

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

SZALAI SZILVIA

GÖDÖLLŐ

2025



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**A HŐSTRESSZ CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI
TEJELŐ SZARVASMARHÁKBAN**

SZALAI SZILVIA

GÖDÖLLŐ

2025

A doktori iskola

megnevezése: Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

tudományága: Állattenyésztés-tudomány

vezetője: Prof. Dr. Mézes Miklós
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem,
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Élettani és Takarmányozási Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék

témavezető: Dr. Bodnár Ákos
egyetemi docens
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem,
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Állattenyésztési Tudományok Intézet,
Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék

társtémavezető: Dr. Jurkovich Viktor PhD
tudományos főmunkatárs
Állatorvostudományi Egyetem
Állatvédelmi Központ

1. A kutatás előzményei, célkitűzések

Az egyre gyakrabban előforduló szélsőségesen meleg időjárási környezet rontja a szarvasmarhák jóllétét és termelési mutatóit (Kovács *et al.*, 2020) továbbá növelheti azok elhullási arányát (Morignat *et al.*, 2015). A hőstressz közvetlen és közvetett hatással lehet az állatok normál élettani, anyagforgalmi, hormonális működésére és immunrendszerére. A választás előtti borjak hőstressz elleni védelmére kevesebb figyelmet fordítanak, mivel a nagyobb testfelület/testtömeg arányuk miatt kisebb a hőterhelésük, mint a termelő teheneké (Broucek *et al.*, 2009), azonban a születés utáni hőterhelés nagymértékben befolyásolhatja a felnevelés eredményességét (Tao *et al.*, 2013; Dado-Senn *et al.*, 2020). A hőterhelés csökkentésére különböző stratégiák alkalmazhatóak pl. etetési idők hűvösebb időszakokra való eltolása (Polsky - Keyserlingk 2017), takarmánykiegészítők etetése, azonban bizonyos hőmérséklet és páratartalom felett csupán a párologtató hűtés és szellőztető rendszerek (ventilátorok és vízpermetezők) bizonyulnak hatékonynak (Armstrong 1994). A légmozgást elősegítő és a konvekciót növelő ventilátorberendezések csökkenthetik a légzésszámot és a rektális hőmérsékletet, valamint elősegíthetik a szárazanyag-felvételt (Ji *et al.*, 2020). A szárazon álló tehenek hőstressz elleni védelme kiemelten fontos, hiszen negatív hatással lehet különböző paraméterekre pl. születési súly, ellés lefolyása, termelésbe lendülés, tranzíciós betegségek kialakulásának kockázata stb., melyek jelentősen befolyásolják az az állatok élettartamát és a tejtermelés jövedelmezőségét (LeBlanc 2010). Az ellést követő első 10 laktációs napban végzett kérődzés-monitorozás alapján korán fel lehet ismerni azokat a teheneket, amelyeknél nagyobb valószínűséggel alakulnak ki egészségügyi problémák a laktáció első hónapja alatt (Calamari *et al.*, 2014). Az ellés előtti kérődzési információk ígéretes eredményeket mutatnak az ellés utáni metritis és szubklinikai ketózis kockázatának kitett tehenek azonosításában (Schirmann *et al.*, 2013; Cocco *et al.*, 2021). A nyári gyenge fertilitás a különféle stresszhatások kumulatív hatásainak eredménye, amelyek közvetlen és közvetett mechanizmusok révén befolyásolják a reprodukív hormonháztartás egyensúlyát, rontják a petesejtek minőségét és gátolják az embrió optimális fejlődését (Pereira *et al.*, 2015; Dovolou *et al.*, 2023). A megnövekedett testhőmérséklet megváltoztatja a tehenek állási és fekvési viselkedését (Allen *et al.*, 2015), és befolyásolja az ivarzás időtartamát és intenzitását (Hansen 1997). Kísérleteink célja a hőstressz viselkedés és élettani paraméterekre gyakorolt hatásainak feltérképezése olyan kritikus időszakokban, mint a választás előtti borjúkor, a laktáció csúcsa, valamint az ellés és ivarzás. A borjak árnyékolásának és magas tejtermelésű tehenek hűtésének hatását vizsgáltuk különböző viselkedési és élettani paramétereken keresztül, valamint az ellés körüli megbetegedések előrejelezhetőségét és az ivarzási viselkedés változását hőstresszes időszakokban.

Célkitűzések

Dolgozatomban a hőstressz jelentőségét vizsgáltam a hazai holstein-fríz tejelő szarvasmarhák körében borjú korban és felnőtt tejtermelő tehenek különböző életszakaszaiban. A klímaváltozás következtében fellépő egyre hosszabb és melegebb nyarak kihívás elé állítják az ágazatot. A gazdaságos termelés fenntartása érdekében okszerű intézkedéseket szükséges elvégezni. Ehhez nélkülözhetetlen követni az állatok élettani-és viselkedésbeli változásait és minél optimálisabb környezetet biztosítani számukra, különösen a kritikus időszakokban.

A disszertációban négy különböző életszakaszban vizsgálom a hőstressz során felmerülő élettani és viselkedésbeli változásokat:

1. Az árnyékolás hatásának vizsgálata tejhasznú borjak viselkedés-és élettani változásaira a környezeti hőmérséklet és páratartalom függvényében. Különböző paraméterek (testhőmérséklet, légzésszám, szívritmus, nyálkortizol) monitorozása hőstresszes és hősemleges időszakokban.
2. Régi és új típusú ventilátorok hatékonyságának vizsgálata tejtermelő tehenek viselkedési és élettani paraméterein keresztül, mely kiterjed az állatok mikrokörnyezetének vizsgálatára, a testhőmérséklet, takarmányfelvétel és kérődzési idő, a fekvési viselkedés, valamint a tejtermelés alakulására hőterhelt időszakokban.
3. Az ellés körüli hőstressz hatása a tranzíciós időszak alatt előforduló megbetegedések (ketózis, mastitis, metritis) előfordulására. Precíziós eszközök (nyaktranszponder, bendőbólushoz) által gyűjtött adatok (bendőhőmérséklet, kérődzési idő, aktivitás) összefüggéseinek elemzése, valamint a betegségek előrejelezhetőségének lehetőségei.
4. A nyári gyengébb vemhesülési eredmények hátterében meghúzódó viselkedésbeli eltérések, az ivarzás kifejeződésének megfigyelése több aspektusból (kamerafelvételek, aktivitásjelző, érzékszervi bírálat). Különböző hormonszintek meghatározása vérből hőstresszes és hősemleges időszakokban, valamint a vemhesülés eredményességének alakulása.

