

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2024. 73. 3

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Zsírsva etetés hatása a tehének szaporodásbiológiai teljesítményére

› Gidrán kancavizsgák eredményei

› Az afrikai harcsa szaporítás-technológiája

› Tejtermelési mutatók alakulása automatizált fejési rendszerben

› Populációgenetikai vizsgálatok az angus fajtában

TARTALOM - CONTENTS

<i>Szabó Ferenc</i> : 125. éve született Prof. dr. dr. hc. Berke Péter	155
<i>Balogh Eszter – Varga-Balogh Orsolya – Kern László – Bodó Szilárd – Szabari Miklós</i> : Különböző zsírsavak etetésének hatása a tejelő szarvasmarhák szaporodásbiológiai teljesítményére – Irodalmi áttekintés (Effect of different fatty acids on the reproductive performance in dairy cows – Literature review.)	157
<i>Bene Szabolcs – Simon Annamária – Polgár J. Péter – Rózsa László – Szabó Ferenc</i> : Populációgenetikai vizsgálatok gidrán tenyészkancák teljesítményvizsgálati adatbázisán (Population genetic studies on the performance test database of Gidran broodmares).....	174
<i>Boros Norbert – Holló Gabriella – Bús Bence – Gulyás Miklós – Kótiné Seenger Julianna – Szabó Bálint – Szabari Miklós</i> : Első laktációs holstein-fríz tehének fejési és tejtermelési mutatóinak változása az automatizált fejési rendszerre történő átállást követő évben (Changes in milking and milk production performance of first lactation Holstein-Friesian cows in the year after the transition to an automated milking system)	187
<i>Varga Ádám – Tóth András – Nyabuto Ngoge Kevin – Horváth József</i> : Az afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>) indukált szaporítás-technológiájának magyar vonatkozású kutatási eredményei (Hungarian research results of the technology of induced propagation of African catfish (<i>Clarias gariepinus</i>))	200
<i>Márton Judit - Szabó Ferenc - Zsolnai Attila - Anton István</i> : A magyarországi angus állományok populáció genetikai vizsgálata, értékmérő tulajdonságaik elemzése (Examination of population genetic and genomic aspects of different traits in Angus herds)	219
A 2023-ban sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói - második rész (Summaries of PhD dissertations in the year of 2023 - part two):	233
<i>Brassó Dóra Lili</i> : Egyes hazai struccállományok termelési tulajdonságait és viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata (Evaluation of factors affecting the production parameters and behaviour of some Hungarian ostrich populations).....	233
<i>Ivánovics Bence</i> : Az aflatoxin B1 embrionális fejlődésre és veleszületett immunrendszerre gyakorolt hatásainak vizsgálata zebraadánión (<i>Danio rerio</i>) (Effects of embryonic exposure to aflatoxin B1 on zebrafish (<i>Danio rerio</i>) development and innate immune system)	240
<i>Pataki Bernadett</i> : A halsperma mélyhűthetőségének öröklődése (Inherited cryoresistance of fish sperm)	244

125. éve született Prof. dr. dr. hc. Berke Péter

Berke Péter 1899. július 8-án született az észak bácskai városban, Szabadkán, (ma Subotica néven szerbiai város). Itt töltötte gyermekkorát egy részét. Középiskolai tanulmányait az első világháború félbeszakította. Katonai behívás után az olasz frontra vezényelték. Leszerelése után 1919-ben megkezdte felsőbb tanulmányait a Keszthelyi Állami Gazdasági Akadémián. Befejezve tanulmányait, beiratkozott az Állatorvosi Főiskolára, ahol 1926-ban állatorvosi végzettséget szerzett. Magángyakornokként, majd tanársegédként dolgozott a Keszthelyi Gazdasági Akadémián. 1928-ban áthelyezték a Mosonmagyaróvári Magyar Királyi Gazdasági Akadémiára. 1935-ben az akkori földművelésügyi miniszter gazdasági akadémiai rendes tanárrá és tanszékvezetővé nevezte ki a Keszthelyi Magyar Királyi Gazdasági Akadémiára.



A második világháború idején ismét behívták katonának, ahol főhadnagyi beosztást kapott a szombathelyi tüzérség állományában. Hadifogságba került, ahonnan hazatérve 1948-tól az akkori, már Magyar Agrártudományi Egyetem (MATE) Mezőgazdaságtudományi Kara Keszthelyi Osztály Állattenyésztési Tanszékén folytatta munkáját. A vidéki akadémiák bezárása után az Állattenyésztési Kutató Intézet Szarvasmarhatenyésztési Osztályán kutatóként tevékenykedett. A mezőgazdasági felsőoktatás keszthelyi újra indítását követően 1954. őszétől ismét a Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia Állattenyésztési Tanszék vezetője lett, amely beosztását 1969. május 31-ig, nyugállományba vonulásáig ellátta. Közben egy ciklusban az akadémia igazgatója is volt. Nyugdíjasként is, szinte az 1986. szeptember 22-én bekövetkezett haláláig rendszeresen bejárt az egyetemre, részt vett a tanszék munkájában.

Elsősorban takarmányozástani, szarvasmarha tenyésztési, tejgazdaságtani ismereteket oktatott. A gyakorlatias képzést szorgalmazta, a tangazdaságok szerepét hangsúlyozta. Igényes, szigorú, legendás tanár volt. Sok hallgatót megbuktatott a vizsgákon, még az ifj. Horthy Miklóst is. Nála nem volt protekció. A sikertelen vizsga eredményekről így nyilatkozott: „Nem azért bukott, mert nem tudott, hanem: mert a kötelességét nem teljesítette.” Sajátos óráinak, vizsgáztatásainak hangulatát, allűrjeit a Keszthelyen végzett gazdászok generációi őrzik, sajnos ma már egyre kevesebben.

Elindította és hosszú ideig szervezte a hazai állattenyésztési ellenőr, tejellenőr képzést. A nála hét évvel fiatalabb, közel 100 évet élt dr. Kecskés Sándor állattenyésztési főellenőr, tudományos főmunkatárs, MAE vezető, szakíró büszkén emlegette, hogy sokat tanult Berke professzortól.

Kutatásai a szarvasmarha takarmányozási kérdéseinek tisztázására, a magyar tarka szarvasmarha nemesítésére, gépi fejés elősegítésére irányultak. Gyakorlatias

kutató szakember volt. Nem hitt a „hókuszpókuszokban”. Még tanszékvezetőként és akadémiai igazgatóként is munkanapjait rendszerint a tehenészetben kezdte. A kísérleti eredményekben csak akkor hitt, ha azok a gyakorlatban is igazolódtak.

Szakmaiságát, szellemiségét, elkötelezettségét talán az, a Magyar Mezőgazdaság 1980. 35. évf.10. számának adott interjúja fejezi ki legjobban, amelyben így fogalmazott: „Az ember, a mezőgazda kötelessége, kötelességei határozzák meg a napokat, a jelent, a jövőt. Ettől fiatal a tudás, ez hozza magával azt az érzést, amiből a mezőgazda részesül: örülni - mit örülni? - ujjongani az eredménynek, a termésnek, az egészséges, életteli állománynak. Akit ez nem tesz boldoggá, biztosan elvétette valahol. Talán a kötelességét felületesen fogalmazta meg, vagy ami legalább akkora hiba: azt vélte, a tudás egymagában elég.”

Szabó Ferenc

Különböző zsírsavak etetésének hatása a tejelő szarvasmarhák szaporodásbiológiai teljesítményére Irodalmi áttekintés

Effect of different fatty acids on the reproductive performance in dairy cows Literature review

BALOGH Eszter – VARGA-BALOGH Orsolya – KERN László –
BODÓ Szilárd – SZABARI Miklós

ÖSSZEFOGLALÁS

A tejelő tehenek megfelelő termékenységéhez, ezáltal a tejtermeléséhez elengedhetetlen a szaporodásbiológiai jellegzetességek ismerete. A sikerességet számos tényező mellett az alkalmazott takarmány és annak beltartalma is meghatározza, így alapvető fontosságú az állattenyésztési döntések meghozatala során. Cikkünkben a szarvasmarha takarmányozása során kiegészítésként alkalmazott különböző zsírsavakat és azok hatásait foglaltuk össze. A zsírsavak rövid jellemzését követően, számos kísérleti eredményen keresztül a szaporodásbiológiai folyamatokra ható, a takarmánnyal bejuttatott többféle zsírsavak, változó mennyiségben alkalmazott, eltérő hatásait ismertetjük.

