővel történt kiegészítésben részesült állatokhoz képest.

A NIACIN HATÁSNAK VIZSGÁLATA

**A nikotinsav a bőr
ereinek tágításával
javíthatja a hőleadást,
de a termelési mutatókra
nincs hatása**

A nikotinsav (amely a nikotinamid mellett a niacin egyik aktív formája) fokozza a prosztaglandin-D termelődését, amely a perifériás erekben található receptorokhoz kötődve értágulást okoz. A bőr ereinek tágulata javíthatja a hőleadást, amely a testhőmérséklet csökkenésében is megmutatkozhat. *In vitro* vizsgálatok a niacin hőstresszben megnyilvánuló sejtvédő funkciójáról is beszámoltak (11).

Egy anyagcserekamrában végzett kísérletben a laktáció 150. napja körül álló, hőstressznek kitett tejelő tehenekkel egy, a bendőben nem lebomló, niacinkészítmény hatását vizsgálták. A napi 12 g/állat adagban történt kiegészítés hatására nőtt a párologtatásos hőleadás és a vízfogyasztás mértéke, valamint átlagosan 0,5 °C-kal csökkent a testhőmérséklet. A tejtermelés, a tej beltartalmi mutatói és a szárazanyag-felvétel nem mutatott jelentős különbséget a kiegészítésben nem részesült kontrollhoz képest (53).

Telepi körülmények között, nagyobb létszámú, a laktáció középső és utolsó harmadában lévő állatokkal végzett kísérletben niacinkiegészítés hatására a tejtermelés nem változott, a tejzsír-, ill. a tejfehérje-tartalom azonban növekedett, továbbá a niacinkiegészítésben részesült állatok testhőmérséklete, kis mértékben ugyan, de alacsonyabb volt a kontroll állatokhoz képest (54).

Az előgyomrokban történő lebomlástól és felszívódástól nem védett niacinnal 12–36 g/állat/nap adagban történt kiegészítés nem idézett elő hasonló változásokat, mindössze a bőrhőmérsékletet csökkentette a kontroll állatokhoz viszonyítva (14).

Egy tőgyhámsejttenyésztésen végzett kutatás eredményei szerint a niacin a hősokkfehérjék termelődését *in vivo* is serkentheti hőstressz idején (49), amely

a szervezet hőstressz esetén bekövetkező sejtszintű káros hatásai elleni válasz-készséget bizonyítja.

WRINKLE és mtsai a laktáció korai és középső szakaszában termelő teheneket vizsgáltak, napi 19 g/állat bendőben nem lebomló niacinkiegészítés mellett (48). A laktáció elején nem találtak különbséget a tejtermelés, ill. a takarmányfelvétellel tekintetében, a tejszír-koncentráció azonban a kiegészítésben részesült csoportban csökkent. A laktáció közepén viszont a szárazanyag-felvétel és tejtermelés nem különbözött, de a tej zsírtartalma nagyobb volt a niacinnal kiegészített takarmányt kapott állatokban. A jelenséget a niacin zsírmobilizációra gyakorolt gátló hatásával magyarázták, ill. azzal, hogy a tejtermelés csökkenése a laktáció középső szakaszában egyébként is bekövetkezik. A légzésszám, ill. a lihegés súlyosságát mérő mutatók kisebb mértékű hőstresszre utaltak a reggeli, és az esti órákban a niacinkiegészítésben részesült állatokban. A szerzők az eredményt a niacin több, a bendőtartalom továbbhaladását követő hullámban történő, azaz elnyújtott felszívódásával magyarázták.

