

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2019. 68. 4

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Szarvasmarha mellékhere eredetű spermiumok mélyhűtése

› Mesterséges termékenyítés és embrió-átültetés szarvasmarha állományokban

› Mikroszatellit markerek optimalizálása ponty tájfajtákon

› Molekuláris genetikai vizsgálatok angol telivéreknél

TARTALOM - CONTENTS

| | |
|--|------------|
| <i>Batbold Minjin - Magyar Andrea - Abdulai Yussif - Urbán Martin - Ecker András - Bodó Szilárd - Egerszegi István: Szarvasmarha mellékhere eredetű spermiumok mélyhűtésének vizsgálata - Előkísérlet (Investigation of cryopreservation of bovine epididymal sperm cells - Pilot study)</i> | 285 |
| <i>Zubor Tibor - Holló Gabriella - Pósa Roland - Nagy-Kiszlinger Henrietta - Vigh Zsófia – Húth Balázs: A mesterséges termékenyítés és az embrió-átültetés eredményességét befolyásoló tényezők nagy tejtermelésű szarvasmarha állományokban (Factors influencing effectiveness of artificial insemination and embryo transfer techniques in high milk producing cattle herds)</i> | 292 |
| <i>Tóth Bianka - Bagi Zoltán - Kézi Tamás - Kusza Szilvia: Mikroszatellit markerek optimalizálása magyarországi ponty (<i>Cyprinus carpio</i> L.) tájfajtákon - Előzetes közlemény (Optimization of microsatellite markers in Hungarian common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) strains - Preliminary Report)</i> | 302 |
| <i>Kis Judit - Bodó Szilárd - Rózsa László - Zsolnai Attila - Anton István: Molekuláris genetikai lehetőségek az optimális versenytáv és tréningmódszer megválasztásához angol telivéreknél (Molecular genetic approach as a predictor of optimum race distance and appropriate training method of thoroughbred horses)</i> | 313 |
| 2018-ban sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói (2. rész) - Summaries of PhD dissertations in the year of 2018 (Part 2.)..... | 330 |
| Útmutató szerzők számára | 353 |

Címlap kép (Frontpage photograph)

Sárga magyar tyúk

Festette: Rainerné Istvánffy Gabriella

Fajtaleírása a Magyarországon leggyakrabban előforduló baromfifajtáknak. Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium, Budapest, 1932

Yellow Hungarian hen

Painted: Gabriella Rainer Istvánffy

Description of the breed types of the most common poultry breeds in Hungary. Hungarian Royal Ministry of Agriculture, Budapest, 1932

SZARVASMARHA MELLÉKHERE EREDETŰ SPERMIMUMOK MÉLYHŰTÉSÉNEK VIZSGÁLATA - ELŐKÍSÉRLET

MINJIN BATBOLD - MAGYAR ANDREA - YUSSIF ABDULAI - URBÁN MARTIN -
ECKER ANDRÁS - BODÓ SZILÁRD - EGRSZEGI ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A spermiumok mélyhűtésének fejlesztése lehetővé tette mellékhere eredetű spermiumok mélyhűtését is, amely felhasználható elit bikák, vagy a veszélyeztetett fajták genetikai anyagának megmentésére *post mortem*. A kísérletekben azt vizsgálták, hogy a vágóhídról származó szervekből történő kinyerés ideje és a mélyhűtési eljárás milyen hatással van a spermiumok élet-, és feltételezett termékenyítő-képességére a felolvasztást követően. Ennek megállapítására számítógépes spermavizsgálatot (CASA) és Kovács-Foote féle ivarsejt festési eljárást alkalmaztak. Eredményeik alapján megállapítható, hogy a szervek a vágást követően, 24 órán keresztül történő hűtve tárolása (4 °C) a frissen feldolgozott mintákhoz képest nem okoz jelentős minőségromlást.

SUMMARY

Batbold, M. - Magyar, A. - Abdulai, Y. - Urbán, M. - Ecker, A. - Bodó, Sz. - Egerszegi, I.: INVESTIGATION OF CRYOPRESERVATION OF BOVINE EPIDIDYMAL SPERM CELLS – PILOT STUDY

The improvement of semen cryopreservation promoted better use of animals with high genetic merit. The technology can be used for epididymal sperm freezing, which can be a useful tool for saving the genetic material of elite bulls or endangered breeds *post mortem*.

The aim of the investigation was to determine the changes in sperm motility and predicted fertility depending on the time of collection and the freezing method, which was determined by CASA and Kovács-Foote staining. According to the results, the testis with the epididymis could be stored at 4 °C for 24 hours without significant deterioration comparing to the freshly prepared samples.

BEVEZETÉS

Az emberi ételmezésben a fehérjeellátás szempontjából az egyik legfontosabb gazdasági terület az állattenyésztés és az állati termékek előállítása. Ehhez szükséges, hogy az állatok reprodukciós teljesítményét javítani tudjuk a megfelelő és modern szaporítási technikák, technológiák alkalmazásával. Ennek megvalósítására több lehetőség is rendelkezésre áll: (*Gilchrist és Thompson 2007*) ezek a technikák a mesterséges termékenyítés, a szuperovulációra alapozott embrió transzfer (MOET) és az *in vitro* embriótermelés.

Az ivarsejtek (spermiumok, petesejtek) és az embriók *ex situ in vitro* mélyhűtése lehetőséget biztosít a kimagasló tenyésztéssel bíró egyedek gyorsabb elszaporítására, a lehetséges utódok számának növelésével, valamint segítséget nyújthat a veszélyeztetett fajok és fajták védelmére, a genetikai sokféleség megőrzésére (*Holt, 2000; Comizzoli és mtsai, 2000; Mazur és mtsai, 2008*).

A genetikai erőforrások *in vitro* megőrzésének legelterjedtebb formája a spermiumok mélyhűtése (*Comizzoli és mtsai, 2000; Leibo és Songsasen, 2002, Mazur és mtsai, 2008*). A szarvasmarha esetében a spermiumok fagyasztásához használt protokollok és hígítók már jól ismertek (*Lemma, 2011; Turri és mtsai, 2012; Lopes és mtsai, 2015; Martins és mtsai, 2009*), amelyek sikeresen alkalmazhatók a mellékheréből kinyert spermiumok sikeres mélyhűtéséhez is, így fontos technika lehet az elit bikák, vagy a veszélyeztetett fajták genetikai anyagának megmentésére *post mortem*. A mélyhűtés után a mellékherei spermiumok mesterséges termékenyítéshez, *in vitro* termékenyítéshez és embriótermeléshez is használhatók (*Turri és mtsai, 2012*).

A mélyhűtés sikerességét a felolvasztást követően a termékenyítőképes sejtek aránya mutatja meg, ezért kísérleteink során azt vizsgáltuk, hogy a szervekből történő kinyerés ideje (vágás után 4 órával, illetve 24 órás, 5 °C-on történő inkubációt követően) és a mélyhűtési eljárás (nitrogén gőzben, vagy programozható mélyhűtőberendezésben történő hűtés) hogyan befolyásolja a spermiumok élet-, és feltételezett termékenyítő-képességét a felolvasztást követő számítógépes spermavizsgálat (CASA) és Kovács-Foote festés (*Kovács és Foote, 1992, Nagy és mtsai, 1999*) eredménye alapján.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleteket a Nemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ Reprodukció Biotechnológiai és Oktató Laboratóriumában, a CASA méréseket (szarvasmarha specifikus paraméterekkel) a Szent István Egyetem, Halgazdálkodási Tanszékén végeztük.

A vizsgálatainkhoz szükséges spermiumokat nyolc holstein fríz bika vágóhidról származó mellékheréjéből nyertük ki. A szervek a vágás napján, a vágást követő 4 órán belül érkeztek a laboratóriumba. A jobb mellékheréből a beérkezés napján nyertük ki és mélyhűtöttük le a spermiumokat (I. kezelés), míg a bal mellékheréket ezt megelőzően fiziológiás sóoldatban 24 óráig 5 °C-on inkubáltuk (II. kezelés).

A mellékherei spermiumokat Tryladil+ Tojás sárgája krioprotektív (CPA) anyaggal

1:3 sperma/CPA arányban hígítottuk és az ivarsejteket Kovács-Foote módszerrel (KF) festettük. Ezt követően az 50 ml-es műanyag centrifugacsövekben a hígított mintákat 5 °C-ra hűtöttük és tároltuk a 3 órás egyensúlyozási idő során, hűtőszobában.

A mélyhűtéshez két különböző módszert alkalmaztunk:

- A esetben a 0,25 ml-es műszalmákba töltött mintákat horizontálisan, majd 5 cm-re a folyékony nitrogén szintje felett 8 percig tartottuk (*Intézményközi Kiskérődző Biotechnológiai Kutatócsoport protokoll alapján, személyes közlés, Egerszegi I.*)
- B esetben a 0,25 ml-es műszalmákba töltött mintákat etanolos programozható készülékben (Bio-Cool Controlled Rate Freezer) 5 °C/perc hűtési sebességgel -35 °C-ra hűtöttük, majd 5 cm-re a folyékony nitrogén szintje felett 8 percig tartottuk
- Mindkét kezelés esetén a műszalmákat -196 °C-os folyékony nitrogénbe merítettük és felhasználásig eltároltuk (1. ábra).

A felolvasztást követően a spermiumok motilitását CASA-val - Total motility (TM) %, Progressiv motility (PM) % - az akroszóma állapotát KF-vel vizsgáltuk. A kapott adatokat GraphPad Instat 3.0 szoftverrel elemeztük, ANOVA, Kruskal Wallis vizsgálatot végeztük.

1.ábra A mellékhere eredetű bikasperma fagyasztása során alkalmazott mélyhűtési eljárások. A szaggatott vonal egy közbülső hűtési lépést jelöl.

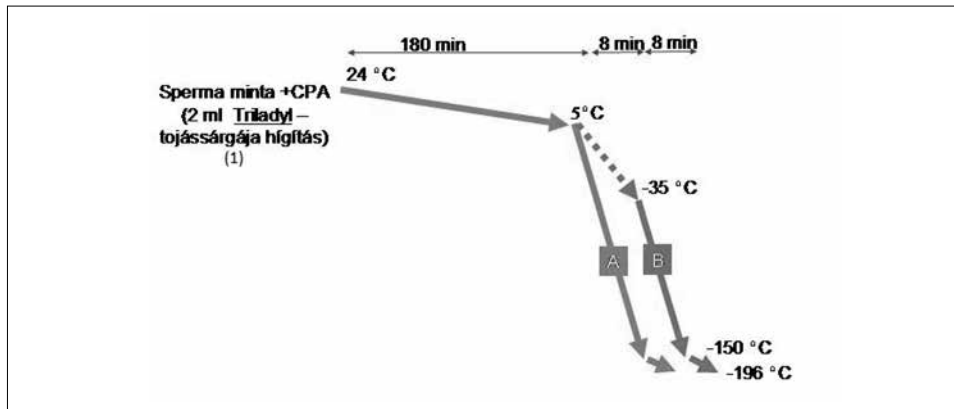


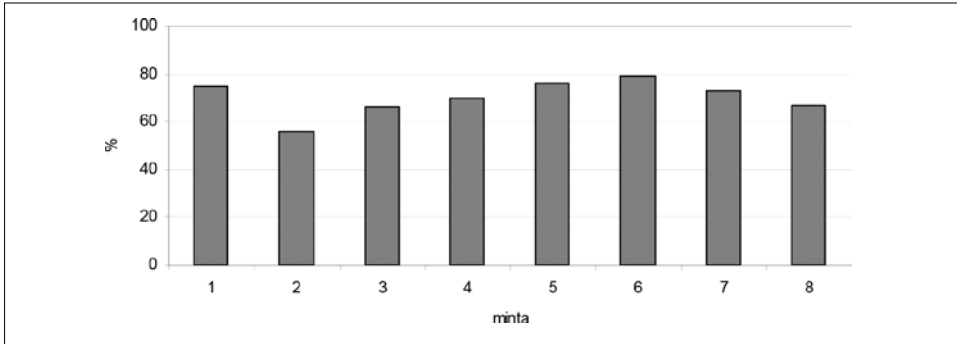
Figure 1. The freezing protocols were used in the experiment for epididymal sperm cells. The dotted line represents the intermediate cooling step.

Sperm sample +CPA (cryoprotective agent), (2 ml Tryladyl-Egg yolk dilution) (1)

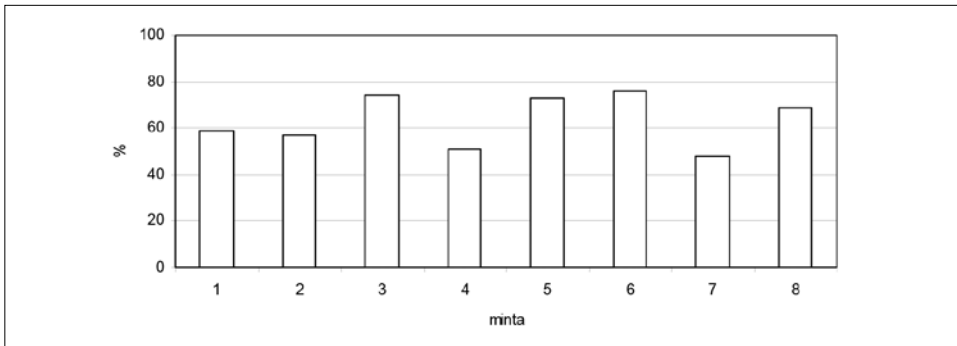
EREDMÉNYEK

A mélyhűtés előtt a vágás napján és a 24 órával később kinyert mellékherei spermiumok membránépsége szignifikánsan nem tér el egymástól (70,25% ± 7,28 vs. 63,37% ± 10,99), $p = 0,1392$ KF festési eredmények alapján (2. ábra).

2. ábra A mellékherei spermiumok fagyasztás előtti membránépségének KF értékelése, egyedi minták esetén



(a) I. kezelés: vágás napján kinyert minták, feltételezeten termékenyítőképes sejtek aránya



(b) II. kezelés: 24 óra tárolást követően kinyert minták, feltételezeten termékenyítőképes sejtek aránya

Figure 2. Evaluation of membrane integrity in epididymal semen before freezing at individual samples

(a) Treatment I.: samples collected on the day of slaughter, ratio of presumed fertile cells

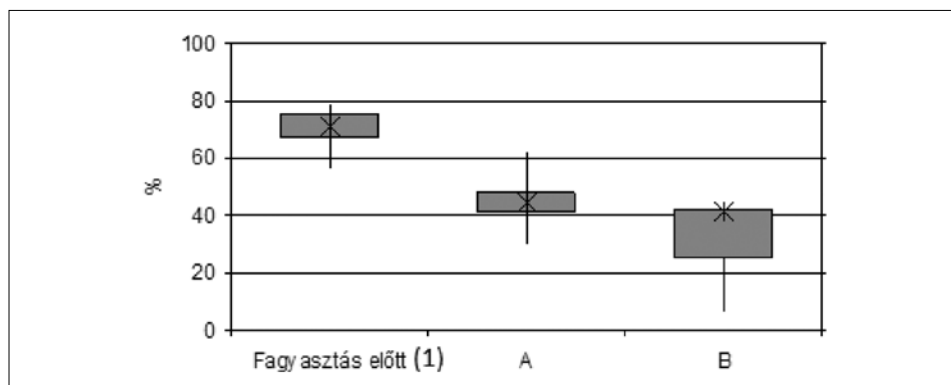
(b) Treatment II.: samples collected after 24 h of storage, ratio of presumed fertile cells

A felolvasztást követően az élő ép membránú sejtek aránya minden esetben szignifikáns módon csökkent, viszont a túlélő sejtek arányában nincs szignifikáns különbség a két kezelési csoport között.

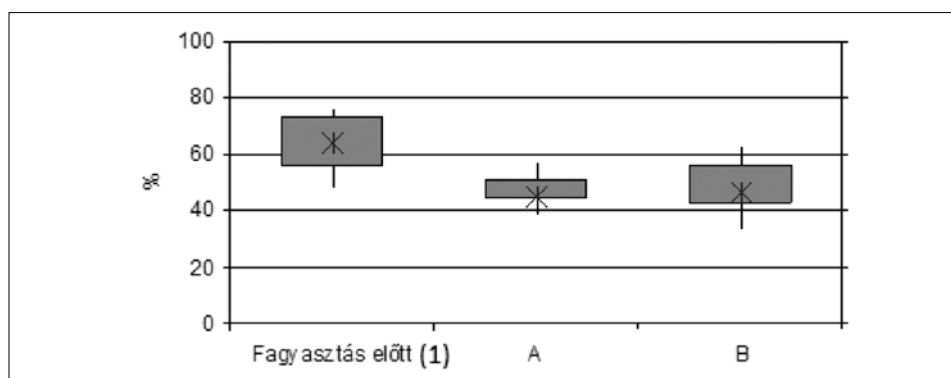
A KF eredmények összehasonlításával meghatároztuk a mélyhűtési veszteségeket is. A frissen kinyert és mélyhűtött minták esetén az A kezelés átlagosan 34,7% ($\pm 15,67$), a B 42,93% ($\pm 23,57$), míg a 24 óráig eltárolt herék esetében az A kezelés 24,68% ($\pm 10,65$) és a B kezelés 22,88% ($\pm 13,3$) mélyhűtési veszteséggel járt. A 24 óra tárolás esetén szignifikánsan kisebb veszteséget tapasztaltunk a B kezelési csoportnál, $p=0,0072$ (3. ábra).

A felolvasztást követően a minták motilitását CASA segítségével is meghatároztuk. Az összes mozgó sejt arány (TM%) és a progresszív motilitás (PM%) tekintetében a kezelési csoportok között nem találtunk szignifikáns különbséget. (4. és 5. ábra)

3. ábra Az élő ép membránú sejtek aránya és mélyhűtési veszteségei az A és B csoportban



(a) az I. kezelés élő ép membránú sejtek aránya és mélyhűtési veszteségei



(b) a II. kezelés élő ép membránú sejtek aránya és mélyhűtési veszteségei (B p=0,0072)

Figure 3. The ratio of live intact membrane cells and losses during freezing in groups A and B

(a) Treatment I: The ratio of cells with live intact membrane and losses during freezing

(b) Treatment II: The ratio of cells with live intact membrane and losses during freezing (B p=0.0072) before freezing (1)

EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE, KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérletünk során ugyanazon bikák jobb, illetve bal mellékheréjéből történő azonnali, illetve egy napos hűtve tárolást követő spermium preparálás után vizsgáltuk a spermiumok minőségét, majd ezt követően két mélyhűtési módszert követően felolvasztottuk a mintákat és újra minőség ellenőrzést végeztünk. A spermiumok preparálást követő minőségvizsgálatánál a jobb és bal here között és az időeltérés tekintetében nem találtunk jelentős eltérést, de egyedi eltérések megfigyelhetők voltak. Ez utalhat a jobb és bal here mellékhere között adódó különbségekre, amit a későbbi vizsgálatokban figyelembe kell venni Goovaerts közlése alapján (Goovaerts és mtsai, 2006). Előkísérleteink során sikeresen valósítottuk meg az azonnal kivett, illetve hűtve tárolt szervekből kinyert mellékheresi spermiumok mélyhűtését.

4. ábra CASA eredmények: az egyedi minták összes motilitása (TM%) az A és B csoportban

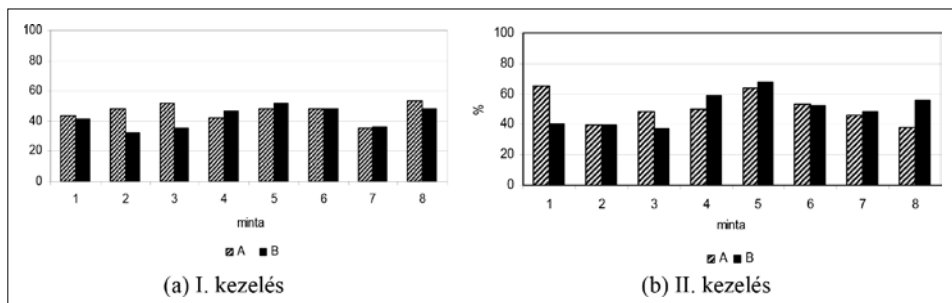


Figure 4. CASA results: total motility of the individual samples (TM%) in groups A and B

(a) Treatment I.; (b) Treatment II.

5. ábra CASA eredmények: az egyedi minták progresszív motilitása (PM%) az A és B csoportban

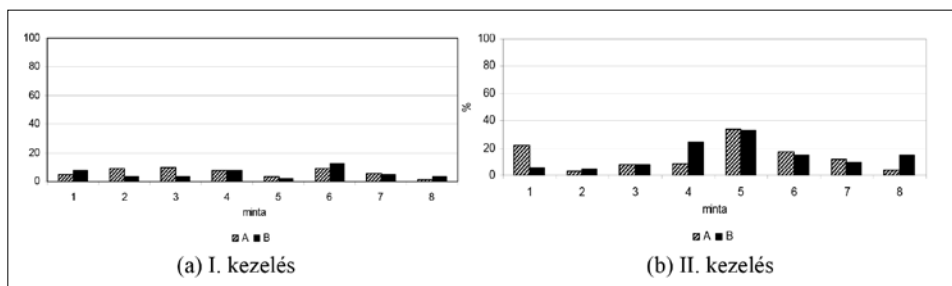


Figure 5. CASA results: progressive motility of the individual samples (PM%) in groups A and B

(a) Treatment I.; (b) Treatment II.

Az eredmények alapján a 24 órás hűtve tárolást követően kinyert spermiumok is sikeresen mélyhűthetők és a mélyhűtési eredmények egyik kezelési csoportban sem tértek el, kivéve a B kezelésnél, ahol a 24 órás inkubáció után statisztikailag szignifikánsan kisebb mélyhűtési veszteséget tapasztaltunk. A sejtmembránok épségét kimutató KF eredmények alapján a PM%-ok a vizsgálatainkban a várt értékektől jobban elmaradtak, ennek okának kiderítésére további kísérletekre lesz szükség. A KF eredményekre támaszkodva megállapítottuk, hogy a szervek mélyhűtés előtti hosszabb hűtve tárolása nem jár jelentős minőségromlással, ami egybevág más kutatók (*Zomborszky és mtsai, 2005; Martins és mtsai, 2009*) megfigyelésével. Így a hazai gyakorlat számára is igazolható, hogy a szervek *post mortem* hosszabb ideig szállíthatók, illetve tárolhatók spermakinyerés előtt. A programozható mélyhűtő berendezések használatakor nem tapasztaltunk lényeges veszteségcsökkenést, ezért az egyszerűbben kivitelezhető 5 °C-ra hűtést követő mélyhűtés alkalmazását javasoljuk a frissen kinyert spermiumok, illetve a 24 órán keresztül hűtve tárolt szervekből kinyert spermiumok esetén is.

IRODALOMJEGYZÉK

- Comizzoli, P. - Mermillod, P. - Mauget, R. (2000):* Reproductive biotechnologies for endangered mammalian species. *Reprod. Nutr. Dev.*, 40. 493-504.
- Gilchrist, R. - Thompson, J.G. (2007):* Oocyte maturation: Emerging concepts and technologies to improve developmental potential in vitro. *Theriogenology*, 67. 6-15.
- Goovaerts, I.G. - Hoflack, G.G. - Van Soom, A. - Dewulf, J. - Nichi, M. - de Kruijff, A. - Bols, P.E. (2006):* Evaluation of epididymal semen quality using the Hamilton-Thorne analyser indicates variation between the two caudae epididymides of the same bull. *Theriogenology*, 66. 323-330.
- Holt, W. (2000):* Basic aspects of frozen storage of semen. *Anim. Reprod. Sci.*, 62. 3-22.
- Kovács, A. - Foote, R.H. (1992):* Viability and acrosome staining of bull, boar and rabbit spermatozoa. *Biotech. Histochem.*, 67. 119-124.
- Leibo, S.P. - Songsasen, N. (2002):* Cryopreservation of gametes and embryos of non-domestic species. *Theriogenology*, 57. 303-326.
- Lemma, A. (2011):* Effect of cryopreservation on sperm quality and fertility. Artificial insemination in farm animals. Croatia: In: Manafi M, editor. In Tech. 19-216.
- Lopes, G. - Soares, L. - Ferreira, P. - Rocha, A. (2015):* Tris-egg yolk-glycerol (TEY) extender developed for freezing dog semen is a good option to cryopreserve bovine epididymal sperm cells. *Reprod. Domest. Anim.*, 50. 97-103.
- Martins, C. - Driessen, K. - Costa, P. - Carvalho-Neto, J. - de Sousa, R. - Rumpf, R. (2009):* Recovery, cryopreservation and fertilization potential of bovine spermatozoa obtained from epididymides stored at 5 °C by different periods of time. *Anim. Reprod. Sci.*, 116. 50-57.
- Mazur, P. - Leibo, S. - Seidel, G. (2008):* Cryopreservation of the germplasm of animals used in biological and medical research: importance, impact, status, and future directions. *Biol. Reprod.*, 78. 1. 2-12.
- Nagy, S. - Házás, G. - Papp, A.B. - Iváncsics, J. - Szász, F. - Szász, F. Jr - Kovács, A. - Foote, R.H. (1999):* Evaluation of sperm tail membrane integrity by light microscopy. *Theriogenology*, 52. 1153-1159.
- Turri, F. - Madeddu, M. - Gliozzi, T. - Gandini, G. - Pizzi, F. (2012):* Influence of recovery methods and extenders on bull epididymal spermatozoa quality. *Reprod. Domest. Anim.*, 47. 712-717.
- Zomborszky, Z. - Nagy, S. - Nánássy, L. - Szabari, M. - Bodó, S. (2005):* Experiences in deer sperm cryopreservation under practical conditions - a pilot study. *Anim. Reprod. Sci.*, 90. 185-190.

Érkezett: 2019. április

Szerzők címe: Batbold M. - Magyar A. - Abdulai Y. - Urbán M. - Ecker A. - Bodó Sz. - Egerszegi I.
Authors' address: Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Bodó Sz.
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ
Állattenyésztési Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet
NARIC Research Institute of Animal Breeding, Nutrition and Meat Science
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
bodo.szilard@athk.naik.hu

A MESTERSÉGES TERMÉKENYÍTÉS ÉS AZ EMBRIÓ-ÁTÜLTETÉS EREDMÉNYESSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK NAGY TEJTERMELÉSŰ SZARVASMARHA ÁLLOMÁNYOKBAN

ZUBOR TIBOR - HOLLÓ GABRIELLA - PÓSA ROLAND - NAGY-KISZLINGER HENRIETTA -
VIGH ZSÓFIA - HÚTH BALÁZS

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat célkitűzése a mesterséges termékenyítés és az embrió-átültetés eredményességének összehasonlítása hazai nagy tejtermelésű állományokban, két egymást követő év nyári hőstresszes időszakában. A kísérleteket 5 nagy tejtermelésű hazai állományban végezték el, összesen 1633 beavatkozást értékelték. A statisztikai elemzéssel az alkalmazott reprodukciós eljárás, az állatcsoport (üsző, tehén), a rektális hőmérséklet és a hónap hatását értékelték. Megállapították, hogy a vemhesülési arány csökkenésével párhuzamosan nőtt a rektális hőmérséklet minden kísérleti csoportban. A tehenek esetében július hónapban, az üszőknél szeptemberben volt a leggyengébb a vemhesülési százalék. A vemhesülési százalék a 39,1 °C-alatti rektális hőmérséklet esetén az embrió-átültetésnél meghaladja a 92 %-t, míg ez az arány a mesterséges termékenyítés során az üszők esetében 48%, a teheneknél pedig 16%. A 39,1 °C-nál nagyobb rektális hőmérsékletű mesterségesen termékenyített üszőket szignifikánsan rosszabb termékenyítési index jellemezte, mint az embrió-átültetéssel vemhesített üszőket. Összességében megállapítható, hogy a nyári hőstresszes időszakban az üszőknél a mesterséges termékenyítéssel szemben embrió-átültetéssel kedvezőbb vemhesülési eredmények érhetők el. A rektális hőmérséklet ismerete elősegíti a megfelelő reprodukciós eljárás kiválasztását.

SUMMARY

Zubor, T. - Holló, G. - Pósa, R. - Nagy-Kiszlinger, H. - Vigh, Zs. - Húth, B.: FACTORS INFLUENCING EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INSEMINATION AND EMBRYO TRANSFER TECHNIQUES IN HIGH MILK PRODUCING CATTLE HERDS

This study aimed to evaluate the effectiveness of artificial insemination (AI) or embryo transfer (ET) techniques during hot summer period in two consecutive years. The experiments were conducted on 5 high producing dairy farms in Hungary, where 1631 data were examined. With the usage of statistical methods the effects of reproductive management technique, animal group (heifer, cow), rectal temperature and month were analysed. It was established, in line with the decrease of pregnancy rate increased the rectal temperature in all groups; the lowest value for cows and heifers was observed in July and in September. More than 92% of ET, 48% and 16% of inseminated heifers and cows were pregnant up to the category of 39.1 °C of rectal temperature. Inseminated heifers with rectal temperature greater than 39.1 °C significantly higher services per conception can be observed contrary to ET heifers. Findings reveals ET may become a more effective strategy to improve pregnancy success in heifers compared to AI during hot summer period. Based on rectal temperature the appropriate technique can be chosen.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A környezeti hőmérséklet emelkedése, nyári időszakban egyre fontosabb kérdés az állattenyésztésben is. A hőstressz olyan környezeti hatásként határozható meg, ami az állat testhőmérsékletét a fajra jellemző állandó hőmérséklet fölé emeli (Hansen, 2009). A hőstressz a szarvasmarha szaporodásbiológiájára is jelentős negatív hatással van. Már az 1990-es években többen beszámoltak arról, hogy nyári időszakban a mesterségesen termékenyített tejelő állományokban a vemhesülési százalék jelentősen csökken (De Rensis, 2017). Ennek fő oka a hőstressz miatt megemelkedett testhőmérséklet, ami káros következményekkel jár a tejelő tehenek reprodukciós képességeire, a petefészkekben a tüszőnövekedésre, a petesejtek minőségére, az ivarzási viselkedésre, a méhben pedig az embrió egészségére (Sakatani, 2017) gyakorol negatív hatást.

Balogh és mtsai (2012) vizsgálatában Magyarországon a nyári időszakban (május-augusztus) a Provsynch-kezelést követő vemhesülési százalék 8,7% és 48,9% között változott, míg télen (októbertől januárig) ez az arány lényegesen jobb: 38,9% és 65,4% közötti. A hőstressz okozta meddőség a hímivarban a téli időszakban gyűjtött és fagyasztott sperma felhasználásával kiküszöbölhető. A nőivarban azonban ez a kérdés jóval bonyolultabb (Hansen és mtsai, 2001).

Korábban Ealy és mtsai (1993) igazolták, hogy a szarvasmarha embrió a fejlődése során ellenállóbbá válik a hőstresszel szemben, és az embrióátültetés sikeres anösztruszos tehenek esetében (Al-Katanani és mtsai, 2002). Később bizonyítást nyert az is, hogy az embrió jól tolerálja a megnövekedett környezeti hőmérsékletet, ami képessé teszi a nagyobb ellenállásra a jövőbeli hőstressz hatásával szemben (Hansen, 2009). A programozott mesterséges termékenyítéssel összehasonlítva a nem fagyasztott, *in vitro* embriók beültetésével hőstresszes időszakban javítható a vemhesülési százalék (Al-Katanani és mtsai, 2002), különösen a nagy termelésű állatok esetében, amelyek már eleve nehezebben termékenyíthetőek, és rosszabbak a fertilitási mutatóik is (Demétrio és mtsai, 2007).

A szarvasmarha testhőmérsékletének monitorozására számos új és régi technológia használható, mint például a bendő kapszulák, a fülbe vagy a tőgybe ültetett hőérzékelők, a fejőberendezések érzékelői, infravörös termográfia, rektális és vaginális hőmérők. A rektális hőmérséklet a legelterjedtebb módszer a testhőmérséklet mérésére, köszönhetően egyszerűségének és a digitális hőmérők alacsony költségének. Megjegyzik azonban, hogy a mérés pontossága a kezelőtől és a hőmérő mérési mélységétől jelentősen függ (Suthar és mtsai, 2013). Kou és mtsai (2017) újabban azt állapították meg, hogy a rektális hőmérséklet szorosan összefügg a szarvasmarha testfelületének teljesen automatizált módon mért hőmérsékletével, és mindkét paramétert szignifikánsan befolyásolja az évszak.