2. Anyag és módszer

A hőstressz hatását a viselkedési és élettani paraméterekre eltérő korcsoportban és laktációs stádiumokban vizsgáltuk kiemelten a tejelő szarvasmarha ágazatot érintő kritikus időszakokat, mint például a választás előtti időszak, a laktáció csúcsa, ellés és ivarzás. A hőmérséklet és relatív páratartalom méréséhez VOLT-CRAFT DL-181THP (Conrad Electronic SE, Hirschau, Németország) adatrögzítőket helyeztünk az állatok mikrokörnyezetébe. A hőmérséklet páratartalom indexek kiszámítása a *Mader et al. (2006)* képlete alapján történt:

$$THI = (0,8 \times T) + (RH/100) \times (T - 14,4) + 46,4$$

ahol: T= száraz léghőmérsékletet (°C), RH= relatív páratartalom (%)

2.1. Első kísérlet

A tejhasznú választás előtti borjak hőstresszre adott akut élettani válaszait értékeltük árnyékolt és nem árnyékolt környezetben. Rektális hőmérsékletet, légzésszámot és szívritmust mértünk, összefüggéseket keresve az élettani mutatók, a környezeti hőmérséklet, a relatív páratartalom és a THI között. Emellett nem-invazív nyálmintavételi protokollt dolgoztunk ki a kortizol koncentráció méréséhez, ami alapján értékeltük az árnyékolás kedvező hatását.

2.1.1. Kísérleti elrendezés, állatok

Az árnyékoló szerkezethez való szoktatás a vizsgálatok előtti 2 napon megtörtént. Az 1. kísérleti napon (kontroll, max 28,3 °C) az összes borjú (n=16) (életkor = $46,7 \pm 2,4$ nap, testtömeg = $74,3 \pm 2,6$ kg) árnyékolva volt 24 órán keresztül, majd az árnyékolót (32,5 x 3,4 m zöld raschel háló) eltávolítottuk a borjúházak feléről kialakítva ezzel az árnyékolt (n=8) és nem árnyékolt (n=8) csoportokat. A kísérlet 2. napját tekintetem hőstresszes napnak (max. 37,7 °C az árnyékolt borjúházak környezetében) és a 3-5. napot a stressz utáni időszaknak (3. nap max. 30,3 °C, 4. nap max. 26,5 °C és 5. nap max. 24,3 °C az árnyékolt borjúházak környezetében).

2.1.2. Viselkedési és élettani paraméterek

A légzésszámot (belégzés/perc) az oldalsó hasizmok légzés közbeni mozgásának számlálásával figyeltük meg és rögzítettük az 1. nap 0:00 óra (első megfigyelés) és az 5. nap 24:00 (utolsó megfigyelés) között, 4 óránként, minden kísérleti állat esetében.

A légzésszám megfigyelését követően azonnali rektális hőmérséklet mérés következett (Digi-Vet SC 12; Jørgen Kruuse A/S, Langeskov, Dánia).

A szívritmust PolarV800 órával (elektróda öv+szenzor) rögzítettük a kísérleti 1. nap (0:00) és 5. nap (24:00) között. A nyálmintavételekhez szintetikus tapont (Salivette cortisol, Sarstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország) használtunk 4 órás időközönként. A kortizolszintet extrakció nélküli, közvetlen radioimmunoassay (RIA) eljárással határoztuk meg.

2.2. Második kísérlet

Nagyobb légsebességet biztosító ventilátorok alkalmazása mellett figyeltük meg a tehén-és istállóhűtés hatékonyságát különböző élettani és viselkedési paraméterek alapján.

2.2.1. Kísérleti elrendezés, állatok

Két nagytermelésű csoportból 20-20 állatot jelöltünk ki kísérleti (1B, új lamellás hőmérséklettől függő teljesítményű ventilátorok; VES ECV Air; VES-Artex, Chippewa Falls, WI, USA) és kontroll (3B, meglévő régi típusú ventilátorok) istállóban. Mindkét istálló déli oldalról nyitott, mélyalmos, külső karámszerrel és párasítóval felszerelt fedett etetőúttal. A mintavételek a nyár folyamán történtek 4 alkalommal.

2.2.2. Viselkedés-és élettani paraméterek, adatgyűjtés

Az állatok testhőmérsékletét hatóanyagmentes CIDR (Zoetis Co., Parsippany, NJ, USA) applikátorba erősített iButton (Maxim Integrated Products Inc., San Jose, CA, USA) hőmérséklet adatgyűjtővel 30 perces gyakorisággal rögzítettük, 5 napon keresztül a mintavételi alkalmanként. A fekvési viselkedést mintavételenként 3 napon keresztül szenzoros (HOBO Pendant G Logger (Onset Computer Corp., Bourne, USA) adatgyűjtővel rögzítettük, amelyet az állatok bal hátsó lábára erősítettünk rugalmas pólya segítségével. A telepírányítási rendszerből (AfiCollar; Afimilk., Afikim, Izrael) kinyert adatok alapján elemeztük a takarmányfelvételt, a kérődzést és a napi tejtermelést májustól augusztusig, a laktáció 80-180. napjáig.

2.3. Harmadik kísérlet

A kísérlet során az ellést megelőző 5 és ellést követő 14 napon keresztül vizsgáltuk az állatok testhőmérsékletét, aktivitását és kérődzési idejének alakulását hőstressz időszakban egészséges és tranzíciós megbetegedésben szenvedő csoportokban. Precíziós eszközök (nyaktranszponder, bendőbólsz) által gyűjtött adatok elemzésével összefüggéseket kerestünk a betegségek előrejelzési lehetőségeire továbbá elemeztük az élettani paraméterek hőstressz alatti normalizálódásának alakulását.