RUNGRUANG és mtsai mérsékelt hőstresszben vizsgálták a bendővédett niacinnal történő kiegészítés dózisfüggő (4, 8 és 12 g/állat/nap) hatásait kiegészítésben nem részesült kontroll állatokhoz viszonyítva (41). Egyik adag esetében sem találtak különbséget a szárazanyag-felvételben, a takarmányhasznosításban, a tejtermelésben, a párologtatásos hőleadás mértékében, valamint a testhőmérsékletben, de lineáris összefüggést mutattak ki a niacinnal történő kiegészítés és a vízfogyasztás mértéke között. A niacin sejtvédő hatásaival összefüggésben azt is kimutatták, hogy hőstresszben jelentősen csökken mind a vérplazma, mind a vörösvérsejtek niacinkoncentrációja, ami a kiegészítés szükségességére hívja fel a figyelmet. A niacin vízfogyasztásra gyakorolt hatásában nagy egyedi különbségeket észleltek, amelyet részben a hipotalamusz szomjúságközpontjára gyakorolt közvetlen hatással, másrészt a bőralatti erek tágulata kapcsán jelentkező vérnyomás-csökkenéssel magyaráztak.

AZ INZULINHATÁST TÁMOGATÓ ADALÉKANYAGOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A vérben mérhető inzulinkoncentráció-emelkedés a hőstressz során fellépő specifikus jelenség, amely más háziállatfajokban, sőt alacsonyabb rendű szervezetekben is megfigyelhető. Jóllehet a jelenség oktana nem teljesen ismert, de olyan ősi folyamatnak tekinthető, amely növeli a túlélés esélyét (40). Szarvasmarhában a folyamat hátterében a bélfal integritásának megváltozása következtében kialakuló nagyobb átteresztőképesség („leaky gut” jelenség), ill. az anyagcserehő csökkentésére való törekvés is állhat. Minthogy a megnövekedett inzulinkoncentráció látszólag kulcsfontosságú a hőstresszhez való alkalmazkodáshoz, az inzulinérzékenységet növelő megoldások hatékonyan segíthetik az állatot az alkalmazkodásban, csökkentve ezzel az elhullás esélyét. Jóllehet a későbbiekben részletesen tárgyaljuk az inzulintermelést csökkentő, a tejcukor előállítás számára glükózt megtakarító takarmányozási stratégiákat és azok hatékonyságát, a glükóz hasznosulását, a szövetek glükózellátottságát segítő megoldások az állat általános ellenálló képességét javítva hozzájárulhatnak a termelés növekedéséhez.

A vérplazma aminosav-koncentrációjának emelkedése, ill. aminosavprofiljának változása fokozza az inzulin termelődését/elválasztását (25). A takarmány bendőben lebomló RDP, ill. nem lebomló fehérjetartalmának (rumen undegradable protein, UDP), ezáltal nitrogénfüggő metabolizálható fehérjetartalmának csökkentésének hatását vizsgálták KAUFMAN és mtsai (23). Az RDP 10-ről 8%-ra, ill. az UDP 8-ről 6%-ra történő csökkentése kisebb inzulinkoncentrációt eredményezett. Ez feltehetően elősegítette az aminosavak, ill. a zsírsavak felhasználását a tejalkotók előállítására, így a tejfehérje-termelés hatékonysága javult.

A króm és az inzulin glükózházartásban játszott szerepe, ill. azok kölcsönhatása régóta a (humán) kutatások tárgya, elsősorban a II-es típusú cukorbetegség és az