A kísérletünk fő célkitűzése annak vizsgálata, hogy a mesterséges termékenyítés és az embrió átültetés mennyire bizonyul eredményes eljárásnak a nyári időszakban nagy tejtermelésű állományokban, valamint a rektális hőmérséklet hatása milyen befolyással van a tejhasznú szarvasmarha fertilitási mutatóira (vemhesülési százalék, termékenyítési index).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Helyszín, állatok és takarmányozás

A kísérletet 5 magyarországi tejtermelő tehenészet fajtatiszta Holstein-fríz tehén és üsző állományában végeztük el. A tehenek átlagos tejtermelése 10 000 kg/laktáció feletti volt. A tehenek tartása kötetlen, takarmányozásuk komplett takarmánykeverék (TMR), amely abrakkal (búza, kukorica, árpa, repce és napraforgó) kiegészített kukoricaszilázsból, fűszénázsból és lucernaszénából állt. A teheneket fejőgéppel naponta háromszor fejték. A termékenyítési index a kísérleti időszakban a tehenek és az üszők esetében 5,3-9,7 és 2-2,24 között változott.

A kísérleti időszak alatt a 2017-es és 2018-as évek júliusa és a szeptembere között összesen 1633 vemhesítési adatot értékeltünk (üsző mesterséges termékenyítésű: 282, tehen mesterséges termékenyítésű: 1183, üsző embrió-átültetésű: 168).

Magyarország a mérsékelt éghajlati övezetben fekszik, és erre a régióra a mérsékelt meleg, mérsékelt száraz éghajlati zóna a jellemző (OMSZ, 2019). A vizsgált időszakban az átlagos napi középhőmérséklet 15,5 °C (2017. szeptember) és 23,2 °C között változott (2018. augusztus) (OMSZ, 2019).

A rektális hőmérséklet mérése

A rektális hőmérsékletet háromszor, közvetlenül a mesterséges megtermékenyítés és az embrió beültetése előtt, digitális hőmérővel (AET-F101, Alicn Medical Co., Ltd) mértük meg. A három mérés átlagát tekintettük az adott egyed rektális hőmérsékletének. A méréseket, és így a vemhesítéseket is reggel 9:00-11:00 óra között végezték.

Szaporodásbiológiai program és vemhességvizsgálat

A telepeken ultrahang-vizsgálatokra és hormon-kezelésekre alapuló menedzsmentet alkalmaznak (Easy-Scan 4; BCF; IBEX Go). A dupla-Ovsynch szinkronizációs protokollt a laktáció 41. napján alkalmazzák, melynek során meghatározott időközönként, összesen 4 alkalommal kapnak az állatok GnRH-t (75 µg gonadorelin injekció intramuszkulárisan, OVARELIN, Ceva) és kétszer PGF_{2α}-t (500 µg kloprosztenol injekció intramuszkulárisan, ESTRUMATE MSD Animal Health). Az utolsó GnRH-t az időzített mesterséges termékenyítés előtt 12 órával kapják az állatok. Az erre nem megfelelően reagáló anösztrozusos teheneknél progeszteron kiegészítést alkalmaznak (1,38 g progeszteron implantátum, Zoetis). Az üszők tenyésztésbevétele 360 kg-os élősúly és 127 cm-es marmagasság elérése után történik. Az ivarzás detektálása üszőknél megfigyeléssel, míg a teheneknél aktivitásmérő segítségével történik, az ivarzó állatokat külön válogatják és termékenyítik. Az üszők esetében nincsen szinkronizálás, de az ivarzási tüneteket nem mutató állatokat kezelik egyedileg vagy proszttaglandinnal (sárgatest jelenlétekor) vagy ha nincs kóros elváltozás GnRH (0. nap) + proszttaglandinnal (7. nap). Az embrióátültetésnél a recipiensek előkészítése sárgatest-fázisban adott egyszeri proszttaglandinnal (500 µg kloprosztenol intramuszkuláris injekció, MSD Animal Health) történik. Az álló ivarzás időpontját MontaPlus® matricával

és vizuálisan észlelik, majd az adatokat számítógépen rögzítik. A biopsziázott és genomvizsgált Holstein-fríz embriókat a Semex Alliance OPU-IVF (Ovum Pick Up - In Vitro Production) technikával állította elő. Az embriók a Nemzetközi Embrió-Átültető Társaság (IETS) minősítése szerint 1. osztályba sorolhatók, fejlettségük a morulától az expandált blasztocisztáig terjedt. Minden esetben fagyasztott embriók beültetése történt, 0,25-ös műszalmába töltve, direkt transzferes eljárással. Az embriókat 7 nappal az ivarzás után, ultrahangos és manuális sárgatest kontrollt követően, a sárgatestnek megfelelően ipsilaterálisan ültették be a recipiensekbe. A beültetéseket megfelelő gyakorlattal rendelkező, ugyanazon személy végezte.

A vemhesség diagnosztizálása a reprodukciós technika alkalmazását követő 28. és a 30. napon rektális módon 5-7 MHz-es frekvencián lineáris fejjel végzett ultrahangos vizsgálattal történik, (Easy-Scan 4; BCF; IBEX Go), illetve a vemhesnek diagnosztizált állatok ismételt vizsgálatát a 60. napon rektális módon ellenőrzik.

Statisztikai analízis

A hónap, a módszer (mesterséges termékenyítés, embrió-átültetés) / állatcsoportok (üsző, tehének) hatását a rektális hőmérsékletre GLM teszttel végeztük el a SAS program használatával (9.4 verzió, SAS Institute, Inc., Cary, NC), ugyanakkor a vemhesülési százalékra gyakorolt hatást logisztikus regresszióval elemeztük. A szignifikancia szint $p < 0,05$ volt. A rektális hőmérséklet alapján 0,2 °C-ként hőmérséklet kategóriákat képeztünk és az egyes kategóriákban a vemhesülési százalékot és a termékenyítési index alakulását elemeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A Magyar Meteorológiai Szolgálat (OMSZ, 2019) adatai szerint 2017 és 2018-ban Magyarországon az átlagos havi középhőmérséklet 0,7-2,6 °C-al magasabb volt, mint 1981-2010 között. Az adatok szerint 2017-18 júliusában, augusztusában és szeptemberében az átlagos középhőmérséklet 21,5 °C, 22,6 °C és 16,4 °C volt. Előzőleg *Hegedűsova* és *mtsai* (2009) számoltak be arról, hogy a fogamzáshoz szükséges optimális hőmérséklet a tejhasznú szarvasmarhában 16-20 °C közötti hőmérsékletartományban van.

Számos országban, köztük Magyarországon is megfigyelhető a modern tejelő szarvasmarhák termékenységének csökkenése is az elmúlt 30 évben (*Szenci és mtsai*, 2019). Először *Ulberg és Burfenig* (1967) számolt be arról, hogy minden 1 °C-os testhőmérséklet növekedés körülbelül 25%-kal csökkenti a vemhesülési százalékot. Az 1. táblázat szemlélteti, hogy a vemhesülési százalék szignifikánsan alacsonyabb volt a mesterségesen termékenyített teheneknél (16%), kiváltképpen júliusban (10%), míg az üszőknél a legalacsonyabb értékeket a másik két hónapban figyeltük meg (mesterségesen termékenyítésű: 43% és embrió-átültetéses: 54%). Közismert, hogy a hőstressz hatással van a szarvasmarha testhőmérsékletére (*Hahn*, 1999; *Kadzeree és mtsai*, 2002), és ez a válaszreakció előbb jelentkezik, mint a takarmányfelvétel csökkenése. A rektális hőmérséklet, mint élettani paraméter felhasználható a komfortzóna és a környezeti hőmérséklethez történő alkalmazkodás jellemzésére (*Hemsworth és mtsai*, 1995).

1. táblázat

A hónap hatása a vemhesülési százalékra és a rektális hőmérsékletre mesterségesen termékenyítésű és embrió-átültetésű csoportokban

| Hónap (1) | Üsző, mesterséges termékenyítésű (2) | | Tehén, mesterséges termékenyítésű (3) | | Üsző, embrió-átültetésű (4) | |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | rektális hőmérséklet, °C (5) | vemhesülési százalék, % (6) | rektális hőmérséklet, °C (5) | vemhesülési százalék, % (6) | rektális hőmérséklet, °C (5) | vemhesülési százalék, % (6) |
| Július (7) | 38,2 ± 0,3 ^{a,A} | 54,5 ^A | 39,1 ± 0,6 ^{a,B} | 10,4 ^{B,**} | 38,5 ± 0,4 ^{a,A} | 65,2 ^A |
| Augusztus (8) | 38,4 ± 0,5 ^{b,A} | 44,1 ^A | 38,8 ± 0,6 ^{b,B} | 19,2 ^{B,*} | 39,2 ± 1,0 ^{b,C} | 52,4 ^A |
| Szeptember (9) | 38,3 ± 0,4 ^{b,B} | 42,7 ^A | 38,6 ± 0,5 ^{c,A} | 18,9 ^{B,**} | 38,8 ± 0,3 ^{ab,A} | 53,8 ^A |
| Átlag (10) | 38,3 ± 0,4 ^A | 47,1 ^{A,+} | 38,8 ± 0,6 ^B | 16,7 ^B | 38,8 ± 0,5 ^B | 57,1 ^{A,+} |

^{A,B,C} szignifikáns különbséget jelöl ($p < 0.0001$) soronként, ^{A,B,C} means significant differences ($p < 0.0001$) between rows

^{a,b,c} szignifikáns különbséget jelöl ($p < 0.0001$) oszloponként, ^{a,b,c} means significant differences ($p < 0.0001$) between columns

^{+,++} szignifikáns különbséget jelöl ($p < 0.05$) soronként, ^{+,++} means significant differences ($p < 0.05$) between rows

^{*,**} szignifikáns különbséget jelöl ($p < 0.05$) oszloponként, ^{*,**} means significant differences ($p < 0.05$) between columns

Table 1. Effect of month on pregnancy rate and rectal temperature in artificially inseminated and embryo-transferred groups

month (1); heifer; artificially inseminated (2); cow; artificially indóseminated (3); heifer; embryo-transferred (4); rectal temperature (5); pregnancy rate (6); July (7); August (8); September (9); mean (10)

Polsky és mtsai (2017) szerint a testhőmérséklet mérése a leghatékonyabb a hőstressz értékelésére, ugyanis nem találtak érdemi összefüggést a környezeti hőmérsékletet és páratartalmat is magába foglaló un. HPI index (hőmérséklet páratartalom index) és a hüvelyben mért testhőmérséklet között. Ezen korreláció hiánya, véleményük szerint az egyedi érzékenységgel magyarázható, ami valószínűleg az adott egyed környezeti hőmérséklet/páratartalom ingadozásával szembeni ellenállóképességét is jelzi.

A vizsgált állományunk testhőmérséklete széles skálán 37,7- 40,6 °C között változott. Kísérletünkben az átlagos rektális hőmérséklet a mesterségesen termékenyített üszőknél és teheneknél 38,3 és 38,8 °C volt, míg az embrió-átültetéssel vemhesített üszőknél 38,8 °C. Irodalmi adatok szerint a tejelő szarvasmarha testhőmérséklete 38,6 ± 0,5 °C (Andersson és Jónasson, 1993), napi 0,8-1,8 °C-os ingadozással (Piccione és Refinetti, 2003). A nyári testhőmérséklet pedig magasabb, mint a téli (Sartori és mtsai, 2002). Suthar és mtsai (2013) kísérletében a laktáló tehenek átlagos rektális hőmérséklete kissé alacsonyabb (38,4 °C), mint a mi teheneinké (38,8 °C). Figyelembe kell venni azonban azt, hogy a fenti tanulmányban a környezeti hőmérséklet alacsonyabb volt (17,2 °C), mint vizsgálatunk során.

Az üszőknél a rektális hőmérséklet a nyár során folyamatosan emelkedett, és mindkét csoportban (embrióátültetés, mesterséges termékenyítés) hasonló ten-

dencia volt megfigyelhető; a legmagasabb értékeket augusztusban, azt követően szeptemberben, majd júliusban mérték. Ezzel szemben a teheneknél a rektális hőmérséklet júliusban szignifikánsan magasabb volt, mint a másik két hónapban.

Ismeretes, hogy a laktáció során keletkező hő nagy mennyisége megnehezíti a tejtermelő nőivarú egyedek testhőmérséklet-szabályozását, különösen a meleg nyári időszakban (*Nabenishi és mtsai*, 2011). Továbbá az üszők kevésbé érzékenyek a hőstresszre a tehenekhez képest (*Sartori és mtsai*, 2002), a tehenek ugyanis nagyobb hőmérséklet-emelkedést mutattak a környezeti hőmérséklet növekedésekor, mint az üszők. Tanulmányunkban a teheneknél a legmagasabb rektális hőmérsékleteket júliusban mértük, az üsző csoportoknál a rektális hőmérséklet emelkedése egy hónappal később történt a tehenekhez képest. A mesterségesen termékenyített üsző csoportban mértük a vizsgált időszak alatt a legalacsonyabb rektális hőmérsékletet, ez is jelzi az üszők jobb hőmérsékletszabályozó képességét tehenekkel szemben.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a rektális hőmérséklet növekedésével együtt csökkent a vemhesülési százalék minden csoportban. A rektális hőmérséklet 38,2 °C-ról 0,2 °C-kal történő növekedése a mesterségesen termékenyített üsző csoportban a vemhesülési százalék 10%-os csökkenését eredményezte (54,5% v. 44,1%). A mesterségesen termékenyített tehen csoportban a vemhesülési százalékban körülbelül 9%-os csökkenés volt megfigyelhető (18,9% v. 10,4%), a rektális hőmérséklet 0,3-0,5 °C-kal emelkedése esetén. A legmagasabb rektális hőmérsékletet az embrió-átültetésű üsző csoportban mértük, hasonlóan a másik csoportokhoz a magasabb rektális hőmérséklet ez esetben is negatívan befolyásolta a vemhesülési százalékot; a júliusi értékhez képest szeptemberben 12%-kal volt kisebb. Az ET üsző rektális hőmérséklete júliusban átlagosan 38,5 °C ekkor a vemhesülési arány 65%, míg augusztusban a legmagasabb 39,2 °C ekkor a vemhesülési arány 52,4%.

A rektális hőmérséklet növekedése 3,5-szöröse, mint a mesterséges termékenyítésű üszőknél mért, ugyanakkor a vemhesülési arány kisebb mértékű romlást mutatott a másik csoporthoz képest. Másrészt kiemelendő az is, hogy a legrosszabb vemhesülési százalék (53%) az embrió-átültetésű üsző csoportban megfigyelt a mesterséges termékenyítésű üszőknél tapasztalt legjobb vemhesülési százalékkal (54%).

Összegezve az eredményeket megállapítható, hogy a tehenek a magas metabolikus hőtermelésük miatt nehezen viselik a hirtelen jött kánikulát. A vemhesülési eredmények szerint egy hónapra van szükségük az alkalmazkodásra. Az üszők ideális energiamérlege nem okoz plusz hőtermelést, ezért csak a környezeti hősoknak vannak kitéve. Korábban *Hansen* (2009) jegyezte le, hogy a hőstressz 20-26 nappal az ivarzás előtt befolyásolja a tüsző működését, vizsgálatunkban az üszők csökkent őszi termékenysége ezzel magyarázható. Az üszők első két hónapot jól tolerálják, a hőstressz hatása a második kánikulai hónap végére tetőzik, s még ezután három hétig fejt ki káros hatását. Így a harmadik hónapban a csökkenő külső hőmérséklet ellenére tovább emelkedik a rektális hőmérséklet, csökken a vemhesülési százalék, vagyis a hőstressz okozta káros hatások később jelentkeznek, mint a teheneknél. Eredményeink megerősítik *Mellado és mtsai* (2014) korábbi megállapításait, nevezetesen az üszők és a tehenek legrosszabb vemhesülési százaléka az év során eltérően alakul, az üszőké legrosszabb szep-

tember hónapban, míg a teheneké júliusban. Egy közelmúltban publikált magyar tanulmányban (Novotni-Dankó és mtsai, 2017) adatainkkal megegyezően is azt tapasztalták, hogy a tehenek vemhesülési százaléka májustól kezd romlani és júliusban és augusztus hónapban a legrosszabbak az eredmények.

A 2. táblázatban jól látható, hogy a különböző rektális hőmérséklet-kategóriákra vonatkozó kumulatív vemhességi arányok is szignifikánsan eltértek a csoportok között. A 38 °C-nál alacsonyabb és 39,1 °C-nál magasabb rektális hőmérséklet kategóriába tartozó teheneket alacsonyabb vemhesülési százalék jellemzi, mint a 38-39,1 °C közötti hőmérséklet kategóriába sorolt egyedeket.

2. táblázat

A vemhes állatok megoszlása rektális hőmérséklet kategóriánként

| Rektális hőmérséklet kategória, °C (1) | Vemhes állatok gyakorisága, % (2) | | | Vemhes állatok kumulatív százalékos gyakorisága, % (3) | | |
|--|-----------------------------------|---------------|--------------|--|---------------|--------------|
| | Üsző, AI (4) | Tehén, AI (5) | Üsző, ET (6) | Üsző, AI (4) | Tehén, AI (5) | Üsző, ET (6) |
| 37,7-37,9 | 5,67 | 0,51 | 0 | 5,67 | 0,51 | 0 |
| 38,0-38,2 | 13,48 | 3,21 | 34,31 | 19,15 | 3,72 | 34,31 |
| 38,3-38,5 | 16,31 | 4,73 | 36,28 | 35,46 | 8,45 | 70,59 |
| 38,6-38,8 | 9,93 | 4,31 | 12,74 | 45,39 | 12,76 | 83,33 |
| 38,9-39,1 | 2,13 | 3,47 | 8,83 | 47,52 | 16,23 | 92,16 |
| 39,2-39,4 | 0 | 1,52 | 1,96 | 47,52 | 17,75 | 94,12 |
| 39,5-39,7 | 0 | 0,59 | 1,96 | 47,52 | 18,34 | 96,08 |
| 39,8-40,0 | 0 | 0,09 | 2,94 | 47,52 | 18,43 | 99,02 |
| 40,1-40,3 | | 0,17 | 0 | | 18,60 | 99,02 |
| 40,4-40,6 | | | | | 18,68 | 100,00 |

Table 2. Percentage of pregnant females according to rectal temperature categories

rectal temperature category (1); percentage of pregnant animals (2); cumulative percentage of pregnant animals (3); heifer; artificially inseminated (4); cow; artificially inseminated (5); heifer; embryo-transferred (6)

Nabenishi és mtsai (2011) szerint a mesterséges termékenyítéskor mért testhőmérséklet és a fogamzási arány között negatív korreláció állt fenn, eredményeik szerint a testhőmérséklet 38,7 °C-ról 0,6 °C-kal történő növekedése a vemhesülési százalék 11,6%-os csökkenését eredményezte. Az embrió-átültetés esetén a magasabb testhőmérséklettel rendelkező tehenek szintén kisebb valószínűséggel vemhesülnek Vasconcelos és mtsai (2006) eredményei szerint, és a rektális hőmérséklet emelkedésével csökkent a vemhesülési százalék.

Polsky és mtsai (2017) szerint a 39,1 °C feletti testhőmérséklet jelzi a hőstresszt. Eredményeink szerint a 39,1 °C-os rektális hőmérséklet-kategóriáig, az embrió-átültetéssel vemhesített üszőknél az egyedek több mint 92%-a vemhes lett, a mesterséges termékenyítésű üszőknél ez az arány 48%, míg teheneknél 16%. Ezen túlmenően az is megfigyelhető, hogy a mesterségesen termékenyített üsző

és tehén csoportoknál a 39,1 °C feletti rektális hőmérséklet-kategóriákban a vemhesülési százalékok számottevően már nem változtak, míg az embrió-átültetéskor a vemhesülési százalék tovább javult a 39,1 °C feletti kategóriákban is, vagyis az egyes eljárások eredményessége hőmérséklet kategóriánként eltérő. A korábbi külföldi véleményekkel összhangban (Stewart és mtsai, 2011) azt tapasztaltuk, hogy az embrió-átültetés növeli a vemhesülési százalékot a nyári hőstresszes időszakban. Vélhetően annak köszönhetően, hogy az embriók kevésbé érzékenyek a hőstresszre. Eredményeink megerősítették, hogy a mesterséges termékenyítéssel vemhesített tehének és üszők esetében 39,1 °C feletti rektális hőmérséklet-kategóriákban csökken a fertilitás a mesterségesen termékenyített csoportokban, míg ez nem figyelhető meg az embrió-átültetéssel vemhesített üszők esetében.

A tejelő állományok szaporodásbiológiai teljesítményének értékeléséhez több indexet is használnak (Fodor és Özsvári, 2015). A 1. ábrán a termékenyítési index látható a különböző hőmérséklet-kategóriákban, csoportonként. A termékenyítési index meghatározásakor az összes termékenyítés számát osztottuk el a vemhes egyedek számával.

Novotni-Dankó és mtsai (2017) az üszőknél - 1,6-2,5 termékenyítési indexet mértek, hasonlóan kísérletünkben szereplő azon csoportoknál, melyek rektális hőmérséklete alacsonyabb volt, mint 39,1 °C. A 39,1 °C feletti rektális hőmérséklet-kategóriákban szignifikánsan magasabb értékek figyelhetőek meg a mesterségesen termékenyített csoportokban, míg lényeges eltérést nem tapasztaltunk az embrió-átültetéses üsző csoportban. A 38 °C alatti rektális hőmérsékletű egyedek kevésbé voltak termékenyek, különösen a 37,7-37,9 °C közötti kategóriákban:

1. ábra Termékenyítési index alakulása rektális hőmérséklet kategóriánként

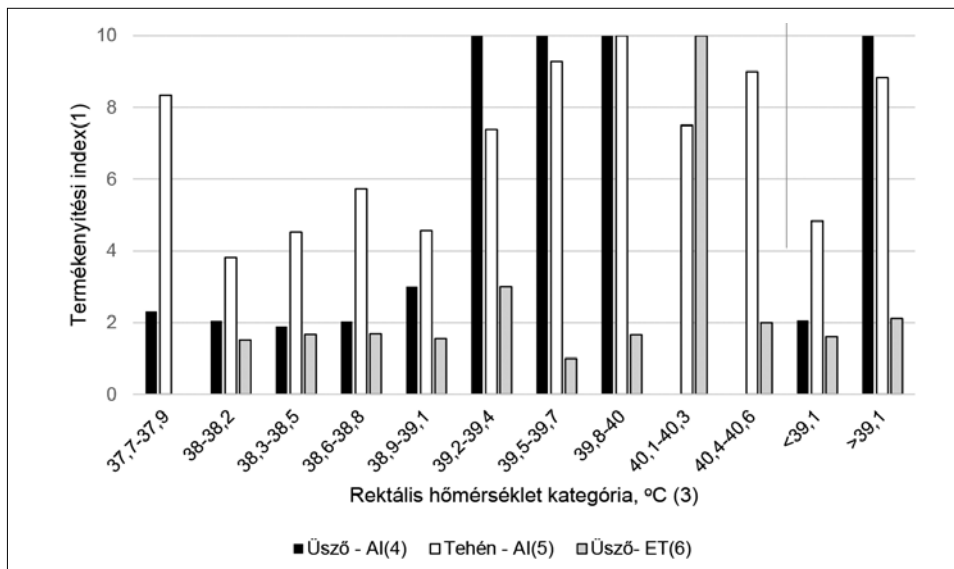


Figure 1. Services per conception according to rectal temperature categories

services per conception (1); optimal range (2); rectal temperature category (3), heifer; artificially inseminated (4); cow; artificially inseminated (5); heifer; embryo-transferred (6)

a teheneknél több termékenyítés szükséges a fogamzáshoz. A 39,1 °C-nál alacsonyabb rektális hőmérsékleti kategóriájú mesterségesen termékenyített üszők és tehének vemhesítéséhez szükséges termékenyítések száma 2; 4,8, míg az embrióátültetésű üsző csoportban 1,6 volt. Efőljött a vemhesítéshez szükséges kezelések száma jelentősen magasabb mesterségesen termékenyített teheneknél (8,8), míg az embrió-átültetésű üszőknél lényegében változatlan (2,1).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A jelenlegi eredmények azt mutatják, hogy az embrió-átültetés a nyári szezonban javíthatja a tejelő szarvasmarhák reprodukciós/szaporodásbiológiai teljesítményét. Úgy tűnik, hogy az embrió transzfer hatékonyabb stratégiává válhat a tejtermelő teheneknél a nyári időszakban, mint a mesterséges termékenyítés.

A rektális hőmérséklet ellenőrzése közvetlenül a termékenyítés vagy embrió-beültetés előtt gyors és költséghatékony módszer, és segíthet a tejelő állatok megfelelő reprodukciós technikájának a kiválasztásában.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a *GINOP 2.3.4-15-2016-00005* finanszírozta.

IRODALOMJEGYZÉK

- Al-Katanani, Y.M. - Drost, M. - Monson, R.L. - Rutledge, J.J. - Krininger III, C. E. - Block, J. - Thatcher, W.W. - Hansen, P.J.* (2002): Pregnancy rates following timed embryo transfer with fresh or vitrified *in vitro* produced embryos in lactating dairy cows under heat stress conditions. *Theriogenology*, 58. 171–182.
- Andersson, B.E. - Jónasson, H.* (1993): Temperature regulation and environmental physiology. pp. 886–895 in *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 11th ed. Swenson M. J. and Reece W. O., ed. Cornell University Press, Ithaca, NY
- Balogh, O.G. - Fébel, H. - Huszenicza, Gy. - Kulcsár, M. - Abonyi-Tóth, Zs. - Endrődi, T. - Gábor, Gy.* (2012): Seasonal fertility differences in synchronised dairy cows: ultrasonic, metabolic and endocrine findings. *Acta Vet. Hung.*, 60. 131–143.
- De Rensis, F. - Lopez-Gatiús, F. - García-Ispuerto, I. - Morini, G. - Scaramuzzi, R.J.* (2017): Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. *Theriogenology*, 91. 145–153.
- Demétrio, D.G.B. - Santos, R.M. - Demétrio, C.G.B. - Vasconcelos, J.L.M.* (2007): Factors affecting conception rates following artificial insemination or embryo transfer in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 90. 5073–5082.
- Ealy, A.D. - Drost, M. - Hansen, P.J.* (1993): Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy Sci.*, 76. 2899–2905.
- Fodor, I. - Ózsvári, L.* (2015): The evaluation of reproductive performance in dairy herds. *Proc. 5th Inter. Conf. Management. Management, leadership and strategy for SME's competitiveness.* Szent Istvan University Publish. House, Gödöllő. 461–466.
- Hahn, G.L.* (1999): Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.*, 77. (E-Suppl_2) 10–20.
- Hansen, P.J. - Drost, M. - Rivera, R.M. - Paula-Lopes, F.F. - Al-Katanani Y.M. - Krininger C. E. - Chase C.C. Jr.* (2001): Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*, 55. 91–103.
- Hansen, P.J.*, (2009): Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos. T. Roy. Soc. B.*, 364. 3341–3350.

- Hegedűsová, Z. - Holásek, R. - Slezáková, M. - Dufek A. - Kubica J.* (2009): Effect of environmental temperature on embryo production and conception rates in beef and dairy cattle. Proceedings of the Annual Conference of the International Embryo Transfer Society, San Diego, California, USA, 3–7 January 2009. In: *Reproduction, Fertility and Development*, 21. 170.
- Hemsworth, P.H. - Barnett, J.L. - Beveridge, L. - Matthews, L.R.* (1995): The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 42. 161-182.
- Kadzere, C.T. - Murphy, M.R. - Silanikove, N. - Maltz, E.* (2002): Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.*, 77. 59–91.
- Kou, H. - Zhao, Y. - Ren, K. - Chen, X. - Lu, Y. - Wang, D.* (2017): Automated measurement of cattle surface temperature and its correlation with rectal temperature. *PLoS ONE*12. e0175377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175377>
- Mellado, M. - Sepulveda, E. - Macias-Cruz, U.L. - Avendaño, J.E. - Garcia, F. - Veliz, G. - Rodríguez, A.* (2014): Effects of month of breeding on reproductive efficiency of Holstein cows and heifers inseminated with sex-sorted or conventional semen in a hot environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, 46. 265–269.
- Nabenishi, H. - Ohta, H. - Nishimoto, T. - Morita, T. - Ashizawa, K. - Tsuzuki, Y.* (2011): Effect of the temperature-humidity index on body temperature and conception rate of lactating dairy cows in southwestern Japan. *J. Reprod. Develop.*, 57. 450–456.
- Novotni-Dankó, G. - Rónai, Á. - Tóth, P.P. - Szabó, D. - Balogh, P. - Kovács-Koncz, N.* (2017): Nyári meleg okozta hőstressz hatásának vizsgálata a tejelő szarvasmarha szaporodásbiológiai mutatóira. *Magy. Allatorvosok*, 139. 717-727.
- OMSZ* (2019): www.met.hu/
- Piccione, G. - Refinetti, R.* (2003): Thermal chronobiology of domestic animals. *Front. Biosci.*, 8. 258-64.
- Polsky, L.B. - Madureira, A.M.L. - Filho, E.L.D. - Soriano, S. - Sica, A.F. - Vasconcelos, J.L.M. - Cerri, R.L.A.* (2017): Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 100. 8590–8601.
- Sakatani, M.* (2017): Effects of heat stress on bovine preimplantation embryos produced in vitro. *J. Reprod. Develop.*, 63. 347–352.
- Sartori, R. - Rosa, G.J. - Wiltbank, M.C.* (2002): Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.*, 85. 2813–2822.
- Stewart, B.M. - Block, J. - Morelli, P. - Navarett, A.E. - Amstalden, M. - Bonilla, L. - Hansen, P.J. - Bilby, T.R.* (2011): Efficiency of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in vitro with sexsorted semen. *J. Dairy Sci.*, 94. 3437-3445.
- Suthar, V. - Burfeind, O. - Maeder, B. - Heuwieser W.* (2013): Agreement between rectal and vaginal temperature measured with temperature loggers in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 240-245.
- Szenci, O. - Szelényi, Z. - Lénárt, L. - Buják, D. - Kezér, F.L. - Han, B. - Horváth, A.* (2019): Importance of monitoring the peripartur period in dairy farms. *Magy. Allatorvosok*, 139. 707-716.
- Ulberg, L.C. - Burfening, P.J.* (1967): Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.*, 26. 571-577.
- Vasconcelos, J.L.M. - Demétrio, D.G.B. - Santos, R.M. - Chiari, J.R. - Rodrigues C.A. - Sá Filho, O.G.* (2006.): Factors potentially affecting fertility of lactating dairy cow recipients. *Theriogenology*, 65. 192-200.

Érkezett: 2019. május

Szerzők címe: Zubor T. - Holló G. - Pósa R. - Nagy-Kiszlinger H. - Vigh Zs. - Húth B.
Kaposvári Egyetem. Agrár- és Környezettudományi Kar

Authors' address: Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
hollo.gabriella@ke.hu

MIKROSZATELLIT MARKEREK OPTIMALIZÁLÁSA MAGYARORSZÁGI PONTY (*CYPRINUS CARPIO* L.) TÁJFAJTÁKON ELŐZETES KÖZLEMÉNY

TÓTH BIANKA - BAGI ZOLTÁN - KÉZI TAMÁS - KUSZA SZILVIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A domesztikációból, valamint a betelepítésekből kifolyólag a ponty (*Cyprinus caprio* L.) számos tájfajtaját különböztetjük meg Magyarországon. A szakértők, a tenyésztők és a halgazdaságok külön tájfajtaként tartják számon ponty állományukat lelőhelyük és morfológiai paramétereik alapján. Molekuláris genetikai vizsgálatok mindezedig csupán néhány magyar tájfajtára készültek. Jelen tanulmány célja az volt, hogy bemutassa a kutatásba bevont mikroszatellit DNS markerek optimalizálása során kapott eredményeket. A vizsgálathoz tizenhárom tájfajta egyedének farokúszójából vettek szövetmintát (amuri vadponty, biharugrai pikkelyes, biharugrai tükrös, hortobágyi nyurga, hortobágyi pikkelyes, hortobágyi tükrös, szarvasi 15, szarvasi P3, szegedi pikkelyes, szegedi tükrös, szoboszlói pikkelyes, szoboszlói tükrös, tatai pikkelyes) 2017 őszi és téli, melyeket 22 mikroszatellit markerrel jellemeztek. Az optimalizálás során összesen 20 marker (Cca24, Cca67, MFW1, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW12, MFW13, MFW15, MFW16, MFW17, MFW20, MFW26, MFW28, MFW29, MFW31) feltapadási hőmérsékletét sikerült meghatározni, amelyekkel a magyarországi ponty tájfajta genetikai diverzitását kívánták elvégezni. Hosszú távú cél, hogy az eredmények közvetlenül segítsék a magyar tájfajta genetikai védelmét, a beltenyésztettség le-romlás megakadályozását, ezzel közvetett módon segíthessék a haltermelőket a termelésorientált döntések meghozatalában.