Kulcsszavak: szarvasmarha, szaporodásbiológia, zsírsavak, takarmányozás

SUMMARY

Objective: the aim was to summarize some different fatty acids supplemented to the diet on dairy cattle reproduction.

Methods: After a brief description of the fatty acids, there will be explained the divergent effect of the fatty acids on reproduction processes through numerous experimental results.

Results: Based on the results of the experiments, supplemented polyunsaturated fatty acids (given in the right amount, quality, ratio, and at the optimal time) have a different, yet remarkable effect on cattle reproduction. Overall, the reproductive biology performance of animals can be improved by fatty acid supplementation.

Conclusions: Using fat sources in animal dietary has been investigated for decades. Their effects on embryo and ovum quality as well as the pregnancy rate are still the subject of debate. Probably using of different fat sources, their quantitative differences, the different duration of the experiment and its setting conditions, the environmental conditions, the different health conditions of the animals all contribute to the different results.

Keywords: cattle, reproduction, fatty acid, feed supplementation

1. Bevezetés

A gazdasági állatok, azon belül a tejelő szarvasmarha állományokban is az állatok egészségének, valamint a gazdaságos termelés hosszú távú fenntartása érdekében kiemelkedően fontosabbak között a takarmányok védett zsírsvav összetétele. Számos kutatási kísérlet alapozta meg az optimális zsírsvav-összetétel etetésének hatékonyságát szarvasmarhában. Megfelelő arányú zsírsvavetetésnek bizonyítottan pozitív hatása van a termelt tej mennyiségére, minőségére, amelynek fogyasztása kedvezően hat az emberi szervezetre, másrészt az állatok optimalizált energiaellátottságában is kiemelt szerepük van. A megfelelő energiaellátásnak fontos szerepe van a mind a tejtermelésben, mind a szaporodásbiológiai folyamatokban, mivel mindkét folyamat energiafüggő. Ennek tudatában áttekintettük, majd összefoglaltuk az elmúlt évtizedekben zsírsvav-kiegészítéssel végzett kísérletek eredményeit, valamint szaporodásbiológiai folyamatokra gyakorolt hatásait.

2. Zsírsvavak

A zsírsvavak az élőlények szerves vegyületei (szénhidrátok, lipidek, fehérjék, nukleinsavak) közül a lipidek közé tartoznak. Természetes zsírokban és olajokban észterek formájában fordulnak elő és általában egyenes láncsal, páros szénatom számmal rendelkeznek. Megkülönböztetünk telített (nem tartalmaz kettős kötést a szénláncsal) vagy telítetlen (kettős kötést tartalmaz a szénláncsal), valamint szénhidrogénlánc hossza alapján rövid (2-5), közepes (6-11) és hosszú (12 és annál több) szénláncú zsírsvavakat. A telítetlen zsírsvavak lehetnek egyszeresen telítetlenek (egy kettős kötés, monounsaturated fatty acid, MUFA), többszörösen telítetlenek (polyunsaturated fatty acid, PUFA), kettős vagy több kettős kötés) és eikozanoidok. A szénlánc hossza és a láncban lévő kettős kötések száma mellett az egyes kettős kötések által alkotott izomerek (cisz, transz) típusa nagymértékben meghatározza a zsírsvavak metabolikus funkcióit. Attól függően, hogy a metilvégtől hol helyezkedik el az első kettős kötés, a telítetlen zsírsvavakat n-3, n-6 és n-9 családba soroljuk. Ennek megfelelően a 18 szénatomos és két kettős kötéssel rendelkező linolsav (C18:2) az n-6 családs tagja (első kettős kötés a metilvégtől számítva a hatodik pozícióban), a linolénsav (C18:3) az n-3 családba (az első kettős kötés a harmadik szénatomon), az olajsav (C:18:1) pedig az n-9 családba tartozik. A konjugált linolsav (CLA) a linolsav izomerek csoportja, konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést (általában 9,11,10,12). A kettős kötések lehetnek cisz, illetve transz konfigurációjúak (Ha és mtsai, 1987).

A 3 PUFA család közül az n-9 család tagjait az állati szövetek képesek szintetizálni, azonban az omega (n) 3 és 6 család kiindulási vegyületei (linolsav és az ω -linolénsav, vagy prekursorok hiányában azok származékai) az élő szervezet által nem szintetizálhatóak a szükséges deszaturázok hiánya miatt, ezért táplálkozási, takarmányozási szempontból esszenciális zsírsvavaknak (essential fatty acid, EFA) tekintjük őket (Fischer, 1989; Mayes, 1996).

A zsírsvavak esszenciális jellegét először Burr és Burr írta le 1929-ben. Szintén Burr és Burr (1930) által patkányokon végzett kísérlete bizonyította a zsírsvav szükségességét, pozitív hatását: alacsony zsírsvav tartalmú takarmánnyal etetett patkányok fejlődése visszamaradt, ovulációs zavarok léptek fel, amelyek linolsav

és α -linolénsavban gazdag takarmány etetésének hatására javulást mutattak. *Abayasekara és Wathes* (1999) szerint a zsírmentes takarmányozás esszenciális zsírsav hiányt vált ki, amely számos patofiziológiai hatást okozhat, többek között dermatitist, szaporodásbiológiai problémákat, papilláris nekrozist. A hiányos állapotban az n-3 és n-6 zsírsavak csökkenését, az n-9 zsírsavak felhalmozódását tapasztalták. Az n-3 és n-6 zsírsavak tehát alapvető funkciók ellátásért felelősek. A linolénsavból származó dokozahexaénsav (DHA 22:6n-3) például az agy fejlődésében és a látásban játszik fontos szerepet (*Innis*, 1991), míg a linolsav az eikozanoidok prekursora (*Kinsella és mtsai*, 1990), és nélkülözhetetlen az újszülöttek megfelelő fejlődéséhez (*Carlson és mtsai*, 1992). Az arachidonsav metabolizmusaként keletkező eikozanoidok (mint például: tromboxánok, prosztaglandinok) fontos szerepük van a vérnyomás szabályozásában (*Zahradnik és mtsai*, 1992) továbbá számos szaporodásbiológiai folyamat, többek között a peteérés, méh összehúzódás (*Mitchell és Phil*, 1990) során. A linolsav-hiányos takarmányozás a vér és a szövetek arachidonsav tartalmának csökkenését, ezáltal gyengébb növekedést eredményezhet (*Holman*, 1978). Számos növényi olajban megtalálható, mint például napraforgó-, repce-, lenmag és kukoricaolaj (*Sargent*, 1997). Az α -linolénsav legnagyobb mennyiségben a zöld levelű zöldségekben, fűben, lenmag-, és halolajban található, emellett a hal eredetű termékekben dokozahexaénsav és eikozapentaénsav is előfordul (*Neuringer és mtsai*, 1988; *Sargent* 1997). Az említett zsírsavakat (linolsav, linolénsav) a magasabb rendű állati szervezetek, közöttük a kérődzők sem képesek szintetizálni, azonban létfontosságú szerves vegyületek, így a táplálékkal, takarmánnyal szükséges biztosítani a szervezet számára. Az arachidonsav már nem tekinthető esszenciálisnak, mivel a linolsavból a szervezet képes előállítani (*Bezard és mtsai*, 1994; *Zsinka*, 1997). Az állati takarmányozás során a zsírsavforrásként szolgáló leggyakrabban etetett növény és olajosmag a napraforgó, a lenmag, a gyapotmag, a repce és a szójabab. Mindegyik zsírforrás biológiai tulajdonságát nagymértékben meghatározza a bennük lévő telítetlen kettős kötések száma és azok elhelyezkedése, a zsírsavak összetétele (1. táblázat).