**A vérben mérhető
inzulinkoncentráció-
emelkedés a hőstressz
során fellépő specifikus
jelenség**

**Az inzulinérzékenységet
növelő megoldások
hatékonyan segíthetik
az állatot az alkalmaz-
kodásban**

**A króm fokozhatja az
inzulinszerű növekedési
faktor receptorainak
aktivitását**

inzulinrezisztencia növekvő gyakorisága miatt. A króm biológiailag a nikotinsavval és aminosavakkal alkotott komplexében aktív, és az inzulin hatását fokozó, a glükóz sejtekbe történő bejutását elősegítő kofaktor, a kromodulin alkotórészeként ismert (27). Humán vizsgálatok alapján a króm fokozhatja az inzulinreceptorokkal szerkezeti- és funkcionálisan homológ inzulinszerű növekedési faktor (insulin-like growth factor, IGF) receptorainak aktivitását (32). Szerves kötésű krómvegyületekkel történt kiegészítés humán vizsgálatokban jelentősen fokozta a sejtek glükózfelvételét (24). Az inzulinérzékenységet fokozó hatása miatt tejelő tehenek esetében a szárazon-állás, ill. a korai laktáció időszakában a negatív energiamérleg enyhítése céljából javasolt az alkalmazása. Bármely stresszhatás során az emberi és az állati szervezet krómigénye nő (3), így a hőstresszhez való alkalmazkodást a krómkiegészítés elősegítheti. SANO és mtsai kimutatták továbbá, hogy a krómmal történő kiegészítés befolyásolja a glükózképződés alapanyagainak felhasználását, ugyanis a kiegészítés hatására fokozódott a propionát glükózzá való átalakulás hatékonysága (43).

AL-SAIADY és mtsai vizsgálatukban többször ellett, a laktáció középső harmadában (DIM 120–130) álló tehenek tejtermelését növelte a 10 héten át, napi 4 g/állat adagban adagolt krómmal dúsított élesztő (2). A tej beltartalmi mutatói nem változtak, a kiegészítésben részesült állatok takarmányfelvétele nőtt, a takarmányhasznosítás azonban nem változott a kontroll állatokhoz képest.

Egy másik vizsgálatban tejelő tehenek az ellés előtti 3. héttől az ellés utáni 12. hétig részesültek 0, ill. 6 mg króm/állat/nap kiegészítésben, szerves kötésű krómvegyület formájában. A kiegészítésben részesült állatok tejtermelése nagyobb volt minden mérési időpontban, szárazanyag-felvételük pedig az ellés utáni 5. héttől emelkedett a kontrollhoz képest (46). A tej beltartalmi mutatói, valamint a fajlagos takarmányfelhasználás nem különbözött. A vérplazma glükózkoncentrációjában sem volt különbség, a szabadzsírsav-koncentráció azonban kisebb volt a kiegészítésben részesült csoportban az ellés körüli hetekben. A szérum inzulinkoncentrációja a vizsgálat teljes tartama alatt nagyobb, a kortizolkoncentráció pedig kisebb volt a krómkiegészítésben részesült csoportban. A javuló termelési paraméterek és a csökkent mértékű zsírbontás a szerzők szerint a takarmányfelvétel növekedésének hatására javuló energiamérleg következménye volt.

Más vizsgálatok viszont nem mutatták ki (28, 50), vagy a kisszámú állat miatt nem megbízható módon igazolták (37) a króm hőstresszben tapasztalt kedvező hatását. Mivel a kérődzők élettani krómszükséglete nem pontosan ismert, az ellentmondó eredményekből arra is következtethetünk, hogy néhány vizsgálatban a kontroll állatok hiányos krómellátottsága is okozhatta a különbséget (27). A potenciálisan kedvező hatások ellenére az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (European Food Safety Authority, EFSA) (16) véleménye alapján a krómvegyületek jelenleg nem engedélyezett takarmány-adalékanyagok az Európai Unióban.

A krómvegyületek jelenleg nem engedélyezett takarmány-adalékanyagok az Európai Unióban

AZ ÁSVÁNYIANYAG-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A hőstresszhez való alkalmazkodás korábbiakban részletezett folyamatai nemcsak az emésztőrendszer működését és a megemésztett táplálóanyagok felszívódását, majd szervezeten belüli anyagcseréjét, hanem a szervezet sav-bázis háztartását is befolyásolják. Az ásványi anyagok bevitelét a csökkent mértékű szárazanyag-felvétel, azok felszívódását pedig a bélbeli véráramlás csökkenése ronthatja (42). A hőstressznek kitett állatok makroelem-szükséglete ezért eltérhet a hősemleges környezetben tartott állat szükségletétől. Fontos azonban megjegyeznünk, hogy az étrendi ásványi elem-koncentráció, vagy a takarmányozási stratégiák változtatásával a hőstressz nem előzhető meg, ezek csak a homeosztázis fenntartásában támogathatják az állatokat.