Summary

Tóth, B. - Bagi, Z. - Kézi, T. - Kusza, Sz.: OPTIMIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS IN HUNGARIAN COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.) STRAINS. PRELIMINARY REPORT

Due to domestication and colonization, several strains of carp (*Cyprinus caprio* L.) are distinguished in Hungary. Experts, breeders and fish farms consider their carp populations as different strains, based on location and morphology. However, molecular genetic studies have been limited only to a few Hungarian strains. The aim of this study was to present the results of the optimization of microsatellite DNA markers. In the autumn and winter of the year 2017 samples from the tail fin of thirteen different Hungarian strains were collected (Amuri Wide, Biharugrai Scaled, Biharugrai Mirror, Hortobágyi Scaled, Hortobágyi Mirror, Hortobágyi Wide, Szarvasi 15, Szarvasi P3, Szegedi Scaled, Szegedi Mirror, Szoboszlói Scaled, Szoboszlói Mirror, Tatai Scaled). Twenty-two microsatellite markers were selected for the genetic characterization of Hungarian carp strains and to assess their genetic diversity. During the optimization, the annealing temperature of 20 markers (Cca24, Cca67, MFW1, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW12, MFW13, MFW15, MFW16, MFW17, MFW20, MFW26, MFW28, MFW29, MFW31) was determined and results will be included in a further genetic diversity study of the Hungarian carp strains. Long-term goal after the study is to directly contribute to the genetic protection of Hungarian carp strains, to prevent inbreeding, and indirectly to help the fish producers to make production-oriented decisions.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A ponty (*Cyprinus carpio* L.) talán a legismertebb sugaras úszójú csontos hal a világon. Ez részben a domesztikációnak, részben pedig a betelepítéseknek köszönhető, amelynek eredményeként számos helyi és kultur fajta alakult ki világszerte (Komen, 1990, Balon, 2004). A ponty széles körben elterjedt és gazdaságilag jelentős halfaj Magyarországon természetes vizeiben és halgazdaságaiban egyaránt. A faj palearktikus elterjedésű ([http_1](#), [http_2](#)), amely valószínűleg az Aral-tó, valamint a Kaszpi-tenger vízgyűjtőjében alakult ki, majd terjedt el egész Euráziában (Balon, 1995). Európában a 16. században kezdődött a ponty tudatos tenyésztése, miután létrejöttek a hiányos pikkelyezettségű „tükrös” változatok (Bakos, 1968; Lehoczky, 2006). Már ebben az időben kialakultak bizonyos jellegekre szelektált változatok, főleg Német- és Csehországban (Pintér, 1979). Ezen változatokat (pl. aischgrundi, lausitzi, galíciai, wittingau) felhasználva kezdték meg a magyarországi haltermelést, ahol az 1950-es évekre alakult ki több, a helyi viszonyokhoz alkalmazkodó, tájfajta (pl. bikali, dinnyési, hortobágyi, nagyatádi stb.) (Bakos és mtsai, 1997; *Magyar Halgazdaság és Technológiai Fejlesztési Platform*, 2010). Ezt követően további helyi törzsek kialakítására került sor a különféle környezeti hatások és a halgazdálkodók tenyésztési erőfeszítéseinek eredményeként. Az Európai Unió tagállamai közül Magyarország a harmadik legnagyobb pontytermelő ország (FAO, 2016; MAHAL, 2016). A Szarvasi Haltenyésztési Kutatóintézet (NAIK-HAKI) 1962 óta 30 ponty fajtát (15 hazai és 15 külföldi) gyűjtött és tartott fenn (Bakos és Gorda, 1995). Ezen ponty törzsek között szignifikáns különbségeket találtak a kvantitatív jellemzőkben és ezek a tulajdonságok következetesen öröklődtek az utódokban. Ezeket a pontypopulációkat Bakos (1979) „tájfajtáknak” nevezte el (Kirpichnikov, 1981; Bakos és Gorda, 1995). A ponty hazánkban 1993-ban került az Állattenyésztési törvény hatálya alá (1993. évi CXIV. törvény az állattenyésztésről). Ettől az évtől kezdték meg a magyarországi ponty tájfajták teljesítményvizsgálatát, mellyel a genetikai előrehaladás vagy leromlás mérhető a populációkban (Gorda, 2003). A magyar halgazdaságok külön tájfajtaként tartják számon ponty állományait, amelyek esetében számottevő fenotípusos különbség nem észlelhető (Lehoczky, 2006; Gorda, 2012). Magyarországon kizárólag csak fajtaelismeréssel rendelkező, vagy fajtaelismerésre bejelentett, fajták vagy hibridek szaporíthatók, amelyek rendelkeznek az eredetükről szóló fajtaelismeréssel (Lehoczky, 2006; Gorda és Borbély, 2014). A vonalak fajtamegújító teljesítményvizsgálatára öt évente kerül sor az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (OMMI) által. A vizsgált tulajdonságok: életképesség, megmaradási százalék, növekedőképesség, takarmányértékesítő-képesség, vágóérték, zsírtartalom, testméretindexek és örökletes testi hibák (Gorda és Borbély, 2014). Lehoczky és mtsai (2005) tanulmányukban ugyanakkor megjegyezték, hogy a teljesítményvizsgálat nem tartalmaz genetikai szűrést. A NAIK-HAKI ponty génbankjában 2016 óta, és jelenleg is, összesen 26 tájfajtát, ebből 18 hazai (7 tájfajta mélyhűtött génbankban, 1 tájfajta élő génbankban és 10 tájfajta élő és mélyhűtött génbankban egyaránt fellelhető) és 8 külföldi (mind a 8 tájfajta mélyhűtött génbankban fellelhető, 3 tájfajta pedig élő génbankban is megtalálható) tájfajtát tartanak fenn (Lehoczky és mtsai, 2018). A tenyésztett halfajok közül kizárólag a ponty esetében vannak államilag elismert fajták Magyarországon. Jelenleg a fajták állami elismeréséhez szükséges részletes eljárásrendet valamint

követelményeket a tenyésztőszervezeti és fajtaelismerés rendjéről szóló 123/2005 (VII.27.) FVM rendelet szabályozza. Hazánkban eddig 21 tenyésztőszervezet 33 tájfajtát jegyzett be (*Lengyel és Udvari, 2017; Lehoczky és mtsai, 2018*). Ezen felül azonban a halgazdaságok szinte mindegyike megkülönböztet további tájfajtákat, mint például biharugrai pikkelyes, szegedi pikkelyes, tatai pikkelyes stb., amelyek azonban fajtaelismeréssel nem rendelkeznek, így ezeket a tájfajtákat jelenleg csak fajtajelölteknek vagy tenyészállományoknak tekinthetjük. Említésre méltó például *Gorda (2003)* tanulmánya, amelyben 9 Magyarországon államilag elismert tájfajtán (bikali tükrös, dinnyési tükrös, hortobágyi pikkelyes, hortobágyi tükrös, nagyatádi tükrös, szegedi tükrös, szoboszlói tükrös, tatai pikkelyes, varászlói tükrös) kívül (*Gorda és Bakos, 1995; Gorda, 2003*) további 10 tájfajtát említ (balatoni pikkelyes, böszörményi pikkelyes és tükrös, felsősomogyi tükrös, palkonyai tükrös, sumonyi tükrös, szarvasi 2, szarvasi 15, szarvasi piros, szoboszlói pikkelyes). Genetikai vizsgálatok hiányában azonban jelenleg még nem áll rendelkezésre adat a tájfajták genetikai tisztaságáról és variabilitásáról. A világon azonban a faj gazdasági és ökológiai jelentősége miatt folyamatosan készülnek genetikai markerekkel végzett tanulmányok (*Zhou és mtsai, 2004; Zhang és mtsai, 2008; Kongchum és mtsai, 2010*), amelyek a kutatók szerint elengedhetetlenek a halak kezeléséhez, a hal-keltetők által kiváltott lehetséges genetikai hatások (így például beltenyésztettségi leromlás, gerincdeformitás stb.) ellensúlyozására, illetve a ponty fajta genetikai javítására (*Vandeputte, 2003; Mabuchi és mtsai, 2006; Mondol és mtsai, 2006; Chistiakov és Voronova, 2009*).

Hazánkban a ponty tájfajták genetikai változatosságáról szóló tanulmányok a NAIK-HAKI génbankban fellelhető tájfajtákról először transzferrin polimorfizmus módszerét használva készültek (*Márián és mtsai, 1984; Szerencsés és mtsai, 1990; Váradí és mtsai, 1993; Csizmadia és mtsai, 1995; Lehoczky és mtsai, 2018*). A szarvasi génbankból származó tájfajták közül *Szerencsés és mtsai (1990)* 10 pontypopulációt vizsgált 348 db anya és anyajelölt bevonásával. *Csizmadia és mtsai (1995)* vizsgálatában pedig összesen 15 tájfajtát jellemeztek, amelyből magyar tájfajtaként a tiszai vadponty, a hortobágyi és a felsősomogyi tájfajták, a P3 és a szarvasi 215 hibridek kerültek bevonásra a NAIK-HAKI génbankjából. *Váradí és mtsai (1993)* kutatásukban ugyancsak a transzferrin polimorfizmus módszerét alkalmazták a dinnyési tájfajta genetikai struktúrájának jellemzésére.

A transzferrin polimorfizmus módszer használatát követően a mitokondriális DNS polimorfizmus vizsgálatok terjedtek el, amely napjainkban is alkalmazott technika a tájfajták filogenetikai jellemzéséhez. Ezt a módszert használva *Wang és mtsai (2010)* a kínai és magyar pontyfajták származási kapcsolatát elemezték a dunai vadponty (Dunából és a NAIK-HAKI génbankból), a velencei tavi (a Velencei tóból), a móríczhelyi, a fresinet és a szegedi magyar tájfajták bevonásával. *Froufe és mtsai (2002)* összesen 32 egyed, melyek közül kettő a Duna magyarországi szakaszából gyűjtött dunai vadponty és kettő a Tisza magyarországi szakaszából gyűjtött tiszai vadponty volt, bevonásával alátámasztották a ponty ázsiai eredetét (*Lehoczky és mtsai, 2018*).

Ez a két módszer azonban csak részleges információt nyújt a genetikai diverzitásról. Számos tanulmányban többféle genetikai marker azonosításáról is olvashatunk, többek között a mikroszatellit markerekről is, ponty fajban (Zhou és mtsai, 2004; Zhang és mtsai, 2008; Kongchum és mtsai, 2010, Tóth és mtsai, 2017), amely markerek különösen alkalmasnak bizonyultak a közeli rokon populációk közötti genetikai különbségek kimutatására, magas mutációs rátájuknak (Avisé, 2000) valamint kodomináns öröklődésüknek (Fésűs és mtsai, 2000) köszönhetően. Több kutatócsoport különböző számú mikroszatellit markert (legkevesebb 4, legtöbb 15) használt kutatásaihoz, elsősorban a helyi ponty tájfajták jellemzéséhez (Mondol és mtsai, 2006; Hulak és mtsai, 2010; Ghelichpour és mtsai, 2013; Tomljanovic és mtsai, 2013). A magyar ponty populációk és tájfajták genetikai jellemzéséről is készültek tanulmányok ilyen markerek használatával. Bártfai és mtsai (2003) két magyar pontytenyésztő gazdaság (Dinnyés és Attala) teljes pontyállományát a RAPD markerek mellett mikroszatellit analízissel is elemezték 8 markert felhasználva (MFW4, MFW7, MFW9, MFW13, MFW17, MFW20, MFW26, MFW31). Megállapították, hogy a mikroszatellit DNS markerek, a RAPD markerekkel szemben, részletesebb információt nyújtanak. Eredményeik azt mutatták, hogy a két tájfajta genetikai háttere nagyon hasonló. Lehoczky és mtsai (2010) kísérletsorozatukban 6 mikroszatellit DNS markert (MFW1, MFW4, MFW6, MFW7, MFW16, MFW28) alkalmaztak a Magyarországról származó dunai és tiszai vadpontyok vizsgálatához. A NAIK-HAKI génbankjában fenntartott egyedekből illetve természetes populációkból gyűjtöttek tájfajtákat Lehoczky és mtsai (2007), majd 8 mikroszatellit DNS marker segítségével értékelték a hazai ponty tájfajták fajspecifikus variációját, filogenetikai történetét és populációgenetikáját. A magyar, elsősorban dunántúli, ponty tájfajtákról átfogó képet adtak Lehoczky és mtsai (2005). Vizsgálatukban 12 mikroszatellit DNS markert (Cca21, MFW3, MFW6, MFW7, MFW9, MFW10, MFW12, MFW13, MFW14, MFW16, MFW23, MFW29) használtak a magyar ponty tájfajták (három domesztikált tájfajta: biharugrai, szarvasi, tatai és három vadponty: dunai, kis-balatoni, tiszai) genetikai jellemzésére. A ponty mikroszatellit markerekkel történő vizsgálatokat nagyban elősegíti a Xu és mtsai (2014) által leírt *Cyprinus carpio* songpu törzs genomtervezete, valamint az a ponty genetikai kapcsolódási térképéről szóló tanulmány, amelyben a 272 felhasznált marker közül 110 mikroszatellit marker volt (Sun és Liang, 2004).

A tiszántúli ponty tájfajtákról átfogó molekuláris genetikai vizsgálat ugyanakkor eddig még nem készült. A halgazdaságok és szakemberek által elkülönített több tájfajta kapcsán a fenotípusos jellemzésekről is csupán egy-egy leírás lelhető fel. A magyar tájfajták genetikai módszerekkel történő elkülönítésének igénye viszont feltétlenül indokoltá teszi a tervezett vizsgálatunkat, hiszen a tájfajtákra jellemző genetikai diverzitás sikeres megőrzése csak úgy lehetséges, ha pontosan ismerjük genetikai hátterüket. Jelen tanulmányunk célja az volt, hogy bemutassuk a kutatásunkba bevont mikroszatellit DNS markerek optimalizálása során kapott eredményeinket, amely első, de egyúttal elengedhetetlen lépése tervezett vizsgálatunknak. Munkánkhoz kapcsolódó jövőbeni kitűzött célunk, hogy felhasználhatóvá tegyünk 22 mikroszatellit markert a magyar ponty tájfajták genetikai jellemzéséhez és genetikai diverzitásának meghatározásához.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavételezés

2017 szeptember-december között 12 domesztikált tájfajtától, amelyből jelenleg 5 tájfajta rendelkezik állami elismeréssel (biharugrai tükrös, hortobágyi nyurga, hortobágyi pikkelyes, hortobágyi tükrös, szegedi tükrös) és 7 olyan tájfajtától, amely fajtaelismeréssel jelenleg még nem rendelkezik (biharugrai pikkelyes, szarvasi 15, szarvasi P3, szegedi pikkelyes, szoboszlói pikkelyes, szoboszlói tükrös, tatai pikkelyes), továbbá amuri vadpontytól, mint a statisztikai értékelésekhez felhasznált külső kontrolltól, gyűjtöttünk szövetmintákat a halak farokúszójából. A mintavételek öt halgazdaságban az őszi lehalászás alkalmával, valamint a NAIK-HAKI (Szarvas) génbankjában fellelhető mintákból történtek (1. ábra).

1. ábra A vizsgálatunkba vont magyar tájfajták, valamint mintavételi helyeik

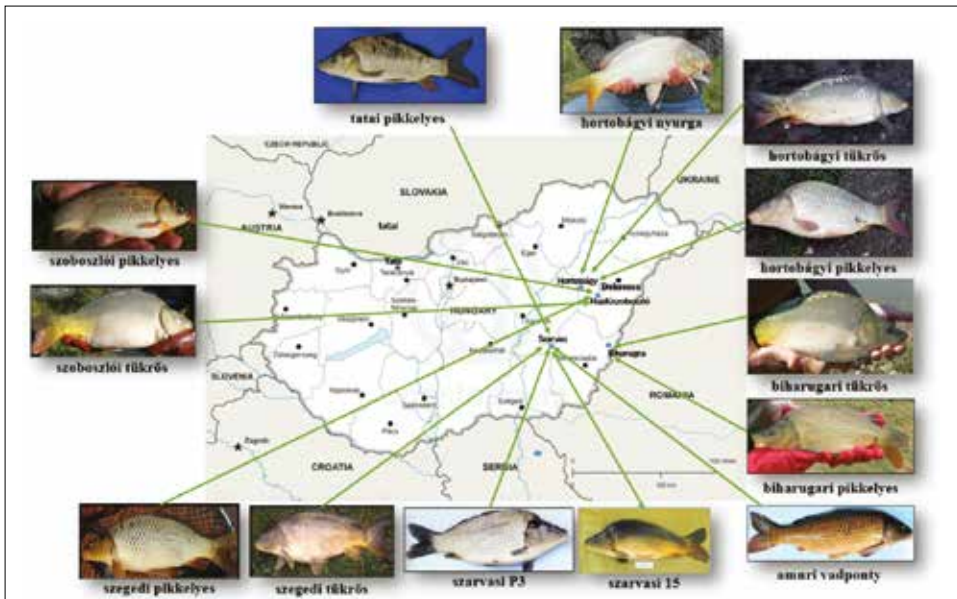


Figure 1. Hungarian strains included in the study and sampling places

Forrás: saját felvétel (biharugrai tükrös és pikkelyes, hortobágyi nyurga, tükrös és pikkelyes, szoboszlói pikkelyes és tükrös, szegedi pikkelyes és tükrös), internetes forrás: amuri vadponty, tatai pikkelyes, szarvasi 15, szarvasi P3, térkép)

Az egyes tájfajták és mintavételi helyeik az alábbiak voltak: amuri vadponty – Szarvas (NAIK-HAKI), biharugrai pikkelyes – Biharugra, biharugrai tükrös – Biharugra, hortobágyi nyurga – Hortobágy, hortobágyi pikkelyes – Hortobágy, hortobágyi tükrös – Hortobágy, szarvasi 15 – Szarvas (NAIK-HAKI), szarvasi P3 – Szarvas (NAIK-HAKI), szegedi pikkelyes – Debreceni Egyetem MÉK Hallabor, szegedi tükrös – Szarvas (NAIK-HAKI), szoboszlói pikkelyes – Debreceni Egyetem MÉK Hallabor, szoboszlói tükrös – Hajdúszoboszló, tatai pikkelyes – Szarvas (NAIK-HAKI)

A halak farokúszójából egyedenként 0,5-3 cm-es darabokat metszettünk le, amelyeket 96%(v/v) etanolban -20 °C-on tároltunk a genomiális DNS kivonásáig. A halak farokúszójából történő mintavételre az egyedek szegfűszeg olajos (1 csepp tömény olaj és 1 liter víz arányban) bódítása után került sor.

Genomiális DNS kivonása

A genomiális DNS izolálása EZNA Tissue DNA kittel (Omega Bio-Tek, Norcross, GA) történt, a gyártó utasításait követve. Az izolált gDNS koncentrációját Nanodrop 1000 (Thermo Fisher Scientific, USA) spektrofotométerrel mértük.

Mikroszatellitek kiválasztása, PCR

Munkánk során a korábbi tanulmányokból törekedtünk összegyűjteni mindazon mikroszatellit markereket, amelyeket leggyakrabban használtak és leginkább polimorfoknak bizonyultak a pontyfajok diverzitásának jellemzése során. Az optimalizáláshoz szükséges volt meghatározni a PCR kondíciókat, valamint az amplifikációhoz szükséges elegy összetevőit. Összesen 22 mikrosatellit markert (Cca24, Cca67, CypG24, MFW1, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW12, MFW13, MFW15, MFW16, MFW17, MFW20, MFW23, MFW26, MFW28, MW29, MFW31) választottunk ki, és kezdtük meg optimalizálásukat (Crooijmans és mtsai, 1997; Mondol és mtsai, 2006; Hulak és mtsai, 2010; Ghelichpour és mtsai, 2013; Tomljanovic és mtsai, 2013) a forward primer fluoreszcens megjelölésével.

A PCR körülmények a következők voltak: 10 µl reakció-térfogatban (dNTP (2mM) /Fementas/, 10x GoTaq Flexi Buffer /Promega/, MgCl₂ (25 mM) /Promega/, reverse és fluoreszcensen jelölt forward primer (100 pmol/µl) /Eurofins Genomics/, GoTaq Flexi DNA Polymerase (5 u/µl) /Promega/, dH₂O, 100 ng/µl izolált gDNS. Az amplifikálás egy kezdeti denaturálási lépéssel indult 4 percre 94 °C-on, majd 35 cikluson keresztül 30 másodpercig denaturálás 94 °C-on, 30 másodpercig primer bekötés X °C-on (1. táblázat), 45 másodpercig elongáció 72 °C-on és a végső lépés 10 percre 72 °C-on történt, hogy biztosítsuk a Taq polimeráz aktivitását. A PCR-t Gradient PCR Biometra Tone (Analytik Jena AG, Germany) és DNA Engine Peltier Thermal Cycler Gradient Cycler (Bio-Rad, USA) készülékekben végeztük. Az általunk vizsgálatba vont 13 tájfajtaból, tájfajtánként 12 egyedből származó mintát használtunk fel az optimalizálás során. A sikeres amplifikálást 2%-os agaróz gélen (100 ml 1xTAE, 5 µl Ethidium bromid) 50 bp létra használatával ellenőriztük UV fény alatt. Az eredmények alapján határoztuk meg, hogy mely mikrosatellit markerek alkalmasak a további felhasználásra. A szakirodalomban közöltek alapján összegyűjtöttük, hogy a kísérletünkbe bevont mikrosatellit markerek, mely fragment tartományon belül várhatók.

EREDMÉNYEK

Összesen 22 mikrosatellit markert teszteltünk, amelyek a szakirodalmi forrásokban leírtak alapján a leggyakrabban használt és igen polimorf markereknek tekintettek. Az általunk vizsgálatba vont 13 tájfajtában, tájfajtánként 12 egyedet vizsgáltunk. A mikrosatellit markerek közül gradiens PCR segítségével hús

(Cca24, Cca67, MFW1, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW12, MFW13, MFW15, MFW16, MFW17, MFW20, MFW26, MFW28, MFW29, MFW31) marker feltapadási hőmérsékletét határoztuk meg (2. ábra).

2. ábra A vizsgálatba vont mikroszatellit DNS markerek optimalizálásának bemutatása a hortobágyi pikkelyes tájfajta egy egyedén



Figure 2. Visualization of the optimization of microsatellite DNA in an individual of the Hortobágyi Scaled strain

Az optimalizálás során 2 (MFW23, CypG24) mikroszatellit marker nem működött.

A működő mikroszatellit markerek közül a szakirodalomban megadott hőmérsékleten 9 marker (MFW1, MFW12, MFW16, MFW17, MFW20, MFW26, MFW28, MFW29, MFW31), a szakirodalomtól eltérő hőmérsékleten 11 marker (Cca24, Cca67, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW13, MFW15) mutatott eredményt (Crooijmans és mtsai, 1997; Yue és mtsai, 2004; Mondol és mtsai, 2006; Thai és mtsai, 2007; Hulak és mtsai, 2010; Ghelichpour és mtsai, 2013; Tomjanovic és mtsai, 2013) (1. táblázat).

1. táblázat

Az optimalizálás során alkalmazott mikroszatellit markerek jellemzői

| Mikroszatellit marker | Forward primer szekvencia (5'-3') | Reverse primer szekvencia (5'-3') | Feltapadási hőmérséklet (°C) optimalizálást követően | Fragment tartományok (bp) irodalmi adatok alapján | Referencia |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|------------------------|
| Cca24 | AAATTTCAAGACTGGGTGGTT | ACAGCAAGATGACAAAATGAGTG | 60 | 229-298 | Yue mtsai, 2004 |
| Cca67 | GTAGCCCAAAAGATGATGCA | TGGTCAAGTTCAGAGGCTGAT | 60 | 229-294 | Yue mtsai, 2004 |
| MFW1 | FTGTCCAGACTGTCAATCAGGAG | GAGGTGTACACTGAGTCAACC | 60 | 219-271 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW2 | CACACCGGCTACTGCAAG | GTGCACTGCAGGCAAGTTGC | 63 | 200-228 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW3 | FGATCAGAAGTACAGAGAAG | CCTTACAGAAAACCTGTTGC | 58 | 144-182 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW4 | FTCCAAGTCAGTTAATCACCG | GGGAAGCGTTGACAAACAAG | 59 | 130-170 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW6 | FACCTGATCAATCCCTGGCTC | TTGGGACTTTTAAATCAAGTTG | 60 | 130-219 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW7 | TACTTTGCTCAGGACCGATGC | ATCACCTGCACATGGCCACTC | 63 | 192-262 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW9 | FGATTTGCAAGGATATCTGTG | ATCTGAACCTGCAAGCTCTC | 59 | 92-144 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW11 | FGCAATTCGCTTGAAGTGTGG | TCGCTGGTTTGAAGTGTGC | 60 | 124-210 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW12 | FTTTATTAGAATAAATTAATGCA | GATAGAAGTCGATGGAAGTCC | 60 | 86-178 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW13 | ATGATGAGAACAATGTTTACAG | TGAGAGAACAATGTTGATGAC | 58 | 188-272 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW15 | FTCTCTGTTTGTGGAAGA | GTTCACAAGGTCATTCCAGC | 59 | 136-264 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW16 | GTCCATTTGTCAAGATAGAG | TCTTCAATTCAGGCTGCAAG | 60 | 127-188 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW17 | CTCAACTACAGAGAATTTTCATC | GAAATGGTATCATGACCTCAAG | 60 | 242-278 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW20 | CAGTGAAGCAGATTACCTTGG | GTGAGCAGCCACATTGAAC | 60 | 122-186 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW26 | CCCTGAGATAGAACCACCTG | CACCATGCTTGGATGCAAAAAG | 60 | 108-172 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW28 | FGATCCCTTTGAAATTTCTCTAG | ACAGTGAAGTCCAGAAGCTG | 60 | 284-304 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW29 | FGTTGACCAAGAAACCAACATGC | GAAGCTTGTCTTAATCCACG | 60 | 147-183 | Crooijmans mtsai, 1997 |
| MFW31 | FCCTTCTCTGGCCATTCTCAC | TACATCGCAGAGAATTCGTAAG | 60 | 282-302 | Crooijmans mtsai, 1997 |

Table 1. Characteristics of microsatellite markers used in PCR analysis

A fragmenthossz tekintetében 14 (Cca24, Cca67, MFW1, MFW2, MFW4, MFW7, MFW9, MFW11, MFW13, MFW17, MFW20, MFW26, MFW29, MFW31) marker az irodalmi adatokkal megegyező fragment tartományon belül, míg 6 az irodalomban megadott fragment tartománytól eltérően alacsonyabb (MFW3, MFW6, MFW12, MFW28), illetve magasabb (MFW15, MFW16) fragmenthossz tartományon is eredményt mutatott.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az optimalizálás során a szakirodalomból választott 22 mikroszatellit markerből 20 marker (Cca24, Cca67, MFW1, MFW2, MFW3, MFW4, MFW6, MFW7, MFW9, MFW11, MFW12, MFW13, MFW15, MFW16, MFW17, MFW20, MFW26, MFW28, MFW29, MFW31) volt sikeresen amplifikálható a vizsgálatunkba vont magyar ponty tájfajtákból származó mintákból.

A továbbiakban a vizsgálatunkba vont összes egyed genotipizálását követően a genetikai diverzitás és struktúra meghatározására alkalmas mutatókat kívánjuk meghatározni a tájfajtákon belül és között különböző értékelő programokkal, szoftverekkel. Hosszútávú célunk, hogy eredményeink közvetlenül segíthessék a magyar tájfajták védelmét, a beltenyésztéses leromlás megakadályozását, valamint közvetett módon segíthessék a haltermelőket a termelésorientált döntések meghozatalában. A tájfajták molekuláris genetikai jellemzése elősegítheti a tájfajtákra jellemző genetikai szerkezet megőrzését. Amennyiben ugyanis pontosabban meghatározzuk az egyes fajták genetikai hátterét, annál jobb lehetőség lesz a beltenyésztettség felmérésére, ezáltal módunk lesz vérfriessítési javaslatokat, illetve keresztezési terveket kidolgozni. A továbbiakban tervezett eredményeinkkel iránymutatással szeretnénk szolgálni az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet számára (OMMI) a halak teljesítmény vizsgálatának módosítására.

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.

Köszönjük a haltenyésztőknek, hogy lehetővé tették számunkra a minták gyűjtését, továbbá köszönettel tartozunk Dr. Kovács Gyulának a NAIK- HAKI génbankjából rendelkezésre bocsájtott mintákért. Köszönjük Dr. Fehér Milánnak és Dr. Bársony Péternek a mintagyűjtés során nyújtott segítségét, illetve a kéziratához nyújtott szakmai tanácsaikat.

IRODALOMJEGYZÉK

- AVISE, J.C. (2000): Phylogeography - The History and Formation of Species. Harvard University Press, Boston. 447.
- Bakos, J. - Gorda, S. - Váradi, L. - Balogh, J. (1997): Tenyésztő szervezetek szerepe a magyar pontyfajták fenntartásában és nemesítésében. XXI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, május 25-26. Összefoglalók. 9-13.
- Bakos, J. - Gorda, S. (1995): Genetic improvement of common carp strains using intraspecific hybridization. Aquaculture, 129. 183-186.
- Bakos, J. (1968): A ponty tenyésztékét meghatározó tulajdonságok és jelentőségük a szelekciós munkában. Halászat, 14. 3. 84-85.
- Bakos, J. (1979): Crossbreeding Hungarian races of common carp to develop more productive hybrids. In: Advances in Aquaculture. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, UK, 6355642.
- Balon, E.K. (1995): Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. Aquaculture, 129. 3-48.
- Balon, E.K. (2004): About the oldest domesticates among fishes. J. Fish Biol., 65. 1-27.