2.3.1. Kísérleti elrendezés, állatok

A kísérlethez összesen 40 klinikailag egészséges, többször ellett (átlagos laktációs szám: $3,1 \pm 1,2$; testkondíció pontszám (BCS): $3,7 \pm 0,3$ tehén került bevonásra, hőstressz időszakban (június-augusztus). A tehenek peripartum egészségi állapota alapján két vizsgálati csoportot alakítottunk ki: egészséges (HE, n=26; 14. DIM napig nem mutattak megbetegedést) illetve beteg (DI, n=14; tranzíciós megbetegedést: ketózis, mastitis, metritis, magzatburok visszamaradás - diagnosztizálva) csoportot.

2.3.2. Viselkedés-és élettani paraméterek

A kérődzési idő és az aktivitás mérése (RuminAct® HR-Tags, SCR Engineers Ltd., Netanya, Izrael) nyaktranszponderrel történt, amely 2 órás időintervallumokban rögzítette az adatokat. A recés-bendőhőmérséklet mérése 10 perces gyakorisággal SmaXtec (SmaXtec Animal Care GmbH, Graz, Ausztria) bóluszokkal valósult meg. A kísérleti intervallum során képződött adatokat a Heattime Pro programból és a SmaXtec applikációból Excel táblázatba exportáltuk további statisztikai elemzésre.

2.4. Negyedik kísérlet

A nyári vemhesülési eredmények jelentős csökkenése mögötti viselkedés és élettani változásokat vizsgáltuk a kísérlet során. A hőstresszes időszakban az ivarzás kifejeződése jelentősen korlátozódik, valamint a hormonszintek alakulása, az aktivitás mértéke és eloszlása is változik.

2.4.1. Kísérleti elrendezés, állatok

A kísérletben 58 klinikailag egészséges, ovuláció szinkronizált tehén vett részt hősemleges (NHS; THI_{max}=48; n=28) és hőstresszes (HS; THI_{max}=80; n=30) időszakban. Az állatok mindkét időszakban az alkalmazott hormon program szerint G7G és OvSynch (OS) csoportra voltak osztva a következők szerint: HSG7G: n=15; laktációs napok száma (DIM): $68,1 \pm 1,9$; ellések száma: $2,1 \pm 1,2$; HSOVS: n=15; DIM: $160,7 \pm 64,6$; ellések száma: $1,9 \pm 0,6$; NHSG7G: n=15; DIM: $66,1 \pm 1,6$; ellések száma: $2,7 \pm 1,2$; NHSOVS: n=13; DIM: $157,3 \pm 64,1$; ellések száma: $2,5 \pm 1,3$. A G7G programba a 48 ± 3 DIM tehenek kerültek, OvSynch-be a sikertelen termékenyülést követően. A G7G program a következők szerint zajlott: proszttaglandin F2 α (PGF2 α ; kloprosztenol, 0,250 mg, 2 ml, Syncoprost; Vetem S.p.A., Porto Empedocle, Olaszország) injekció, amelyet 2 nappal később gonadotropin-felszabadító hormon (GnRH; gonadorelin, 50 μ g, 2 ml, Ovarelin; Ceva Santé Animale, Libourne, Franciaország) beadása követett, majd megegyezett az alábbiakban ismertetett OVS programmal. Az első termékenyítést követő negatív vemhességdiagnózisú tehenek OVS programba kerültek. A javított 7 napos Ovsynch (OVS)

protokollt alkalmazták dupla PGF kezeléssel, amely a következőképpen épült fel: GnRH, 7 nap, PGF2 α , 24 óra, PGF2 α , 32 óra, GnRH, 16 óra, majd időzített mesterséges termékenyítés. A vemhességvizsgálat a 35. napon membrán slip technikával történt.

2.4.2. Vervétel, ivarzás, kamerarendszer, aktivitásmérő

A termékenyítést megelőzően közvetlenül vért vettünk a tehenek farokvénájából a hormonvizsgálatokhoz, majd az ivarzási jelek értékelését 1-3-ig terjedő skálán pontoztuk három paraméter alapján: ivarzási nyálka mennyisége, leugrás nyomai, méh errigáltsága. Az ivarzási viselkedésformák megfigyeléséhez a termékenyítést megelőző 12 órában Smart PSS (DH Vision Inc., Hannover, MD, USA) éjjellátó kamerarendszert alkalmaztunk mely a teljes istállót lefedte, továbbá a felhajtótutat és az elővárakozót. Az aktivitás adatokat a BouMatic HeatSeeker (BouMatic, Madison, WI, USA) nyaktranszponder rögzítette.

3. Statisztikai módszerek

Az adatok szóráshomogenitását Levene-tesztel vizsgáltuk, míg a hibák normáeloszlását Shapiro–Wilk-próbával ellenőriztük az árnyékolt és a nem árnyékolt csoportok esetében egyaránt. Az állat alapú hőstressz indikátorok és a termikus paraméterek közötti összefüggéseket Pearson-féle korrelációval értékeltük. Fisher-féle z-transzformáción alapuló z-teszt segítségével 0,05 szignifikancia mellett megvizsgáltuk, hogy van-e különbség a korrelációs együtthatók között a környezet alapján (árnyékolt vs. nem árnyékolt). Az árnyékolás hatását az állatok termikus mikrokörnyezetére a meteorológiai adatok alapján t-próbával hasonlítottuk össze 0,05 szignifikancia szinten. A nyálkortizol koncentrációt árnyékolt és nem árnyékolt borjaknál lineáris kevert modellek alkalmazásával hasonlítottuk össze.

A hatékonyabb hűtéstechnológia mellett a hőstresszre adott válaszok és magyarázó változók közötti összefüggések értékelésére lineáris vegyes modellek illesztettünk. A modellekben fix hatásként szerepeltek: a csoport (kísérleti vs. kontroll), a termelési nap/hét, a külső hőmérséklet, a minatvétel időpontja, a napszak, valamint ezek kétváltozós interakciói. Random (véletlen) hatásként pedig az állatok azonosítója (fülszám) mint „egyedi” hatás került bevonásra. A modellkiválasztás az Akaike-információs kritérium (AIC) értékének nagyságán alapult, elsősorban a nem szignifikáns tényezők fokozatos elhagyásával. A csoportok közötti utólagos összehasonlításokat a Bonferroni-Holm módszerrel korrigált p-értékek alapján végeztük. A szignifikanciaszintet $p < 0,05$ -ben határoztuk meg.

Az átlagos, illetve maximum napi bendőhőmérséklet és átlagos, illetve maximum napi THI összefüggését a korrelációs együtthatóval jellemeztük. A napi átlagos kérődzési időt és aktivitást csoportok között lineáris kevert hatású modellel hasonlítottuk össze.