3. Zsíriégésztés alkalmazása

A gazdasági állatok közül a kérődzők takarmánya döntően telítetlen zsírsavakat tartalmaz, a takarmányban lévő zsírok azonban a bendőben módosulhatnak. A bendő mikroorganizmusainak aktivitása révén a trigliceridek, foszfolipidek, galaktolipidek glicerinvázáról zsírsavak szabadulnak fel. Ennek következtében a felszabadult zsírsavak kettős kötéseinek egy része csökken, az izomerek helyzete változik, így a szövetek, a vér és a tej telített zsírsavakban gazdaggá válik. A folyamatot a bendő zsírsav bihidrogénezésének hívjuk (*Ward és mtsai*, 1864; *Ashes és mtsai*, 1992). A faggyú, valamint a telített zsírsavak kalciumsóinak nagy része a bihidrogénezés során beépül a zsír szövetbe és a tejbe, a telítetlen zsírsavak megközelítőleg 85%-a és a telített zsírsavak 15%-a szívódik fel a vékonybélben, így befolyásolva a zsírok vékonybélben, majd a kérődzők vérében történő szállítását (*Doreau és Cilliard*, 1997; *D'Mello*, 2000).

A szövetek, vér, a tej telítetlen zsírsav tartalmának növelése érdekében bendővédett (by-pass) zsírsavak etetése szükséges. *Süli és mtsai* (2018) többek között full fat lenmag kiegészítéssel, mint természetes n-3 zsírsavforrással növelték a

1. táblázat:

Egyes takarmányok zsírsavösszetétele

Zsírforrás (1)	Zsírsavak (2)					
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
	Palmitin-sav (3)	Palmitinolaj-sav (4)	Sztearinsav (5)	Olajsav (6)	Linolsav (n-6) (7)	Linolénsav (n-3) (8)
Repceolaj (9)	4 ^a 4,5 ^b	< 1 ^a 0,3 ^b	2 ^a 1,3 ^b	63 ^a 58 ^b	19 ^a 24 ^b 20,5 ^c	9 ^{a,b} 9,8 ^c
Gyapotmag-olaj (10)	23 ^a 22 ^b	< 1 ^a 2 ^b	3 ^a 5 ^b	18 ^a 19 ^b	54 ^a 50 ^b	1 ^a 0 ^b
Lenmagolaj (11)	5 ^a 7 ^b	1 ^a 0 ^b	3 ^a 4 ^b	20 ^a 18 ^b	16 ^{a,c} 14 ^b	55 ^a 58 ^b 53 ^c
Extrudált lenmag (12)	7,6 ^a		5,2 ^a	20 ^a	14,5 ^a	51,3 ^a
Repceolaj (13)	5 ^a	< 1 ^a	2 ^a	54 ^a	22 ^a	11 ^a
Sáfrányolaj (14)	7 ^a	< 1 ^a	2 ^a	12 ^a	78 ^a	< 1 ^a
Szójababolaj (15)	11 ^a 10 ^b	< 1 ^a 0 ^b	4 ^{a,b}	23 ^a 21 ^b	54 ^a 56 ^b 53 ^c	8 ^{a,b} 7,4 ^c
Napraforgó-olaj (16)	7 ^{a,b}	< 1 ^a 0 ^b	5 ^{a,b}	19 ^a 23 ^b	68 ^a 63 ^b 65 ^c	1 ^{a,b} 0,3 ^c
Halolaj (17)	16 ^a	8 ^a	3 ^a	12 ^a	1 ^a 1,2 ^c	2 ^a 0,6 ^c
Faggyú (18)	25 ^a	3 ^a	18 ^a	43 ^a	3,8 ^a	< 1 ^a

^aThatcher és Staples (2007); ^bKralovánszky és Mathné (1994); ^cTóth és mtsai (2021) nyomán

Table 1: Fatty acid composition of some feed sources

fat source (1); fatty acid (2); palmitic (3); palmitoleic (4); stearic (5); oleic (6); linoleic (7); linolenic (8); canola oil (9); cottonseed oil (10); flaxseed oil (11); extruded linseed (12); rapeseed oil (13); safflower oil (14); soybean oil (15); sunflower oil (16); fish oil (17); tallow (18)

nyerstej α -linolénsav arányát, nagyüzemi, intenzív technológiai rendszerben. A bendő biohidrogénezésétől védett zsírok növelésével a plazma progeszteron koncentrációja növelhető (Lopes és mtsai, 2009), ami pozitívan hat a vemhesülési arányra (Santos és mtsai, 2008). A biohidrogénezésnek részben ellenálló zsírkiegészítőkkel, a zsírok, olajok védelme érdekében kémiai (hosszú szénláncú zsírsavak kalciumsói) vagy fizikai (hőkezelés) eljárásokat alkalmaznak (Palmquist és Jewans, 1980; Ashes és mtsai, 1996; Mattos és mtsai, 2000).

3.1. A takarmány energiatartalma és a vemhesülési arány

Egyre több kísérletet végeznek tehének lipidekkel való etetésével, vizsgálva azok szaporodásbiológiai mutatókra, immunitásra és egészségre gyakorolt hatását. A kérődzők szaporodásbiológiai teljesítménye erősen energiafüggő folyamat.

Az ellést követően energiahányos állapot, acikliás petefészek működés jellemző, amelynek jó minőségű, illetve megfelelő mennyiségű energiadús takarmánnyal történő javítása kulcsfontosságú (Otto és mtsai, 2014a).

A tejelő szarvasmarhák takarmányadagjához adott zsírsavkiegészítés általában növeli a takarmányadag energiatartalmát, ezzel csökkentve az energiahányos állapotot, hozzájárul a laktáció és a szaporodásbiológiai teljesítmény javulásához (Funston, 2004; Keresztes és mtsai, 2007), valamint csökkenthetők a katabolikus folyamatok, elkerülve ezáltal a máj elzsírosodását és a ketózis előfordulását, csökkenthető az involúciós idő és javítható a vemhesülési arány (Stockdale, 2001). A telítetlen zsírsavak hozzájárulhatnak a prosztaglandin, illetve szteroid hormonok (ovariális) szintéziséhez, ezáltal pozitívan befolyásolva a vemhesülés valószínűségét is (Staples és mtsai, 1998). A laktáció elején adott többlet energia azonban nem eredményez jelentős javulást a csökkent szárazanyag felvétel, és a csökkent emészthetőség miatt (Santos és mtsai, 2008). Az energiahányos állapot során alacsonyabb a luteinizáló hormon (LH) termelés, amely hatással van a tüszők fejlődésére, valamint hormontermelésére egyaránt, ezáltal a ciklus elhúzódhat, illetve ciszták is kialakulhatnak (Canfield és Butler, 1990; Beam és Butler, 1997). Ghasemzadeh-Nava és mtsai (2011) súlyos negatív energiaegyensúlyból fakadó gyenge szaporodásbiológiai teljesítményt mutató tehenek takarmányadagjához zsírpótlásként halolajat, illetve szójaolajat adtak, amelynek hatását vizsgálták többek között a petefészek működésére és a prosztaglandin szekrécióra. Ivarzás szinkronizációt követően a következő ciklus 12. napján PGF 2α , majd a 19. és 20. napján ösztadiol-benzoát injekció beadása történt. A vérvételek a ciklus 6., 10., 12. és 14. napján történtek. A tüszők száma, a sárgatest mérete és a plazma ösztadiol, progeszteron koncentrációja minden kezelés során hasonló volt. A legnagyobb tüsző mérete azonban szignifikánsan nagyobb volt azoknál a teheneknél, amelyek halolajat vagy szójaolajat tartalmazó takarmányt fogyasztottak.