- Bártfai, R. - Egedi, S. - Yue, G.H. - Kovács, B. - Urbányi, B. - Tamás, G. - Horváth, L. - Orbán, L. (2003): Genetic analysis of two common carp broodstocks by RAPD and microsatellite markers. *Aquaculture*, 219. 157-167.
- Chistiakov, D.A. - Voronova, N.V. (2009): Genetic evolution and diversity of common carp *Cyprinus carpio* L. *Cent. Eur. J. Biol.*, 4. 304-312.
- Crooijmans, R.P.M.A. - Bierbooms, V.A.F. - Komen, J. - Van der Poel, J.J. - Groenen, M.A.M. (1997): Microsatellite markers in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Anim. Genet.*, 28. 129-134.
- Csizmadia, Cs. - Jeney, Zs. - Szerencsés, I. - Gorda, S. (1995): Transferrin polymorphism of some races in a live gene bank of common carp. *Aquaculture*, 129. 193-198.
- FAO (2016): The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture organization of the United Nations.
- Fésüs, L. - Komlósi, I. - Varga, L. - Zsolnai, A. (2000): Molekuláris genetikai módszerek alkalmazása az állattenyésztésben. *Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.*
- Froufe, E. - Magyar, I. - Lehoczky, I. - Weiss, S. (2002): mtDNA sequence data supports and Asian ancestry and single introduction of the common carp into the Danube Basin. *J. Fish Biol.*, 61. 301-304.
- Ghelichpour, M. - Shabani, A. - Shabanpour, B. (2013): Microsatellite variations and genetic structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations in Gomishan bay and Gorganroud River (Southeast of the Caspian Sea). *Int. J. Aquatic Biol.*, 1. 22-27.
- Gorda, S. - Borbély, I. (2014): Ponty teljesítményvizsgálat eredménye. 1-27.
- Gorda, S. - Bakos, J. (1995): Tenyészhalak jelölése és nyilvántartása korszerű módszerrel törzskönyvezés és keltetőházi azonosítás céljából. XIX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas. 6. 31-38.
- Gorda, S. (2003): Pontyhibridek és az országos ponty teljesítményvizsgálatok tájfajtáinak valamint rendszerének értékelése. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Állattenyésztési- és Takarmányozástani Tanszék, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola. 137.
- Gorda, S. (2012). Víz genetikai erőforrások – a magyar pontytenyésztési program. NACEE Workshop. 2012. május 4. Sáregres, Réti major.
- Hulak, M. - Kaspar, V. - Kohlmann, K. - Coward, K. - Tešitel, J. - Rodina, M. - Gela, D. - Kocour, M. - Linhart, O. (2010): Microsatellite-based genetic diversity and differentiation of foreign common carp (*Cyprinus carpio*) strains farmed in the Czech Republic. *Aquaculture*, 298. 194-201.
- Kirpichnikov, V.S. (1981): Genetic Bases of Fish Selection. Springer Verlag, Berlin. 410.
- Komen, J. (1990): Clones of common carp, *Cyprinus carpio*. New perspectives in fish research. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen. The Netherlands.
- Kongchum, P. - Palti, Y. - Hallerman, E.M. - Hulata, G. - David, L. (2010): SNP discovery and development of genetic markers for mapping innate immune response genes in common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Shellfish Immun.*, 29. 356-361.
- Lehoczky, I. - Kovács, B. - Kovács, Gy. - Gorda, S. - Péteri, A. - Bakos, J. (2018): A ponty genetikája és erőforrásai. 9-34. In: A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Szerk.: Csorbai B.-Urbányi B. Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő, 9.34
- Lehoczky, I. - Magyar, I. - Hancz, C. - Weiss, S. (2005): Preliminary studies on the genetic variability of six Hungarian common carp strains using microsatellite DNA markers. *Hydrobiologia*, 533. 223-228.
- Lehoczky, I. - Nagy, Z.T. - Bakos, J. - Jeney, Zs. (2010): Jelentősebb hazai vadponty fajtáink genetikai változatosságának fenntartása a HAKI ex situ génbankjának, valamint a faj természetes vizeinkben élő populációinak segítségével. *Halászat*, 103. 104-109.
- Lehoczky, I. - Nagy, Z.T. - Magyar, I. - Hancz, C. - Bakos, J. - Jeney, Z. (2007): Genetic characterisation of cultured and natural-water populations of common carp (*Cyprinus carpio*) in Hungary. *Aquaculture*, 272. 238-321.

- Lehoczky, I. (2006): A HAKI ponty élő génbankjának populációgenetikai vizsgálata mikroszatellit DNS markerekkel és PCR-RFLP módszerrel. Doktori (PhD) értekezés. Kaposvári Egyetem. Állattudományi Kar. 108.
- Lengyel, P. - Udvari, Zs. (2017): A haltenyésztés hatósági feladatainak átszervezése. Földművelésügyi Minisztérium, Horgászati és Halgazdálkodási Főosztály. Halászat, 110. 12-16.
- Mabuchi, K. - Miya, M. - Senou, H. - Suzuki, T. - Nishida, M. (2006): Complete mitochondrial DNA sequence of the Lake Biwa wild strain of common carp (*Cyprinus carpio* L.) further evidence for an ancient origin. *Aquaculture*, 257. 68-77.
- Magyar Halgazdaság és Technológiai Fejlesztési Platform (2010): Stratégiai kutatási terv. Gödöllő. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ed=2ahUKEwjysfp2-PgAhXI_CoKHxvYBkQQFjAMegQICAC&url=https%3A%2F%2Fmfkfh.gov.hu%2Finnovacio%2Fstrategiai-kutatasi%2Fmagyar-halgazdalkodasi&usq=AOvVaw1jLTCgdBIY4KQaJNBnbBQW
- Magyar haltermelők és halászati vízterület-hasznosítók szövetsége (MAHAL) (2016): Jelentés a szövetség működésének 2015. évi eredményeiről. A kiadvány a Földművelésügyi Minisztérium támogatásával készült. PTKF/785/2/2016.
- Márián, T. - Krasznai, Z. - Bakos, J. (1984): Transzferrin polimorfizmus vizsgálat eredménye magyarországi ponty populációkban. *Halászat*, 30. 112-113.
- Mondol, R.K. - Islam, S. - Alam, S. (2006): Characterization of different strains of common carp (*Cyprinus carpio* L.) (*Cyprinidae*, *Cypriniformes*) in Bangladesh using microsatellite DNA markers. *Genet. Mol. Biol.*, 29. 626-633.
- Pintér, K. (1979): A ponty I-II. *Halászat Melléklet*, 25. 3.
- Sun, X. - Liang, L. (2004): A genetic linkage map of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and mapping of a locus associated with cold tolerance. *Aquaculture*, 238. 165-172.
- Szerencsés, I. - Bakos, J. - Jeney, Zs. (1990): Transzferrin (Tf) polimorfizmus vizsgálat a szarvasi ponty-fajtagyűjteményben. *Halászat*, 36. 2.
- Thai, B. T. - BurrIDGE, C. P. - Austin, C. M. (2007): Genetic diversity of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in Vietnam using four microsatellite loci. *Aquaculture*, 269. 174-186.
- Tomljanovic, T. - Treer, T. - Cubric, V.C. - Safner, T. - Sprem, N. - Piriá, M. - Matulic, D. - Safner, R. - Anicic, I. (2013): Microsatellite-based genetic variability and differentiation of hatchery and feral common carp *Cyprinus Carpio* L. (*Cyprinidae*, *Cyprinidae*) populations in Croatia. *Arch. Biol. Sci.*, 65. 577-584.
- Tóth, B. - Bagí, Z. - Kusza, Sz. (2017): Ponty (*Cyprinus carpio* L.) tájfajták különböző markerekkel végzett genetikai vizsgálatai a Világban és Magyarországon – összefoglaló tanulmány. *Acta Agronomica Óváriensis*, 58. 16-35.
- Vandeputte, M. (2003): Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): A review. *Aquat. Living Resour.*, 16. 399-407.
- Váradí, L. - Szilágyi, G. - Horváth, L. (1993): Egy nyaras pontyállomány genetikai és morfológiai elemzése a Dinnyési Ivadéknivelő Gazdaságban. *Halászat*, 86. 46-48.
- Wang, Ch. - Li, S. - Nagy, Z.T. - Lehoczky, I. - Huang, L. - Zhao, Y. - Song, X. - Jeney, Z. (2010): Molecular genetic structure and relationship of Chinese and Hungarian common carp (*Cyprinus carpio* L.) strains based on mitochondrial sequence. *Aquac. Res.*, 41. 1339-1347.
- Xu, P. - Zhang, X. - Wang, X. - Li, J. - Liu, G. - Kuang, Y. - Xu, J. - Zheng, X. - Ren, L. - Wang, G. - Zhang, Y. - Huo, L. - Zhao, Z. - Cao, D. - Lu, C. - Li, Ch. - Zhou, Y. - Liu, Z. - Fan, Z. - Shan, G. - Li, X. - Wu, S. - Song, L. - Hou, G. - Jiang, Y. - Jeney, Zs. - Yue, D. - Wang, L. - Shao, Ch. - Song, L. - Sun, J. - Ji, P. - Wang, J. - Li, Q. - Xu, L. - Sun, F. - Feng, J. - Wang, Ch. - Wang, S. - Wang, B. - Li, Y. - Zhu, Y. - Xue, W. - Zhao, L. - Wang, J. - Gu, Y. - Lv, W. - Wu, K. - Xiao, J. - Wu, J. - Zhang, Z. - Yu, J. - Sun, X. (2014): Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nat. Genet.*, 46. 1212-1219.
- Yue, G.H. - Ho, M.Y. - Orban, L. - Komen, J. (2004): Microsatellites within genes and ESTs of common carp and their applicability in silver crucian carp. *Aquaculture*, 234. 85-98.

Zhang, Y. - Liang, L. - Jiang, P. - Li, D. - Lu, C. - Sun, X. (2008): Genome evolution trend of common carp (*Cyprinus carpio* L.) as revealed by the analysis of microsatellite loci in a gynogentic family. *J. Genet. Genomics*, 35, 97-103.

Zhou, J. - Wu, Q. - Wang, Z. - Ye, Y. (2004): Genetic variation analysis within and among six varieties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in China using microsatellite markers. *Genomics*, 40, 1389-1393.

http_1: Vadponty. Kislexikon.

<http://www.kislexikon.hu/vadponty.html> (Letöltve: 2019.05.27.)

http_2: Regionális állatföldrajz: Területegységek. 30.

http://ttk.nyme.hu/blgi/gyozsi/Documents/Tananyagok/Biogeogr%C3%A1fia/regionalis_%C3%A1llatf%C3%B6ldrajz.pdf (Letöltve: 2019.05.27.)

Érkezett: 2019. május

Szerzők címe: Tóth B. - Bagi Z.

Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság

Authors' address: University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm

H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Kézi T. - Kusza Sz.

Debreceni Egyetem MÉK Állatgenetikai laboratórium

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Animal Genetics Laboratory

H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

toth.bianka@agr.unideb.hu

GRATULÁLUNK

A Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Tanévnyitó Ünnepi Kari Tanácsülésén, 2019. szeptember 6-án **Kovácsné Dr. Gaál Katalin** professzor emerita asszonyt, az Állattudományi Tanszék munkatársát, kimagasló szakmai és oktatási tevékenységéért Wittmann Antal-díjjal tüntették ki.

A Magyar Tudomány Ünnepe 2019 pécsi ünnepi nyitó rendezvényén (2019. november 5.) **Prof. Dr. Kovács Melinda** a Kaposvári Egyetem rektora kiemelkedő tudományi tevékenységének elismeréséül ezüst plakettet vehetett át. **Dr. Halas Veronika** az Agrár- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Intézeti Tanszék egyetemi docense pedig kiemelkedő tudományos tevékenysége elismeréséül tudományszervezési díjat érdemelt ki.

A kitüntetetteknek szívből gratulálunk és munkájukhoz további sok sikert kívánunk.

MOLEKULÁRIS GENETIKAI LEHETŐSÉGEK AZ OPTIMÁLIS VERSENYTÁV ÉS TRÉNINGMÓDSZER MEGVÁLASZTÁSÁHOZ ANGOL TELIVÉREKNÉL

KIS JUDIT - BODÓ SZILÁRD - RÓZSA LÁSZLÓ - ZSOLNAI ATTILA - ANTON ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A ló (*Equus caballus*) domesztikációja óta a fizikai erő, az aerob/anaerob kapacitás növelése, illetve a gyorsaság volt a szelekciós fókuszpontban. Kiváltképp igaz ez az angol telivérre: 300 éves tenyésztési történelme során a gyorsaság és kitartás volt szinte a kizárólagos szelekciós szempont, ezért alakult ki az atletikus fenotípus. Az elmúlt tíz év kutatásai, az új generációs szekvenálással végzett kísérletek igyekeztek felderíteni azon specifikus lókuszokat a lovak genomjában, amelyek összefüggésbe hozhatók a fajta szempontjából értékes tulajdonságokkal (pl. sebesség, állóképesség, acélosság). Néhány ezzel kapcsolatos kutatást és azok eredményeit kívánják a szerzők ismertetni ebben a tanulmányban.

SUMMARY

Kis, J. - Bodó, Sz. - Rózsa, L. - Zsolnai, A. - Anton, I.: MOLECULAR GENETIC APPROACH AS A PREDICTOR OF OPTIMUM RACE DISTANCE AND APPROPRIATE TRAINING METHOD OF THOROUGHBRED HORSES

Following domestication of horses (*Equus caballus*) physical strength, aerobic/anaerobic capacity and speed have represented the main target of selection. In case of Thoroughbreds, during their 300 year-long breeding history, speed and endurance were almost the only selection criteria, which led to the development of an athletic phenotype. In the past ten years Next-Generation Sequencing (NGS) enabled identification of specific loci associated with valuable traits (e.g., speed, stamina, steeliness). The aim of this study is to provide an overview of the genetic research related to Thoroughbred horses.

BEVEZETÉS

Néhány emlős faj aerob és anaerob kapacitásának köszönhetően kiemelkedik. Ezek között előkelő helyet foglalnak el a lovak. Vázizomzatuknak magas mitokondriális térfogata van, ami növeli az aerob kapacitást, tehát a VO_2 max érték (oxigénfelvevő képesség) kiugró (Jones és mtsai, 1989; Lovel és Rose, 1993; Potard és mtsai, 1998), valamint lehetővé teszi az energiaszubsztrátok (különösen a glikogén) jelentős mennyiségű intramuszkuláris tárolását. A magas puffer- és laktát-szállítási kapacitás megvédi az izmokat a gyors kifáradástól az anaerob edzés közben (Bryan és mtsai, 2017). A modern fajták (pl.: hannoveri, holland sportló, magyar sportló) fontos fenotípusos jellemzője emellett a megnövekedett mitokondriális biogenezis (Adhietty és mtsai, 2003), a speciális, jól izmolt testfelépítés és az igen hatékony mozgás (Harrison és mtsai, 2010). A genomszekvenálás lehetőséget nyújt a teljes genom- és transzkriptom analízisre. E technológiák segítségével megérthetjük a fenotípus és genotípus közötti kölcsönhatásokat, illetve képesek leszünk elemezni a genetikailag kiemelkedő fenotípus-variációkat (Stefaniuk és Ropka-Molik, 2016). A történelem során azon emberi fenotípusokat melyekhez kiemelkedő fizikai teljesítmény kapcsolódott nem tudták kizárólag környezeti tényezőkkel igazolni, így az atletikusság genetikai meghatározottságát molekuláris genetikai módszerekkel kezdték vizsgálni (Santos és mtsai, 2016). Egy pontos nukleotid polimorfizmusokat (Single nucleotide polymorphism – SNP) vizsgáltak humán atlétákban (Sarzynski és mtsai, 2016) és a közelmúltban kiemelkedő versenyképességű versenylovakban is (Hill és mtsai, 2010c). Egy nemrég azonosított genomi régió, az ECA18 magába foglalja a miosztatin (MSTN) gént is, amely jelentősen befolyásolja az angol telivérek versenykarrierét. A teljesítménnyel összefüggő MSTN vizsgálatával elkülöníthetők egymástól a genotípusok, melyek a vázizomzat fejlődésén keresztül meghatározzák az optimális versenytávra való alkalmasságot (Farries és mtsai, 2018; Hill és mtsai, 2019). Ez a gén növekedési és differenciálódási faktor 8 néven is ismert (growth differentiation factor 8 – GDF8), a transzformáló növekedési faktor-béta szupercsalád tagja, mely negatív regulátora a miogenezisnek a mioblasztok proliferációján és a differenciálódás csökkentésén keresztül (McPherron és mtsai, 1997; Sharma és mtsai, 2015; Aiello és mtsai, 2018). A versenylovak sikeressége multifaktoriális, poligénes meghatározottságú. Ilyen kandidáns (jelölt) génekről több tanulmány is beszámolt, ide tartozik például a COX4I2, PDK4, DMRT3, CKM, ACSS1, ACN9, ACTN2, ACTN3, IGF1, HIF és PPAR (Gu és mtsai, 2010; Tozaki és mtsai, 2011; Negro Rama és mtsai, 2016; Wilkin és mtsai, 2017). Ezek jól mutatják, hogy vannak olyan lókuszek, melyek érintettek az oxidatív foszforilációban (Gu és mtsai, 2010; Hill és mtsai, 2010a; Wilkin és mtsai, 2017) a végtagmozgásban (Andersson és mtsai, 2012), a foszfokreatin és monoszacharid anyagcsere folyamatokban (Gu és mtsai, 2010), a glikolízisben, az izomrostok kontraktilis működésében (Hill és mtsai, 2010b), a proteinszintézisben, illetve proliferációban és a sejtanyagcserében (Wilkin és mtsai, 2017). Újabb kutatások szerint a MSTN mellett a PDK4_38973231 SNP (a lókuszt érintett a piruvát-dehidrogenáz komplex aktivitásában) erős befolyással van az 'elit' versenylovak teljesítményére, de további kisebb hatású gének szerepe is jól kimutatható (Hill és mtsai, 2010c). Tanulmányunkban átfogó képet adunk az MSTN gén szerepéről és azon további kandidáns génekről, melyek hatással vannak a versenyteljesítményre és az egyed sikerességére.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS SZÁRMAZÁS ÉS FEJLŐDÉSTÖRTÉNET

A ló (*Equus caballus*) a páratlanujjú patások (*Perissodactyla*) rendjébe, a lófélék (*Equidae*) családjába, ezen belül a lovak (*Equus*) nemzetségébe tartozó faj. Ennek a nemzetségnek a paleontológiai származtatása jól dokumentált. Bár a fosszilis minták a lovak nagy diverzitását mutatták a miocénben (*Macfadden, 2005*) a ma élő fajokról ismert, hogy a pliocén korszakban, 2-4 millió évvel ezelőtt különváltak egymástól Észak-Amerika területén (*Everett és mtsai, 1980*). A legrégebbi leletek is innen származnak, az itt talált, testfelépítését tekintve primitív *Equus simplicidens* feltehetően az összes háziasított lófajta őse. A ma ismert lóhoz a véletlenszerű genetikai variációk, a természetes kiválasztódás és a folytonos fenotípusos változások vezettek (*Bowling és Ruvinsky, 2000*). Az idők során formálódott, fontos képesség a hosszú ideig (23 óra) történő állás, ami a fosszilis minták vizsgálatai alapján a középső miocénben (18–12 millió évvel ezelőtt) alakult ki (*Hermanson és Macfadden, 1996*).

DOMESZTIKÁCIÓ ÉS ELTERJEDÉS

Az Észak-Amerikából származó pleisztocén lófajok (beleértve az *Equus ferust* is) a Bering-földhídon keresztül érkeztek Eurázsia területére és terjedtek el világszerte (*Warmuth és mtsai, 2012*). A mai Ukrajna és Északnyugat-Kazahsztán sztyeppéiről, i.e. négyezres évekből származnak a legkorábbi domesztikációra vonatkozó bizonyítékok (*Hermanson és Macfadden, 1996*). A lovak és emberek közötti kapcsolat több ezer évre nyúlik vissza, s ez idő alatt a mindennapokban betöltött szerepük igencsak átalakult. Míg a háziasítást követő első időkben főként a kommunikációs, teherhordó és hadászati célú használatra helyezték a hangsúlyt, addig a közelmúltban a sport, illetve a rekreációs alkalmazás került előtérbe (*Thiruvenkadan és mtsai, 2009; Outram és mtsai, 2009*). Az első bizonyíték ezen állatok tudatos kiválasztására – legyen az sport vagy munka célú – i. e. 3500-2800-ból származik. A tenyésztési, kiválasztási szempontok viszont már i. e. 400 körül is igen hasonlóak voltak a maiakhoz (*Amschler, 1935; Outram és mtsai, 2009*). Annak ellenére, hogy a tudatos tenyésztés és az egyértelmű szelekciós célok igen régóta tisztázottak, a lovakkal kapcsolatos genetikai kutatások nem kerültek fókuszba a háziállat állomány tej- és húshozam növelésére irányuló kutatásaival szemben (*Amschler, 1935*).

A versenylovak kiváló példaként szolgálnak arra, hogy bizonyos fajták kialakulásánál a szelekció viszonylag hosszabb időt ölelt fel. Történelmi szempontból az egyed egyéni pályafutása, így a tenyészértéke is sokszor pontatlan indexelési módszeren alapult, melyet a kollektív tenyésztői felfogás relatív és éppen divatos irányzatai befolyásoltak. A versenyfajták tenyésztésének az alapja az az intuitív elképzelés volt, hogy egy ló adott távot viszonylag rövid időn belül képes teljesíteni, és ezen képessége részben genetikai tényezőknek köszönhető. Ennek az elképzelésnek a megbízhatóságát később alátámasztotta a specializált versenyfajták kialakulása (*Hintz, 1980*).

AZ ANGOL TELIVÉR TÉRHÓDÍTÁSA

Az évszázadok óta galopplóként használt angol telivért a világ legértékesebb fajtájaként tartják számon. Az angol telivér – és ezen keresztül a ma ismert legtöbb modern lófajta kialakulásához a brit arisztokrácia lóverseny iránti szenvedélye vezetett egészen a XVII. századtól. A telivérfuttatás mára a legelterjedtebb lóversenyzési forma lett (Észak-Amerikában a Quarter Horse-ok futtatása is népszerű) világszerte (Cassidy, 2002). A fajta összes ma élő egyede három alapítóménre (Darley Arabian, Godolphin Arabian, Byerly Turk), valamint 74 őshonos (brit) és import kancára vezethető vissza, melyeket királyi kancáknak (royal mares) is hívtak. A török, berber és arab származású törzsméneket és a törzskancákat a General Stud Bookban rögzítették 1791-ben (Vamplew és Kay, 2005; Bower és mtsai, 2012). A XVIII. század óta beltenyésztés folyik a zárt törzskönyv miatt. Az alapító 74 kanca közül csupán 50-nek a családja maradt fent és a ma élő összes ló pedigréje három nagy hatású pátriárkára mutat: Godolphin Barb unokájára Matchemre (ell.:1748), Byerly Turk ükunokájára Herodra (ell.:1758) és Darley Arabian ükunokájára Eclipse-re (ell.:1764).

Napjainkban az angol telivérek 95%-a Darley Arabian ménvonalának leszármazottja (Cunningham és mtsai, 2001). A fajta tenyésztések 300 éve alatt az intenzív szelekció olyan atletikus fenotípus kialakulását eredményezte, amely kiválóan alkalmazkodik a nagy terheléshez és képes kiemelkedő teljesítményre a versenypályán (Vamplew és Kay, 2005).

A LÓSPORT KIALAKULÁSA

Kezdetben még csak úgynevezett match-eket rendeztek, melyek két ló részvételével zajlottak igen hosszú, 4-6 mérföldes (6,5 – 9,5 km) távokon. Ha nem volt egyértelmű a győztes, a futamokat vagy heateket többször is megismételték. A mai angol klasszikus versenyeket, mint pl. St. Leger, Derby és Oaks ennél jóval rövidebb, másfél mérföld körüli (~2400 m) távokra futják. A világ több pontján a fent említett versenytávok egyre rövidülnek, az egyik legjelentősebb amerikai klasszikust, a Kentucky Derbyt már csak $1^{1/4}$ mérföldön (~2000 m) rendezik (Binns és mtsai, 2010). A kezdetekben a lovak nem versenyeztek 5 vagy 6 éves koruk előtt, majd ez a tendencia átalakult. Míg 1802-ben kevesebb, mint 6% volt a kétévesen elsőként kipróbált lovak aránya, addig 1870-re ez 31%-ra emelkedett (Bower és mtsai, 2012). A történelem során a legjobb versenytáv és a tenyészanyag megválasztásához is elsősorban a fizikai jellemzőket és a származást vették alapul (Hill és mtsai, 2012). Általánosságban elmondható, hogy a versenylovakat három kategóriába osztják:

- rövidtávúak, vagyis 'sprinterek/flyerek'
- középtávúak, azaz 'milerek'
- és hosszútávúak, tehát 'stayerek'.

Hagyományosan az egyed számára optimális versenytávot a rendelkezésre álló pedigré adatokból jósolják meg a felmenők eredményei alapján (Hill és mtsai, 2019). A kort és évjáratot nem a tényleges születési dátum határozza meg. Az északi féltekén egy egyed technikailag január elsejétől számít egy évvel idősebbnek, míg a déli féltekén július vagy augusztus elseje az évváltás időpontja

(*Thirukenkadan és mtsai, 2009*). Az IFHA (International Federation of Horseracing Authorities – Nemzetközi Lóversenyzési Hatóság) öt versenytávot ismer el (<http://www.horseracingintfed.com>):

1. táblázat

Nemzetközileg elfogadott versenytávok

| | | |
|-----------------------|--------------------|-------------|
| Rövidtávú (1) | 5-6,5 furlong | ≤1300 m |
| Mérföldes (2) | 6,51-9,49 furlong | 1301–1900 m |
| Közép-hosszútávú (3) | 9,5–10,5 furlong | 1901–2112 m |
| Hosszútávú (4) | 10,51–13,5 furlong | 2114–2716 m |
| Extra hosszú távú (5) | >13,51 furlong | >2717 m |

Table 1. Internationally accepted race distances

sprint (1); mile (2); intermediate (3); long (4); extended (5); (1 furlong=200 m)

Versenytípusokat tekintve két fő kategóriát különböztetünk meg a galoppsportban: síkversenyek és akadály- vagy gátversenyek. A síkversenyek, amelyeket általában 900-2500 m közötti távon rendeznek, a sebességet és állóképességet hivatottak tesztelni és további alkategóriákra oszthatók, élükön a legrangosabbnak számító tenyészversenyekkel. Ezek a black type futamok, amelyekbe növekvő sorrendben meghatározott Listed, Group3, Group2 és Group1 versenyek (bizonyos régiókban, pl. Amerikában a Group helyett a Graded megnevezést használják) tartoznak. Ezen versenyek díjazása és presztízse a legmagasabb. Gyakori, hogy azonos korú, ivarú és/vagy képességű lovak versenyeznek egymással, és sokszor csak az életkor szerint határozzák meg a vitt terhet (kortehér verseny), bár hozzá kell tenni, hogy a nemek esélyegyenlősége miatt a kancák számára engedményt szoktak adni. Ezzel szemben a hendikep versenyek során a jobb képességű lovak – korábbi teljesítményük függvényében – nagyobb súlyt visznek, míg a szerényebb képességű társaik kevesebbet, így az esélyek itt kiegyenlítődnek (*Thirukenkadan és mtsai, 2009*).

SIKERESSÉG, PREDIKCIÓ, ÖRÖKÖLHETŐSÉG

Egy angol telivér sikerességét a genetikai tényezők mellett a tréning, a takarmányozás és egyéb környezeti feltételek is befolyásolják (*Wilkin és mtsai, 2017*). A markerekre alapozott prediktív tesztek teljesítménye függ az adott tulajdonság h^2 értékétől (örökölhetőség), a kívánt fenotípus mennyiségétől a vizsgált csoporton belül és az algoritmusok megbízhatóságától is. Az egyed teljesítményének becslésére több fenotípusos mérőszámot alkalmaznak. Ezek közé tartozik a legjobb versenytáv (*Hill és mtsai, 2019*), a verseny lefutási ideje, a legjobb versenyidő, a helyezések, a nyerések, az életnyeremény, az éves nyeremény, az egy futásra jutó nyeremény és a hendikep szám. Korábbi tanulmányok a verseny lefutási idejét és az életnyereményt közepes örökölhetőségűnek találták (*Thirukenkadan és mtsai, 2009*), míg az állóképesség, sebesség, hendikepszám, legjobb versenytáv ($h^2=0,4-0,5$) jól örökölhetőnek bizonyult (*Tozaki és mtsai, 2010*). A nagy sűrűségű

SNP chipek elterjedésével lehetőség nyílt genom alapú szelekciós programok létrehozására, melyeket már sikeresen alkalmaznak más háziállat-populációk esetében (Hill és mtsai, 2019). A lovaknál a nagy generációs időintervallum és az unipara jelleg limitáló tényezőnek számít a genetikai előrehaladás szempontjából, azonban előny, hogy mindkét ivarnál jól megfigyelhető és rövid időn belül megismételhető a versenyek során nyújtott teljesítmény. Ezek a tényezők és a versenyteljesítmény szempontjából jelentős, jól örökölhető tulajdonságok lehetőséget adnak arra, hogy a teljesítményalapú kiválasztással gyorsabb genetikai előrehaladást legyünk képesek elérni (Thiruvankadan és mtsai, 2009).

A sikeresség szempontjából szintén nélkülözhetetlen tényező az aerob kapacitás maximuma, mely tréningben álló angol telivéreknél elérheti a 200 ml/kg/perc értéket (Tozaki és mtsai, 2011). A belső kapacitás mellett, az aerob metabolizmus és az energia-anyagcsere a tréningben nem részesülő lovak esetében az edzéshez való fizikai alkalmazkodást befolyásolja több genetikai tényezővel összhangban (Bouchard, 2012). A tréninghez való aerob alkalmazkodás örökölhetősége ($h^2=0,43$) jónak tekinthető, (Troxell és mtsai, 2003).

A MIOSZTATIN (MSTN) GÉN

A telivérek testtömeghez viszonyított izomtömeg-aránya kiemelkedő (55%) más állatfajokhoz, állatfajtákhoz képest (30-40%, pl.: modern sportló fajták, az agarak kivételével a kutyafajták) (Gunn, 1987; Kearns és mtsai, 2002). A közelmúltban végzett tanulmányok számos olyan izomerővel kapcsolatos gén (pl.: *CDKN1A*, *MYOD1*, *ACVR1B*) vizsgálatát javasolták, amelyek befolyásolják mind az állatok izomzatát, mind a versenypályán való sikerességüket (Gu és mtsai, 2009; Hill és mtsai, 2010a). Hill és mtsai (2010c) azonosítottak elsőként egy ló *MSTN* génhez köthető genetikai variánst, amely kapcsolatba hozható az optimális versenytávval (Aiello és mtsai, 2018). A *MSTN* a transzformáló növekedési faktor β család tagja, amely a vázizomban expresszálódik és negatív szabályozója az izomtömegnek (Hill és mtsai, 2010c). Kulcsfontosságú szerepet játszik mind az ellés előtti, mind az ellés utáni életben, az állat teljes izomtömegének kialakításánál meghatározó szerepet játszik. A gén erősen konzerválódott az emlős fajokban, három exont és két intront tartalmaz. A *MSTN* gén exonjai egy 375-aminosav hosszúságú fehérje kódolására szolgálnak, mely egy jelentős poszttranszlációs változáson esik keresztül, hogy biológiailag aktívvá váljon (Wolfman és mtsai, 2003). A *MSTN* ellés előtt befolyásolja az izom prekursor proliferációt, illetve a mioblaszt proliferációt és differenciálódást (Aiello és mtsai, 2018). Számos természetes mutációt azonosítottak a szarvasmarhákban (Grobet és mtsai 1997; Kambadur és mtsai, 1997; McPherron és Lee 1997; Hanset és Michaux 1985; Marchitelli és mtsai, 2003), juhokban (Clon és mtsai, 2006), egerekben (McPherron és Lee 1997) és a közelmúltban emberekben is (Schuelke és mtsai, 2004), ezek kettős izmos (ún. duplaizmolt) fenotípust eredményeznek (Hill és mtsai, 2010c). Úgy tűnik, hogy az *MSTN* (korábban GDF-8) expressziója lokalizált az egér embrióiban a myotomrekeszben (10,5 nappal a coitus után), és valószínűleg folyamatosan kifejeződik a felnőtt egyedek számos vázizmában. A miosztatín biológiai funkcióját egerben írták le először a vadon élő állatok és a mutáns típusok összehasonlításának segítségével. A *MSTN* génkiütött (knockout) egerek funkcionális bizonyítékot szol-

gáltattak arra vonatkozóan, hogy a fehérje a vázizomtömeg negatív szabályozója. A homozigóta mutáns állatok körülbelül 30%-kal nagyobbak voltak és 86%-kal több volt az izomsejtek száma, mint a heterozigóta és vad típusú alomtársaiknál (Varga és mtsai, 2003).