Az ivárázás szinkronizációs protokollok és az évszak hatásának elemzése során a kategorikus változók esetében a csoportokon belüli arányokat évszakonként hasonlítottuk össze Fisher-féle egzakt próba segítségével. A folytonos változók esetében a paraméterek átlagait csoport, évszak, valamint ezek interakciós tényezője mentén kétfaktoros varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk. A post hoc elemzések során a többszöri összehasonlításból adódó hibalehetőségek korrekciójára Tukey-féle módszert alkalmaztunk. A statisztikai szignifikanciaszint minden esetben $p < 0,05$ értékben került meghatározásra.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Első kísérlet

4.1.1. Élettani paraméterek összefüggése a THI-vel

Az 1. napon (kontroll) nem találtunk statisztikailag igazolható eltérést a környezeti hőmérséklet maximális és átlag értékeiben ($p=0,875$, $p=0,920$) és a THI-ben ($p=0,930$, $p=0,945$). A 2. nap (0:00) és 4. nap (24:00) között mért értékek bizonyítják az árnyékolás pozitív hatását a hőkörnyezetre. A 2. napon megfigyelt maximális hőmérséklet és THI 16:00 órákor a nem árnyékoló egyedi ketrec környezetében magasabb volt, mint az árnyékoló kísérleti csoportnál ($43,7 \pm 0,1$ vs. $37,7 \pm 0,1$ °C, $p=0,005$ és $86,4 \pm 0,1$ vs. $78,2 \pm 0,1$ $p < 0,001$). Az árnyékoló egyedi ketrecekben a nem árnyékoló csoporthoz képest csökkent a hőterhelés, ami az átlaghőmérsékletben is tükröződött hőstressz napokon ($28,5 \pm 0,1$ vs. $24,2 \pm 0,1$ °C; $p < 0,001$) és a THI-ben is ($78,1 \pm 0,1$ vs. $71,3 \pm 0,1$; $p = 0,011$).

A maximum és átlagos napi környezeti hőmérséklet az árnyékoló csoportnál alacsonyabb volt, mint a nem árnyékoló egyedi ketrecek környezetében a 3. kísérleti napon ($p < 0,001$ és $p = 0,005$) és 4. napon ($p = 0,008$ és $p = 0,012$). A maximális és átlagos THI hasonló eltérést mutatott az árnyékoló és nem árnyékoló csoportok között a poszt-stressz időszak első 2 napján (3. nap $p = 0,003$, $p = 0,014$; 4. nap $p = 0,015$, $p = 0,026$). Az 5. napon nem volt különbség a maximális és átlagos napi környezeti hőmérséklet ($p = 0,395$, $p = 0,420$) és a THI ($p = 0,526$, $p = 0,545$) értékek között. A rektális hőmérséklet közepes korrelációt mutatott, míg a fiziológiai paraméterek esetében erős korrelációt tapasztaltunk a meteorológiai értékekkel.

Ezek alapján a légzésszám és a szívritmus megfelelőbbnek bizonyult a rektális hőmérsékletnél az akut stressz mérésére tejlő borjakban.

4.1.2. Rektális hőmérséklet, légzési frekvencia, szívritmus, kortizol

Bár a rektális hőmérséklet átlagértékei nem tükrözték az árnyékolás pozitív hatását a 2. napon ($p=0,865$), a testhőmérséklet maximális értékeiben szignifikáns, de nem jelentős csoportbeli különbségeket találtunk ($0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p=0,046$) a végbélben mért maximális testhőmérséklet között. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a kísérleti állatok hőszabályzó képessége megfelelően működött. Kísérletünkben nagyobb volt a különbség a 2. és 3. napon, ugyanis a nem árnyékolt környezetben a borjak maximális légzésszáma átlagosan 25,9 és 17,8 belégzés/perccel volt magasabb. A légzésszám napi átlaga is magasabb volt az árnyékolásban nem részesült borjakban a 2. ($p=0,008$) és a 3. napon ($p=0,010$) árnyékolt társaikhoz hasonlítva. Az árnyék nélküli borjak még a 4. napon is szignifikánsan magasabb maximális légzésszámot mutattak ($p=0,025$), ami arra utal, hogy hosszabb időbe telik akklimatizálódásuk a hőterhelt környezethez.

Az árnyék nélküli borjaknak magasabb volt a maximális és átlagos szívritmusa a 2. napon ($p<0,001$ és $p=0,010$) és a 3. napon ($p=0,005$ és $p=0,012$), ami feltehetően a gyakoribb lélegzetvételeknek köszönhetően megnövekedett fizikai aktivitás következménye. A szívfrekvencia napközben fokozatosan emelkedett, 12:00 és 14:00 között érte el a maximumát, és a minimumértékek 02:00 órákor voltak megfigyelhetők mind az árnyékolással ellátott, mind az árnyékolás nélküli borjak esetében a kísérlet teljes tartama során, az 5. nap kivételével, amikor a minimumok 04:00 órákor mutatkoztak. Az átlagos nyál kortizol az árnyékolt borjaknál az 1. napon (kontroll) 6,5-10,2 ng/g, a nem árnyékolt (6,7-9,3 ng/g) borjak között változott. A 2. napon mindkét csoportban kiegyensúlyozott maradt 8:00-ig majd hirtelen 51%-kal emelkedett az árnyékolt és 342%-kal a nem árnyékolt borjaknál. A csúcsot 12:00 körül érte el ($p=0,586$ és $p<0,001$). A nem árnyékolt csoportban magasabb kortizol koncentrációt tapasztaltunk 12:00, 16:00 és 24:00 ($p<0,001$; $p<0,001$ és $p=0,046$) Az árnyékolt borjak esetében a csökkenés (20:00 és 24:00 között, $p=0,009$) hasonlóan a nappali emelkedéshez (12:00 és 16:00 között, $p=0,025$), négyórás késéssel következett be az árnyék nélküli borjakhoz képest. A 3. napon mindkét csoportban 12:00-kor tetőzött a nyál kortizolszintje, majd a délután folyamán az árnyék nélküli borjaknál a kortizolszint 16:00-ra a csúcscsökkent (48,3%, $p=0,039$), míg az árnyékos borjaknál ez a csökkenés mérsékeltebb volt (26,1%, $p=0,675$). A 4. napon hasonló volt a 3. naphoz mindkét csoportban. Az 5. napon az árnyékos borjaknál 7,2 és 9,4 ng/g, az árnyék nélküli borjaknál pedig 8,0 és 11,9 ng/g között mozgott, mindkét csoportban visszatért a kontrollnapon mért értékekhez.