SANCHEZ és mtsai 15 korábbi vizsgálat eredményét feldolgozó metaanalízisükben az egyes ásványi anyagok vérplazmában mért koncentrációját, ill. az adott ásványi anyaggal történő kiegészítés tejtermelésre és a takarmányfelvételre gya-

A Na⁺-, ill. K⁺-kiegészítés fokozza a szárazanyag-felvételt, és következményesen a tejtermelést

A növekvő mennyiségű kalcium javíthatja a szárazanyag-felvételt

korolt hatásait vetették össze (42). A National Research Council (NRC) ajánlásait meghaladó koncentrációban alkalmazott Na⁺-, ill. K⁺-kiegészítés fokozta a szárazanyag-felvételt, és következményesen a tejtermelést. A kedvező eredményeket a hőstresszben csökkent aldosterontermelés miatt fokozódó Na⁺-ürítéssel, valamint a káliumbevitel csökkenésével, ill. a verejtékezés miatt kialakuló káliumhiánnyal magyarázták. Érdekes módon a két ion felszívódása között negatív kölcsönhatás áll fenn, nagyobb káliumbevitel csökkenti a Na⁺-felszívódást, ill. fokozza a Na⁺-ürítést, és fordítva. A kloridion bevétele pedig negatívan hat a takarmányfelvételre és a kompenzált metabolikus acidózis állapotát súlyosbíthatja a vese hidrogénion-kiválasztási kapacitásának csökkentése miatt (42). A vérplazma ionizált kalcium-tartalma hőstresszben a sav-bázis háztartás kompenzáló folyamatai miatt fehérjékhez kötött állapotba kerülhet, így annak biológiai hozzáférhetősége csökken. A növekvő mennyiségű kalcium ezért javíthatja a szárazanyag-felvételt. A takarmányadag Ca²⁺-koncentrációjának 0,55 és 1,35% közötti növekedése lineáris összefüggésben volt a szárazanyag-felvétellel a laktáció közepén levő teheneekben, jóllehet a tejtermelésre nem volt hatással (42). A kation-anion különbség (cation-anion difference, CAD) -10 és 60 közötti növekvő értéke szintén javította a szárazanyag-felvételt és a tejtermelést a laktáció második harmadában, de az optimális CAD érték nem különbözött lényegesen a téli, ill. a nyári időszakban (42).

Egy, a legfontosabb kationos (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) és anionos (HCO₃⁻, Cl⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻) elektrolitokat, aminosavakat, valamint kisebb arányban betaint, probiotikumokat és az ízletességet növelő mértékben cukrokat (dextrózt, szukrózt, laktózt) tartalmazó takarmány-adalékanyag (Bovine BlueLite, Techmix LLC, Stewart, MN, USA;) hatását nagylétszámú tejelő tehénnel végzett etetési kísérletben, hőstressz során tesztelték (18). A 21 napos vizsgálati időszak alatt napi 170 g/tehen adagban alkalmazott kiegészítés hatására a napi tejtermelés már az első héten átlagosan 1 kg-mal nőtt a kontrollhoz képest, a harmadik hétre a különbség átlagosan elérte az 1,4 kg-ot. Az először, ill. többször ellett tehének összehasonlításában az elsőborjas állatok tejtermelése nagyobb mértékben emelkedett (1,75 kg/nap, ill. 0,7 kg/nap). A testhőmérsékletben viszont nem volt különbség a takarmánykiegészítésben részesült és a kontroll csoport egyedei között.