Hosoyama és mtsai (2002) izoláltak és szekvenáltak *MSTN* cDNS-t angol telivérből, a 18. kromoszóma feltérképezésekor. A lovak *MSTN* mutációit azonosították, melyek mind az izomrostok arányát, mind a versenyteljesítményt befolyásoló különböző fenotípusokkal társultak. A legfontosabb azonosított SNP g.66493737 C>T volt, az *MSTN* gén első intronjában, ez döntő mértékben járul hozzá a lovak legjobb versenytávjának kialakításához ($p = 4,85 \times 10^{-8}$). Ezen SNP alapján a C/C genotípussal rendelkező lovak sprinterek (~1000-1400 m) lesznek. Jellemző ezen egyedekre a nagy végsebesség, nagyobb izomtömeg és koraérés. Kétévesen sikeresebbek a C/T és T/T genotípusú társaiknál. A C/T genotípusú lovak, azaz a milerek középtávon voltak a legeredményesebbek (~1400-2000 m), míg a T/T genotípussal rendelkezők – azaz az őstípusú lovak – nagy állóképességűek, hosszútávúak (>2000 m) voltak (Tozaki és mtsai, 2010, Hill és mtsai, 2010c). Azoknál a lovaknál, amelyek előnyben részesítik a kivételes sebességet igénylő rövid távú (7 furlong / ~1400 m alatti) futamokat, a C allél kétszer olyan gyakori, mint azoknál a lovaknál, amelyek hosszabb távokon (8 furlong / ~1600 m felett) nyújtanak optimális teljesítményt, mivel nagyobb állóképességet igényelnek (Hill és mtsai, 2010c). A gén polimorfizmusa szoros korrelációt mutatott továbbá a sebesség-indexekkel is (Hill és mtsai, 2012). Az angol telivéreknél az az *MSTN* polimorfizmus mellett fontos egy nem kódoló elem megjelenése a promoter régióban (227 bp SINE régió – Short Interspersed Nuclear Element, szétszórtan ismétlődő elemek). A vizsgált telivéreknél teljes összhangot figyeltek meg az SNP genotípusok és a SINE inszerció előfordulása között. Részletes génexpressziós vizsgálatokkal sikerült igazolni, hogy a „sebesség gén” hatásáért a SINE-régió felelős (Rooney és mtsai, 2018). A felfedezést későbbi vizsgálatok is alátámasztották, többek között egy digitális génexpressziós (DGE) technológiát alkalmazó egész transzkriptomra kiterjedt vizsgálat során, ahol tíz hónapos edzés után azonosították a legnagyobb változást az *MSTN* transzkriptjeiben. Hetvennégy annotált transzkriptumot differenciáltan expresszáltak a tréning előtt és után, és az 58 gén közül, amelyek csökkent expresszióval rendelkeztek, a *MSTN* mRNS transzkriptumok voltak a legjelentősebbek (-4,2-szeres, $p = 0,0043$) (Hill és mtsai, 2010c). A gén működését és expresszállódását izombiopsziás vizsgálatokkal is megfigyelték. A gluteus medius izomból vett mintákból RNS izolálás után qPCR segítségével megállapították, hogy a C/C genotípusnál a tréningbe kerülést megelőzően szignifikánsan magasabb a *MSTN* mRNS szint, mint a C/T vagy T/T csoportba sorolt állatoknál (McGivney és mtsai, 2012), tehát a C/C genotípus nagyobb arányú, 2B típusú izomrostokat és kisebb arányú 1. típusú izomrostokat eredményez az angol telivéreknél (sprinter típus) (Petersen és mtsai, 2014).

Más fajoknál a diszfunkcionális *MSTN* fehérje következtében fellépő izomhipertrófia „dózisfüggő” módon nyilvánul meg: nullmutációra – heterozigóta egerek esetében – az izomtömeg közepes lesz a homozigótákhoz képest (Negro Rama és mtsai, 2016). Az *MSTN* dózisfüggő hatását támasztja alá egy whippeteken végzett vizsgálat is, amelyben azok a kutyák, amelyek homozigóták voltak egy 2 bázispár hosszúságú nonsense delécióra, extrém hipermuszkularitást mutáltak

és nem versenyeztek, szemben a heterozigóták kiváló versenyképességével (*Mosher és mtsai, 2007*).

Ezek a kutatások azt mutatják, hogy a gén különböző funkciókkal rendelkezhet a fejlődés különböző szakaszaiban, illetve azt, hogy működése jóval bonyolultabb annál, hogy csupán az izomfejlődés negatív regulátora legyen (*McGivney és mtsai, 2012*).

A *MSTN* GÉN POLIMORFIZMUSÁNAK LŐTENYÉSZTÉSI TÖRTÉNETE, ELTERJEDÉSE

Az angol telivérekben a T-allél az ősi „vad típusú” variáns, míg a C-allél a közelmúltban jelent meg, és a XX. században terjedt el széles körben. Ennek oka az lehetett, hogy a kezdetben extra hosszú távú „match”-ek egyre rövidebb versenyekké váltak, így az agár típusú testalkat mellett megjelentek a tömör, nagy izomtságot mutató, rövidebb testű lovak is. A SINE-inszerció a C-allélt tartalmazó genetikai háttérre vezethető vissza. A *MSTN*

SNP C-allél és a SINE inszerció gyakorisága mérsékelt vagy magas a telivérben, és a korábban közzétett adatok szerint a földrajzi régiótól függően különböző mértékű a populációkban. Az SNP-t számos telivértől eltérő lófajtánál is megfigyelték, ezen fajták közül azonban sok nem rendelkezett a SINE inszercióval, vagy az nagyon alacsony gyakoriságú volt. Ezeknek a polimorfizmusoknak az összefüggéseit általában egymástól elkülönítve értékelték, azonban a telivér lovaknál a kettő között nagyfokú kapcsoltsági egyensúlyhiány (LD – linkage disequilibrium) volt megfigyelhető ($r^2=0,73$) (*Bower és mtsai, 2012; Rooney és mtsai, 2018*). Kimutatták továbbá, hogy a SINE inszerció befolyásolja a *MSTN* fehérje expresszióját (*Santagostino és mtsai, 2015*). A SINE inszerció hatását egy riportergén-konstrukció HeLa-sejtekbe történő transzfekcióját követően elemezték, ahol az *MSTN*-génexpresszió és a fehérjetermelés jelentős csökkenését figyelték meg (*Rooney és mtsai, 2018*). A közelmúltban publikálták, hogy a sprintképességért felelős C allél a XVII. században került az angol telivér genetikai alapjába és valószínűleg egyetlen kanca volt, mely az őstípustól (T/T) eltérő C/C variációt hordozta (*Tozaki és mtsai, 2011*). A „sprint allél” a XVIII és XIX. században is viszonylag ritka volt még, majd Nearconak (született: 1935) köszönhetően terjedt el, és ezt a mén a XX. század három legjobb versenylova között tartottak számon és visszavonulása után kiemelkedő méneskarriert futott be. Ivadéjai között három örökítő mén is szerepet játszott az allél elterjedésében (Nearctic, Royal Charger és Nasrullah). Utóbbit szintén kiváló sprintképessége emelte ki versenytársai közül. Nearctic ménvonalát híres fia, Northern Dancer vitte tovább, amely ló a modern kor egyik legjelentősebb és legnagyobb hatású ménje volt.

Nasrullah és Royal Charger kancacsaládjai szintén döntő fontosságúak voltak a C/C genotípus elterjedésében, mivel Mumtaz Mahalnak, a leszármazottai voltak, akit minden idők leggyorsabb kétéveseként tartanak számon. Ezen kancacsalád egyik leghíresebb mai leszármazottja Winx, egy ausztrál születésű kanca, akit szintén a világ legjobb sprinterei között jegyeznek (*Bower és mtsai, 2012*).

A PDK4 GÉN

A közelmúltban beszámoltak olyan további jelentős génekről, mint például a *PDK4*, *CKM* vagy *COX12*, amelyek szerepet játszanak az adenosin-trifoszfát (ATP) termelésben és metabolizmusban. Ezek szintén hatással vannak a legjobb versenytáv kialakítására (*Tozaki és mtsai, 2011*).

A piruvát-dehidrogenáz lipoamid-kináz-izozim-4 gén (*PDK4*) az egyik legelső gén, amelynek hatását vizsgálták a versenylovak teljesítményére nézve. A *PDK4* szorosan szabályozott a PGC-1a révén. A PGC-1a a glükóz anyagcserét befolyásolja a piruvát-dehidrogenáz komplex (PDC) hatásának blokkolásával, így a zsírsavak acetyl-coA-ra béta-oxidálódnak, amely az oxidatív foszforiláció szubsztrátja, energiatermelésre használható. Ez egy hatékony útvonal az ATP létrehozásában. Ezzel szemben inzulin hatására a *PDK4* transzkripciója csökken, így a glükóz metabolizmus energiatermeléssé fordul át. A *PDK4* polimorfizmusok (g.38973231A>G) így potenciális markerekként szolgálnak genetikai főlényel rendelkező angol telivérek azonosítására. Az A allél öröklődése a zsírsav-oxidáció növekedésével egyidejűleg *PDK4* termelés növekedést eredményez sprint edzést követően. Ezen felfedezéseket igazolja az a megállapítás, hogy az arab telivér fajtánál – amelyet nagy távolságok megtételére, kitartásra szelektáltak, illetve a távlovos versenyekben a legkiemelkedőbbnek bizonyulnak – magasabb a G allél frekvenciája, mint az angol telivérekben. Quarter horse lovagnál nem figyeltek meg összefüggést az allélok és a versenyképesség között. Mindez összhangban van azzal a feltételezéssel, hogy a *PDK4* gén variánsai az aerob anyagcserére hatnak kedvezően, és így nagyobb szerepük van a nagy kitartást és állóképességet igénylő versenyek során (*Hill és mtsai, 2010a; Wilkin és mtsai, 2017*).

Összességében elmondható, hogy a PDK-izoformok alternatív úton szabályozzák a szénhidrát anyagcserét az edzés időtartamától és intenzitásától függően (*Hill és mtsai, 2010a*). A három *PDK4* SNP (*PDK4_38968139*, *PDK4_38969307* és *PDK4_38973231*) szignifikánsan ($p < 0,01$) kapcsolódik az elit kategóriába sorolt angol telivérek teljesítményéhez. A *PDK4* gén promotor egy kötőhelyet tartalmaz a FOXO1 transzkripció faktor számára, amely kulcsfontosságú az inzulin-jelzések szabályozásánál a májban és a zsírszövetekben. A FOXO1 és a SMAD transzkripció faktorok is felelősek a *MSTN* génszabályozásért, így döntő szerepet játszanak az izomnövekedésben. A biológiai szabályozási rendszer inzulin injekcióval befolyásolható. Annak ellenére, hogy kevés bizonyíték áll rendelkezésre az inzulin teljesítménynövelő hatására, humán sportolók esetén már volt példa az ezzel való visszaélésre, ahol az izomglikogén raktárak növelése céljából használták doppingszerként. Erősportok esetén gyakran alkalmazzák a növekedési hormonok mellett az izomszövet lebontásának lassítására, míg a nagy kitartást igénylő sportok esetén injekció formájában „üzemanyagként” szolgál az izomkontrakcióhoz, ezáltal növelve az állóképességet. A lósportban, közvetlenül a galoppfutam kezdete előtt beadott injekció teljesítménycsökkentő hatása, a vércukorszint- csökkentő hatása miatt (*Wilkin és mtsai, 2017*).

A DOPAMIN D4 RECEPTOR (*DRD4*) GÉN

Az ember által végzett szelekció nem csupán a testméret, szőrszín és egyéb morfológiai tulajdonságok változását eredményezte, hanem viselkedésbeli eltéréseket is kialakított a lovaknál. A viselkedéselemzések a társállatok esetében különösen fontosak, az etológiai tesztek lovak esetében is elterjednek számítanak és fontos alapkóként szolgálnak az egyed számára megfelelő tréning és menedzsment kialakításához. A neurotranszmitterekkel vagy hormonokkal kapcsolatos gének polimorfizmusai számos állatfajban, illetve az emberben is, befolyásolják a személyiséget és a viselkedési jellemzőket. Háziállatoknál ezen gének allélfrekvenciája fajonként eltérő, így eredményezve magatartásbeli különbségeket (*Hori és mtsai, 2013*).

A *DRD4* azon öt dopamin receptor közé sorolható, amelyek a G-fehérjéhez kapcsolt receptorok családjába tartoznak, és nagyobb affinitással kötődnek a klozapinnal, mint a család négy másik tagja (*Van Tol és mtsai, 1991; Momozawa és mtsai, 2005*).

A humán *DRD4*-ben olyan mikroszatellitek találhatóak (VNTR), amelyek az „újdság-kereső” személyiségért felelősek (*Benjamin és mtsai, 1996*). Kutya-fajták között a *DRD4* allélfrekvencia erősen eltérő, a *DRD4* exon3 régiójában lévő VNTR-ek a kutatások szerint kapcsolatban állnak az agresszivitással és aktivitással / impulzivitással (*Héjjas és mtsai, 2007*). A lovakban a 12. kromoszómán (*Momozawa és mtsai, 2007*) található *DRD4*-nek kétfajta polimorfizmusa ismert: a 18 bázispárból álló VNTR (6 aminosav alkotja) és néhány egy pontos nukleotid-polimorfizmus (SNP) az exon3 régióban. Az egyik ilyen SNP, a G292A nagy befolyással van a ló személyiségére (*Kiss és mtsai, 2014*). Egy korábbi tanulmányban egy japán őshonos lófajta (kiso) és angol telivérek összehasonlító vizsgálatát végezték el (*Hasegawa és mtsai, 2002*), mely azt mutatta, hogy nagy az eltérés a két fajtában a G292A allélfrekvencia tekintetében. Az A allél, amely alacsony kíváncsisággal és nagy éberséggel jár, frekvenciája sokkal kisebb volt az őshonos japán lovaknál. Egy 6 lófajtát vizsgáló tanulmány (*Hori és mtsai, 2013*) rávilágított arra, hogy az A allél tűnik a „fő” allélnak az angol telivéreknél a magas gyakoriságnak köszönhetően (kb. 0,54), azonban az összes többi vizsgált fajtára ez nem volt elmondható. A kiso fajtát az angol telivérrel történő összehasonlítás során kíváncsinak és barátságosnak titulálták, amelyet később a genetikai vizsgálatok eredményeül kapott alacsony A allélfrekvencia is igazolt. Hazai kutatás is beszámolt már előzetes eredményekről, s ez szintén alátámasztotta a *DRD4* gén jelentőségét (*Kiss és mtsai, 2016*).

A genotípusok által befolyásolt optimális versenytáv, illetve további fiziológiai és metabolikus tulajdonságok figyelembevételével lehetőség nyílik arra, hogy az egyednek leginkább megfelelő versenyt választhassuk ki, annak érdekében, hogy kiemelkedő versenykarriert futhasson be (*Tozaki és mtsai, 2011*).

TOVÁBBI KANDIDÁNS GÉNEK COX4I1, COX4I2, CKM, ACTN3

Az emlősök vázizma nagy plaszticitású és könnyen alkalmazkodik különböző tréningmódokhoz, testmozgásokhoz. A fő tényező, mely az izom adaptív reakcióját befolyásolja az az, hogy az edzés mennyi kitartást és állóképességet igényel. További befolyásoló tényezők közé tartozik az izomösszehúzódás típusa, a testmozgás-intenzitás és oxigénszint, azaz, hogy az edzést normoxiás vagy hipoxiás körülmények között végzi az egyed. A nagy állóképességet igénylő tréning magas VO_{2max} értéket és megnövekedett aerob anyagcserét eredményez. Az emberben ez részben a mitokondriumok és az izomkapillárisok térfogatsűrűségének növekedése okozza – melyek száma akár 30-40%-kal is magasabb lehet (*Hoppeler és mtsai, 1985*) –, valamint az izomrostok típusának változása, amely nagyobb oxidatív rostarányt eredményez. Számos – lovakon végzett – vizsgálat megerősítette a VO_{2max} és az oxidatív enzimek mennyiségének növekedését (*Roneus és mtsai, 1992; Roneus, 1993; Katz és mtsai, 1999; Serrano és mtsai, 2000; Hinchcliff és mtsai, 2002; McGowan és mtsai, 2002*). A II. típusú izomrostok növekedésével párhuzamosan IIX típusú izomrost-csökkenés figyelhető meg az angol telivéréknél a tréningperiódust követően. (*Rivero és mtsai, 2006*). A COX4I és COX4I2, vagyis a citokróm-c-oxidáz (COX) a légzési elektrontranszferlánc IV. komplexe, a mitokondrium belső membránjának integráns fehérjéje. A lokális hipoxia fontos inger, mely a vázizom strukturális és funkcionális változásait indukálja (*Ameln és mtsai, 2005*). A hipoxiára adott válasz fő szabályozója, a HIF-1 α (hypoxia inducible factor-1 alpha) a COX4 oxidatív enzimet szabályozza (citokróm-c-oxidáz, 4. alegység) oxigénfüggő módon a COX4-1 (COX4I1) és COX4-2 (COX4I2) izoformokkal, felváltva (*Fukuda és mtsai, 2007*). A normál oxigénkoncentráció növeli a COX4I1 génextpresszióját és a COX4I2 elnyomódik. A csökkent oxigénszint esetén a HIF-1 α aktivitás növekszik számos downstream gén (pl.: COX4I2, mitokondriális proteáz – LONP1 gén) aktivitásával együtt, amely a COX4I1 fehérje lebontásához szükséges. Ez után a COX4 alegység kapcsolódása biztosítja a maximális respirációs hatékonyságot különböző oxigén szintek mellett (*Fukuda és mtsai, 2007*). Egy 2010-ben megjelent tanulmányban (*Hill és mtsai, 2010a*) 2 csoportra osztott lovaknál vizsgálták, hogy különböző edzésmódszerek, amelyek eltérő anyagcsere-szabályozást igényelnek, miként indukálnak különböző transzkripció válaszokat a COX4I1 és COX4I2 esetében a vázizomban. Az A csoportot 9 egyede ($n = 6$ kanca, $n = 3$ mén) közepes intenzitású munkát kapott futópádon, míg a B csoport 8 egyede ($n = 8$ kanca) szokásos sprinttréningen vett részt. Mindkét csoporttól biopsziás mintát vettek (*gluteus medius*) a tréning előtt (T_0), közvetlenül utána (T_1), és az edzést követő 4 óra elteltével (T_2). Az eredmények azt mutatták, hogy a COX4I2 mRNS-expresszió szignifikánsan csökkent az A csoport esetében, és változatlan maradt a B csoportban a T_0 és a T_2 között. A COX4I1 mRNS-gyakorosság változatlan maradt mindkét csoportban (*Hill és mtsai, 2010a*).

Egy másik tanulmányban (*Gu és mtsai, 2010*) a COX4I1 és COX4I2 mellett a CKM (creatine kinase, muscle/kreatin-kináz, izom) –, és az ACTN3 gént is vizsgálták. Utóbbiak közül a CKM, vagyis a kreatin kináz enzim a foszfokreatin anyagcsere-folyamatokban vesz részt, az energiatermelésért felel (*Gu és mtsai,*

2010), míg az ACTN3 az alfa-aktinin-3-at kódolja, amely protein csak a II. típusú izomrostokban expresszálódik. Az ilyen típusú izmok így gyorsabb és erőteljesebb összehúzódásra képesek (North és mtsai, 1999). Az ACTN3 génben gyakori polymorfizmus R577X (rs1815739), ahol az X allél nem termel aktinint. Yang és mtsai, (2003) arról számoltak be emberi minták vizsgálata után, hogy az sprintereknél szignifikánsan magasabb volt az R allél frekvenciája, mint a kontroll mintáknál. Angol telivérek esetében a DNS mintákat több csoportra osztották és kategorizálták a lovak versenyeredményei alapján (retrospektív megközelítés). Húsz új SNP-t detektáltak 3 génben (ACTN3, CKM és COX4I2). Három SNP genotípus frekvenciaeloszlása szignifikáns különbséget mutatott ($p < 0,05$) a kiemelkedő teljesítményű versenylovak és a versenyt nem nyert lovak között.

A mai napig számos megközelítést alkalmaznak, hogy összefüggéseket találjanak az angol telivérek mérhető teljesítménye és fenotípusa között. Ide tartozik például a szív méret (Young és mtsai, 2005), izomrost-típus (Barrey és mtsai, 1999; Young és mtsai, 2005), az izom és csontrendszer konformációjának vizsgálata (Fang és mtsai, 2000), a sebesség megfigyelése maximális pulzus mellett (Gramkow és Evans, 2006), továbbá a tréning utáni laktát-koncentráció (Evans és mtsai, 1993), hematológiai (Revington, 1983) és egyéb fiziológiai változók (Harkins és mtsai, 1993) monitorozása. A lovak genom szekvenciájának hozzáférhetősége (Wade és mtsai, 2009) és a párhuzamos molekuláris genomikai technikák fejlesztése gyorsan lehetővé tette azon kapcsolódó szekvenciavariánsok azonosítását, amelyek kapcsolatban vannak az atletikus fenotípusokkal az angol telivérekben. Az eddigi tanulmányok azt sugallják, hogy az olyan kandidáns gének, mint az ACTN3, CKM vagy COX gén variációi nagy befolyással vannak az egyedek teljesítményére.

KÖVETKEZTETÉSEK

A molekuláris biológiai módszerek alkalmazásával korai szelekciót végezhetünk, képesek lehetünk predikciót tenni a versenylovak várható versenykarrierével kapcsolatban, s így hatékony tréningmódszerrel, komplex rendszerbe építve megszabhatjuk a leginkább kedvező körülményeket egyedre és genotípusra nézve. Ehhez szükséges egy objektív értékelési rendszer, aminek eleme az állat fiziológiai tulajdonságait figyelembe vevő pontos fenotípusleírás (pl.: alkat, izomtömeg, statikus leírás és dinamikus változást jellemző fenotípus), illetve a futott telivéreknél, a már meglévő versenyteljesítmény adatai (pl.: hendikepszám, életnyeremény, verseny lefutásának ideje stb.). Az így kapott fenotípusadatokat a genetikai alappal összevetve képesek leszünk a jövőben versenypályára lépő angol telivérek sikerességi rátáját növelni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adhihetty, P.J. – Irrcher, I. – Joseph, A.M. – Ljubicic, V. – Hood, D.A. (2003): Plasticity of skeletal muscle mitochondria in response to contractile activity. *Exp. Physiol.*, 88. 99–107.
- Aiello, D. – Pate, I.K. – Lasagna, E. (2018): The myostatin gene: an overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Anim. Genet.*, 49. 505–519.
- Ameln, H. – Gustafsson, T. – Sundberg, C.J. – Okamoto, K. – Jansson, E. – Poellinger, L. – Makino, Y. (2005): Physiological activation of hypoxia inducible factor-1 in human skeletal muscle. *FASEB J.* 19. 1009–1011.

- Amschler, W. (1935): The Oldest Pedigree Chart: A Genealogical Table of the Horse and Pictures of Horsemen Dating Back 5,000 Years. *J. Hered.*, 26. 233–238.
- Andersson, L.S.- Larhammar, M. – Memic, F. – Wootz, H. – Schwochow, D. – Rubin, C.J. – Patra, K. – Arnason, T. – Wellbring, L. – Hjäl m, G. – Imsland, F. – Petersen, J.L. – McCue, M.E. – Mickelson, J.R. – Cothran, G. – Ahituv, N. – Roepstorff, L. – Mikko, S. – Vallstedt, A. – Lindgren, G. – Andersson, L. – Kullander, K. (2012): Mutations in DMRT3 affect locomotion in horses and spinal circuit function in mice. *Nature*, 488. 642–646.
- Barrey, E. – Valette, J.P. – Jouglin, M. – Blouin, C. – Langlois, B. (1999): Heritability of percentage of fast myosin heavy chains in skeletal muscles and relationship with performance. *Equine Vet. J.*, 30. 289-292.
- Benjamin, J. – Li, L. – Patterson, C. – Greenberg, B.D. (1996): Population and familial association between the D4 dopamine receptor gene and measures of novelty seeking. *Nat. Genet.*, 12. 81–84.
- Binns, M.M. – Boehler, D.A. – Lambert, D.H. (2010): Identification of the myostatin locus (MSTN) as having a major effect on optimum racing distance in the Thoroughbred horse in the USA. *Anim. Genet.*, 41. 154-158.
- Bouchard, C. (2012): Genomic predictors of trainability. *Exp. Physiol.*, 97. 347-352.
- Bower, M.A. – McGivney, B.A. – Campana, M.G. – Gu, J. – Andersson, L.S. – Barrett, E. – Davis, C.R. – Mikko, S. – Stock, F. – Voronkova, V. – Bradley, D.G. – Fahey, A.G. – Lindgren, G. – MacHugh, D.E. – Sulimova, G. – Hill, E.W. (2012): The genetic origin and history of speed in the Thoroughbred racehorse. *Nat. Commun.*, 24. 643.
- Bowling, A.T. – Ruvinsky, A. (2000): The genetics of the Horse. CAB International, USA. 1-25.
- Bryan, K. – McGivney, B.A. – Farries, G. – McGettigan, P.A. – McGivney, C.L. – Gough, K.F. – MacHugh, D.E. – Katz, L.M. – Hill, E.W. (2017): Equine skeletal muscle adaptations to exercise and training: evidence of differential regulation of autophagosomal and mitochondrial components. *BMC Genomics*, 18. 595-621.
- Cassidy, R. (2002): *The Sport of Kings: Kinship, Class and Thoroughbred Breeding in Newmarket* (Cambridge University Press, 2002).
- Clop, A. – Marcq, F. – Takeda, H. – Pirottin, D. – Tordoir, X. – Bibé, B. – Bouix, J. – Caiment, F. – Elsen, J.M. – Eychenne, F. – Larzul, C. – Laville, E. – Meish, F. – Milenkovic, D. – Tobin, J. – Charlier, C. – Georges, M. (2006): A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nat. Genet.*, 38. 813–818.
- Cunningham, E.P. – Dooley, J.J. – Splan, R.K. – Bradley, D.G. (2001): Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of founder lineages to thoroughbred horses. *Anim. Genet.*, 32. 360-364.
- Evans, D.L. – Harris, R.C. – Snow, D.H. (1993): Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in thoroughbred horses. *Equine Vet. J.*, 25. 441-445.
- Everett, H.L. – Neil, D. – Opdyke, M.J. – Noye, M.J. (1980): Pliocene dispersal of the horse *Equus* and late Cenozoic mammalian dispersal events. *Nature*, 287. 135–138.
- Fang, J. – Dagenais, S.L. – Erickson, R.P. – Arlt, M.F. – Glynn, M.W. – Gorski, J.L. – Seaver, L.H. – Glover, T.W. (2000): Mutations in FOXC2 (MFH-1), a forkhead family transcription factor, are responsible for the hereditary lymphedema-distichiasis syndrome. *Am. J. Hum. Genet.*, 67. 1382-1388.
- Farries, G. – McGettigan, P.A. – Gough, K.F. – McGivney, B.A. – MacHugh, D.E. – Katz, L.M. – Hill, E.W. (2018): Genetic contributions to precocity traits in racing Thoroughbreds. *Anim. Genet.*, 49. 193-204.
- Fukuda, R. – Zhang, H. – Kim, J.W. – Shimoda, L. – Dang, C.V. – Semenza, G.L. (2007): HIF-1 regulates cytochrome oxidase subunits to optimize efficiency of respiration in hypoxic cells. *Cell*, 129. 111-122.
- Gramkow, H.L. – Evans, D.L. (2006): Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J., Suppl.*, 36. 118-122.

- Grobet, L. – Martin, L.J. – Poncelet, D. – Pirottin, D. – Brouwers, B. – Riquet, J. – Schoeberlein, A. – Dunner, S. – Ménissier, F. – Massabanda, J. – Fries, R. – Hanset, R. – Georges, M. (1997): A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscléd phenotype in cattle. *Nat. Genet.*, 17. 71–74.
- Gu, J. – MacHugh, D.E. – McGivney, B.A. – Park, S.D. – Katz, L.M. – Hill, E.W. (2010): Association of sequence variants in CKM (creatine kinase, muscle) and COX4I2 (cytochrome c oxidase, subunit 4, isoform 2) genes with racing performance in Thoroughbred horses. *Equine Vet. J. Suppl.*, 38. 569–575.
- Gu, J. – Orr, N. – Park, D.S. – Katz, M.L. – Sulimova, G. – MacHugh, E.D. – Hill, E.W. (2009): A Genome Scan for Positive Selection in Thoroughbred Horses. *PLoS One*. 4(6). e5767.
- Gunn, H. M. (1987): Muscle, bone and fat productions and muscle distribution of thoroughbreds and quarter horses. *Equine exercise physiology 2: Proceedings of the Second International Conference on Equine Exercise Physiology; August 7–11 1986; San Diego, California, United States.*
- Hanset, R. – Michaux, C. (1985): On the genetic determinism of muscular hypertrophy in the Belgian White and Blue cattle breed. I. Experimental data. *Genet. Sel. Evol.*, 17. 359–368.
- Harkins, J.D. – Beadle, R.E. – Kamerling, S.G. (1993): The correlation of running ability and physiological variables in thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.*, 25. 53–60.
- Harrison, S.M. – Whitton, R.C. – Kawcak, C.E. – Stover, S.M. – Pandey, M.G. (2010): Relationship between muscle forces, joint loading and utilization of elastic strain energy in equine locomotion. *J. Exp. Biol.*, 213(Pt 23). 3998–4009.
- Hasegawa, T. – Sato, F. – Ishida, N. (2002): Determination and variability of nucleotide sequences for D4 dopamine receptor genes (DRD4) in genus *Equus*. *J. Equine Sci.*, 13. 57–62.
- Héjjas, K. – Vas, J. – Topal, J. – Szantai, E. – Rónai, Z. – Székely, A. – Kubinyi, E. – Horváth, Z., - Sasvári-Székely, M. – Miklósi, A. (2007): Association of polymorphisms in the dopamine D4 receptor gene and the activity-impulsivity endophenotype in dogs. *Anim. Genet.* 38. 629–633.
- Hermanson, J.W. – Macfadden, B.J. (1996): Evolutionary and functional morphology of the knee in fossil and extant horses (Equidae). *J. Vertebr. Paleontol.*, 16. 349–357.
- Hill, E.W. – Eivers, S.S. – McGivney, B.A. – Fonseca, R.G. – Gu, J. – Smith, N.A. – Browne, J.A. – MacHugh, D.E. – Katz, L.M. (2010a): Moderate and high intensity sprint exercise induce differential responses in COX4I2 and PDK4 gene expression in Thoroughbred horse skeletal muscle. *Equine Vet. J. Suppl.*, 38. 576–581.
- Hill, E.W. – Gu, J. – McGivney, B.A. – MacHugh, D.E. (2010b): Targets of selection in the Thoroughbred genome contain exercise-relevant gene SNPs associated with elite racecourse performance. *Anim. Genet.*, 41. 56–63.
- Hill, E.W. – McGivney, B.A. – Gu, J. – Whiston, R. – MacHugh, D.E. (2010c): A genome-wide SNP-association study confirms a sequence variant (g.66493737C>T) in the equine myostatin (MSTN) gene as the most powerful predictor of optimum racing distance for Thoroughbred racehorses. *BMC Genomics*, 11. 552–562.
- Hill, E.W. – Fonseca, R.G. – McGivney, B.A. – Gu, J. – MacHugh, D.E. – Katz, L.M. (2012): MSTN genotype (g.66493737C/T) association with speed indices in Thoroughbred racehorses. *J. Appl. Physiol.*, 112. 86–90.
- Hill, E.W. – McGivney, B.A. – Rooney, M.F. – Katz, L.M. – Parnell, A. – MacHugh, D.E. (2019): The contribution of myostatin (MSTN) and additional modifying genetic loci to race distance aptitude in Thoroughbred horses racing in different geographic regions. *Equine Vet. J.*, 51. 625–633.
- Hinchcliff, K.W. – Lauderdale, M.A. – Dutson, J. – Geor, R.J. – Lacombe, V.A. – Taylor, L.E. (2002): High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Equine Vet. J.*, 34. 9–16
- Hintz, L.R. (1980): Genetics of performance in the horse. *J. Anim. Sci.*, 51. 582–594.