3.2. Follikuláris és luteális szakasz

A progeszteron és a prosztaglandin hormonok rendkívül fontos szerepet játszanak a szaporodásbiológiai folyamatok szabályozásában. A takarmányban lévő linolsav, linolénsav és arachidonsav, eikozapentaénsav és a dokozahexaénsav növelheti, illetve csökkentheti a progeszteron és a prosztaglandinok szintézisét, különösen a PGF 2α -t a petefészekből és a méhből. Emellett hatással lehetnek a tüszőfejlődésre, az ovulációra, az embrionális beágyazódásra és a vemhesülésre is (Soydan és mtsai, 2017). Az ovulációt követően a vemhesség fenntartásáért a petefészteken kialakuló sárgatest progeszteron termelése felel, ezt követően a méhlepény - a megfelelő hormontermelése révén - veszi át a szerepet (Ball és Peters, 2004). A vérben lévő progeszteron mennyisége a takarmánnyal felvett energia függvényében változik (Escherich és Lotthammer, 1987). Az emelkedő progeszteron szint hatására az embrió korai fejlődéséhez szükséges tápláló és stimuláló anyagok termelődnek (Geisert és mtsai, 1992). A termelődő progeszteron mennyisége ezért meghatározó az embrió életben maradása szempontjából. Kísérletek során zsírkiegészítés hatására megnövekedett a koleszterin (szteroid hormonok, progeszteron, ösztrogén prekursora) (Grummer és Carroll, 1991; Ball és Peters, 2004) és az arachidonsav (a PGF 2α prekursora) koncentrációja a follikuláris

folyadékban (Elliot és Elliot, 2005). További kísérletekben vérkoleszterinszint növekedést tapasztaltak pálmaolajból (amely elsősorban telített zsírsavakat tartalmaz) származó hosszú szénláncú zsírsavak kalcium sóival (Ca-LCFA) kiegészített takarmányozás során (Hightshoe és mtsai, 1991; Espinoza és mtsai, 1995). A koleszterin a progeszteron szintézis fő prekürzora a sárgatestben (Childs és mtsai, 2008). Az arachidonsav nagyrészt az endometriumban és a sejtmembránokban tárolódik (Davies, 2008). A PGF 2α , progeszteron és az ösztrogén eltérő módon, de részt vesznek az ovulációban, az ivarzási ciklusban és a vemhesség fenntartásában (Ball és Peters, 2004; Campbell és mtsai, 2003; Field és Taylor, 2008). A PGF 2α és a PGE 2 prosztaglandinok, valamint arányuk változása jelentős hatással van a sárgatest regressziójára, az ellés megindulására (Senger, 2003; Hatvani, 2012), továbbá az ellést követő involúció folyamatára, illetve a petefészek szabályozására (Földi és mtsai, 2006). Scott és mtsai (1995) tanulmányukban kimutatták, hogy hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavval (LC-PUFA) takarmányozott tehenek aktívabb petefészek működést és kifejezettebb ivarzási tüneteket mutatnak, továbbá eredményeik alapján kevesebb exogén PGF 2α volt szükséges az ivarzásindukcióhoz. Robinson és mtsai (2002) lenmag, illetve szójabab kiegészítés hatását vizsgálták, amelyek közül a lenmag nagy koncentrációban tartalmaz linolénsavat (LNA, n-3), illetve a szójabab linolsavat (LA, n-6). Mindkét PUFA hatására csökkent a plazma progeszteronszint, kiemelten a korai luteális fázisban, továbbá nőtt a közepes méretű (5-10 mm átmérőjű) tüszők száma. Soydan és mtsai (2017) vizsgálatai során, n-3 zsírsavakkal való takarmányozás növelte a tejelő tehenek sárgatest átmérőjét és a progeszteron koncentrációját.

3.3. Zsírsavak hatása a vemhesülési arányra

A korai vemhesség idején magas eikozapentaénsav és dokozahexaénsav tartalmú (halliszt kiegészítés) vagy linolénsav-tartalmú (lenmag kiegészítés) takarmány csökkentette a PGF 2α -termelést és megnövelte a vemhesülési arányt. A magas linolénsavat tartalmazó takarmány a szárazon állaskor növelheti a placenta visszatartásának előfordulását, amelynek oka éppen a kisebb PGF 2α szint lehet, annak a méh simaizomzatára gyakorolt hatása miatt. A kiválasztott többszörösen telítetlen zsírsavak takarmány kiegészítése az ellés utáni időszakban potenciálisan javíthatja a tejelő tehenek termékenységet. Halliszttal (Armstrong és mtsai, 1990) illetve faggyúval (Son és mtsai, 1996) történő takarmány kiegészítés hatására kedvező termékenyülési arányt tapasztaltak. Sklan és mtsai (1991) zsírsavak Ca-szappanjaival (CSFA: palmitinsav, 48,1%; sztearinsav, 4,4%; olajsav, 40,2% és linolsav, 7,4%; Ca 8,2%) történő etetési kísérletükben szintén javuló vemhesülési arányt tapasztaltak a kiegészítés hatására emelkedett progeszteron koncentráció következtében. De Fries és mtsai (1998) beszámolója szerint a takarmányadagban 5,2% lipidet fogyasztó Brahman tehenek esetében magasabb vemhesülési arány volt megfigyelhető a 3,7% lipid-kiegészítést tartalmazó takarmányt fogyasztó állatokkal szemben. Bellows és mtsai (2001) vizsgálataikban megfigyelték, amennyiben az ellés előtti 65 napon pórsáfránymag (4,7% zsírtartalom), szójabab (3,8% zsírtartalom), illetve napraforgómag (5,1% zsírtartalom) kiegészítést kapnak az üszők, nő a későbbi vemhesülési arány a kontrollhoz képest (2,4% zsírtartalom).

Nagyobb mennyiségű (6,5%) zsírkiegészítéssel és jó minőségű takarmánnyal az ellést megelőző 68. napon viszont a vemhesülési arány nem mutatott jobb eredményeket a kontrollhoz (2,2% zsír) képest. *Petit és mtsai* (2001) jobb vemhesülési eredményeket tapasztaltak, linolénsavban gazdag lenmag etetésekor (87,5%), a palmitinsavban és olajsavban (n-9) gazdag pálmaolaj Ca-sóinak etetésével (50%) összehasonlítva. *Bilby és mtsai* (2006) szarvasmarha szomatotropin (bST) és zsírsavak hatását vizsgálták tejelő tehének szaporodásbiológiai teljesítményére. Összehasonlították a gyapotmag kiegészítő lipidjeit tartalmazó izoenergetikus takarmányt a lipidben gazdag halolajjal dúsított kalciumsóival. A kísérletben többek között halolajat kapó bST-kezelt (500 mg) és bST-vel nem kezelt ciklusos teheneket vizsgáltak. A halolajjal történő takarmányozás növelte az 1. osztályú tüszők számát (2-5 mm). Az endometrium IGF-I mRNS-e csökkent a vemhes teheneknél, és csökkent a halolajjal takarmányozott teheneknél. A halolajjal etetett tehenek IGF-II mRNS koncentrációja emelkedett bST hiányában. Eredményeik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a halolaj módosítja a reprodukív válaszokat, ami előnyös lehet az embrió fejlődésre és a vemhesülési arányra. *Roszkos és mtsai* (2018) szintén halolaj kiegészítés hatását vizsgálták a termékenyítési indexre, vemhesülési arányra és a korai embrióelhalás arányára. Az eredmények alapján a kiegészítés javította a vemhesülési arányt, valamint a csökkentette a korai embrióelhalást. Szójaliszt részben történő (szárazanyag 3,5%-a) helyettesítése halliszttel (*Carroll és mtsai*, 1994) történő takarmányozás hatására csökkent a termékenyülési arány az első termékenyítést követően.

Ambrose és mtsai (2006) kísérletében lenmaggal (linolénsavban gazdag), illetve napraforgóval (linolsavban gazdag) kiegészített takarmány hatását vizsgálták a petefészek működésre, a korai embrió elhalásra, az implantáció hiányára tejelő tehenek esetében. A tüszők átlagos átmérője nagyobb volt a lenmaggal takarmányozott teheneknél, a napraforgóval takarmányozott tehenekhez képest (16,9 +/- 0,9 vs. 14,1 +/- 0,9 mm). A tüszőszám, a sárgatest mérete és a plazma progeszteron koncentrációjában nem mutatkozott változás. A korai embrió elhalás alacsonyabb volt a lenmagos kiegészítésnél (9,8% vs. 27,3%). *De Veth és mtsai* (2009) konjugált linolsavval (transz-10, cisz-12 CLA) történő takarmányozási kísérlet sorozatokat vizsgáltak (metaanalízis vizsgálat), amelyek esetében az első ovulációig eltelt idő csökkenését tapasztalták, továbbá kimutatták, hogy a laktáció korai szakaszában a vemhesülés valószínűsége 26%-kal nő, ha a takarmányadagban 10 g/nap a linolsav mennyisége. *Csillik és mtsai* (2017) szintén az ellés és a következő ovuláció között eltelt idő csökkenését tapasztalták CLA (cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA) kiegészítés hatására, amely magasabb poszt-ovulációs progeszteron emelkedést és jobb termékenységet eredményezett. CLA kiegészítéssel (63 g/nap lipidbe kapszulázott CLA: 7,1 g cisz-9, transz-11 és 2,4 g transz-10, cisz-12 CLA-t (CLA 75:25); vagy 76 g lipidkapszulázott CLA: 7,1 g cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA (CLA 50:50)) (*Castañeda-Gutiérrez és mtsai*, 2007), továbbá 50 g cisz-9,transz-11 és transz-10, cisz-12 CLA-val (*Esposito és mtsai*, 2013) takarmányozott tehenek esetében megemelkedett az inzulinszerű növekedési faktor-I (IGF-I) plazmakoncentrációja. Hatására az ellés utáni első 12 hétben nagyobb a vemhesség valószínűsége azokkal az állatokkal szemben, amelyeknek a vérkeringésben lévő IGF-I szintje alacsonyabb. *Juchem és mtsai* (2010) pálmaolaj, illetve linolsavban és transz-oktadecénsavban gazdag kalciumsó (LTFA)