Az ásványianyag-kiegészítés hozamfokozó hatása elsősorban a hőstresszben kialakuló ásványianyag-hiány ellensúlyozásának, valamint a sav-bázis állapot és folyadék háztartás támogatásának tulajdonítható. Energiaforrásokkal, ill. a bendőemésztést javító takarmány-adalékanyagokkal kombinálva az előnyös hatás fokozható.

A KONJUGÁLT LINOLSAV HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A konjugált linolsav (CLA) kiegészítés tejszírcsökkentő hatását rágcsálók, sertések és emberek mellett tejelő teheneekben is kimutatták (5). Feltételezve, hogy a csökkent tejszírszintézis javítja az energiamérleget – mivel energiát takarít meg más tejalkotók, ill. élettani folyamatok számára – MOORE és mtsai 21 napig tartó, napi 78,6 g/állat mértékű CLA- (különböző CLA-izomerek keveréke) kiegészítés hatását vizsgálta 100. laktációs nap körül termelő holstein-fríz teheneekben, hőstressz körülmények között (34). A CLA-kiegészítés nem befolyásolta a légzésszámot, a bőrhőmérsékletet, a szárazanyag-felvételt, ill. a tejfehérje-tartalmat, de a tej zsírtartalma és a tejtermelés mintegy 25%-kal csökkent. A szerzők a hőstressz-körülmények súlyosságával és az energiaigény pontos kiszámításának korlátaival magyarázták a várttól eltérő eredményt.

Liu és mtsai a CLA (35,1% trans10, cisz12 CLA és 35,7% cisz9, transz11 CLA) dózisfüggő hatását vizsgálták hőstresszben (31). A 100, 200, ill. 400 g/állat/nap CLA-kiegészítés hatására nem változott a tejtermelés a kontrollhoz képest, a légzésszám és a testhőmérséklet azonban alacsonyabb volt. A vérben mért tiroxin-koncentráció meglepő módon nagyobb volt a CLA-kiegészítésben részesülő csoportban.

A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a CLA nem pontosan ismert mechanizmus útján fejtheti ki előnyös hatását a hőháztartásra.

A MONENZINKIEGÉSZÍTÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A monenzint, mint a bendőflóra mikroorganizmusait szelektíven gátló, a propionát-termelő baktériumok szaporodását elősegítő, specifikus antibakteriális hatású anyagot, annak glükoneogenezist fokozó hatása miatt, BAUMGARD és mtsai kísérleti hőstresszben a glükózellátottság javítására 450 mg/állat/nap adagban adagolták 9 napon keresztül a laktáció 90. napja körül álló teheneknek (6). A monenzin nem befolyásolta a tejtermelést, a kiegészítésben részesült állatokban azonban javult a szárazanyag-egységre jutó glükóztermelés. Az EU-ban jelenleg nem engedélyezett a hozamfokozó antibiotikumok, így a monenzin, takarmányozási célú alkalmazása. Monenzin kizárólag állatorvosi rendelvényre adható, 300 kg-nál nagyobb élőtmegű, nőivarú, tejtermelő szarvasmarhában a hyperketonaemia megelőzésére (17).

A BETAIN HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A betain elsődlegesen metildonor szerepet tölt be számos biokémiai folyamat során, pl. a metionin-homocisztein ciklusban, ill. különböző, a zsírsanyagcserében szerepet játszó vegyületek, így pl. egyes lipoproteinek bioszintézise során. A metioninellátottságot javítja, és fokozza a zsírsavak lebontását (12). A hősokk-fehérjékhez hasonlóan képes a kedvezőtlen fehérjekonformáció-változásokat gátolni, ill. mint szerves ozmolit, a sejten belüli ozmolaritást fenntartani. A betain a mikroorganizmusok stressztűrőképességét is fokozza, így hőstresszben feltételezhetően javítja a bendőemésztés hatékonyságát is. *In vitro* a betain jelentősen javította a tőgyhámsejtek életképességét is hőstresszben (49).