- Hoppeler, H. – Howald, H. – Conley, K. – Lindstedt, S.L. – Claassen, H. – Vock, P. – Weibel, E.R. (1985): Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.*, 59. 320-327.
- Hori, Y. – Ozaki, T. – Yamada, Y. – Tozaki, T. – Kim, H.S. – Takimoto, A. – Endo – Manabe, N. – Inoue-Murayama, M. – Fujita (2013): Breed Differences in Dopamine Receptor D4 Gene (DRD4) in Horses. *J. Equine Sci.*, 24(3).31-6.
- Hosoyama, T. – Kawada, S. – Oshiumi, R. – Yoneda, S. – Soeta, C. – Yamanouchi, K. – Hasegawa, T. – Ishida, N. – Mukoyama, H. – Ishii, N. – Tachi, C. (2002): Molecular cloning of equine (thoroughbred) myostatin cDNA and detection of myostatin precursor proteins in the serum. *J. Reprod. Develop.*, 48. 335–342.
- Jones, J.H. – Longworth, K.E. – Lindholm, A. – Conley, K.E. – Karas, R.H. – Kayar, S.R. – Taylor, C.R. (1989): Oxygen transport during exercise in large mammals. I. Adaptative variation in oxygen demand. *Appl. Physiol.*, 67. 862-870.
- Kambadur, R. – Sharma, M. – Smith, T.P. – Bass, J.J. (1997): Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscled Belgian Blue and Piedmontese cattle. *Genome Res.*, 7. 910–916.
- Katz, L.M. – Bayly, W.M. – Hines, M.T. – Sides, R.H. (1999): Differences in the ventilatory responses of horses and ponies to exercise of varying intensities. *Equine Vet. J., Suppl.*, 30. 49-51.
- Kearns, C.F. – McKeever, K.H. – Kumagai, K. – Abe, T. (2002): Fat-free mass is related to one mile race performance in elite Standardbred horses. *Vet. J.*, 163. 1-7.
- Kiss, B. – Pongrácz, L. – Bali, P.Á. (2014): Gene mapping results in pig, cattle and horse. Literature review. *Magy. Allatorvosok*, 136. 688-697. (In Hungarian with English summary)
- Kiss, B. – Tempfli, K. – Pongrácz, L. – Uriné, J.C. – Bali, P.Á. (2016): A lovak viselkedésével összefüggő dopamin d4 receptor (DRD4) gén vizsgálata. In: XXXVI. Óvári Tudományos Nap. 248–256.
- Lovel, D.K. – Rose, R.J. (1991): Changes in skeletal muscle composition in response to interval and high intensity training. *Equine Exercise Physiology*, 3. 215-222.
- Macfadden, B.J. (2005): Evolution. Fossil horses – evidence for evolution. *Science*, 307. 1728-1730.
- Marchitelli, C. – Savarese, M.C. – Crisa, A. – Nardone, A. – Marsan, P.A. – Valentini, A. (2003): Double muscling in Marchigiana beef breed is caused by a stop codon in the third exon of gene. *Mamm. Genome*, 14. 392–395.
- McGivney, B.A. – Browne, J.A. – Fonseca, R.G. – Katz, L.M. – Machugh, D.E. – Whiston, R. – Hill, E.W. (2012): MSTN genotypes in Thoroughbred horses influence skeletal muscle gene expression and racetrack performance. *Anim. Genet.*, 43. 810-812.
- McGowan, C.M. – Golland, L.C. – Evans, D.L. – Hodgson, D.R. – Rose, R.J. (2002): Effects of prolonged training, overtraining and detraining on skeletal muscle metabolites and enzymes. *Equine Vet. J., Suppl.*, 34. 257-263.
- McPherron, A.C. – Lee, S.J. (1997): Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 94. 12457–12461.
- McPherron, A.C. – Lawler, A.M. – Lee, S.J. (1997): Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature*, 387. 83-90.
- Momozawa, Y. – Takeuchi, Y. – Kusunose, R. – Kikusui, T. – Mori, Y. (2005): Association between equine temperament and polymorphisms in dopamine D4 receptor gene. *Mamm. Genome*, 16. 538-544.
- Momozawa, Y. – Takeuchi, Y. – Tozaki, T. – Kikusui, T. – Hasegawa, T. – Raudsepp, T. – Chowdhary, B.P. – Kusunose, R. – Mori, Y. (2007): SNP detection and radiation hybrid mapping in horses of nine candidate genes for temperament. *Anim. Genet.*, 38. 81–83.
- Mosher, D.S. – Quignon, P. – Bustamante, C.D. – Sutter, N.B. – Mellersh, C.S. – Parker, H.G. – Ostrander, E.A. (2007): A mutation in the myostatin gene increases muscle mass and enhances racing performance in heterozygote dogs. *PLoS Genet.*, 3. 79.

- Negro, R.S. – Valera, M. – Membrillo, A. – Gómez, M.D. – Solé, M. – Menendez-Buxadera, A. – Anaya, G. – Molina, A. (2016): Quantitative analysis of short- and long-distance racing performance in young and adult horses and association analysis with functional candidate genes in Spanish Trotter horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 133. 347-356.
- North, K.N. – Yang, N. – Wattanasirichaigoon, D. – Mills, M. – Easteal, S. – Beggs, A.H. (1999): A common nonsense mutation results in α -actinin-3 deficiency in the general population. *Nat. Genet.*, 21. 353–354.
- Outram, A.K. – Stear, N.A. – Bendrey, R. – Olsen, S. – Kasparov, A. – Zaibert, V. – Thorpe, N. – Evershed, R.P. (2009): The earliest horse harnessing and milking. *Science*, 323. 1332-1335.
- Petersen, J.L. – Valberg, S.J. – Mickelson, J.R. – McCue, M.E. (2014): Haplotype diversity in the equine myostatin gene with focus on variants associated with race distance propensity and muscle fiber type proportions. *Anim. Genet.*, 45. 827-835.
- Potard, U.S. – Leith, D.E. – Fedde, M.R. (1998): Force, speed, and oxygen consumption in thoroughbred and draft horses. *J. Appl. Physiol.*, 84. 2052-2059.
- Revington, M. (1983): Haematology of the racing Thoroughbred in Australia 2: haematological values compared to performance. *Equine Vet. J.*, 15. 145-148.
- Rivero, J.L. – Ruz, A. – Marti-Korfft, S. – Lindner, A. (2006): Contribution of exercise intensity and duration to training-linked myosin transitions in thoroughbreds. *Equine Vet. J., Suppl.*, 36. 311-315.
- Roneus, M. (1993): Muscle characteristics in standardbreds of different ages and sexes. *Equine Vet. J.*, 25. 143-146.
- Roneus, M. – Essen-Gustavsson, B. – Lindholm, A. – Persson, S.G. (1992): Skeletal muscle characteristics in young trained and untrained standardbred trotters. *Equine Vet. J.*, 24. 292-294.
- Rooney, M.F. – Hill, E.W. – Kelly, V.P. – Porter, R.K. (2018): The „speed gene” effect of myostatin arises in Thoroughbred horses due to a promoter proximal SINE insertion. *PLoS One*. 13(10):e0205664.
- Santagostino, M. – Khorrauli, L. – Gamba, R. – Bonuglia, M. – Klipstein, O. – Piras, M.F. – Vella, F. – Russo, A. – Badiale, C. – Mazzagatti, A. – Raimondi, E. – Nergadze, G.S. – Giulotto, E. (2015): Genome-wide evolutionary and functional analysis of the Equine Repetitive Element 1: an insertion in the myostatin promoter affects gene expression. *BMC Genet.*, 16. 126.
- Santos, C.G. – Pimentel-Coelho, P.M. – Budowle, B. – de Moura-Neto, R.S. – Dornelas-Ribeiro, M. – Pompeu, F.A. – Silva, R. (2016): The heritable path of human physical performance: from single polymorphisms to the „next generation”. *Scand. J. Med. Sci. Spor.*, 26. 600-612.
- Sarzynski, M.A. – Loos, R.J. – Lucia, A. – Pérusse, L. – Roth, S.M. – Wolfarth, B. – Rankinen, T. – Bouchard, C. (2016): Advances in Exercise, Fitness, and Performance Genomics in 2015. *Med. Sci. Sport Exer.*, 48. 1906-1916.
- Schuelke, M. – Wagner, K.R. – Stolz, L.E. – Hubner, C. – Riebel, T. – Komen, W. – Braun, T. – Tobin, J.F. – Lee, S.J. (2004): Myostatin mutation associated with gross muscle hypertrophy in a child. *New Engl. J. Med.*, 350. 2682–2688.
- Serrano, A.L. – Quiroz-Rothe, E. – Rivero, J.L. (2000): Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. *Pflugers Arch.*, 441. 263-274.
- Sharma, M. – McFarlane, C. – Kambadur, R. – Kukreti, H. – Bonala, S. – Srinivasan, S. (2015): Myostatin: expanding horizons. *IUBMB Life*, 67. 589-600.
- Stefaniuk, M. – Ropka-Molik, K. (2016): RNA sequencing as a powerful tool in searching for genes influencing health and performance traits of horses. *J. Appl. Genet.*, 57. 199-206.
- Thiruvankadan, A.K. – Kandasamy, N. – Panneerselvam, S. (2009): Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. *Livest. Sci.*, 121. 308-326.
- Tozaki, T. – Miyake, T. – Kakoi, H. – Gawahara, H. – Sugita, S. – Hasegawa, T. – Ishida, N. – Hirota, K. – Nakano, Y. (2010): A genome-wide association study for racing performances in Thoroughbreds clarifies a candidate region near the MSTN gene. *Anim. Genet.*, 41. 28-35.

- Tozaki, T. – Sato, F. – Hill, E.W. – Miyake, T. – Endo, Y. – Kakoi, H. – Gawahara, H. – Hirota, K. – Nakano, Y. – Nambo, Y. – Kurosawa, M. (2011): Sequence variants at the myostatin gene locus influence the body composition of Thoroughbred horses. *J. Vet. Med. Sci.*, 73. 1617-1624.
- Troxell, M.L. – Britton, S.L. – Koch, L.G. (2003): Selected Contribution: Variation and heritability for the adaptational response to exercise in genetically heterogeneous rats. *J. Appl. Physiol.*, 94. 1674-1681.
- Vamplew, W. – Kay, J. (2005): *Encyclopedia of British Horseracing*. Routledge Sports Reference Series. 1st Edition
- Van Tol, H.H. – Bunzow, J.R. – Guan, H.C. – Sunahara, R.K. – Seeman, P. – Niznik, H.B. – Civelli, O. (1991): Cloning of the gene for a human dopamine D4 receptor with high affinity for the antipsychotic clozapine. *Nature*, 350. 610–614.
- Varga, L. – Müller, G. – Szabó, G. – Pinke, O. – Korom, E. – Kovács, B. – Patthy, L. – Soller, M. (2003): Mapping modifiers affecting muscularity of the myostatin mutant (Mstn (Cmpt-dl1Abc)) compact mouse. *Genetics*, 165. 257-267.
- Wade, C.M. – Giulotto, E. – Sigurdsson, S. – Zoli, M. – Gnerre, S. – Imsland, F. – Lear, T.L. – Adelson, D.L. – Bailey, E. – Bellone, R.R. – Blocker, H. – Distl, O. – Edgar, R.C. – Garber, M. – Leeb, T. – Mauceli, E. – MacLeod, J.N. – Penedo, M.C. – Raison, J.M. – Sharpe, T. – Vogel, J. – Andersson, L. – Antczak, D.F. – Biagi, T. – Binns, M.M. – Chowdhary, B.P. – Coleman, S.J. – Della Valle, G. – Fryc, S. – Guerin, G. – Hasegawa, T. – Hill, E.W. – Jurka, J. – Kiialainen, A. – Lindgren, G. – Liu, J. – Magnani, E. – Mickelson, J.R. – Murray, J. – Nergadze, S.G. – Onofrio, R. – Pedroni, S. – Piras, M.F. – Raudsepp, T. – Rocchi, M. – Roed, K.H. – Ryder, O.A. – Searle, S. – Skow, L. – Swinburne, J.E. – Syvanen, A.C. – Tozaki, T. – Valberg, S.J. – Vaudin, M. – White, J.R. – Zody, M.C. – Lander, E.S. – Lindblad-Toh, K. (2009): Genome sequence, comparative analysis, and population genetics of the domestic horse. *Science*, 326. 865-867.
- Warmuth, V. – Eriksson, A. – Bower, M.A. – Barker, G. – Barrett, E. – Hanks, B.K. – Li, S. – Lomitashvili, D. – Ochir-Goryaeva, M. – Sizonov, G.V. – Soyonov, V. – Manica, A. (2012): Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 109. 8202-8206.
- Wilkin, T. – Baoutina, A. – Hamilton, N. (2017): Equine performance genes and the future of doping in horseracing. *Drug Test. Anal.*, 9. 1456–1471.
- Wolfman, N.M. – McPherron, A.C. – Pappano, W.N. – Davies, M.V. – Song, K. – Tomkinson, K.N. – Wright, J.F. – Zhao, L. – Sebald, S.M. – Greenspan, D.S. – Lee, S.J. (2003): Activation of latent myostatin by the BMP-1/tolloid family of metalloproteinases. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 100. 15842-15846.
- Yang, N. – MacArthur, D.G. – Gulbin, J.P. – Hahn, A.G. – Beggs, A.H. – Easteal, S. – North, K. (2003): ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am. J. Hum. Genet.*, 73. 627–631.
- Young, L.E. – Rogers, K. – Wood, J.L. (2005): Left ventricular size and systolic function in Thoroughbred racehorses and their relationships to race performance. *J. Appl. Physiol.*, 99. 1278-1285.
<http://horseracingintfed.com>

Szerzők címe: Kis J. – Bodó Sz. – Rózsa L. – Zsolnai A. – Anton I.

Authors' address: NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet
2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1.
kis.judit@athk.naik.hu

2018-BAN SIKERESEN MEGVÉDETT PHD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI – SUMMARIES OF PHD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2018

A TAKARMÁNYOZÁS HATÁSA AZ ANYAJUHOK SZAPORODÁSBIOLÓGIAI TULAJDONSÁGAIRA

MÁRTON ALIZ

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely
Festetics Doktori Iskola

Témavezető: Dr. Husvéth Ferenc DSc, professzor emeritus

Az anyajuhok ivari működését befolyásoló tényezők közül a takarmányozás az egyik leginkább meghatározó faktor, mert az állatok tápláltsági szintje hat az ivarérettség elérésének idejére és a szaporodásbiológiai életteljesítményre.

A kutatás során célunk volt egy hazánkban kevésbé elterjedt takarmánynövény, a csillagfürt szaporodásbiológiai mutatókra gyakorolt hatásának vizsgálata különböző hasznosítású és fajtájú anyajuhokkal.

A különböző módon előkészített csillagfürt (nyers, hántolt, pelyhesített) fehérjének bendőbeli lebonthatóságát vizsgálva megállapítottuk, hogy pelyhesítés során az UDP (bendőben le nem bomló fehérje –undegradable protein) értéke volt a legnagyobb. A hagyományosan flushingként alkalmazott rozshoz képest egységnyi mennyiségre vetítve, többszörösen tartalmazza azon aminosavakat (fenilalanin, triptofán, tirozin), melyek potenciálisan prekursorai az FSH szintézisre ható neurotranszmittereknek.

Német húsmerinó állománnyal végzett kísérletünk eredményeként a pelyhesített csillagfürtöt fogyasztó csoportban szignifikánsan nőtt az ikerellések aránya a kontrollhoz viszonyítva.

Egy intenzíven tejelő awassi állományban a fajta magyarországi körülmények közötti szezonálisát, valamint intenzív technológiában a tápláltság és az ivarzás indukálás/szinkronizálás eredményessége közötti összefüggést vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a tenyészszezon kezdetén még acikliás, valamint a már ciklikus petefészkek-működést mutató anyák között szignifikáns különbség mutatkozott a vérplazma IGF-1 és az inzulin szintjében, de a pelyhesített csillagfürtöt is tartalmazó megemelt abrakadag (flushing) hatására a különbségek kiegyenlítődték. Az állatok anyagcseréjét jelző paraméterek egységesebbek voltak, ami hozzájárult az ivarzás indukálás/szinkronizálás eredményességéhez és ennek következtében az anyajuhok közel fele (49%) ikerbárányokat ellett. Megállapítottuk, hogy a gesztagén kezelés előtt még acikliás ill. a ciklus tüsszofázisában lévő állatok egy része a gesztagén kezelés első napján még ovulálhat, ez azonban nem befolyásolja a fix AI (fix idejű mesterséges termékenyítés) eredményességét. A gesztagén forrás megvonásakor az állatok petefészkében esetleg fellelhető metabolikusan aktív sárgatest nincs hatással a termékenyítés sikerességére, valamint a gesztagén megvonással egyidejűleg alkalmazott eCG hatására az anyajuhok egy részében a domináns tüssző luteinizálódik, amely csökkenti a fix idejű AI -ból származó vemhesülés esélyét.

NUTRITIONAL INFLUENCES ON REPRODUCTION OF SHEEP

ALIZ MÁRTON

University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely

Festetics Doctoral School

Supervisor: Ferenc Husv eth DSc

One of the most significant factor influencing the ovarian activity of ewes is the nutrition. The nutritional status of the animal has effects on the occurrence of puberty and reproduction performance.

The aim of our research was to study and test the efficiency of white lupine to reproduction on different breeds of sheep kept for different purposes.

The rumen degradability of different forms of lupine (whole, husked, flocculated) showed that flocculated form has the highest RUP value (Rumen Undegradable Protein). This form compared to the rye, which is a traditional flushing crop in Hungary, contains higher amount of amino acids (phenylalanine, tryptophan, and tyrosine) which are potential precursors of neurotransmitters influencing the FSH synthesis.

In the first part of the study, pastured German Meat Merino was investigated and ewes flushed with flocked lupine has significantly increased the multiple lambing rate, compared to the controls.

The second part of our study focused on the examination of seasonality of the Awassi breed originating from the arid area of Middle-East in Hungarian climate. In the experiment the relationships between nutrition and the success of oestrus induction / synchronisation (gestagen + eCG) were studied in intensive farming technology.

Significant endocrine differences were found between cycling and acyclic animals. Elevated insulin and IGF-1 levels were detected in animals that were cyclic before energy supplementation as compared to acyclic ones but these differences were equalized as result of flushing. Higher circulating insulin and IGF-1 levels have beneficial effects at the ovarian level and may have stimulated folliculogenesis. Those animals, which were acyclic before gestagen treatment, or were in the follicular phase of the cycle, may ovulate on the first day of gestagen treatment but it had no influence on the success rate of the fixed time AI. Similarly, it did not affect the conception following insemination, irrespective of whether luteolysis occurred during gestagen treatment or not. Thus, if metabolically active corpus luteum was present or not on the ovary on the day of gestagen removal. On the contrary, it is no doubt that in a certain proportion of animals with dominant follicles luteinised due to the eCG treatment used at the time of gestagen removal. This result in high progesterone levels at the time of insemination and thus these ewes have not real chance of conceiving.

A TAKARMÁNYOZÁS HATÁSA A BÉL EGYES FIZIKO-KÉMIAI, SZÖVETANI ÉS MIKROBIOLÓGIAI PARAMÉTERÉRE BROJLERCSIRKÉKBEN

MOLNÁR ANDOR

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely

Festetics Doktori Iskola

Témavezető: Dr. Dubleczy Károly PhD

Az antibiotikum hozamfokozók betiltása óta óriási mértékben megnőtt az igény a bélegészséget támogató takarmányozási stratégiák iránt. Emellett nagy igény van olyan takarmányozási módszerek kidolgozására, melyek elősegítik a pecsenyecsirkek béltraktusában gyakran előforduló, de közegészségügyi veszélyt is jelentő *Campylobacter jejuni* (*C. jejuni*) visszaszorítását. Vizsgálataim célja az volt, hogy különböző gabona magvak és takarmány-adalékanyagok bél egészségére kifejtett hatását tanulmányozzam, és ezzel a bél egészségét támogató takarmányozási módszereket dolgozzak ki, amelyek alternatívát jelenthetnek az antibiotikum hozamfokozók csökkentésére.

Az első kísérletben Ross-308 napos csirkéket három takarmányozási csoportba osztottunk: kukorica alapú (K), kukorica-búza alapú (K+B) és kukorica-búza alapú NSP (nem-keményítő szénhidrát) bontó enzimmal kiegészített (K+BE). A dercés takarmányokat úgy alakítottuk, hogy azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkezzenek, valamint megfeleljenek a Ross-308 genotípus igényeinek. A 14. napon a madarakat 10^8 CFU *C. jejuni*-val (NCTC 12744-es referencia törzs) fertőztük szájon át. A fertőzést követően a 7., 14. és 21. napon csoportonként 6-6 állatból vettünk csípőbél és vakbél tartalom mintákat *C. jejuni* tenyésztése céljából. A csípőbél tartalomból mértük továbbá a viszkozitást, a csípő- és vakbél-tartalomból meghatároztuk a pH értéket, valamint mértük a rövidszénláncú zsírsavak koncentrációját. A csípőbélből emellett szövettani vizsgálatot is végeztünk.

A második kísérletben szintén Ross-308 kakasokat vizsgáltunk öt csoportban: kukorica alapú (kontroll), kukorica-búza alapú (K+B), kukorica-árpa alapú (K+A), inulinnal kiegészített kukorica alapú (K+I) és laktózzal kiegészített kukorica alapú (K+L). A K+I és K+L tápok 20 g/kg inulint, illetve 30 g/kg laktózt tartalmaztak. Mértük a csirkék testtömegét az első és a 35. napon. A 28. napon csoportonként pedig csípőbélnyálka-mintát vettünk, amelyen *in vitro* vizsgáltuk a vajsav *Campylobacter* ellenes hatását. A 35. napon a csípőbélből bélszövet mintát vettünk szövettani vizsgálat céljából. A csípőbél-tartalomból mértük a viszkozitást, a vakbél-tartalomból pedig a rövidszénláncú zsírsavak mennyiségét, a pH-t és abból baktériumokat tenyésztettünk.

Az első kísérletben az etetett takarmánykeverék nem, de az enzim-kiegészítés befolyásolta a *Campylobacter* kolonizációját. A kontrolltáphoz képest a K+BE csoportban kisebb *Campylobacter* számot találtunk a csípőbélben és a vakbélben 14 nappal a fertőzést követően. A csípőbél-tartalom viszkozitása nőtt a K+B csoportban a kontroll takarmánykeverékhez képest. A K+BE táphatással volt a csípőbél morfológiájára, növelte a bélbolyhok hosszát, a kripták mélységét, az izomréteg vastagságát és a vakbélben növelte a rövidszénláncú zsírsavak

koncentrációját a kontrollhoz képest. A csípőbél pH értékére a takarmányozás nem volt hatással, a vakbél tartalom pH értékét viszont a K+BE takarmánykeverék csökkentette a fertőzést követő 21. napon.

A második kísérletben a takarmányozás nem befolyásolta a 35. napon mért testsúlyt. A nem-emészthető szénhidrátforrások nem befolyásolták a bélbolyhok hosszát, a goblet sejtek és intraepitheliális lymphocyták számát, de csökkentették a kripták mélységét a kontrollhoz viszonyítva. A boholy/kripta hossz arány csak a K+L csoportban változott. A vakbél pH értéke alacsonyabb volt a K+B, K+Á, K+I és K+L takarmánykeverék etetésekor a kontrollhoz képest. A legkisebb vakbél pH értéket a K+I takarmánykeverék esetében mértük. A K+B takarmány etetésekor nőtt a vakbél rövidszénláncú zsírsav koncentrációja, a K+L táp etetésekor pedig csökkent a vakbél valeriánsav koncentrációja a kontrollhoz viszonyítva. Egyik kísérleti takarmány sem gyakorolt hatást a vakbél *Lactobacillus* kolonizációjára, a vakbél coliform baktériumok száma azonban nőtt a K+B, K+Á, K+I és K+L takarmánykeverékek hatására. A takarmányozási csoportokból származó bélnyálka *in vitro* nem befolyásolja a vajsav *Campylobacter*-ellenes hatását.

Az első kísérletben a K+BE takarmány pozitívan befolyásolta a vizsgált bél paramétereket, késleltette a *C. jejuni* kolonizációját, ezért alkalmas lehet a kórokozó vágóhídi terjedésének csökkentésére. A második kísérletben a nem-emészthető szénhidrátok kedvezően hatottak a vizsgált bél paraméterekre, de más-más ponton fejtették ki kedvező hatásukat. Néhány olyan paramétert is megfigyeltünk, amelyeket együttesen befolyásoltak a nagyobb nem-emészthető szénhidrát tartalmú takarmányok. A kapott eredmények segíthetnek a bél ökoszisztéma komplex működésének mélyebb megismerésében, valamint adatokkal szolgálhatnak a jövőbeni takarmányozási stratégiák kidolgozásához.

NUTRITIONAL MODULATION OF SELECTED INTESTINAL PHYSICO-CHEMICAL, HISTOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS IN BROILERS

ANDÓR MOLNÁR

University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely

Festetics Doctoral School

Supervisor: Károly Dubleczy PhD

Nutritional strategies to promote gut health and safe broiler meat production had come into prominence due to the emerging challenges related to the ban of antibiotic growth promoters. In addition, there is a high demand on revealing effective nutritional strategies against the most common bacterial zoonosis, *Campylobacter jejuni*. There is a gap of knowledge in nutritional studies regarding the dynamics of *Campylobacter* colonization post infection. There is little information available on gut health effects of lactose and on measures such as goblet cell and intraepithelial lymphocyte (IEL) numbers when chickens were fed various cereal grains. Two broiler chicken trials were conducted to elucidate the impact of nutrition on selected intestinal characteristics associated with gut health. Furthermore, mucus obtained from chickens fed maize based (M), maize-

wheat based (M+W) and maize-barley based (M+B) diets were tested on butyrate anti-*Campylobacter* activity *in vitro*.

In Trial I, Ross 308 broiler chickens were investigated in three isocaloric and isonitrogenous dietary groups: M, M+W diet and M+W diet with NSP-degrading enzyme supplementation (M+WE). Chickens were orally infected with 10^8 CFU *C. jejuni* on day 14 and samples were collected from the intestinal content on 7, 14 and 21 days post infection (DPI), respectively. Colony forming units of *C. jejuni* of cecum and ileum, short-chain fatty acid (SCFA) concentration, pH values of the cecum, ileal histomorphology and viscosity of ileal chymus were measured.

The objective of Trial II was to study the influence of a M+W, M+B and maize based diets supplemented with inulin (M+I) or lactose (M+L) on growth performance, gut histology (morphology, goblet cell and IEL numbers), ileal viscosity, cecal SCFA concentration, pH, coliform and *Lactobacillus* counts in comparison to a M diet. Ross 308 cockerels were fed with appropriate diets from day 1 to day 35 of life. Five isocaloric and isonitrogenous diets, differing in their soluble non-digestible carbohydrate (sNDC) content, were composed; M, M+W, M+B and maize-based supplemented either with 20 g/kg inulin (M+I) or 30 g/kg lactose (M+L).

In Trial I, the M+WE group had lower *C. jejuni* colonization 14 DPI, higher ileal viscosity, higher total SCFA concentration in the cecum and enhanced ileal histomorphology as compared to M group. In Trial II, all of the diets tested decreased the ileal crypt depth, muscle layer thickness and increased cecal coliform counts relative to the M group. Villus-crypt ratio increased only in the lactose supplemented group. Ileal digesta of chickens fed the M+W diet had the highest ileal viscosity and the highest cecal butyrate, valerate and total short-chain fatty acid concentrations while the lowest pH was observed in the cecal contents of chickens fed with inulin-supplemented diet. The diet had no effect on ileal or cecal goblet cell and IEL numbers. *Lactobacillus* counts in the cecal content remained unchanged. Different mucus types did not varied in their *in vitro* effect on butyrate anti-*Campylobacter* activity.

Trial I showed that diet composition can modify *C. jejuni* colonization depending on sampling time point post infection and this change may relate to ileal histomorphology and cecal pH and SCFA concentrations. In Trial II, different sNDC sources acted differently on some intestinal characteristics such as viscosity, villus-crypt ratio, cecal pH, butyrate, valerate and total SCFA concentrations. These beneficial effects were not solely related to the sNDC proportion as the M+B diet consisted more sNDC than the M+W one. The *in vitro* mucus study suggested that mucus type does not play any role in butyrate anti-*Campylobacter* efficacy. Overall, it is hard to rank the tested sNDC sources based on their effects on gut health. On the other hand, some common features were demonstrated broadening our understanding on chicken gut health and nutrition.

A VÉRMÉRSÉKLET MINT ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁG JELENTŐSÉGE A HAZAI TEJELŐ- ÉS HÚSMARHATENYÉSZTÉSBEN

KOSZTOLÁNYINÉ SZENTLÉLEKI ANDREA

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezető: Dr. Tózsér János DSc

A nagyüzemek kialakítása és az intenzív technológiák bevezetése a szarvasmarhában kedvezőtlen *élettani* és viselkedésbeli reakciókat válthat ki, így hátrányosan hat a jóllétre és a termelésre, mert a környezet változásaihoz az állatok nem képesek azonos mértékben alkalmazkodni. A környezet különböző ingereire (pl. emberi bánásmód, tartástechnológia) adott válaszreakció jellegét és erősségét a vérmérséklet tulajdonsággal mérik. A húsmarhák vérmérsékletének értékelésére a szorító tesztet, mint kötött, a menekülési sebesség mérését pedig, mint kötetlen tesztet alkalmazzák. A tejelő tehenek temperamentumát általában a fejeskor határozzák meg a lépések és rúgások gyakorisága alapján. A szarvasmarhák vérmérséklete összefüggésben van azok kezelhetőségével, tej- és hústermelő képességükkel, valamint jóllétükkel. Irodalmi adatok szerint az ideges állatok a hizlalás során kisebb súlygyarapodást érnek el, és romlik a hús minősége is. A tejtermelés szempontjából is hátrányos az ideges vérmérséklet, ugyanis nő a visszatartott tej mennyisége és a fejesidő, csökken a tejtermelés, illetve lassabb a tejleadás, valamint romlik a tej összetétele is. Az ideges állatok emellett érzékenyebben reagálnak a környezet ingereire, így többször kerülnek stresszhelyzetbe, ezáltal jóllétük is romlik.

Dolgozatom fő célja a szarvasmarhák vérmérsékletének meghatározása volt az egyes telepi munkafolyamatok során, hazai tejtermelő és húshasznosítású szarvasmarha tenyészetekben. Összehasonlítottam az elsőborjas és többször ellett tehenek vérmérsékletét, a reggeli és esti fejések alkalmával, a fejesre történő előkészítés és a gépi fejes alatt, továbbá értékeltem a temperamentum pontszám változását a laktáció során, holstein-fríz és magyar tarka fajtában. Vizsgáltam a vérmérséklet és az egyes tejtermelési mutatók (tejmennyiség, fejesi sebesség), illetve a tej egyes összetevői (zsír %, fehérje % és szomatikus sejtszám) közötti kapcsolatokat. Céloom volt továbbá, hogy charolais és aubrac fajtájú húsmarha állományokban értékeljem a vérmérséklet állandóságát, a fajta és az ivar hatását a temperamentum alakulására, valamint vizsgáljam a választáskori vérmérséklet hatását az állatok választási súlyára, súlygyarapodására és vágási tulajdonságaira.

A temperamentum vizsgálatát négy hazai tejtermelő (három holstein-fríz és egy magyar tarka), továbbá egy húshasznosítású szarvasmarha tenyészetben végeztem el. A tejtermelő szarvasmarha tenyészetekben a megfigyeléseimet havonta egyszer végeztem egy teljes laktáción keresztül. A tehenek vérmérsékletét a reggeli és az esti fejések alkalmával, fejésenként kétszer, a tőgy fejesre történő előkészítése, valamint a gépi fejes alatt, 1-5 pontos skála alapján pontoztam. A húshasznosítású tenyészetben 54 aubrac és 40 charolais üsző temperamentumának pontozását három, illetve négy alkalommal végeztem el, valamint választáskor értékeltem 64 aubrac és 25 charolais borjú vérmérsékletét, a mérlegelésekkel egyidőben. A húsmarhák temperamentumának meghatározására a mérlegtesz-

tet alkalmaztam. A választott állatok közül 18 aubrac és 8 charolais bikaborjút Olaszországban hizlaltak, és ugyanott került sor a vágásukra.

Megállapítottam, hogy tejtermelő szarvasmarha tenyészetekben az 5 pontos teszt alkalmazható a tejelő tehenek fejéskori temperamentumának meghatározására, ugyanakkor - a tapasztalataim alapján - a könnyebb és következetes pontozás érdekében, javasolható a skála pontosabb leírása és bővítése. A vizsgált holstein-fríz és magyar tarka tenyészetekben (egy kivétellel) a legtöbb fejési alkalomkor, a tőgyelőkészítés és a fejés alatt is nyugodtan viselkedtek az elsőborjas és a többször ellett tehenek. A holstein-fríz tehenek reggel és este értékelt temperamentuma között nem volt különbség, sem a tőgyelőkészítés, sem a gépi fejés alatt. A magyar tarka fajtában ugyanakkor a reggeli fejés alatt nyugodtabban viselkedtek a tehenek. A holstein-fríz és a magyar tarka állományokban is gyenge és közepesen szoros összefüggéseket mutattam ki a reggel és este meghatározott vérmérsékleti pontszámok között, amelyek arra utalnak, hogy minden egyes fejéskor indokolt megfigyelni a tehenek viselkedését. Az eredmények azt mutatták, hogy a fejesre történő előkészítés során az elsőlaktációs holstein-fríz tehenek nyugtalanabbak voltak, többlaktációs társaikhoz képest. A gépi fejés alatt azonban már hasonlóan viselkedtek az eltérő laktációjú, holstein-fríz és a magyar tarka egyedek. Annak érdekében, hogy az elsőlaktációs tehenek félelmét csökkentsük a fejés során, valamint a fejesre történő előkészítés is gyorsabban történjen, javasolható a vemhes üszők fejőteremmel és -állásokkal való megismertetése.