4.2. Második kísérlet

4.2.1. Az istálló mikroklímája, légsebesség

A napi átlagos hőmérséklet a kísérlet során meghaladta a 20 °C-ot, akár a napi átlag 30 °C magasságába is emelkedett. A napi átlagos THI érték június és augusztus között néhány napot leszámítva meghaladta a 68-as hőstressz határértéket. A hőmérséklet és a THI is igen magas volt a mintavételi időszakokban. A kísérleti és kontroll istállóban egy tipikus nyári hőterhelt napon ahogy várható volt, a legalacsonyabb hőmérséklet és THI értékeket hajnalban, 3-5 óra között lehetett mérni, ezután fokozatosan növekedett a hőterhelés, délután 3 óra körül elérve a maximumot.

A légsebesség a kontroll istállóban 0,2–0,8 m/s, míg a kísérleti istállóban 1,5–2,8 m/s között változott, melyet sematikus térképen is ábrázoltam (1-2. sz. melléklet). Az istállók területén egyenletesen elosztott 12 mérési pont alapján a számított átlagos légsebesség a kontroll istállóban $0,32 \pm 0,27$ m/s, míg a kísérleti istállóban $2,3 \pm 0,46$ m/s volt ($p < 0,001$).

4.2.2. Vaginális hőmérséklet, fekvési viselkedés, takarmányfelvétel, kérődzés, tejtermelés

Az állatok hüvelyben mért testhőmérséklete szintén jellegzetes napi ritmust mutat a három napos mintavételi periódusban mind a négy alaklommal, és jól korrelál az istállóban mért hőmérséklettel és THI értékkel. A hőstressz periódusokban az állatok átlagos testhőmérséklete jóval meghaladta a 39,2 °C határértéket, akár 41,5 °C-os maximum értékkel. A hőség idején az új ventilátorok magasabb légsebesség miatti extra hűtő hatása jól megmutatkozott, a kísérleti csoportban az átlagos testhőmérséklet értékek alacsonyabbak. A hőmérséklet emelkedésével az állatok kevesebb időt töltenek pihenéssel. A második mintavételi periódus, amely egy kicsit hűvösebb volt a többi alkalomhoz képest, a fekvési idő megközelítette a kívánt értéket (10-12 óra). A többi időszakban látszódik a hőstressz hatása, az állatok kevesebb időt töltöttek fekvéssel (7-8 óra). A legalacsonyabb értékek az első periódusban voltak megfigyelhetőek, ekkor volt a legmelegebb. A vizsgált állatok esetében a takarmányfelvétellel töltött idő 4,5 és 6,5 óra/nap között alakult a kísérlet idején. A két csoport között szignifikáns különbség ($p < 0,001$) volt a laktáció kb. 21. hetétől, ami elsősorban a tejtermeléssel volt összefüggésben. A vizsgált tehenek kérődzési ideje az intenzív tartásban elfogadható normál érték tartományába esett, az átlagos napi 8 óra kiváló, különösen hőstresszben, ami feltehetően a magas színvonalú, hőstresszre optimalizált takarmányozásnak köszönhető. A kérődzéssel töltött idő némileg csökkent a laktáció előrehaladtával, de a két csoport között nem volt jelentős különbség. A tejtermelés elemzését és grafikonokat a laktáció 80. napjától készítettem, amikor a vizsgált állatok már biztosan a kísérleti és a kontroll csoportban voltak. A két csoport közötti mintegy napi átlag 3 liter ($3,82 \pm 1,78$) különbség minden időpontban statisztikailag szignifikáns ($p = 0,0390$). Ez részben magyarázható

azzal, hogy a kísérleti csoport tehenei több időt töltöttek takarmányfelvétellel, ami feltehetően magasabb szárazanyagfelvételt jelent, másrésről a jobb hűtés következtében mérhető alacsonyabb testhőmérséklet miatt a hőstressz biológiai költsége (a kompenzáció energiaigénye) kisebb, így több energia maradt tejtermelésre.

4.3. Harmadik kísérlet

4.3.1. hőmérséklet-páratartalom index, bendőhőmérséklet

A kísérleti időszak alatt az állatok komoly hőstressznek voltak kitéve, amit a bendőhőmérsékleti- és környezeti hőmérsékleti értékek alátámasztanak. Az ellések ebben a hőterhelt intervallumban zajlottak le, ami elősegíthette az ellés körüli megbetegedések kialakulását a hőstressz jól ismert immunsuppresszív hatása miatt. A bendőhőmérséklet 39 °C és 41 °C között mozgott, azaz az állatok fokozott hőstressznek voltak kitéve. A bendőhőmérséklet és a hőmérséklet-páratartalom index között szignifikáns, de mérsékelt összefüggés áll fenn (0,27; $p < 0,0001$). Az átlagos bendőhőmérséklet hasonló mintázatot követ az ellés körüli időszakban az egészséges és megbetegedett tehének esetében is, az ellés napján jelentős fiziológiás csökkenéssel. A napi átlagos bendőhőmérséklet szignifikáns összefüggést mutatott az ellésig hátralévő napok, valamint az ellés utáni napok számával ($p < 0,0001$), továbbá a hőmérséklet-páratartalom index-el (THI) is ($p < 0,0001$). Ugyanakkor a vizsgálati időszakban (-5 és +14 nap az elléshez képest) a posztpartum betegségek jelenléte nem volt szignifikáns hatással a bendőhőmérsékletre. A bendő hőmérséklet változására látszólag inkább az ellés, mint a THI változása volt hatással ebben az időszakban. Az ellés körüli fiziológiás testhőmérséklet csökkenés hőstressz alatt is megfigyelhető volt. A maximum testhőmérséklet olykor elérte a 41 °C-ot, ami azonban jelentős terhelés a szervezet számára.