a proszttaglandin szintézisre gyakorolt hatását, az alapján a méh involúcióját és a vemhesülés arányát vizsgálták. Az LTFA-val takarmányozott első ellésű tehenek a proszttaglandin F2 α metabolitjának (PGFM, 13,14-dihidro-15-keto-PGF2 α) plazma koncentrációja magasabb volt, illetve jobb vemhesülés arányt figyeltek meg a termékenyítést követő 27. és 41. napon (37,9 vs 28,6%, illetve 35,5 vs 25,8%) a pálmaolaj kiegészítést kapó tehenekhez képest. *Fuentes és mtsai* (2008) extrudált lenmag etetésének hatását tanulmányozták egyebek mellett a proszttaglandin szekrécióra is. A proszttaglandin metabolit (PGFM, 13,14-dihidro-15-keto-prostaglandin F2 α) plazmakoncentrációja alacsonyabb volt a lenmag etetés hatására (106 pg/ml) a kontrollhoz (120 pg/ml) képest (P = 0,16), de a szaporodásbiológiai teljesítmény hasonló volt a kezeléseket között. *Zachut és mtsai* (2008) az ellés előtti időszakban bendővédett zsírkiegészítéssel adott linolsav és olajsav arányának hatását vizsgálva az ovulációs tüszők jellemzőire azt tapasztalták, hogy a preovulációs tüszők átmérője nagyobb volt a nagymértékben telítetlen zsírsavakkal (HUFA) takarmányozott, mint a kontroll takarmánnyal etetett teheneknél. A takarmány telítetlen zsírsavkiegészítéssel megnövelte a szteroid hormonok jelenlétét a preovulációs tüszőkben, ami előnyös lehet a petefészek működésére.

3.4. Petesejt és embrióminőség

Petit és mtsai (2008) zsírkiegészítés hatását vizsgálták tejelő tehenek embrióminőségére, valamint az embrióültetés sikerességére. Az n-3 zsírsavban gazdag takarmány rontotta a donor tehenek embrióinak minőségét a pálmaolaj kalciumsóival kiegészített takarmányozáshoz képest, de nem volt hatással az implantált 1-es stádiumú embriókat kapott üszők későbbi vemhességi arányára. *Cerri és mtsai* (2009) LTFA kiegészítés és pálmaolaj alkalmazásának hatását vizsgálták. Eredményeik alapján LTFA hatására javult az embriók minősége. Beszámolók (*Zeron és mtsai*, 2002; *Fouladi-Nashta és mtsai*, 2009) szerint az n-3 zsírsavak (például szójabab, lenmag és halolaj) hozzáadása a takarmányhoz pozitív hatást gyakorol a petesejt éérésére a follikuláris folyadék emelkedett zsírsavtartalmának révén (elengedhetetlenek a petesejt ééréséhez). Arra a következtetésre jutottak, hogy a petefészek pufferele a petesejtet a plazma n-3 és n-6 zsírsavak fluktuációinak hatásai ellen, amely csekély hatást fejt ki a fejlődési potenciálra. *Ponter és mtsai* (2012) lenmag (n-3) és szójabab (n-6) kiegészítés hatását tanulmányozták a petesejt minőségére és számára, valamint az embriók *in vitro* tenyésztésére. A kezelés nem befolyásolta a petesejt jellemzőit (szám, minőség, megtermékenyített és osztódott (hasadt)), valamint az embrió jellemzőit (üzőnkénti szám és minőség) és az embrió fejlődési szakaszait. Valós idejű RT-PCR vizsgálat növekedett proszttaglandin E szintáz-1 expresszióját mutatta lenmagos kiegészítéssel etetett egyedeknél a szójababbal etetett üszőkhöz képest. *Gandra és mtsai* (2017) szintén lenmag és szójabab hatását vizsgálták a tüszők méretére és számára, a petesejt és az embrió minőségére, valamint a vér metabolitjaira az átmeneti időszakban és a korai laktáció során. Az n-3 és n-6 zsírsavban gazdag takarmánnyal etetett egyedeknél nagyobb volt a tüszőszám, mint a kontroll csoportban lévőknél. Nem volt különbség az n-3 és n-6 zsírsavban gazdag étrendek között a tüszők számát és méretét illetően. A petesejt minősége hasonló volt takarmánytól függetlenül. Bár a zsírsavkiegészítés nem volt hatással az embrió minőségére (osztódott pete-

sejtek és életképes embriók száma), a szójabab kiegészítéssel etetett teheneknél alacsonyabb volt az életképes embriók száma a lenmaggal etetett tehenekhez képest. A két zsírsavban gazdag takarmány emelte a frissen ellett tehenek vérének koleszterin koncentrációját, valamint a növelte tüszők számát. *Leroy és mtsai* (2013) korábbi kísérletükben bizonyították, hogy a takarmányhoz kiegészítésként adott zsírsavak hiperlipidemiás állapotokat válthatnak ki, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak az embrió fejlődésére és anyagcseréjére. *Albuquerque és mtsai* (2012) lenmaggal, illetve repcemaggal takarmányozott Nellore tehenek szuperovulációs reakcióját, a termelést és az embrió minőségét, valamint a szezonális változások (négy évszakon keresztül) hatását vizsgálták az embrió előállításra. Eredményeik alapján szuperovulációs kezelésre reagáló tehenek száma magasabb volt a téli időszakban (93,8%), mint nyáron (62,5%). A degenerált embriók átlagos száma magasabb volt a lenmaggal etetett teheneknél (2,48), a kontroll tehenekkel összehasonlítva (0,32).

3.5. Zsírsavak mennyisége és hatásuk

A zsírkiegészítők fajtája, aránya eltérő módon befolyásolja a szaporodásbiológiai funkciókat. Húsmarhák szaporodásbiológiai tulajdonságaira hatást gyakorló zsírsavforrásokat (napraforgó, a pórsáfrány, a gyapotmag, a szójabab) vizsgált *Funston* (2004) az ellést megelőző és azt követő időszakban, a nevelési időszakban és az üszők fejlődése során. A zsírra adott válaszreakciót a testtömeg és a kondíció pontszám, a borjúkori időszak, az ellést követő időszak, a vemhesülési arány, az első termékenyítés sikeressége, a két ellés közti időszak, az ellési nehézség, valamint a borjú születési és választási súlyának mérésével vizsgálta. Tapasztalatai alapján az állatok válaszreakciója a kondíció pontszámtól, az ellések számától, a takarmányban lévő táplálóanyagoktól és a kiegészített zsír típusától is függ. Szarvasmarhán és más emlősön végzett vizsgálat kimutatta, hogy a különböző típusú, változó, többszörösen telítetlen zsírsav tartalmú zsírok etetése megváltoztathatja a prosztaglandin szintézist, ennek következtében a petefészek tüszőinek számát és méretét, az ovuláció sebességét, a sárgatest progeszteron termelését, a luteolízis időpontját és vemhesség hosszát (*Abayasekara és Wathes*, 1999). *Dawod és mtsai* (2020) extrudált lenmag (650 g/kg) és extrudált szójabab (150 g/kg) takarmánykiegészítő hatását vizsgálták, amely során nem tapasztaltak kiemelkedő hatást első termékenyülési arányra, illetve a tőgygyulladás előfordulási arányára. *Bork és mtsai* (2010) lenmag kiegészítéssel végzett tanulmánya szerint a 850 g/tehen/nap lenmag nem befolyásolja a tejelő tehenek szaporodásbiológiai teljesítményét.