Az elsőborjas és a többször ellett tehenek viselkedése különbözik a tőgyelőkészítés és a gépi fejés alatt, továbbá a fejés ezen szakaszaiban meghatározott vérmérséklet nagymértékben függ az egyes tenyészetekben alkalmazott fejési technológiától, a fejők viselkedésétől, valamint a tehenek jólléti állapotától. Ebből arra lehet következtetni, hogy az állatokat különböző eredetű és erősségű ingerek érik a tőgyelőkészítés és a gépi fejés során, amelyekre így eltérő viselkedésbeli válaszreakciót adnak. Mindez arra utal, hogy el kell különítenünk a fejés előtti és alatti szakaszát az állatok viselkedésének megítélése szempontjából.

Az eredmények alapján a holstein-fríz és a magyar tarka fajtára is elmondható, hogy az elsőlaktációs állatok esetében az egyedek genetikailag meghatározott temperamentuma nyilvánul meg a tőgyelőkészítés és a gépi fejés szakaszában is. Vannak olyan egyedek, amelyek viselkedése állandó a laktáció során, míg vannak olyanok, amelyek viselkedése változik a fejések során fellépő ismeretlen környezeti ingerek hatására. Ezzel szemben, a többlaktációs tehenek viselkedése állandóságot mutat a laktáció során, a fejés mindkét vizsgált szakaszában, amely a tapasztaltságukra utal.

A holstein-fríz és a magyar tarka elsőlaktációs tehenek esetében sem egyértelműen bizonyított a vérmérséklet és a tejmenyiség, illetve a fejési sebesség kapcsolata, bár néhány esetben gyenge pozitív összefüggést igazoltam, feltehetően az elsőborjasok laktáció során mutatott egyedileg változó viselkedése miatt. A többször ellett tehenek esetében több esetben (holstein-fríz és magyar tarka fajtában is) kimutatható volt a fejéskori temperamentum és a tejmenyiség, illetve a fejési sebesség közötti kapcsolat, még eltérő telepi körülmények között is, amelynek oka a tapasztalt tehenek laktáció során mutatott kiegyenlített vérmérséklete lehet. Úgy tűnik, hogy minél nyugodtabban viselkednek a tehenek a

tőgyelőkészítés alatt, annál gyorsabban adják le a tejet, illetve minél nyugodtabbak a gépi fejés alatt, annál több tejet adnak le.

Két tenyészetben is kimutattam, hogy minél nyugodtabbak a tehenek a fejésre történő előkészítés alatt, annál nagyobb a tejfehérje tartalma, valamint minél idegesebbek a tehenek a fejés alatt, annál kisebb a tejszírtartalom. A vizsgált állományokban a fejeskori vérmérséklet és a szomatikus sejttség között nem volt összefüggés.

Eredményeim a szakszerű és kíméletes fejési eljárásra hívják fel a figyelmet. Ennek mindenkor megléte és az ideges tehenek termelésből történő kizárása együttesen, a fejés hatékonyságának növelését, valamint a tehenek jólléti állapotának javulását eredményezheti. Elmondható, hogy a fejeskori temperamentum alkalmas a tehenek jólléti állapotának megítélésére a fejés során.

Megállapítható, hogy a vérmérsékletnek helye van az értékmérő tulajdonságok között a tejelő tehenek tenyésztése során. Ennek következtében javaslok a tejelő tehenek fejési vérmérsékletének értékelését a második laktációtól kezdődően, továbbá javaslok az ideges temperamentumú tehenek tenyésztésből történő kizárását.

A húshasznosítású szarvasmarha tenyészetben végzett vizsgálatok során megállapítottam, hogy a mérlegteszt alkalmas a húsmarhák temperamentumának meghatározására. A vizsgálat közel két éve alatt nem mutatott állandóságot sem az aubrac, sem a charolais üszők vérmérséklete, a mérlegteszttel meghatározva, ezért javasolható a vérmérséklet több alkalommal történő meghatározása a húsmarhák temperamentumának pontos megítéléséhez.

Különbséget mutattam ki a charolais és aubrac borjak vérmérséklete között választási korban. Az aubrac borjak nyugodtabbak voltak charolais társaikhoz képest. Ugyanakkor az aubrac és charolais üszők vérmérséklete közötti eltérést egyik fajta javára sem tudtam egyértelműen igazolni.

Az ivar nem volt hatással sem az aubrac, sem a charolais borjak választási temperamentumára.

Az eredmények alapján nincs összefüggés a borjak választáskori temperamentuma és választási súlya, illetve választásig tartó súlygyarapodása között. A borjak választási teljesítménye tehát nem függ a temperamentumuktól, hanem főképp az anyatehenek tejtermelésétől és viselkedésétől.

Az aubrac fajta esetében pozitív összefüggést találtam a borjak választási temperamentuma és a hátsó negyed súlya között. Minél türelmetlenebbek, azaz aktívabbak, voltak a bikaborjak választáskor, annál nagyobb volt a vágott marha hátsó negyed súlya. A vérmérséklet és a hizlalás alatti súlygyarapodás között ugyanakkor nem tudtam összefüggést kimutatni.

Megállapítható tehát, hogy érdemes foglalkozni a vérmérséklet tulajdonsággal a húsmarhák tenyésztése során is, ugyanakkor további vizsgálatok szükségesek a gyakorlat számára megfogalmazható javaslatokhoz.

IMPORTANCE OF TEMPERAMENT AS A SELECTION TRAIT IN DAIRY AND BEEF CATTLE BREEDING IN HUNGARY

ANDREA KOSZTOLÁNYI-SZENTLÉLEKI

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Science
Supervisor: János Tózsér DSc

Intensive technological solutions applied in large-scale farms often result unfavorable physiological and behavioral reactions in cattle, which have negative effects on both welfare and production. Individuals have different abilities to adapt environmental changes. Strength and type of reaction given to different environmental stimuli (such as human effects, housing system) can be described by temperament which reflects the individual personality of the certain animal. To describe temperament of beef cattle, scale test and flight time test are commonly applied as tied and untied tests, respectively. Temperament of dairy cows is mostly evaluated during the milking process, based on frequency of steps and kicks. Temperament of cattle is correlated with manageability, milk and beef production and welfare. Scientific results have proven that nervous animals gain slower compared to calm ones, and quality of their meat is less favorable. Nervous cows are disadvantageous in dairy sector as well since in their case amount of retained milk and length of milking period increase, milk production is less, and milk composition is poorer. Nervous animals are more sensitive to environmental effects so they suffer from stress more often.

The main aim of this study was to describe temperament of cattle during different farm work processes in some Hungarian dairy and beef cattle herds. Temperaments of primiparous and multiparous cows were compared at the morning and evening milking during udder preparation and machine milking. Change of temperament with the progress of lactation period was also evaluated in Holstein Friesian and Hungarian Fleckvieh breeds. Correlation coefficients were calculated between temperament and milk production, milking speed, milk fat and protein content and somatic cell count. In Charolais and Aubrac breeds, effects of age, breed, and sex on temperament was evaluated. Another aim was to examine how the temperament experienced at weaning age affects weaning weight, daily gain, and slaughter results.

Temperament of cattle was evaluated in Hungary in four dairy (three Holstein Friesian and one Hungarian Fleckvieh) and one beef herd. In dairy herds, one scoring per month was carried out through a whole lactation period. Behavior of cows was scored on a 1-5 scores scale at the morning and evening milking twice (during preparation of teats and during the milking period). In the beef herd, 54 Aubrac and 40 Charolais heifers were scored on 3 and 4 weighing occasions, respectively. Temperament of 64 Aubrac and 25 Charolais weaned calves was evaluated in the same herd. Among these, 18 Aubrac and 8 Charolais calves were fattened and slaughtered in Italy, providing carcass value results.

The 1-5 scales system applied in dairy herds is well applicable to evaluate temperament of cows during milking, although, according to the author's experiences, a wider scale and more detailed verbal description of each score would improve

the description of behavior. Usually both primiparous and multiparous Holstein and Hungarian Simmental cows were calm during teat preparation and machine milking in the examined herds, except for one farm. No difference was found between temperament scores of Holstein cows obtained during the morning and evening teat preparation and machine milking period. However, in Hungarian Simmental breed cows were calmer during the morning milking. Both in Holstein and Hungarian Simmental herds, correlations of weak and medium strength were revealed between morning and evening temperament scores, implying that evaluation of behavior is indicated at every milking occasion.

Results imply that during teat preparation multiparous Holstein cows were calmer compared to first lactating ones. During machine milking, no differences were found between temperament cows of primiparous and multiparous cows in either of the breeds. To reduce fear in first lactating cows and to shorten teat preparation period, introduction of milking parlor to in-calf heifers is advised several times before calving.

Temperament during teat preparation and machine milking is different both in primiparous and multiparous groups and depends on milking technology, behavior of milking crew and animal welfare situation on the certain farm. As a conclusion, animals affected by stimuli of different origin and strength during teat preparation and machine milking to which they react with different behavioral responses. These imply that temperament during the preparation and machine milking period shall be evaluated separately.

It was experienced in both breeds that in case of first lactating cows the native temperament is revealed during teat preparation and machine milking. There are cows with permanent behavioral scores throughout the lactation and there are some with temperament score changes resulting from unknown environmental stimulus during milking. Examining results of multiparous cows, temperament scores of individual cows showed no changes during the progress of lactation in either section of the milking process, implying that they are already experienced.

Although in some cases significant, loose positive correlation coefficients were calculated, it seems there were no obvious correlations between temperament scores and milk production and milking speed when examining data of first lactating Holstein and Hungarian Simmental cows. The individual variability of temperament scores during the first lactation can be a reason for this. In case of multiparous cows correlations between milk kg, milking speed and temperament score were significant in most cases in both breeds, despite the different farm circumstances. Author suggests that more constant behavior of more experienced cows during the lactation period can be an explanation for this. It seems that the calmer the cows are during teat preparation, the faster is the milk letdown; and the calmer they are during machine milking process, the more milk can be milked.

It was observed in two of the herds that cows that were calmer during teat preparation had higher milk protein content and those that were nervous during machine milking had lower milk fat concentration. No significant correlation was proven between temperament scores and milk somatic cell count in any of the herds.

Results draw the attention to importance of professional and gentle handling during milking. Providing appropriate milking process and culling of nervous cows together help to increase efficiency of machine milking and improve the welfare

of cows. Scoring temperament during milking process is a suitable method for evaluating welfare in the milking parlor.

It is advised to consider the involvement of temperament into the selection system of dairy cows. To support this, author suggests to score temperament of dairy cows from the second lactation and to cull nervous cows.

Scale test applied in beef herds was proven to be an appropriate method to evaluate temperament of beef cattle. During the approximately 2 years of experiment temperament scores of Aubrac and Charolais heifers varied with time, implying that temperament of cattle should be scored several times to obtain relevant results.

At weaning, significant differences were observed between temperaments of the two breeds, the Aubrac calves being calmer. In case of heifers, there was no significant difference between temperament scores of the different breeds.

Sex had no significant effect on temperament scored at weaning in either of the breeds.

There was no significant correlation between weaning weight, daily gain till weaning, and weaning temperament implying that weaning parameters mostly depend on milk production and maternal behavior of cows and not on calves' temperament.

In Aubrac breed, significant positive correlation was revealed between weaning temperament score and back quarter weight. The more impatient and active the bulls were at weaning, the higher was the back quarter weight at slaughter. Temperament score and daily gain in fattening were not related to each other.

Temperament is an important trait in beef cattle breeding, as well, however, author is planning further investigation to set useful suggestions for temperament scoring in beef farming practice.

KÜLÖNBÖZŐ VEGYÜLETEK HATÁSÁNAK TÖBB GENERÁCIÓN KERESZTÜLI VIZSGÁLATA A ZEBRADÁNIÓ (*DANIO RERIO*) EGYEDFEJLŐDÉSÉRE

KOVÁCS RÓBERT

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Dr. Urbányi Béla DSc, Dr. Csenki-Bakos Zsolt PhD

Az átlagéletkor és az életszínvonal növekedésének következtében folyamatosan nő az egészségünk megóvása érdekében felhasznált gyógyszerek mennyisége, ennek következtében pedig egyre több gyógyszerhatóanyag jut ki a környezetbe. Az antineoplasztikus vegyületek a környezeti mintákban növekvő mennyiségben való megjelenése különösen aggasztó. Ezek a vegyületek igen erőteljes biológia hatással rendelkeznek, így különösen fontos megismernünk a nem célszervezetekre, mint amilyenek a halak is, gyakorolt hatásukat.

Vizsgálataim során négy különböző hatásmechanizmusú antineoplasztikus vegyület toxicitását vizsgáltam zebradánió (*Danio rerio*) modellen. Az 5-fluorouracil (5-FU), a cisplatin (CisP), az etoposide (ET) és az imatinib (IM) esetében is akut

toxicitás tesztet végeztem felnőtt halakon. Emellett zebradánió embriókon vizsgáltam a vegyületek teratogén és letális hatását az embrionális fejlődés során. Vizsgáltam továbbá a cisplatin és az imantinib keverékének toxicitását, valamint összevettem a kapott eredményeket a Bliss-féle független hatás és a Loew-féle koncentráció összeadódás predikciós módszerek eredményeivel. További toxicitás vizsgálatokat végeztem az 5-fluorouracil és az imatinib esetében az anyagok halak korai életszakaszában megfigyelhető hatásainak megismerésére. Emellett pedig ugyanezen két vegyület esetében több generáción keresztül is vizsgáltam a halak fejlődésére gyakorolt hatásukat, a környezeti koncentráció tartományában is.

Eredményeim alapján felnőtt halakra a legtoxikusabbnak a CisP bizonyult. 96 órás kitettség mellett az LC50 érték 64,5 mg/l volt. Az embriók vizsgálata során a cisplatin bizonyult a legmérgezőbbnek, már 27,5 mg/l-es koncentrációnál a fejlődő embriók fele nem tudott kikelni. A letalitás szempontjából az IM hatása volt a legerősebb, 120 órás expozíció esetén 65,9 mg/l volt az LC50 érték. A CisP és az IM keverékének vizsgálatakor a prediktív modellekhez képest csaknem kétszerese volt a keverék valós letális hatása az embriókra. Az 5-FU korai életszakasz teszt során igazolhatóan csökkent a fiatal halak túlélése a 10 mg/l-es kezelés hatására, valamint az 1 mg/l-es csoportban a halak standard testhossza szignifikánsan nagyobb volt a kontrolhoz képest. Az IM esetében a pusztulás ugyancsak a 10 mg/l-es kezelésnél bizonyult szignifikánsan különbözőnek a kontroltól, a halak testparamétereiben azonban nem volt látható különbség. A többgenerációs kezelések hatására az 5-FU-val kezelt felnőtt halak F1 generációjának testtömege igazolhatóan kisebb volt a 10 ng/l-es koncentrációban, míg az 1 µg/l és a 100 µg/l kezeléseknél halak testtömege nagyobb volt a kontrolhoz képest. Az IM esetében pedig az F2 generáció egyedeinek túlélése csökkent szignifikánsan a 10 ng/l-es, a 1 µg/l-es és a 100 µg/l-es kezelések esetében is.

Eredményeim alapján látható volt, hogy a vizsgált vegyületek, bár rövid kitettség esetén nem bizonyultak toxikusnak a halakra hosszútávú, több generációs expozíció alatt már jelentős hatásuk volt az állatok fejlődésére, még nanogrammos koncentráció tartományban is.

THE EFFECTS OF DIFFERENT CHEMICALS THROUGH MULTIGENERATION EXPOSURE ON ZEBRAFISH (*DANIO RERIO*) DEVELOPMENT

RÓBERT KOVÁCS

Szent Istvan University, Gödöllő

Doctoral School of Animal Science

Supervisors: Béla Urbányi DSc, Zsolt Csenki-Bakos PhD

Due to the increase of average age and standard of living of the humankind, the consumption of different pharmaceuticals has been rising continuously. Therefore, more and more drugs get into the environment. The increase of antineoplastic agents in environmental samples is particularly worrying. Because of the biological activity of these drugs, it is very important to learn more about potential effects of these agents on the non-target organism.

Four antineoplastic drugs toxicity were studied on zebrafish (*Danio rerio*). Acute toxicity of 5-fluorouracil (5-FU), cisplatin (CisP), etoposide (ET) and imatinib mesylate (IM) were tested on adult fish. Further acute tests were done to investigate lethal and teratogenic effects on zebrafish embryos. In case of cisplatin and imatinib, binary mixtures toxicity was tested and Loewe compared results with results of Bliss independence model and concentration addition predictive model. Sub-chronic toxicity tests were carried out to investigate effects of 5-fluorouracil and imatinib on the early life stage of zebrafish. Besides, effects of these two chemicals were studied in multi generation experiments with environmental concentration range.

In case of acute adult test CisP was the most toxic agent. 96 hours LC50 estimated to be 64.5 mg/l. Cisplatin was the most toxic in embryo assays as well. Hatching inhibition has been investigated by half of the population by 27.5 mg/l concentration level. LC50 of IM value was the lowest during embryo test; 120 hours LC50 estimated to be 65.9 mg/l. Investigated lethality rate of CisP and IM mixtures were almost two times higher on embryos than Bliss and Loewe models predicted. Lethality of fish was increased in 10 mg/l treatment as standard body length was significantly increased during early life stage test of 5-FU. In case of 10 mg/l treatment lethality was significantly higher during early life stage test of IM.

After multi generation exposure, the 5-FU treatment caused a significant decrease of body weight of F1 generation adult zebrafish in 10 ng/l treatment and a significant increase in 1 μ g/l and 100 μ g/l treatments. In the other multi generation experiment, a significant increase of F2 generation fish mortality was investigated in 10 ng/l, 1 μ g/l, and 100 μ g/l groups after long term IM treatment.

Toxicity of the four investigated antineoplastic drugs were low after short term exposure but after long-term, multi generation exposure their influence on the development of fish, even in nanogram concentration, was significant.

A PIACKÉPES JUHHÚSTERMELÉST MEGALAPOZÓ VIZSGÁLATOK

BOKOR BEÁTA

Szent István Egyetem, Gödöllő
Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola
Témavezető: Dr. Póti Péter PhD

Kutatómunkám a juhhús előállítás piacképességére ható egyes tényezők vizsgálatára irányult. Értékeltem a bárányhizlalást, húsminőséget és a szaporaságot befolyásoló faktorokat, valamint az Agrárgazdasági Kutatóintézet Tesztüzemi adatai alapján a juhágazat résztvevőinek összetételét, a létszámadatok és jövedelmezőség tendenciáit. Üzemi kísérletben vizsgáltam különböző genotípusú (magyar merinó, német húsmerinó, német feketefejú) juh fajták hizlalási tulajdonságait és növekedési intenzitását. A vizsgálatok 2014 és 2015 között történtek Törtelen.

A vizsgálat eredményeként megállapítottam, hogy a magyar merinó bárányok intenzív felnevelés során a német húsmerinó fajtaéhoz közel azonos teljesítményt nyújtottak. Vizsgálatom során a német húsmerinó kosbárányok átlagos napi súlygyarapodása a hizlalásba állítástól a 100. napig 362 g/nap volt, ami meghaladta

a hazai átlagértékét. Kiemelkedő volt a német feketefejű bárányok átlagos súlygyarapodása is, 381 g/nap, ami messze meghaladta a Domanovszky és Székely (2000) közleményében megadott 299,51 g/nap értéket. Megfelelő üzemi körülmények között tartva a magyar merinó bárányok a jelenlegi kissúlyú tejesbárány kategóriánál nagyobb végsúlyra is hizlalhatók, ezáltal az európai piac bővíthető.

Értékeltem a német húsmerinó kosbárányok hízekonysági teljesítményét a vérmérséklet és egyes vérparaméterek összefüggésének tükrében. Megállapítottam, hogy különböző vérmérsékletű bárányok hizlalási teljesítménye jelentős eltérést mutatott a hizlalás alatt. A nyugodt vérmérsékletű bárányoknak nagyobb volt a hizlalás végi súlya (38,1 kg) és a hizlalás alatti súlygyarapodása (466,7 g/nap), mint az ideges vérmérsékletű bárányoknak (33,2 kg, 345,4 g/nap; $p < 0,05$). Vizsgálatom kiterjedt a két csoport egyes vérparamétereinek (szérum fruktózaminszint, karbamidszint) mérésére is. Megállapítottam, hogy a karbamidszint az ideges vérmérsékletű csoportban jelentős, 43,52%-kal nagyobb értéket mutatott a nyugodt csoporthoz képest. A szérum fruktózamin koncentrációja ugyancsak jelentős, 41,58%-kal magasabb értékeket mutatott az ideges vérmérsékletű bárányok esetén, ami jelzi az energiatermelő folyamatok ismétlődő, fokozott működését.

Magyar merinó és német húsmerinó hízóbárányok vágási és húsminőségi tulajdonságainak vizsgálata során megállapítottam, hogy a magyar merinó bárányok húsa porhanyósabb, mint a német húsmerinó bárányoké. A hús színének vizsgálatakor a magyar merinó bárányok hússzíne bizonyult világosabbnak, ami a fogyasztói preferenciát befolyásoló tényezők egyike.

Értékeltem eltérő genotípusú juhok életteltjesítményének alakulását a bárányszaporulat alapján.

Megállapítottam, hogy sűrített elletés hatására a német húsmerinó anyajuhok életteltjesítménye szignifikánsan felülmúlta a magyar merinó anyajuhokét, szakszerű tartás és takarmányozás mellett. A német húsmerinó és a magyar merinó anyák termelésben eltöltött ideje között nincs szignifikáns eltérés, jelentős arányú anyajuh kikerülés a 6. ellés után történt, ami összhangban van azzal, hogy a juhok optimális termelése az 5-6. ellés között van. Javasolom a német hús- és magyar merinó szelekciója során a szaporaságot és az életteltjesítményt hangsúlyosabban figyelembe venni, és a legnagyobb életteltjesítményű anyák kos- és jerkebárányait tenyésztésbe venni, különös tekintettel a német húsmerinó fajta 8. ellést követően születetett bárányait.

Az AKI tesztüzemi adataira alapozott vizsgálatomból megállapítottam, hogy a kis gazdasági méret az egyéni és társas gazdaságoknál is kifejezetten érzékelhető, ami a versenyképességet rontó tényező.

STUDIES FOR THE MARKETABLE MUTTON PRODUCTION

BEÁTA BOKOR

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Science
Supervisor: Péter Póti PhD

The possibilities of profitable sheep meat production was studied. The analysed data was provided by the Research Institute of Agricultural Economics (AKI) test farm system of individual and cooperative farms separately from an economical point of view. The fattening and growth traits of different genotypes of sheep breeds (Hungarian merino, German mutton merino, German black-headed mutton) were investigated in a farm performance test. The experiment took place in Törtel, Hungary, between the years 2014 and 2015.

According to the results, during intensive fattening Hungarian merino lambs show almost equal production than German mutton merinos, and the growth intensity of German black-headed muttons was higher than of the merino breeds. The average daily weight gain of German mutton merino rams from the starting of the performance test till the 100th day was 362 g/day, so higher than the Hungarian average. The average weight gain of German black-headed muttons was 381 g/day, so much higher, than the 299.51 g/day, as reported by Domanovszky and Székely (2000). In conclusion it can be stated that even the Hungarian merino lambs if those are kept in suitable farm condition can be fattened to a higher body weight than the lightweight suckling lambs, which can broaden the European market.

The fattening capacity of German mutton merino ram lambs in correlation with their temperament and given blood parameters was also analysed. According to the results, fattening performance of lambs belonging to different temperament categories differed significantly. The finishing weight (38.1 kg) and the daily weight gain during fattening (466.7 g/day) was higher of the calm lambs than the nervous ones (33.2 kg, 345.4 g/day; $p < 0.05$).

Some blood parameters (serum fructoseamine and urea level) were also determined in the two temperament groups, as well. Urea level was 43.52% higher in the nervous group than in the calm one. Serum fructoseamine level also was higher, with 41.58% in case of nervous lambs, which also indicates, that repeated, intensified energy consuming processes are working.

The slaughtering and meat quality traits of Hungarian merino and German mutton merino lambs were also investigated. There was no significant difference between the two breeds in the case of slaughter weight, but in case of finishing weight, slaughter percentage and weight of the cold carcass the German mutton merinos showed better results. There was also no statistically significant difference between the two breeds in drip loss, meaning the water quantity extracted by gravitation. In case of mutton water-binding capacity is not important, as industrial processing is minimal. When measuring chew ability of the meat (Warner-Bratzler value) the Hungarian merino lambs showed more favourable value. Meat colour of Hungarian merino lambs was lighter, L-average value was 41.56, by the CIELab system.

The lifetime production of ewes belonging to different genotypes based on lambing was also studied. I suggest taking into account reproduction and lifetime

production more seriously in the selection of ewes, and involving in breeding the ram and ewe lambs born from the best life production dams, in particular lambs born after the 8th lambing in German mutton merino breed.

I have concluded from my study, which was based on test farm data of the Research Institute of Agricultural Economics (AKI) that small farm size is specific for both individual and cooperative organisations, which decreases their competitiveness, and marketability of farms keeping 300-500 ewes is more sustainable.

A HALSPERMA VIZSGÁLATÁRA ALAPOZOTT TOXIKOLÓGIAI TESZT-RENDSZEREK KIALAKÍTÁSA

KOLLÁR TÍMEA

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Dr. Horváth Ákos PhD, Dr. Csenki-Bakos Zsolt PhD

A halsperma számos olyan előnyös tulajdonsággal rendelkezik, amelyek alkalmas modellé teszik *in vitro* toxikológiai vizsgálatokhoz (nem invazív kinyerés, mérhető paraméterek, dózis-hatás összefüggés stb.). Ennek köszönhetően számos olyan publikáció jelent meg, amelyekben halspermát használtak fel toxikológiai tesztrendszerként, ám ezeket a kísérleteket nem egységes módszertan szerint végezték el (sperma kezelése, mért változó, expozíciós idő stb.), ezért eredményeik összehasonlítása nehézségekbe ütközik.

A doktori munka során egy olyan, a halspermium vizsgálatára alapozott *in vitro* toxikológiai tesztrendszert alakított ki, amellyel hét nehézfém (króm, cink, réz, kadmium, nikkel, higany és arzén) zebradánió- és pontysperma motilitási paramétereire, valamint a zebradánió-sperma termékenyítőképességére, az embriók túlélésére és a deformitások kialakulására kifejtett hatását vizsgálta. A sperma motilitási paramétereinek vizsgálata során megállapította, hogy a progresszív motilitás (PMOT) a legérzékenyebb: mind a hét vizsgált nehézfém esetében, dózis-hatás, valamint idő-hatás összefüggést tapasztalt mindkét halfaj spermáján. A spermiumok mozgási sebessége (VCL) kevésbé érzékeny végpontnak bizonyult, a spermiumok mozgásának egyenessége (LIN) pedig a legkevésbé érzékenynek. A zebradánió- és pontyspermával kapott eredményeket összehasonlítva megállapította, hogy a nehézfémek közül hat esetében ugyanabban a koncentráció-tartományban volt toxikus hatás megfigyelhető, míg az arzén esetében alacsonyabb koncentráció-tartomány alkalmazása volt szükséges a toxikus hatás kiváltásához ponty fajban. Elsőként írta le a zebradánió-sperma esetében hat nehézfém (króm, cink, réz, nikkel, higany és arzén), pontynál pedig négy nehézfém (króm, réz, nikkel, arzén) motilitásra kifejtett *in vitro* hatását. Az arzén spermára kifejtett hatását pedig eddig még egyetlen halfajban sem vizsgálták.

A kidolgozott protokollal elvégezte a zebradánió-sperma termékenyítőképességének, az embriók 48 órás korban vizsgált túlélésének, valamint az embrionális deformitások arányának vizsgálatát a sperma azonos koncentrációjú nehézfém-kittettséget követően. A zebradánió-sperma esetében erről eddig nem rendelkezünk irodalmi adatokkal; az arzén és cink ezirányú hatását pedig eddig még egyetlen

halfaj esetében sem vizsgálták. Megállapította, hogy a nehézfémekkel terhelt spermával termékenyítve a termékenyülési százalék csökken, a fejlődő embriók életképessége és a deformitások aránya azonban nem változott szignifikáns mértékben az embriók 48 óráig. Általánosságban tehát elmondható, hogy a sperma motilitási paramétereinek vizsgálata számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik. (1) A motilitás vizsgálat bármikor elvégezhető. (2) A motilitás vizsgálat eredménye nem függ az ikra minőségétől és ezáltal megbízhatóbb eredményt ad. (3) A mozgási paraméterek valós időben jelzik a spermát érő toxikus hatásokat.

DEVELOPMENT OF TOXICOLOGICAL TEST SYSTEMS BASED ON FISH SPERM ANALYSIS

TÍMEA KOLLÁR

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Science

Supervisors: Ákos Horváth PhD, Zsolt Csenki-Bakos PhD

Fish sperm has some advantages which make it a suitable model to *in vitro* toxicological examinations (non-invasive stripping, measurable parameters, dose-response reaction etc.). Consequently, numerous studies have been carried out on the use of fish sperm in toxicological tests, however, these experiments have not been carried out with standardised method (handling of sperm, measured variables, exposure time etc.), thus, a comparison of their results is difficult.

During the doctoral research an *in vitro* toxicological test system was developed based on fish sperm analysis, and used it to investigate the effect of seven heavy metals (chromium, zinc, copper, cadmium, nickel, mercury and arsenic) on motility parameters of zebrafish and common carp sperm, furthermore, on fertilizing ability of zebrafish sperm, on embryonic survival and developing of embryo deformities fertilized with exposed sperm. Through the examination of sperm motility parameters, the progressive motility (PMOT) was the most sensitive one, dose-response and time-response was found in all of the seven tested heavy metals on sperm of both cyprinids. The velocity of sperm (VCL) proved to be less sensitive, while the linearity of the moving of spermatozoa (LIN) was the least sensitive endpoint. Comparing the results of zebrafish and common carp sperm, it can be concluded that the effect of toxicants was observed in the same range of concentrations in cases of six heavy metals. A lower range of concentrations was needed to trigger toxic effect only in case of arsenic in common carp. This was the first investigation in the literature regarding the *in vitro* effect of six heavy metals (chromium, zinc, copper, nickel, mercury and arsenic) on zebrafish sperm motility and of four heavy metals (chromium, copper, nickel and arsenic) on common carp sperm motility. The effect of arsenic on sperm has not been investigated in case of any fish species until now.

Further investigations were carried out on the fertilizing capacity of zebrafish sperm, on the 48-hour embryo survival and on the development of embryo deformities followed by heavy metal exposure of sperm at the same concentrations. There are no previous information was available concerning these effects of

exposed zebrafish sperm, moreover, the effect of arsenic and zinc has not been examined in any fish species until now. It can be concluded that the fertilization rate following fertilization with sperm exposed by heavy metals decreases, however, the survival of developing embryos and embryo deformities did not change until the age of 48-hours of the embryos. In general, sperm motility parameters has some advantages over the examination of fertilizing capacity. (1) Assessment of motility can be carried out any time. (2) Results of motility analysis do not depend on the quality of eggs, thus, they can give more reliable results. (3) Motility parameters can be used for the detection of toxic effects in sperm in real time.