HALL és mtsai kísérletükben 57 mg/ttkg, ill. 114 mg/ttkg adagban adott betainkiegészítés a 7 napig tartó hősemleges periódus során nagyobb tejtermelést eredményezett a kiegészítésben nem részesült kontroll csoporthoz képest, az ezt követő 7 napos hőstressz időszakban azonban ez a pozitív hatás nem érvényesült (20). A hőterhelés során a betainkiegészítésben részesült állatok testhőmérséklete magasabb, átlagos légzésszáma azonban kisebb volt a kontrollhoz képest. A plazma glükózkoncentrációja az emelt dózisú csoportban nagyobb volt a kontrollhoz képest.

ZHANG és mtsai a betainnal 10, 15, ill. 20 gramm/állat/nap adagban, 8 héten át történő kiegészítés hatásait vizsgálták a 100. laktációs nap körül termelő tehenekben (51). A kísérleti csoportokban nagyobb szárazanyag-felvételt, tejtermelést és jobb beltartalmi mutatókat, valamint a vérplazma nagyobb összes antioxidáns-kapacitását mérték a kontroll csoporthoz képest. A szerzők a különbségeket a betain korábban említett, energiaellátottságot javító, ill. a májfunkciót támogató hatásainak tulajdonították.

AZ IZOFLAVONOIDOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A takarmány 200–400 mg/nap daidzeinnel történt, 60 napon át végzett kiegészítése már 10 nap után szignifikáns mértékben növelte a tejtermelést, a tej fehérje- és zsírtartalmát (29). A szerzők eredményeiket a daidzein korábban kimutatott, ösztrogénszerű aktivitásával magyarázták, ami által serkenti a növekedési hormon, az IGF-1, valamint a prolaktin termelődését.

AZ OMNIGEN-AF TAKARMÁNYADALÉK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Az OmniGen-AF (Phibro Animal Health Co., Teaneck, NJ, USA) takarmány-adalékanyag mannánok, glükánok, kaolin és kovaföld (szilikátok) keveréke. A gyártó stressz esetén tapasztalható, az emelkedett kortizolkoncentráció hatására bekövetkező csökkent mértékű immunválaszkészség ellensúlyozására ajánlja. HALL és mtsai az

OmniGen-AF élettani mutatókra gyakorolt hatásait is vizsgálta anyagcserekamrában előidézett hőstressz során, a laktáció első harmadában termelő teheneknél (21). Az adalékanyag hatására csökkent a légzésszám, a rektális hőmérséklet, valamint nagyobb volt a szárazanyag-felvétel a kiegészítésben nem részesülő kontrollhoz képest. Ugyanakkor nem volt kimutatható hatása a tejtermelésre, valamint az inzulin, ill. a glükóz vérben mért koncentrációjára.

LEIVA és mtsai hasonló eredményeket kaptak trópusi éghajlaton, telepi körülmények között, a laktáció középső harmadában termelő holstein-fríz × gir tehenekkel végzett vizsgálatukban, azzal a különbséggel, hogy a kiegészítésben részesült állatok vérében mért inzulinkoncentráció is nagyobb volt (28). A takarmány-adalékanyag hatásmechanizmusának pontos megértése jelenleg is a kutatások tárgya.

A SZELÉN HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A szelénvegyületeket elsősorban a szelén egyes antioxidáns enzimek alkotórészeként betöltött szerepe miatt alkalmazzák. CALAMARI és mtsai vizsgálatukban megállapították, hogy a szervetlen, és még inkább a szerves, kötésben lévő szelénkiegészítés hatására a vérplazma glükóz- és szabadzsírsav-tartalma kisebb mértékben csökkent hőstressz hatására, mint a kiegészítésben nem részesült csoportban. A hatás hátterében álló élettani mechanizmusok jelenleg még nem ismertek (8).