4.3.2. Kérődzés, aktivitás

Az egészséges tehének napi átlagos kérődzési ideje az ellést megelőzően 360 ± 45 perc, míg az ellést követően 400 ± 37 perc volt, ezzel szemben a beteg állatoknál alacsonyabb értékeket figyeltünk meg (330 ± 37 , illetve 291 ± 31 perc). A napi átlagos kérődzési időt (-5 és +14 nap az elléshez képest) szignifikánsan befolyásolta az ellés körüli napok száma ($p < 0,0001$), a posztpartum problémák jelenléte ($p < 0,0001$), valamint a hőmérséklet-páratartalom index (THI) is ($p = 0,0293$). A kérődzési idő a vemhesség utolsó napjaiban fokozatosan csökkent, a legalacsonyabb értéket az egészséges csoportban az ellést megelőző napon, míg a beteg csoportban az ellés utáni 2. napon (2. DIM) érte el. A két csoport között szignifikáns különbség volt kimutatható a -1. és a 2. napon. Az kérődzési idő az egészséges csoportban csökkent, míg a beteg állatok esetében nem változott jelentősen az ellés előtti napokon. A csökkenés azonban az

egészséges tehenek esetében néhány napon belül normalizálódott, míg a beteg állatoknál ez jelentősen több időt igényelt. Az aktivitás az ellést megelőzően növekedett, majd az egészséges teheneknél az ellés utáni 4. napon, míg a beteg csoportnál csak az 5-7. napon tért vissza a normál értékre.

4.4. Negyedik kísérlet

4.4.1. Istállóklíma, hormonvizsgálat

A maximális THI indexek a nyári kísérlet során szinte végig 68-as THI küszöbértéket meghaladó, hőterhelt időszakot jelentett a tehenek számára, ami nem biztosított kedvező feltételeket a megtermékenyülésnek és az embrió beágyazódásának, fejlődésének. Az ösztrogénhormonok közül az ivarzási viselkedésért felelős ösztadiol átlagos koncentrációja a G7G programban az évszaktól függetlenül hasonló értékeket mutatott, míg az OVS program esetében a téli időszakban szignifikánsan ($p < 0.001$) magasabb volt a nyárihoz képest. A többi vizsgált hormon (LH, inzulin, prolaktin, IGF-1) koncentrációjában nem volt szignifikáns különbség a nyári és a téli időszak között.

4.4.2. Ivarzási viselkedés, vemhesülés

A hőstresszes időszakban a tehenek többsége nappal nem mutatott ivarzást. Egyes egyedek intenzíven mozogtak, társaikat követték és szaglászták, azonban a tipikus álló és felugró viselkedés a nyári vizsgálat során nem volt megfigyelhető. Álló és felugró viselkedés reggel volt jellemző, amikor fejés után a termékenyítésre vártak. Ezzel szemben télen a tehenek többsége az ivarzási viselkedést közvetlenül a TAI-t megelőző napon, a délutáni GnRH-injekció beadása után kezdte mutatni. Az álló és felugró viselkedés gyakorisága szintén eltért az évszakok között: télen ötször több (összesen 125 télen és 25 nyáron, átlagosan $10,4 \pm 12,4$ /tehen télen és $2,1 \pm 4,0$ /tehen nyáron) felugrás és több mint hétszer annyi (összesen 124 télen és 16 nyáron, átlagosan $10,3 \pm 11,6$ /tehen télen és $1,3 \pm 11,6$ /tehen nyáron) álló ivarzás volt megfigyelhető a kamerafelvételek alapján. A G7G program esetében a téli időszakban intenzívebb ivarzási viselkedés volt megfigyelhető. Amennyiben a csendes és az intenzív ivarzást mutató egyedeket egy csoportként kezeljük, az ivarzó állatok aránya nyáron 53%, míg télen 87% volt. A nyári időszakban az állatok csaknem fele egyáltalán nem mutatott ivarzási jeleket. Az OVS program esetében az ivarzó állatok számában nem volt statisztikailag igazolható különbség az évszakok között, ugyanakkor az ivarzási viselkedés megjelenési formája és időbeli eloszlása jelentősen eltért.

A vemhesülés arányának alakulását vizsgálva az évszak függvényében bebizonyosodott, hogy hősemleges időszakban mindkét hormon program eredményesebben működött. A G7G program esetében nem volt szignifikáns különbség az évszak tekintetében, míg az OVS programban

résztvevő állatok közül szignifikánsan ($p=0,035$) több tehén vemhesült a hősemleges időszakban. A téli időszakban a vizsgálatban részt vevő állatok 39%-a vemhesült, míg a nyári időszakban ez az arány mindössze 10% volt, melyek mind G7G hormonprogramban részesültek.

5. Következtetések és javaslatok

Kísérleteink során a hőstressz hatásait vizsgáltuk különböző életszakaszokban, így eredményeink többféle aspektusból világítják a beavatkozás fontosságát, annak érdekében, hogy állatjóléti és gazdasági szempontból is hatékonyan tudjon termelni az ágazat a hőterhelt időszakokban is.

Az árnyékolás hatékonyan csökkenti a hőstressz élettani és endokrin mutatókkal mérhető negatív hatásait a választás előtti tejhasznú borjakban. Eredményeink alapján egyértelműen javasolt a megfelelő mikroklíma kialakítása – elsősorban az árnyékolás biztosítása – a nyári hónapokban, mivel ez elősegíti a borjak közérzetének javítását, az akut stressz mérséklését, és hosszú távon hozzájárul az állatjóléti és állategészségügyi szempontból kedvezőbb tartási környezethez. A szívfrekvencia és légzésszám, mint valós időben, nem-invazív módon mérhető paraméterek, hasznos eszközök lehetnek a hőstressz gyors detektálására és a preventív intézkedések célzott alkalmazására.

A megnövelt légsebesség javította a hőkomfortot, elősegítette a testhőmérséklet szabályozását, és hozzájárult a jobb takarmányfelvételhez és tejtermeléshez. Tekintettel a globális hőmérséklet emelkedésére és az állattenyésztésre gyakorolt kedvezőtlen hatásokra, a tehén- és istállóhűtés optimalizálása – mint a légsebesség növelése – költséghatékony és fenntartható stratégiát kínálnak a hőstressz kezelésére.