MINTAPROGRAM A LÁPI PÓC (*UMBRA KRAMERI* WALBAUM, 1792) IN SITU ÉS EX SITU VÉDELMEK MEGALAPOZÁSÁRA

TATÁR SÁNDOR

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Müller Tamás PhD, Specziár András PhD

A lápi póc populációk elterjedési területe jelentősen csökkent az elmúlt másfél évszázadban és napjainkban is további veszélyeknek vannak kitéve élőhelyeik elvesztése, átalakítása és az inváziós halfajok térhódítása miatt. A Lápi póc Fajvédelmi Mintaprogram az első olyan átfogó, komplex természetvédelmi projekt, mely célul tűzte ki a veszélyeztetett állományok mentését, a fogságban történő szaporítást és nevelést, helyettesítő élőhelyek létrehozását, a mentett és fogságban nevelt állományok visszatelepítését, és a veszélyeztetett természetes póc populációk állományerősítését. A kidolgozott *ex situ* szaporítás és ivadéknevelés nagymértékben segítheti a faj populációinak megerősítését, és lehetővé teszi a lápi póc igényeinek megfelelő élőhelyek újranevelését. Védett környezetben növekedésük jelentősen meghaladja természetes vízrendszerekben élő társaikét, ezért a telepítést követő évben már leívhathatnak a halak. Új, helyettesítő élőhelyek létrehozásával sikerült olyan önfenntartó, genetikai identitásukat megőrző törzsállományokat létrehozni, melyek egyrésztől hosszú távon stabil hátteret adnak a további szaporítások és kísérletek számára, másrészt donorként szolgálhatnak a természetes populációk állományainak megerősítéséhez. A 8 újonnan létesített élőhelyből az 5, előzetesen megfelelőnek értékelt és benépesített víz mindegyikében sikeresen megtelepedtek a halak. A Szadai Mintaterület telepített Illés-tavaiban több esetben is sikerült kimutatnunk három lápi póc generáció (mentett és saját szaporítású/nevelésű halak, plusz természetes szaporulat) együttes jelenlétét. Monitoring adataink alapján megállapítható, hogy a vizekben önfenntartó állományok jöttek létre. A mesterséges szaporulat és a helyettesítő élőhelyek ivadékaik elegendők voltak a természetes élőhelyek állományainak megerősítésére. A mentett halak mennyiségének ($n=42$) sokszorosát telepítettük ki ivadékként a laboratóriumi nevelést követően ($n=271$), illetve a III. sz. Illés-tóból ($n=257$) az anyahalak származási helyeire. Ezen felül összesen 1186 tanszéken nevelt lápi pócot helyeztünk ki a Szadai Mintaterület vizeibe.

IN SITU AND EX SITU PILOT CONSERVATION PROGRAMME OF THE EUROPEAN MUDMINNOW (*UMBRA KRAMERI* WALBAUM, 1792)

SÁNDOR TATÁR

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Science

Supervisors: Tamás Müller PhD, András Specziár PhD

The range of the European mudminnow has declined significantly over the last 150 years. Nowadays the main threats to the species are habitat loss, disturbance and the spread of invasive fish species. The European mudminnow Conservation Pilot Programme (from the year 2008) is the first comprehensive species conservation programme that includes rescuing individuals from threatened populations, captive breeding and rearing, creation of new habitats, introduction of saved and captive-bred stocks to surrogate habitats, and reinforcement of threatened parent populations. Our new ex situ methods for propagation and larvae rearing are effective tools for population reinforcement and reintroduction of mudminnow in suitable sites. The mean growth rate of individuals bred in the laboratory was significantly higher than that of mudminnows of natural waters. Therefore they are able to reproduce the next year. We created new surrogate habitats containing self-sustaining stocks with unique genetic pools, which on the one hand enable further propagations and research, and on the other hand help to reinforce natural populations. Marshland fish were settled in 5 Illés Ponds initially determined to be suitable environments for fish conservation. We observed three generations of mudminnow (saved parent fish, captive-bred and released individuals, and offspring born in the new habitat) together in the Illés Ponds several times. Our results shows that permanent self-sustaining populations established in ponds. Laboratory-bred offspring and fry from surrogate habitats were sufficient to reinforce threatened populations in natural habitats. The number of mudminnows (captive bred: $n=271$, offspring of Illés Pond III: $n=257$) introduced to the parent's original habitat was higher than that of the number of saved individuals ($n=42$). In addition, we released a further 1186 captive bred fish into waters of the Szada Pilot Area.

A MIKOTOXINOK KEDVEZŐTLEN HATÁSÁT MÉRSÉKLŐ FITOBIOTIKUM HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA BAROMFIBAN

MANGESH NAKADE

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztési-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Dr. Balogh Krisztián PhD, Balláné Dr. Erdélyi Márta PhD

A takarmány alapanyagokat, így a gabonaféléket, gyakran fertőzik penészgomba fajok, amelyek mikotoxinokat is termelnek. A mérsékelt égövön a *Fusarium* fajok által termelt trichotecén-vázás mikotoxinok, így a deoxinivalenol (DON) és a T-2 toxin, míg trópusi és szubtrópusi területeken az *Aspergillus* fajok által termelt aflatoxinok (aflatoxin B₁, AFB₁) jelentenek komoly problémát. Ezen mikotoxinok

gazdasági állatokra gyakorolt hosszútávú hatása jól ismert, szubletális dózisaik rövidtávú, az antioxidáns védőrendszerre és a lipidperoxidációs folyamatok intenzitására gyakorolt hatása viszont még kevésbé feltárt.

Brojlersirkékkel és tojótyúkokkal végzett vizsgálataim célja az említett mikotoxinok prooxidáns, valamint a biológiai antioxidáns védőrendszerben kitüntetett szerepet betöltő glutation redox rendszer mennyiségére és aktivitására gyakorolt rövidtávú hatásának felmérése volt.

A fitobiotikumok olyan bioaktív hatóanyagokat tartalmazó gyógynövény eredetű készítmények, amelyeket a gazdasági állatok szervezetére gyakorolt sokrétű hatásuk miatt, alternatív hozamfokozóként gyakran alkalmaznak. A mikotoxinok prooxidáns hatását mérséklő és az antioxidáns védőrendszer működését segítő hatásai azonban még kevésbé feltártak. Kutatásom során egy kereskedelmi forgalomban lévő, hét növény illóolaját és két növény glicerines kivonatát tartalmazó fitobiotikum különböző dózisainak hatását is vizsgáltam.

Az elvégzett kísérletek során felmértem a rövidtávú (2 napig tartó) aflatoxin terhelés (125 µg AFB₁/kg) tojótyúkokra, továbbá a T-2 toxin (3,74 mg/kg) és DON (16,12 mg/kg) terhelés három hetes brojlersirkékre gyakorolt hatását a fitobiotikum készítmény egyidejű adagolása (600 mg/kg) mellett. Vizsgáltam továbbá a fitobiotikum különböző koncentrációival (300-600-1500 mg/kg) végzett kéthetes előkezelést követően a T-2 toxin (1,13 mg/kg), illetve az aflatoxin terhelés (140 µg AFB₁/kg) hatását brojlersirkékben. A kísérletek során a mintavételekre a mikotoxin terhelés kezdetét követően 12 óránként került sor. Minden alkalommal vér, majd *post mortem* máj, lép és vese mintákat gyűjtöttünk. A vérplazmából, illetve a vörösvérsejt 1:9 hemolizátumból, továbbá a máj-, lép- és vese 1:9 homogenizátumokból meghatároztuk a lipidperoxidációs folyamatok kezdeti szakaszát jelző konjugált dién és -trién tartalmat /kizárólag a májból/, a folyamat metastabil végtermékének, a malondialhidridnek (MDA) a koncentrációját, valamint a glutation redox rendszer paraméterei közül a redukált glutation (GSH) koncentrációt és a glutation-peroxidáz (GPx) aktivitást.

Az AFB₁ a vizsgált koncentrációban a lipidperoxidációs folyamatok terminációs fázisát jelző MDA koncentráció növekedését eredményezte a vérplazmában és a vörösvérsejt hemolizátumban, ugyanakkor a rövidtávú terhelés során a májban és vesében hasonló változás nem volt kimutatható. Ezzel párhuzamosan a glutation redox rendszer aktiválódása is megfigyelhető volt, elsősorban az aflatoxin terhelés kezdetét követő 12. órai mintavétel alkalmával.

Az AFB₁ terhelés a vizsgált fitobiotikummal kombináltan mérsékeltebb oxidatív stresszt (kisebb MDA koncentrációt) eredményezett tojótyúkok esetében, valamint a brojlerekkel folytatott vizsgálat során is a vesében és a vörösvérsejt hemolizátumban.

A T-2 toxin, illetve a DON alkalmazott koncentrációi ugyancsak prooxidáns hatásúnak bizonyultak a brojlerekkel végzett kísérletek során. Az alkalmazott fitobiotikum készítmény viszont csak akkor bizonyult hatékonynak (eredményezett kisebb MDA koncentrációt) a mikotoxinok által előidézett prooxidáns hatással szemben, ha azt a mikotoxin expozíciót megelőző két hét során is fogyasztották az állatok. Rövidtávú T-2 toxin terhelés hatására aktiválódott a brojlersirkék glutation redox rendszere, amelyet a GSH koncentráció emelkedése és a GPx aktivitás növekedése is jelzett a máj és vese homogenizátumokban.

STUDY ON THE EFFICIENCY OF CERTAIN PHYTOBIOTICS TO REDUCE THE DETRIMENTAL EFFECTS OF MYCOTOXINS IN POULTRY

MANGESH NAKADE

Szent István University, Gödöllő

Doctoral School of Animal Husbandry

Supervisors: Krisztián Balogh PhD, Márta Erdélyi PhD

Feed components such as grains are often infected with mold species, which produce mycotoxins as well. Under temperate climatic conditions trichothecene-type *Fusarium*-mycotoxins such as deoxinivalenol (DON) and T-2 toxin are the most frequent, while aflatoxins (aflatoxin B₁; AFB₁) produced by *Aspergillus* species are typical of tropical and subtropical countries.

The long-term effect of these mycotoxins on domestic farm animals is well known, however only rare information is available about the short-term effect of sublethal doses on antioxidant defense system and intensity of lipid peroxidation processes.

The aim of my experiments carried out with chicken was to survey the prooxidant effect of the mentioned mycotoxins, and their short-term effects on quantity and activity of glutathione redox system, which play prior role in the biological antioxidant defense system.

Phytobiotics are herbal-origin products, containing bioactive compounds, which – due to their multiple effect on farm animals – are often applied as alternative methods, to improve productivity.

There is only a few information about the ability of these phytobiotics to moderate the effects of mycotoxins or enhance the activity of antioxidant defense system. During my survey I examined the effect of different doses of a commercial phytobiotic product containing essential oils of 7 and glycerol-extract of 2 herbs.

During my experiments I studied the short-term (2 day-long) effect of aflatoxin (125 µg AFB₁/kg) on laying hens, and effect of T-2 toxin (3.74 mg/kg) and DON (16.12 mg/kg) on 3-week-old broiler chicken with subsequent supplementation of the herbal product (600 mg/kg)

Effects of T-2 toxin (1.13 mg/kg) and aflatoxin (140 µg AFB₁/kg) were also examined in broilers after a two-week-long pre-treatment with different doses (300-600-1500 mg/kg) of phytobiotics.

Samplings were carried out in every 12 hours after the start of the experiments. Blood and *post mortem* liver, spleen and kidney samples were taken on each occasion.

Concentration of malondialdehyde (MDA) a metastable end-product of lipid peroxidation processes and concentration of reduced glutathione (GSH) and activity of glutathione-peroxidase (GPx) among the parameters of glutathione redox-system were measured in blood-plasma, 1:9-fold red blood cell (RBC) haemolysate, and 1:9-fold homogenates of liver, spleen and kidney. Conjugate dienes and -triens, as indicators of the initiation phase of lipidperoxidation processes, were only determined in liver homogenates.

In blood plasma and RBC haemolysates, the applied dose of AFB₁ resulted elevated MDA concentration, which is the indicator of the terminal phase of lipid peroxidation. However, no such effect was found in liver or in kidney in my short-term study.

Parallel activation of glutathione-redox system was also observed, primarily 12 hours after the start of the experiment.

Combination of AFB₁ and phytobiotics resulted moderate oxidative stress (lower MDA concentration) in layers and in kidney and RBC haemolysate of broilers.

The applied concentrations of T-2 toxin and DON appeared to have prooxidant effect in the experiment carried out with broilers. The applied phytobiotics proved to be efficient against harmful effects of mycotoxins (resulting in lower MDA concentration) only in case of the 2-week long pre-treatment before mycotoxin intake. As short-term effect of T-2 toxin intake, glutathione-redox system of broiler chickens was activated, as shown by the elevated GSH concentration and GPx activity in liver and kidney homogenates.

KÜLÖNBÖZŐ ENDOGÉN ÉS EXOGÉN TÉNYEZŐK HATÁSA A NYERS TEVETEJ (*CAMELUS DROMEDARIUS*) FŐBB BELTARTALMI ÖSSZETEVŐIRE

FÁBRI ZSÓFIA NÓRA

Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola

Témavezetők: Dr. Varga László DSc, Dr. Nagy Péter Pál CSc

Vizsgálatainkat a világ legjelentősebb tevetej-termelő integrált telepén, Dubajban, az Egyesült Arab Emirátusokban végeztük. A farmon nagyüzemi körülmények között intenzív tevetartás folyik. Munkánk célja az egyedi tejminták főbb kémiai összetételének 5 éven át történő nyomon követése mellett, intenzív tartási körülmények között, a tevetej összetételét befolyásoló endogén és exogén tényezők meghatározása volt.

A vizsgálatok során, 2009 májusa és 2013 decembere között, 963 mintavételi napon 1.528 állattól összesen 18.158 db egyedi tejminta vételére került sor. Egy fejős tevétől átlagosan 12 db mintát vettünk. A MilkoScan FT120 készülékkel elemzett egyedi tejminták legfontosabb összetevőinek átlagértékei az alábbiak szerint alakultak: zsír: 2,58%, fehérje: 2,95%, laktóz: 4,19%, zsírmentes szárazanyag: 8,08%, összes szárazanyag: 10,46%.

A tevetej főbb összetevői (zsír-, fehérje-, laktóz-, zsírmentes és összes szárazanyag-tartalom) ellés utáni, valamint szezonális változásának részletes leírását követően elkészítettük az eddigi legátfogóbb elemzést, mely segíthet tisztázni a tevetej összetételével foglalkozó publikációk ellentmondásos eredményeit. A tevetej összetételét befolyásoló tényezők (ellésszám, fajta, utód neme, laktáció stádiuma, szezon, év) részletes és kritikus elemzése állandó tartási és takarmányozási viszonyok között történt.

Az adatok statisztikai értékelése nyomán megállapítottuk, hogy a tevetej összetételét szignifikánsan és markánsan befolyásolja az ellések száma, a laktáció stádiuma és a szezon, ugyanakkor az állat fajtája/típusa, az utód neme, valamint a vizsgálat éve szintén szignifikáns, de biológiai értelemben kevésbé jelentős hatást gyakorol a tejösszetételre.

Ebben az állatfajban elsőként bizonyítottuk az utód ivarának tejösszetételt befolyásoló szerepét, továbbá azt is, hogy az első ellésű dromedárok tejének összetétele jelentősen eltér a többször ellett állatokétól. A nappalok hosszának viszonylag kismértékű éves változása, valamint a közel állandó táplálóanyag tartalmú takarmányozás ellenére a tejösszetétel jelentős szezonális ingadozást mutatott. Feltételezésünk szerint a tejösszetétel szezonális változása részben a belső, biológiai óra által generált, endogén ritmus tejmirigyre jellemző megnyilvánulási formája.

ENDOGENOUS AND EXOGENOUS FACTORS AFFECTING THE COMPOSITION OF RAW CAMEL'S (*CAMELUS DROMEDARIUS*) MILK

ZSÓFIA NÓRA FÁBRI

Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár

Wittmann Antal Multidisciplinary Doctoral School of Plant, Animal, and Food Sciences

Supervisors: László Varga DSc, Péter Nagy PhD

The first large-scale dairy camel farm in the world was established in Dubai, UAE (25°N, 55°E), in 2006. The camels on the farm are kept under intensive management conditions. The aims of this study were to monitor the changes in gross chemical composition of individual dromedary camel milk over a 5-year period, to provide reference values, and to determine the effect of genetic and non-genetic factors influencing camel milk composition under intensive management conditions.

A total of 1,528 lactating camels were included in the investigations, and 18,158 individual milk samples were collected between May 2009 and December 2013. Animals were fed a diet with nearly the same nutrient content, and were milked twice daily in a herringbone parlor. On average, twelve milk samples were collected from a lactating camel. The gross chemical composition of raw camel milk samples was determined with an automated milk analyzer (MilkoScan FT 120). The mean values for fat, protein, lactose, total solids (TS), and non-fat solids (NFS) concentrations of the individual milk samples were as follows: 2.58%, 2.95%, 4.19%, 8.08%, and 10.46% respectively.

Milk quantity showed a positive correlation with lactose content and negative correlation with all other components. Parity exerted a strong effect on all milk parameters. Milk composition varied among the seven breeds tested, but none of the genotypes was found superior to the others in this respect. Significant, yet small calf gender-biased differences in milk yield and composition was detected. Stage of lactation and season strongly influenced the milk yield and all of the measured milk components. There was also significant interaction between post-partum month and month of the year.

Mean fat, protein, NFS, and TS concentrations showed high seasonal variation (9.5 to 28.7%), with the lowest and highest values being measured during summer and winter, respectively. This seasonal variation was independent of nutrition and may reflect an endogenous circannual rhythm. However, there was noticeable variation among the years, as well.

ÚTMUTATÓ A KÉZIRATOK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

A kézirat beküldése

A kéziratok szöveges részének **magyar VAGY angol** nyelven, míg a cikkek címének, az összefoglalónak, a táblázat- és ábraszövegeknek, továbbá a szerzők munkahelyének és postai címének **magyar ÉS angol** nyelven kell elkészülnie, figyelemmel a következőkre:

— A cikkek első változatát (összesen **legfeljebb 12 oldal**, oldalanként 30 sor, soronként 58–60 betű terjedelemben, plusz a táblázatok és az ábrák), számozott sorokkal kell a szerkesztőségnek megküldeni elektronikus formában. (sipiczki.bojana@athk.naik.hu). Szöveg: Times New Roman, 12-es betűtípus, Sortáv: szimpla

— Az **elfogadott közlemények javítások utáni** végső változatát (szöveges rész, táblázatok, ábrák, fényképek (eredeti kép, fekete-fehérben közöljük, a színes fotó megjelentetéséért a szerzőnek fizetni kell)) **elektronikus verzióban** (e-mail) kell beküldeni. (sipiczki.bojana@athk.naik.hu)

— Az összefoglalókat, a táblázatokat és az ábrákat a szövegbe, a helyükre beillesztve kérjük elküldeni.

— A kéziratban új bekezdések, al- és fejezetcímek, továbbá az esetleg elküldött egyéb részek, egy-egy üres sorreléssel választandók el a főszövegtől.

— A dolgozat tartalmáért a szerző(k) felel(nek). A szerkesztőség nyomatékosan kéri az **angol nyelvű szövegrészek gondos, szakmai és nyelvhelyességi**, lehetőleg anyanyelvi **ellenőrzését**.

A kézirat elfogadása

A beküldött kéziratokat, a szerzők nevének közlése nélkül, a szerkesztőség két bírálónak (ellentétes vélemény esetén egy harmadiknak) küldi meg, és a bírálatok alapján dönt az elfogadásról. Amennyiben az szükséges, akkor a bíráló nevének közlése nélkül, a szerkesztőségi észrevételekkel kiegészítve visszaküldi a kéziratot a szerző(k)nek, a végleges változat elkészítése érdekében. Az elfogadott kéziratok a szerkesztőségbe érkezés dátumának feltüntetésével jelennek meg.

A kézirat összeállítása

Cím: legyen tömör és jellemző, fejezze ki a munka tartalmát. Cikksorozat esetén feltüntetendő a közlemény sorszáma (pl. 1. Közlemény, ill. 1st Paper). Lábjegyzetben megjegyzendő, ha a közlemény tudományos konferencián hangzott el. Középre igazítva, nagy, vastagon szedett betűkkel.

A szerző(k) neve és munkahelyük: kérjük megadni valamennyi szerző teljes nevét, a közlemény elkészülési helyének (intézményének) pontos elnevezését magyar és angol nyelven, továbbá a szerzők posta- és e-mail címét, valamint telefonszámát. Kérjük megjelölni a kapcsolattartó személy nevét.

Összefoglaló magyar és angol nyelven: legyen tömör, de egyben adjon teljes körű tájékoztatást a közlemény célkitűzéséről, módszereiről, eredményeiről és következtetéseiről. Az Összefoglaló a cikkével megegyező nyelven ne legyen hosszabb, mint kb. 1200 betűhely. A "második nyelven", (ha a dolgozat angol nyelven íródott akkor értelemszerűen magyar nyelven kell megírni a 2.

összefoglalót) a külföldi olvasók számára a jobb érthetőség érdekében, kérjük kiegészített változatot (célkitűzés, anyag és módszer, eredmények valamint következtetések bővebb ismertetése) minimum 2000 betűhellyel készítsenek. Kérjük az egyes szám vagy többes szám 3. személyű ragozását [Jelen közlemény célja..., A szerzők a tenyészbikákat öt csoportra osztották, majd a bikacsoportok átlagos tenyészértékét becsülték meg.]

Bevezetés és/vagy Irodalmi áttekintés: tartalmaznia kell az elvégzett kutatómunka célkitűzését, valamint a kapcsolódó hazai és nemzetközi szakirodalmi referenciákat. (A szerkesztőbizottság különleges hangsúlyt helyez, hazai szerzők esetében, a magyar szakirodalom feldolgozására). Hivatkozás egy vagy két szerzőre a családnév dőlt betűvel írásával és a mű megjelenésének évszámával történhet [... munkájában *Kis* (1999) arról ír..., vagy ...állított be kísérletet (*Kis és Nagy*, 1999)]. Több szerzős közlemény esetén hasonlóan kell eljárni, azzal a különbséggel, hogy csak az első szerző neve és mtsai (az angol nyelvű közleményekben et al.), valamint ebben az esetben is, a mű megjelenésének évszáma kerül közlésre [...*Kis és Nagy*, (1999) megjegyzi ..., vagy ...mutatták ki *Kis és mtsai*, 1999; *Nagy és mtsai*, (1993)]. Több szerző azonos megállapítására hivatkozáskor, a megjelenés sorrendjében kell közölni a neveket.

Anyag(ok) és módszer(ek): e fejezetnek kell tartalmaznia a beállított kísérlet(ek)ben alkalmazott valamennyi anyag és módszer pontos leírását, valamint a kísérlet tervezésekor és értékelésekor alkalmazott biometriai eljárásokat. Ajánlatos a speciális vegyszerek (valamint egyéb anyagok pl. takarmány-kiegészítők, gyógyszerek, stb.) és műszerek jellemző adatait (gyártó neve és címe) is közölni.

Eredmények: a közlemény e részében kell közölni az elért eredményeket, a hozzátartozó táblázatokkal és ábrákkal (l. még alább) együtt.

Megbeszélés: ez a rész szükség szerint összevonható az "Eredmények" fejezettel. Az eredmények megvitatása, a hazai és nemzetközi szakirodalmi megállapítások tükrében.

Következtetések, javaslatok: a kísérlet eredményeiből levonható következtetések ismertetése, a gyakorlat számára átadható javaslatok.

Köszönetnyilvánítás: szükség szerint lehetséges.

Irodalom: a jegyzék csak a közleményben hivatkozott műveket tartalmazhatja, azokat azonban kivétel nélkül, az első szerző neve szerinti ABC sorrendben (név-egyezés esetén a további nevek ABC sorrendje ill. az évszám szerint). Ugyanazon szerző(k) azonos évben megjelent közleményeit évszám + "a" v. "b" v. "c" jelölés különböztetheti meg. Hivatkozás **folyóiratból:** a szerző(k) család neve (vessző) és keresztnévének kezdőbetűje (pont) *dőlt betűvel írandó*, több szerző esetén a nevek között kötőjellel, a megjelenés évszáma zárójelben, a mű címe eredeti nyelven vagy angolul is, de megjegyezve, hogy mi az eredeti nyelv és van-e idegen nyelvű összefoglaló), a folyóirat megnevezése (ha van, a nemzetközileg elfogadott rövidítéssel), évfolyam v. kötettség, kezdő és befejező oldal [Pl. *Wels, P.N.T.* (1991): The description of animal farm and function. Liv. Prod. Sci., 27. 19-34. vagy *Schmidt, J. – Sipőcz, P. – Sipőcz, J.* (2000): Bypass protein in feeding of high-yielding dairy cows. (In Hungarian, with English summary). Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 37–50.]. **Könyv** esetében a szerző(k) és évszám (hasonlóan, mint a folyóiratokból), a könyv címe eredeti nyelven, a kiadó neve és székhelye, a könyv oldalszáma. [Pl. *Baintner, K.* (1982): Hogyan írjunk tudományos közlemé-

nyeket? TAKEFT Kiadó, Budapest, 105.]. Amennyiben a könyv egy kiemelt fejezetére történik hivatkozás, úgy az előbbieket, de azonos szerző esetén, a következő példa szerint: *Eco, U.* (1991): A végső szöveg megszerkesztése. In: *Hogyan írunk szakdolgozatot?* Gondolat, Budapest, 221–253. Különböző szerzők esetén pedig: *Gyűrű, F.* (1992): A ló anatómiája. In: *Lótenyésztők kézikönyve*, Szerk. (vagy Ed.): *Bodó, I. – Hecker, W.*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 430. **Egyéb** közlemények (kongresszusi anyag, intézeti/egyetemi kiadvány, disszertáció, kutatási jelentés stb.) esetében, a fenti példának megfelelően, értelemszerűen kell eljárni.

Az irodalomjegyzékben valamennyi szerző nevét fel kell tüntetni, az “és mtsai” vagy az “et al.” nem használható. Külön felhívjuk szerzőink szíves figyelmét az idegen nevek és szavak gondos helyesírására, továbbá a folyóiratok nemzetközileg elfogadott rövidítéseinek pontos használatára.

A szerzők neve, a kéziratban, és az irodalomjegyzékben is dőlt betűvel írandó.

Táblázatok: Kérjük szerzőinket, hogy a táblázatok szerkesztésekor a következőkre legyenek figyelemmel: a táblázat sorszáma a jobb felső sarokba kerüljön, dőlt betűvel írva; címe legyen rövid, de kifejező; elhelyezése legyen a sorokkal megegyező irányú (ne legyen fekvő formátumú), azaz ne tartalmazzon több, mint megnevezés + hét számoszlopot (legyen a lehetőségekhez képest a legegyszerűbben szerkesztve); a “fej” szöveg lehetőleg rövid legyen, használhatók az elfogadott rövidítések. A normál sorokra kereszt irányba szövegeket ne írjunk, az oszlopok és sorok első szavai nagybetűvel kezdődnek. Kerülendő ugyanazon adatok közlése táblázatban és ábrán. Csak értelmezhető mennyiségű tizedesszám közlése ajánlatos. Csillag (*, ** vagy ***) csak a szignifikancia szintek jelölésére alkalmazható, értelmezéssel a táblázat vagy ábra lábjegyzetében. Az angol (vagy magyar) nyelven nem érthető szöveget zárójelbe tett számmal [pl.:(1)] kell jelölni, majd a táblázat alatt, az angol (vagy magyar) nyelvű cím után, új sorban kezdve, a megfelelő fordítási szöveg után újra leírni [pl.:...emse (1); koca (2);... ..gilt (1); sow (2)]. Nem fordítandók a nemzetközi szakirodalomban elfogadott rövidítések. A nem szakványos rövidítéseket értelmezni és fordítani szükséges. A táblázat sorszámát (pl.: 3. táblázat) és a *lefordított címet* dőlt betűvel kell írni.

Ábrák: az ábrák (fényképek) elkészítésére, értelemszerűen mindazon előírások érvényesek, mint a táblázatokra. Elküldendő kinyomtatva (alapadatok is), illetve a végső változat elektronikus verziójában (excell-ben) olyan méretben, hogy az max. 50%-os kicsinyítést, az értelmezhetőség romlása nélkül elbírjon. Kérjük szerzőinket, hogy az ábrák elkészítésekor legyenek figyelemmel a következőkre: az angol (magyar) nyelven nem érthető szöveget zárójelbe tett számmal [pl.:(1)] kell jelölni (l. táblázatok); a felhasznált rövidítések és az alkalmazott jelek, az ábra alatt, lábjegyzetben értelmezendők, [az ábrák sorszámát, eredeti és lefordított címét, továbbá a magyarázó és a lefordított szövegeket az ábra alatt, de az ábrától függetlenül (tehát nem az ábrán) közöljék], a vonalakat úgy kell kihúzni, hogy az arányos legyen az írott részekkel (betűk, számok, egyéb jelek).

Disszertációk: kérjük közölni a szerző nevét, a disszertáció címét és fokozatát (pl.: Ph.D. vagy D.Sc., stb.), a hivatalos bírálók nevét és tudományos fokozatát, a disszertáció rövid ismertetését, beleértve az elfogadott tudományos eredményeket, továbbá a fokozatot jóváhagyó szervezet (TMB, egyetem) nevét és a jóváhagyás időpontját. Ugyancsak közlendő, hogy a teljes terjedelmű disszertáció hol található meg, továbbá a szerző posta- és e-mail címe. Az ismertetést **magyar**

ÉS angol nyelven, nyelvenként maximum 2500 betűhely terjedelemben kell a szerkesztőségnek megküldeni.

Egyebek

- Kérjük szerzőinket, fogalmazzanak világosan és érthetően, a magyar nyelv szabályai [Magyar helyesírási szótár (1999): Akadémiai Kiadó, RT., Budapest, 587.] szerint. Kérjük, ha lehet, ne használjanak idegen fogalmakat, segítsék elő, hogy szakmánk nyelvezete minél jobban megfeleljen a szép magyar beszéd és fogalmazás követelményeinek.

- Kérjük elkerülni a sorok közötti táblázatszerű szöveg és adatok közlését.

- A görög és cirill betűket kérjük a kézirat margójára is kiírni (pl. nagy ómega). Kerülendő a lábjegyzetek. Az egyenleteket be kell számozni.

- A közleményekben az SI mértékegységek használandók.

- Kérjük szerzőinket, hogy beküldendő kéziratuk angol nyelvű részeit gondosan készítsék el, különös tekintettel a szakszavak helyes használatára.

- A kéziratban *dőlt betűvel kell írni* a következőket: az idézett szerzők neve, a növény, állat és anatómiai tudományos elnevezések, a hivatkozott táblázat és ábra (pl.: *1. táblázat*), a közhasználatú latin vagy görög szavak (pl.: *in vitro*).

- A szerkesztőbizottság korábbi állásfoglalása szerint a „súly” megjelölés használatos. Gyakori a „tömeg”, vagy a „súly” és „tömeg” felváltva történő helytelen használata.

- Folyóiratunkban a szignifikancia szint jelölésére a kis „p” betű használata az elfogadott.

A szerkesztőség fenntartja magának a jogot arra,

— hogy mindazon kéziratokat, amelyek nem felelnek meg az előbbiekben ismertetett előírásoknak, a szerző(k)nek visszaküldje;

— továbbá arra is, hogy szükség esetén, a kéziratban, a szakmai mondanivalót nem érintő, kisebb javításokat, módosításokat végezhesen el (pl. stílisis javítások, táblázat- vagy ábramódosítás).

A kéziratból készült utolsó, ún. “tördelt” levonatot (*proof*), a nyomdába küldés előtt, a szerzőknek elektronikusan megküldjük, hogy azt az eredeti szöveggel (adatokkal(!) stb.) egyeztessék, a szükséges javításokat, kék színű tollal, a szabványos korrekktúra jelekkel, az aktuális sorban, a lap jobb vagy bal margóján elvégezhessek. Az eredeti kézirattól eltérő javítást, csak kivételes esetekben tud a szerkesztőség elfogadni. A levonatot, a beküldéskor kapcsolattartóként megjelölt szerzőnek küldjük ki, és kérjük azt az e-mail küldésétől számított **három napon belül** elektronikusan visszaküldeni.

A megjelent közleményből, a kapcsolattartóként megjelölt szerző címére, a megjelent folyóirat egy példányát díjmentesen elküldjük. Az esetleges többlet példány igényt kérjük előre jelezni.

Állattenyésztés és Takarmányozás

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

Főszerkesztő (Editor-in-chief): Fébel Hedvig

Társfőszerkesztő (Co-editor): Mézes Miklós

Technikai szerkesztő: Sipiczki Bojana

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),

HORN Péter (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

RÁTKY József (Budapest),

RÓZSA László (Herceghalom),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

TÓZSÉR János (Gödöllő),

URBÁNYI Béla (Gödöllő),

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

Szerkesztőség:

(Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana@athk.naik.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): Dr. Béres András ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230 1614

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 borítékra kérjük, írja rá: „Folyóirat-rendelés”.

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszá-

mára 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: OOK Press Kft.

8200 Veszprém, Pápai út 37/A