MEGVITATÁS

A jelenlegi takarmányozási megoldások közül a takarmány energiakoncentrációját növelő, a glükóz-anyagcserét támogató, ill. az ásványianyag- és folyadékháztartást támogató takarmány-adalékanyagok hatékonysága tűnik ígéretesnek (Ábra). Az alkalmazkodás folyamatainak jobb megismerése újabb, célzott takarmányozási megoldások kidolgozását segítheti elő. Általánosságban elmondható, hogy a takarmány-adalékanyagok az állat általános egészségi állapotát és energiamérlegét stabilizálva javíthatják a termelési mutatókat, hatásuk azonban csak kiegészítheti, de nem helyettesítheti a hűtési technológia hatékonyságának javítását, ami az első és legfontosabb szempont a hőstressz kedvezőtlen hatásainak enyhítésében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00024, projekt címe: Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának együttműködésében). BAKONY MIKOLTOT az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3 számú Új Nemzeti Kiválóság programja, KOVÁCS LEVENTÉT az MTA Bolyai János kutatói ösztöndíja (BO/40/16/4), az NKFIH OTKA PD ösztöndíja [NKFIH-6493-1/2016], az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4-SZIE-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság programja, és a VEKOP-2.1.1-15-2016-00186 számú projekt, JURKOVICH VIKTORT az MTA Bolyai János kutatói ösztöndíja (BO/29/16/4) és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4 számú Új Nemzeti Kiválóság programja támogatta. A cikk elkészüléséhez segítséget nyújtott a 2018-1.1.2-KFI-2018-00147 (A hőstressz kivédését célzó komplex tartás- és takarmányozás-technológiai fejlesztés az immunfunkciók és a szaporodásbiológiai mutatók javításával) projekt.

A szerves, kötésben lévő szelén-kiegészítés hatása kedvező volt hőstresszben

A takarmány-adalékanyagok az állat általános egészségi állapotát és energiamérlegét stabilizálva javíthatják a termelési mutatókat