A folyamatok működéséhez nem csupán a zsírsavak jelenléte, hanem az n-3 és n-6 zsírsavak megfelelő arányban történő biztosítása is elengedhetetlen, amelyre példa *Caldari-Torres és mtsai* (2006) kísérlete is. Vizsgálatukban n-6 zsírsavak jelenlétének hatására csökkent az endometriális szövetkultúrában (szarvasmarha) az n-3 zsírsavak PGF₂ α szintézis gátló hatása. A lipidkiegészítés megváltoztathatja a petesejtek, valamint az embrió mikrokörnyezetét. További kísérletek szerint az n-3 és n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak megváltoztatják a tüszők növekedését, valamint a petefészekben és a méhnyálkahártyán végbemenő szteroid szintézist és prosztaglandin metabolizmust. Ezen kívül véleményük szerint az n-6 zsírsavak

gyulladást előidéző és így PGF2 α -stimuláló tulajdonságának köszönhetően pozitívan hat a korai ellés körüli időszakban, az n-3 zsírsvavak kiegészítésként alkalmazva pedig csökkenthetik az említett gyulladáshoz vezető folyamatokat, ezzel javítva az embrió túlélési esélyeit a termékenyítés körüli időszakban (Leroy és mtsai, 2013). Santos és mtsai (2008) kísérletük során arra a következtetésre jutottak, hogy az n-6 és n-3 zsírsvavak figyelemreméltó hatást fejtenek ki a szarvasmarhák szaporodásbiológiai mutatóira, azonban több tapasztalat szükséges a megértéséhez vajon ezeket a hatásokat maguk a zsírsvavak, vagy közvetve a bendő bihidrogénezése során képződő intermedierek fejtik ki. További tapasztalatok alapján az n-6 zsírsvavak etetése a vemhesség késői és a laktáció kezdeti szakaszában fokozza a tüszők növekedését, javítja az embrió minőségét és segíti a vemhesség fenntartását. Az n-3 zsírsvavval történő takarmányozás során a laktáció alatt csökken a prosztaglandin felszabadulás a méhből és javul az embrió minősége, valamint a vemhesség fenntartása.

4. Következtetések és javaslatok

A zsírkiegészítéssel történő takarmányozás és annak hatása a gazdasági állatok teljesítményére évtizedek óta foglalkoztatja a kutatókat és a gyakorlatban résztvevő szakembereket egyaránt. Ennek ellenére a mai napig eltérőek a zsírsvavak hatását

2a. táblázat:

Egyes zsírsvavak hatása a szaporodásbiológiai folyamatokra

Alkalmazott zsírsvav / zsírsvavforrás és dózisaik	Hivatkozott szerzők	Zsírsvavak hatása
1,5% és 3% halolaj, illetve 1,5% és 3% szójababolaj	<i>Ghasemzadeh-Nava és mtsai (2011)</i>	Tüszőméret növekedés
2.0 mM olajsav	<i>Grummer és Carroll (1991)</i>	Koleszterin koncentráció növekedés a follikuláris folyadékban
34% Megalac (pálmaolaj Ca szappanja), 49% szójabab; 125 g Megalac; lenmag (60 és 80 g/kg, linolénsav), szójabab (120 és 160 g/kg, linolsav) és Megalac (24 és 32 g/kg)	<i>Hightshoe és mtsai (1991); Espinoza és mtsai (1995); Gandra és mtsai (2017)</i>	Vérkoleszterin szint növekedés
4,2% pálmaolaj Ca sója	<i>Scott és mtsai (1995)</i>	Aktívabb petefészek működés; erősebb ivarzás
240 g LinPreme (linolénsav) és 270 g SoyPreme (linolsav)	<i>Robinson és mtsai (2002)</i>	Plazma progeszteronszint csökkenés; közepes méretű (5-10 mm átmérőjű) tüszők számának növekedése
	<i>Soydan és mtsai (2017) (összefoglaló)</i>	Sárgatest átmérő és progeszteron koncentráció növekedés
63 g CLA (7,1 g cisz-9, transz-11 és 2,4 g transz-10, cisz-12 (CLA 75:25) és 76 g 7,1 g cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 (CLA 50:50); 50g linolsav (CLA)	<i>Castañeda-Gutiérrez és mtsai (2007); Esposito és mtsai (2013)</i>	Inzulinszerű növekedési faktor-I (IGF-I) plazmakoncentrációjának növekedése

Table 2a: Effect of fatty dietary acid on reproduction

2b. táblázat:

Egyes zsírsavak hatása a szaporodásbiológiai folyamatokra

Alkalmazott zsírsav/zsírsavforrás és dózisaik	Hivatkozott szerzők	Zsírsavak hatása
0,8 kg halliszt; CSFA: palmitinsav, 48,1%; sztearinsav, 4,4%; olajsav, 40,2% és linolsav, 7,4%; Ca 8,2%; 3% faggyú; pórsáfránymag (4,2%), szójabab (3,3%), napraforgó (4,5%); lenmag (17%, linolénsav)	<i>Armstrong és mtsai</i> (1990); <i>Sklan és mtsai</i> (1991); <i>Son és mtsai</i> (1996); <i>De Fries és mtsai</i> (1998); <i>Bellows és mtsai</i> (2001); <i>Petit és mtsai</i> (2001)	Javuló termékenyülési arány
2,2% mirisztinsav, 41% palmitinsav, 4,2% sztearinsav, 30,9% olajsav, 0,2% olajsav transz, 8,0% linolsav, 0,5% linolénsav, 0,4% arachidonsav, 2,0% eikozapentaénsav, 2,3% dokozaheptaénsav; lenmag (60 és 80 g/kg, linolénsav), szójabab (120 és 160 g/kg, linolsav) és Megalac (24 és 32 g/kg)	<i>Bilby és mtsai</i> (2006); <i>Gandra és mtsai</i> (2017)	2-5 mm-es tüszők számának növekedése
0,4 kb GlükoRep (halolaj, 30-30% EPA és DHA)	<i>Roszkos és mtsai</i> (2008)	Javuló vemhesülési arány; csökkenő korai embrióvesztés
9% lenmag	<i>Ambrose és mtsai</i> (2006)	Tüszők átmérőjének növekedése; csökkenő vemhességvesztés
konjugált linolsav (transz-10, cisz-12 CLA; Csillik: 70 g CLA (cisz-9,transz-11 és transz-10,cisz-12);	<i>De Veth és mtsai</i> (2009); <i>Csillik és mtsai</i> (2017)	Első ovulációig eltelt idő csökkenés; vemhesülés valószínűségének növekedése
linolsav és transz-oktadecénsav (2%)	<i>Juchem és mtsai</i> (2010)	Plazma PGFM koncentráció növekedés; javuló vemhesülési arány
2% pálmaj Ca sója és linolsav és transz-oktadecénsav (LTFA)	<i>Santos és mtsai</i> (2008); <i>Cerri és mtsai</i> (2009)	Embrióminőség javulás
olajsav (33,6%) és linolsav (30,5%)	<i>Zachut és mtsai</i> (2008)	Preovulációs tüszők átmérőjének növekedése; szteroid hormonok jelenlétének növekedése
linolénsav és linolsav (33%)	<i>Ponter és mtsai</i> (2012)	Prosztaglandin E szintáz-1 expressziójának növekedése
linolsav (50-100 µM)	<i>Caldari-Torres és mtsai</i> (2006)	n-6 zsírsavak jelenlétének hatására az endometriális szövetkultúrában n-3 zsírsavak PGF2α szintézis gátló hatásának csökkenése

Table 2b: Effect of fatty dietary acid on reproduction

vizsgáló kísérletek eredményei. Többek között az embrió- és petesejtminőségre, a vemhesülési arányra gyakorolt hatások továbbra is vita tárgyát képezik. Valószínűleg az alkalmazott különböző zsírforrások, azok mennyiségi eltérése, a kísérlet eltérő időtartama, illetve beállítási körülményei, a környezeti feltételek, az állatok eltérő egészségi állapota mind hozzájárul az eltérő eredményekhez és következtetésekhez.