Az ellés körüli időszakban jelentkező hőstressz jelentős hatással van a tejelő tehenek egészségi állapotára, mivel befolyásolja a kérődzési időt, a reticulorumen-hőmérsékletet és az aktivitást. Vizsgálatunk megerősítette, hogy a posztpartum megbetegedések kialakulása előtt már a vemhesség utolsó szakaszában csökken a kérődzési idő, ami potenciális korai betegségindikátorként szolgálhat. A reticulorumen-hőmérséklet az ellés körül csökkent, amit elsősorban maga az ellés befolyásolt, mérsékelt korrelációt figyeltünk meg a hőmérséklet-páratartalom indexszel (THI) összefüggésben. Az aktivitás az ellés előtt nőtt, azonban a beteg állatoknál ez a fokozott aktivitás tartósabban fennmaradt, ami valószínűleg a diszkomfortérzet és a stressz következménye. Eredményeink rávilágítanak a precíziós monitoring rendszerek jelentőségére a korai detektálás és beavatkozás szempontjából, amelyek javíthatják az állatok egészségi állapotát, és támogatják a tranzíciós időszakot.

Az ivarzás felismerése alapvetően befolyásolja a tejtermelő szarvasmarhák szaporodásbiológiai eredményeit és az állomány termelékenységét. A hőstressz idején különösen fontos a másodlagos

jelek pl. aktivitás növekedés, nyálkaürítés, péra kipirulás, nyugtalanság, bőgés, agonizálás, követés, szaglászás, nyaldosási viselkedés megfigyelése és értékelése, mivel az ugrások gyakran elmaradnak vagy csendes ivarzás formájában jelenik meg. Kísérletünk során a G7G protokoll kiegyensúlyozottabb hormonstátuszt és stabilabb ösztradiol szintet biztosított nyáron is, ami növelte a sikeres vemhesülési arányt. A G7G programban részt vevő teheneknél mind nyáron, mind télen hasonló ösztradiol szinteket mértünk, míg az OVS csoportban nyáron szignifikánsan alacsonyabb volt az érték. Az aktivitásjelző rendszerek és az ovuláció szinkronizálás alkalmazása indokolt esetben hatékony kombináció lehet a tejelő állományok eredményes termékenyítése érdekében. A hűtési rendszerek alkalmazása megakadályozza az állatok testhőmérsékletének jelentős emelkedését, elősegítve ezzel a hormonális és anyagcsere-egyensúly fenntartását. A kiegyenlített vemhesülési eredmények biztosításával elkerülhetők a hullámzó ellésszámok, ami hozzájárul a folyamatos, magas szintű tejtermeléshez és a gazdaság jövedelmezőségének fenntartásához.

6. Új tudományos eredmények

1. A kiegészítő árnyékolás hatékonyan mérsékelte a hőstressz élettani és endokrin hatásait bikaborjakban. A hőstressz napon a rektális hőmérséklet mérsékelt szignifikáns ($r=0,44$; $p=0,046$), míg a légzésszám és a szívritmus szoros szignifikáns ($r=0,74$; $p=0,008$ valamint $r=0,63$; $p<0,001$) korelációt mutatott a meteorológiai paraméterekkel. Az árnyékolt csoportban szignifikánsan alacsonyabb kortizolszinteket tapasztaltunk a 12:00, 16:00 és 24:00 ($p<0,001$; $p<0,001$; $p=0,046$) órákor történő mintavételeknél.
2. A nagyobb légsebesség (1,5-2,8 vs. 0,2-0,8 m/s) hatékonyan csökkentette a tehenek testhőmérsékletét hőstresszben, a hüvelyben mért testhőmérséklet átlagosan 0,5 °C-kal alacsonyabb volt. A négy mintavételi időszakból háromban szignifikáns különbség mutatkozott a kísérleti és kontroll csoport között ($p=0,002$, $p=0,037$, $p=0,900$, $p<0,0001$). Az istállók területén egyenletesen elosztott 12 mérési pont alapján a számított átlagos légsebesség a kontroll istállóban $0,32 \pm 0,27$, míg a kísérleti istállóban $2,3 \pm 0,46$ m/s volt ($p < 0,001$).
3. Hőstressz időszakban az ellést megelőző aktivitás növekedés az egészséges és a beteg csoportra is jellemző volt, majd az ellést követő 4. napon az egészséges csoportnál visszatért a normál értékre, míg a beteg állatoknál szignifikánsan ($p<0,05$) magasabb volt és csak az 5.-7. napon normalizálódott. A kérődzési idő a tejelő tehenekre jellemző 7-8 órához képest az egészséges csoportnál is csak 5-6 óra, míg beteg állatoknál csupán 4-5 óra volt már az ellést megelőző napokban is, mely jelző értékű a posztpartum megbetegedés előfordulásának kockázatát tekintve.

4. A reticulorumen-hőmérséklet az ellés körül a hőstressz ellenére is fiziológiásan csökkent mindkét csoportnál, szignifikáns ($p < 0,0001$) összefüggést mutatott az ellésig hátralévő és az ellés utáni napok számával valamint a THI-vel. A kérődzési időt szignifikánsan ($p < 0,0001$) befolyásolta az ellés körüli napok száma, a posztpartum problémák jelenléte, valamint a hőmérséklet-páratartalom index ($p=0,029$).
5. A G7G protokoll hatékonyabbnak bizonyult a rövidebb OvSynch programhoz képest a nyári hőstresszes időszakban, azáltal hogy stabilabb ösztadiol szintet biztosított (G7G átlag 35,2 pg/ml (min. 27,6 ; max. 42,9) ; OVS 20,7 pg/ml (min. 13,0 ; max. 28,3) és magasabb vemhesülési arányt (G7G 39% ; OVS 10%) eredményezett.
6. A hőstressz jelentősen csökkentette az ivarzási tünetek kifejeződését és intenzitását, különösen az ugrások és álló ivarzási események számát. A hősemleges időszakban átlagosan $10,4 \pm 12,4$ ugrás/tehén, míg hőstresszben csupán $2,1 \pm 4,0$ ugrás/tehén történt a termékenyítést megelőző 12 órában. Az időbeli eloszlást tekintve nyáron csak a reggeli fejés körül a hajnali órákban ugrálták egymást, míg télen már a délutáni GnRH oltást követően aktív ivarzási jeleket mutattak, azaz jelentősen hosszabb időintervallum állt rendelkezésre az ivarzás felismerésére.