- diets of different forage to concentrate ratios. *J. Appl. Anim. Res.*, 2014. 42. 481–486.
23. KAUFMAN, J. D. – POHLER, K. G. et al.: Lowering rumen-degradable and rumen-undegradable protein improved amino acid metabolism and energy utilization in lactating dairy cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 2018. 101. 386–395.
24. KESZTHELYI Zs.: A króm (III)-ionok és a diabetes. Ph.D. értekezés. Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Pécs, 2005.
25. KUHARA, T. – IKEDA, S. et al.: Effects of intravenous infusion of 17 amino acids on the secretion of GH, glucagon, and insulin in sheep. *Am. J. Physiol.*, 1991. 260. E21–E26.
26. KUTASI, J. – JURKOVICH, V. – BRYDL, E. – KÖNYVES, L. – TIRIÁN, A. E. – BATA, Á.: Influence of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the oxygen concentration in the rumen fluid. *J. Anim. Feed Sci.*, 2004. 13. Suppl. 1. 131–134.
27. LASHKARI, S. – HABIBIAN, M. – JENSEN, S. K.: A review on the role of chromium supplementation in ruminant nutrition—effects on productive performance, blood metabolites, antioxidant status, and immunocompetence. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 2018. 186. 305–321.
28. LEIVA, T. – COOKE, R. F. et al.: Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions. *J. Dairy Sci.*, 2017. 100. 4829–4838.
29. LIU, D. J. – HE, S. J. et al.: Effect of daidzein on production performance and serum antioxidative function in late lactation cows under heat stress. *Livest. Sci.*, 2013. 152. 16–20.
30. LIU, J. – YE, G. et al.: Feeding glycerol-enriched yeast culture improves performance, energy status, and heat shock protein gene expression of lactating Holstein cows under heat stress. *J. Anim. Sci.*, 2014. 92. 2494–2502.
31. LIU, Z. L. – CHEN, P. et al.: Conjugated linoleic acids (CLA) moderate negative responses of heat-stressed cows. *Livest. Sci.*, 2008. 118. 255–261.
32. MCCARTY, M. F.: Homologous physiological effects of phenformin and chromium picolinate. *Med. Hypoth.*, 1993. 41. 316–324.
33. MOALLEM, U. – ALTMARK, G. et al.: Performance of high-yielding dairy cows supplemented with fat or concentrate under hot and humid climates. *J. Dairy Sci.*, 2010. 93. 3192–3202.
34. MOORE, C. E. – KAY, J. K. et al.: Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2005. 88. 1732–1740.
35. NADERI, N. – GHORBANI, G. R. et al.: Shredded beet pulp substituted for corn silage in diets fed to dairy cows under ambient heat stress: Feed intake, total-tract digestibility, plasma metabolites, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 2016. 99. 8847–8857.
36. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC): Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 2001.
37. NIKKHAH, A. – MIRZAEI, M. et al.: Chromium improves production and alters metabolism of early lactation cows in summer. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2011. 95. 81–89.
38. NIU, M. – HARVATINE, K. J.: The effects of morning compared with evening feed delivery in lactating dairy cows during the summer. *J. Dairy Sci.*, 2018. 101. 396–400.
39. OMINSKI, K. H. – KENNEDY, A. D. et al.: Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *J. Dairy Sci.*, 2002. 85. 730–737.
40. RHOADS, R. P. – BAUMGARD, L. H. et al.: Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Adv. Nutr.*, 2013. 4. 267–276.
41. RUNGRUANG, S. – COLLIER, J. L. et al.: A dose-response evaluation of rumen-protected niacin in thermoneutral or heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2014. 97. 1–12.
42. SANCHEZ, W. K. – MCGUIRE, M. A. – BEEDE, D. K.: Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 1994. 77. 2051–2079.
43. SANO, H. – MOWAT, D. N. et al.: Effect of supplemental chromium on whole body kinetics of glucose, lactate and propionate in rams fed a high-grain diet. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.*, 1997. 118. 117–121.
44. SCHINGOETHE, D. J. – LINKE, K. N. et al.: Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *J. Dairy Sci.*, 2004. 87. 4178–4181.
45. SHWARTZ, G. – RHOADS, M. L. et al.: Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2009. 92. 935–942.
46. SOLTAN, M. A.: Effect of dietary chromium supplementation on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows under heat stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2010. 94. 264–272.
47. WANG, J. P. – BU, D. P. et al.: Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2010. 93. 4121–4127.
48. WRINKLE, S. R. – ROBINSON, P. H. – GARRETT, J. E.: Niacin delivery to the intestinal absorptive site impacts heat stress and productivity responses of high producing dairy cows during hot conditions. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2012. 175. 33–47.
49. XIAO, Y. – RUNGRUANG, S. et al.: Effects of niacin and betaine on bovine mammary and uterine cells exposed to thermal shock in vitro. *J. Dairy Sci.*, 2017. 100. 4025–4037.
50. YASUI, T. – MCART, J. A. et al.: Effects of chromium propionate supplementation during the periparturient period and early lactation on metabolism, performance, and cytological endometritis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2014. 97. 6400–6410.
51. ZHANG, L. – YING, S. J. et al.: Effects of dietary betaine supplementation subjected to heat stress on milk performances and physiology indices in dairy cow. *Genet. Mol. Res.*, 2014. 13. 7577–7586.
52. ZHU, W. – ZHANG, B. X. et al.: Effects of Supplemental Levels of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on lactation performance in dairy cows under heat stress. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, 2016. 29. 801–806.
53. ZIMBELMAN, R. B. – BAUMGARD, L. H. – COLLIER, R. J.: Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2010. 93. 2387–2394.
54. ZIMBELMAN, R. B. – COLLIER, R. J. – BILBY, T. R.: Effects of utilizing rumen protected niacin on core body temperature as well as milk production and composition in lactating dairy cows during heat stress. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2013. 180. 26–33.

Közlésre érck.: 2019. jan. 1.