Az ismertetett kísérletek eredményei alapján a megfelelő mennyiségű, minőségű, arányú, valamint optimális időben adott többszörösen telítetlen zsírsvav takarmány kiegészítőként alkalmazva, eltérő módon, mégis figyelemreméltó hatást gyakorolnak a szarvasmarhák szaporodásbiológiai folyamataira. Összességében tehát az állatok szaporodásbiológiai teljesítménye (Royal és mtsai, 2000; Royal és mtsai, 2003; Butler, 2003) zsírsvav kiegészítéssel javítható (Soydan és mtsai, 2017).

A különböző zsírsvavakkal történő takarmány-kiegészítés hatással van egyes szaporodásbiológiai folyamatokra (2. táblázat).

A máj által termelt inzulinszerű növekedési faktor (IGF-I) például kölcsönhatásban a hipofízisben termelődő növekedési hormonnal (GH) hatást gyakorol az anyagcsere folyamatokra, hozzájárulva a tüsző, a petesejt és embrionális fejlődéshez (Thomas és mtsai, 2007). A takarmányhoz kiegészítésként adott speciális zsírsvav segíthetik az optimális szaporodáshoz és termékenységhez szükséges hormonális szabályozást. Az n-3 zsírsvav jelentős hatást gyakorolnak többek között az ivarzási ciklusra, az ovulációra, az embriók túlélésére, az ellés és az ellések közötti intervallumra (Otto és mtsai, 2014a). A PGF2 α , progeszteron és az ösztrogén, limitáló faktoroknak tekinthetők, elengedhetetlenek az ovuláció, az ivarzási ciklus és a vemhesség fenntartása során. Az embrió túlélése érdekében a progeszteron szintézis fő prekursoraként a megfelelő koleszterinszint, ezzel kölcsönhatásban a progeszteron koncentrációjának fenntartása és a PGF2 α hormon termelődésének a gátlása szükséges (Mattos és mtsai, 2000; Inskeep, 2004; Childs és mtsai, 2008).

A vemhesség során az embrió egy jelet (interferon-tau) bocsát ki az anya felé, jelezve a jelenlétét (Campbell és mtsai, 2003), visszaszorítva ezáltal a PGF2 α hormon termelődését a sárgatest progeszteron termelése, ezzel pedig a vemhesség fennmaradása érdekében (Ball és Peters, 2004).

Az LH jelenléte rendkívül fontos a petefészektüszők fejlődésének és érésének utolsó szakaszában (Ball és Peters, 2004). Az agyalapi mirigyből történő LH szekréció energiafüggő folyamat, amely zsírpoótlással javítható (Funston, 2004), további kutatások azonban cáfolták (Staples és mtsai, 1998; Mattos és mtsai, 2000) a zsírpoótlással történő szekréció pozitív hatását.

5. Felhasznált irodalom

- Abayasekara, D. R. E. – Wathes, D.C. (1999): Effects of altering dietary fatty acid composition on prostaglandin synthesis and fertility. PLEFA, 61. 275–287. <https://doi.org/10.1054/plef.1999.0101>
- Albuquerque, K. P. – do Prado, I. N. – do Prado, R. M. – Cavallieri, F. L. B. – Rigolon, L. P. – Barbosa, O. R. (2012): Superovulatory response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. Acta Sci. Anim. Sci., 34. 321–327. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.13372>
- Ambrose, D. K. – Kastelic, J. P. – Corbett, R. – Pitney, P. A. – Petit, H. V. – Small, J. A. – Zalkovic, P. (2006): Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in ω -linolenic acid. J. Dairy Sci., 89. 3066–3074. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72581-4)
- Armstrong, J. D. – Goodall, E. A. – Gordon, F. J. – Rice, D. A. – McCaughey, W. J. (1990): The effects of levels of concentrate offered and inclusion of maize gluten or fish meal in the concentrate on reproductive performance and blood parameter of dairy cows. Anim. Prod., 50. 1–10. <https://doi.org/10.1017/S0003356100004414>

- Ashes, J. R. – St Vincent Welch, P. – Gulati, S. K. – Scott, T. W. – Brown, G. H. – Blakely, S. (1992): Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seed. *J. Dairy Sci.*, 75. 1090–1096. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77853-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77853-9)
- Ball, P. J. H. – Peters, A. R. (2004): *Reproduction in cattle*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Beam, S. W. – Butler, W. R. (1997): Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. Repr.*, 56. 133–142. [10.1095/biolreprod56.1.133](https://doi.org/10.1095/biolreprod56.1.133)
- Bellows, R. A. – Grings, E. E. – Simms, D. D. – Geary, T. W. – Bergman, J. W. (2001): Effects of feeding supplemental fat during gestation to first calf beef heifers. *Prof. Anim. Sci.*, 17. 81–89. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31602-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31602-8)
- Bezard, J. – Blond, J. P. – Bernard, A. – Clouet, P. (1994): The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34. 539–568. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31602-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31602-8)
- Bilby, T. R. – Sozzi, A. – Lopez, M. M. – Silvestre, F. T. – Ealy, A. D. – Staples, C. R. – Thatcher, W. W. (2006): Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus, and growth hormone-insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.*, 89. 3360–3374. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72373-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72373-6)
- Bork, N. R. – Schroeder, J. W. – Lardy, G. P. – Vonnahme, K. A. – Bauer, M. L. – Buchanan, D. S. – Shaver, R. D. – Fricke, P. M. (2010): Effect of feeding rolled flaxseed on milk fatty acid profiles and reproductive performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 88. 3739–3748. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2841>
- Burr, G. O. – Burr, M. M. (1929): A new disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *J. Biol. Chem.*, 82. 345–367. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(20\)78281-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(20)78281-5)
- Burr, G. O. – Burr, M. M. (1930): On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *J. Biol. Chem.*, 86. 587–621. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(20\)78929-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(20)78929-5)
- Butler, W. (2003): Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Liv. Prod. Sci.*, 83. 211–218. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
- Caldari-Torres, C. – Rodriguez-Sallaberry, C. – Greene, E. S. – Badinga, L. (2006): Differential effects of n-3 and n-6 fatty acids on prostaglandin F2 production by bovine endometrial cells. *J. Dairy Sci.*, 89. 971–977. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72162-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72162-2)
- Campbell, J. R. – Kenealy, M. D. – Campbell, K. L. (2003): *Animal sciences, the biology, care, and production of domestic animals*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Canfield, R. W. – Butler, W. R. (1990): Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Dom. Anim. Endoc.*, 7. 323–330. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(90\)90038-2](https://doi.org/10.1016/0739-7240(90)90038-2)
- Carlson, S. E. – Cooke, R. J. – Werkman, S. H. – Tolley, E. (1992): A first year growth of preterm infants fed standard compared to marine oil n-3 supplemented formula. *Lipids*, 27. 901–907. <https://doi.org/10.1007/BF02535870>
- Carroll, D. J. – Hossain, F. R. – Keller, M. R. (1994): Effect of supplemental fish meal on the lactation and reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77. 3058–3072. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77248-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77248-9)
- Castañeda-Gutiérrez, E. – Benefield, B. C. – De Veth, M. J. – Santos, N. R. – Gilbert, R. O. – Butler, W. R. – Bauman, D. E. (2007): Evaluation of the mechanism of action of conjugated linoleic acid isomers on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90. 4253–4264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0117>
- Cerri, R. L. – Juchem, S. O. – Chebel, R. C. – Rutigliano, H. M. – Bruno, R. G. – Galvão, K. N. – Thatcher, W. W. – Santos, J. E. (2009): Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92. 1520–1531. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1614>
- Childs, S. – Lynch, C. O. – Hennessy, A. A. – Stanton, C. – Wathes, D. C. – Sreenan, J. M. – Diskin, M. G. – Kenny, D. A. (2008): Effect of dietary enrichment with either n-3 or n-6 fatty acids on