A disszertáció témakörében megjelent publikációk

Idegen nyelvű tudományos közlemények

Szalai, S., Bodnár, Á., Fébel, H., Bakony, M., & Jurkovich, V. (2025). Rumination Time, Reticulorumen Temperature, and Activity in Relation to Postpartum Health Status in Dairy Cows During Heat Stress. *Animals*, 15(11), 1616. <https://doi.org/10.3390/ani15111616>

Szalai, S., Bodnár, Á., Fébel, H., Bakony, M., & Jurkovich, V. (2025). Effects of Heat Stress on Estrus Expression and Pregnancy in Dairy Cows. *Animals*, 15(12), 1688. <https://doi.org/10.3390/ani15121688>

Jurkovich V., **Szalai Sz.**, Várhidi Zs., Dávid B., Kovács-Wéber M., Bakony M., Hejel P. (2025): The effect of improving barn cooling on the behavior and milk yield of dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. Bírálattal.

Magyar nyelvű tudományos közlemények

Szalai Szilvia ; Bodnár, Ákos ; Jurkovich, Viktor (2025): A hőstressz hatása az élettani és viselkedési paraméterek alakulására választás előtti borjaknál és tejelő teheneknél. Scientia et Securitas (5): Bírálattal.

Szalai, Sz., Varga, F. B., Pajor, F., Bodnár, Á., Kovács, L.: A hőstressz kihívásai tejelő szarvasmarhák élettani, termelési és szaporodásbiológiai mutatóiban ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS 63 : 2 pp. 100-124. , 25 p. (2022)

Konferencia előadások és közlemények

Szalai, Sz., Varga, F. B., Bodnár, Á., Jurkovich, V.: A hőstressz hatása a tejelő tehenek ivarzási viselkedésére és vemhesülési arányára - Előzetes eredmények: The effect of heat stress on oestrus behaviour and pregnancy rate of dairy cows - Preliminary results In: Szenci, Ottó; Brydl, Endre (szerk.) Magyar Buiatrikus Társaság XXXII. Nemzetközi Tudományos Kongresszusa: Szarvasmarha-, juh- és kecske egészségügy hatása a termelés gazdaságosságára. Kecskemét, Magyarország : Magyar Buiatrikusok Társasága (2024) 256 p. pp. 152-154. , 3 p.

Szalai Sz., Várhidi Zs., Hejel P., Dávid B., Bakony M., Jurkovich V.: Az istállóhűtés javításának hatása a tejelő tehenek viselkedésére és termelésére II. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok Szimpóziuma. Állatorvostudományi Egyetem (2024) pp. 28-28., 1 p.

Jurkovich V., Várhidi Zs., **Szalai Sz**, Hejel P., Dávid B., Kovács-Weber M., Bakony M.: Effect of improving barn cooling on behavior and production of dairy cows In: Josef, Illek (szerk.) XXIII Middle European Buiatrics Congress - Proceedings book Brno, Csehország : University of Veterinary Sciences Brno (2024) pp. 75-75., 1 p.

Bodnár, Á., Pajor, F., **Szalai, Sz.**, Varga, F. B., Kovács, L.: A hőstressz negatív hatásai és azok elleni védekezés egyes lehetőségei szarvasmarha fajban (2022) A MEZŐGAZDASÁGI KUTATÁS AKTUALITÁSAI A DÉL-ALFÖLDÖN ÉS AZON TÚL, 2022. november 11. Szeged, Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Területi Bizottság Mezőgazdasági Szakbizottsága.

Szalai, Sz., Kovács, L., Bodnár, Á.: A hőstressz élettani hatásainak vizsgálata tejhasznú borjakon In: Bene, Szabolcs (szerk.) XXVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus (2022) pp. 77-82. , 6 p.

Magyar nyelvű ismeretterjesztő közlemény

Szalai Sz. (2024): Csökkenthető-e a hőstressz modern technológiával? Agrárágazat 24 (5) pp 88-90. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-hostressz-tejelo-holstein-friz-mezogazdasag/>

A disszertáció témakörén kívül megjelent publikációk

VARGA, F. B. ; PAJOR, F. ; KÓCZÁN, ZS. ; **SZALAI, SZ.** ; HEGEDŰS, Á. ; BODNÁR, Á.: FAJTATISZTA ÉS KERESZTEZETT HÚSMARHA GENOTÍPUSOK NYÁLKORTIZOL ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA HŐSTRESSZES IDŐSZAKBAN In: Molnár, Zoltán; Némethné, Wurm Katalin (szerk.) 39. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAP KONFERENCIA Mosonmagyaróvár, Magyarország, Veszprém, Magyarország : Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, VEAB Agrártudományi Szakbizottság (2023) pp. 149-149. , 1 p.

Libis-Márta, K.; Bócsi, B., **Szalai, Sz.**, Varga, F. B.,; Pajor, F., Kovács, L., Bodnár, Á: A hőtűrés javítására irányuló egyes szarvasmarha keresztezések és jelentőségük a világ szarvasmarhatartásában ANIMAL WELFARE ETOLÓGIA ÉS TARTÁSTECHNOLÓGIA / ANIMAL WELFARE ETHOLOGY AND HOUSING SYSTEMS 18 : 1 pp. 35-50. , 16 p. (2022)

Varga, F. B., Pajor, F., **Szalai, Sz.**, Egerszegi, I., Kovács, L., Bodnár, Á.: Előzetes eredmények keresztezett és fajtatiszta húsmarha genotípusok hőstresszben mutatott viselkedéséhez In: Bényi, Erzsébet; Bodnár, Ákos; Pajor, Ferenc; Póti, Péter (szerk.) VIII. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap : Előadások és poszterek összefoglaló kötete = 8th Scientific Day of Animal Breeding in Gödöllő : Book of Abstracts of presentations and Posters Gödöllő, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (2022) 82 p. pp. 26-26. , 1 p.

Varga F. B., Pajor F., Gyulai B., Gyulay Gy., **Szalai Sz.**, Egerszegi I., Bodnár Á.: Preliminary results in Ankole-Watusi x Blonde d'Aquitaine crossing to improve heat tolerance abilities In: Lukács, Gábor; Kormos, Éva (szerk.) LXII. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia : A klímaváltozás kihívásai a következő évtizedekben: előadások kivonatai Keszthely, Magyarország : Szent István Egyetem, Georgikon Campus (2020) pp. 124-124., 1 p.