- systemic metabolite and hormone concentration and ovarian function in heifers. *Animal*, 2, 883–893. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002115>
- Csillik, Z. – Faigl, V. – Keresztes, M. – Galamb, E. – Hammon, H. M. – Tröscher, A. – Fébel, H. – Kulcsár, M. – Husvéth, F. – Huszenicza, Gy. – Butler, W. R. (2017): Effect of pre- and postpartum supplementation with lipid-encapsulated conjugated linoleic acid on reproductive performance and the growth hormone-insulin-like growth factor-I axis in multiparous high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100, 5888–5898. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12124>
- Mello, J. P. F. (2000): *Farm animal metabolism and nutrition*. CABI Publishing.
- Davies, J. A. (2008): *Arachidonic Acid*. Editors: Enna, S. J. – Bylund, D. B.: *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*. Elsevier, 1–4.
- Dawod, A. – Ahmed, H. – Abou-Elkhair, R. – Elbaz, H. T. – Taha, A. E. – Swelum, A. A. – Alhidary, I. A. – Saadeldin, I. M. – Al-Ghadi, M. Q. – Ba-Awadh, H. A. – Hussein, E. O. S. – Al-Sagheer, A. A. (2020): Effects of extruded linseed and soybean dietary supplementation on lactation performance, first-service conception rate, and mastitis incidence in Holstein dairy cows. *Animal*, 10, 436. <https://doi.org/10.3390/ani10030436>
- De Fries, C. A. – Neuendorff, D. A. – Randel, R. D. (1998): Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.*, 76, 864–870. <https://doi.org/10.2527/1998.763864x>
- De Veth, M. – Bauman, D. – Koch, W. – Mann, G. – Pfeiffer, A. – Butler, W. (2009): Efficacy of conjugated linoleic acid for improving reproduction: A multi-study analysis in early-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 2662–2669. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1845>
- Doreau, M. – Chilliard, Y. (1997): Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br. J. Nutri.*, 78, 15–35. <https://doi.org/10.1079/BJN19970132>
- Escherich, J. – Lottahammer, K. H. (1987): Individuell und managementbedingte Einflüsse auf den Erfolg von sterilitätsbehandlungen bei Rindern. *Zuchthygiene*, 22, 134.
- Espinoza, J. L. – Ramírez-Godínez, J. A. – Jiménez, J. A. – Flores, A. (1995): Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive activity in beef cows and growth of calves. *J. Anim. Sci.*, 73, 2888–2892. <https://doi.org/10.2527/1995.73102888x>
- Esposito, G. – Absalón Medina, V. A. – Schneider, A. – Gilbert, R. O. – Butler, W. R. (2013): Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on the metabolism and reproduction of dairy cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 43, S33–S37. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.6>
- Field, T. G. – Taylor, R. E. (2008): *Scientific farm animal production, an introduction to animal science*. 9th ed. New Jersey Columbus: Pearson, Prentice Hall.
- Fischer, S. (1989): Dietary polyunsaturated fatty acids and eicosanoid formation in humans. *Adv. Lipid Res.*, 23, 169–198. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-024923-7.50008-X>
- Fouladi-Nashta, A. A. – Wonnacott, K. E. – Gutierrez, C. G. – Gong, J. G. – Sinclair, K. D. – Garnsworthy, P. C. – Webb, R. (2009): Oocyte quality in lactating dairy cows fed on high levels of n-3 and n-6 fatty acids. *Repr.*, 138, 771–781. <https://doi.org/10.1530/REP-08-0391>
- Földi, J. – Kulcsár, M. – Pécsi, A. – Huyghe, B. – De Sa, C. – Lohuis, J. A. – Cox, P. – Huszenicza, Gy. (2006): Bacterial complications of postpartum uterine involution in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 96, 265–281. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.006>
- Fuentes, M. C. – Calsamiglia, S. – Sánchez, C. – González, A. – Newbold, J. R. – Santos, J. E. P. – Rodríguez-Alcalá, L. M. – Fontecha, J. (2008): Effect of extruded linseed on productive and reproductive performance of lactating dairy cows. *JLST*, 113, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.005>
- Funston, R. N. (2004): Fat supplementation and reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.*, 154–161. https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE154x
- Gandra, J. R. – Verdurico, L. C. – Mingoti, R. D. – Takiya, C. S. – Gardinal, R. – Vendramini, T. H. A. – Barletta, R. V. – Visintin, J. A. – Rennó, F. P. (2017): Whole flaxseed, raw soybeans, and calcium salts of fatty acids supplementation for transition cows: follicle development and embryo quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, 16, 538–545. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1302823>

- Geisert, R. D. – Short, E. C. – Zavy, M. T. (1992): Maternal recognition of pregnancy. *Anim. Repr. Sci.*, 28. 287–298.
- Ghasemzadeh–Nava, H. – Fatahnia, F. – Nikkhah, A. – Zamiri, M. J. (2011): Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian function and prostaglandin secretion in lactating dairy cows. *Intern. J. Vet. Res.*, 5. 129–135. <https://doi.org/10.22059/IJVM.2011.23111>
- Grummer, R. R. – Carroll, D. J. (1991): Effects of dietary–fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 69. 3838–3852. <https://doi.org/10.2527/1991.6993838x>
- Ha, Y. L. – Grimm, N. K. – Pariza, M. W. (1987): Anticarcinogens from fried ground beef: heat–altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8. 1881–1887. <https://doi.org/10.1093/carcin/8.12.1881>
- Hatvani Cs. (2012): Petefészek rendellenességek előfordulásának gyakorisága, hatása a szaporodásra és kezelésének lehetőségei nagyüzemi tehenészetben. Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Nagyállattenyésztési és Termelés technológiai Tanszék. Kaposvár
- Hightshoe, R. B. – Cochran, R. C. – Corah, L. R. – Kiracofe, G. H. – Harmon, D. L. – Perry, R. C. (1991): Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J. Anim. Sci.*, 69. 4097–4103. <https://doi.org/10.2527/1991.69104097x>
- Holman, R. T. (1978): Essential fatty acid deficiency in animals. In: *Rechigl, Jr M.* (Ed.) Handbook series in nutrition and food, Section E: Nutritional disorders. Vol. 2. CRC. Boca Raton: CRC Press, 491–514.
- Innis, S. M. (1991): Essential fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.*, 30. 39–103. [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(91\)90006-Q](https://doi.org/10.1016/0163-7827(91)90006-Q)
- Inskeep, E. K. (2004): Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *J Anim Sci.* 82., 13, 24–39. [10.2527/2004.8213_supplE24x](https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE24x)
- Juchem, S. O. – Cerri, R. L. A. – Villaseñor, M. – Galvão, K. N. – Bruno, R. G. S. – Rutigliano, H. M. – DePeters, E. J. – Silvestre, F. T. – Thatcher, W. W. – Santos, J. E. P. (2010): Supplementation with calcium salts of linoleic and trans-octadecenoic acids improves fertility of lactating dairy cows. *Repr. Dom. Anim.* 45., 55–62. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01237.x>
- Keresztes, M. – Faigl, V. – Márton, A. – Ilnáth, Z. – Kulcsár, M. – Mézes, M. – Husvéth, F. – Huszenicza, GY. (2007): A védett zsírokkal történő takarmány-kiegészítés hatása a kérődzők szaporodásbiológiai jellemzőire. Irodalmi áttekintés. *Magy. Állato. L.*, 129. 525–530.
- Kinsella, J. E. – Lokesh, B. – Broughton, S. – Whelan, J. (1990): Dietary polyunsaturated fatty acids and eicosanoids: Potential effects on the modulation of inflammatory and immune cells: An overview. *Nutrition*, 6. 24–44.
- Kralovánszky, U. P. – Mathné–Shill, J. (1994): Adatok a kendermag beltartalmi és használati értékeléshez. *Növényterm.*, 43. 439–446.
- Leroy, J. L. M. R. – Sturmeijer, R. G. – Van Hoeck, V. – De Bie, J. – McKeegan, P. J. – Bols, P. E. J. (2013): Dietary lipid supplementation on cow reproductive performance and oocyte and embryo viability: a real benefit? *Anim. Reprod.*, 10, 258–267.
- Lopes, N. – Scarpa, A. B. – Cappellozza, B. I. – Cooke, R. F. – Vasconcelos, J. L. M. (2009): Effects of rumen–protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *J. Anim. Sci.*, 87. 3935–3943. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2201>
- Mattos, R. – Staples, C. R. – Thatcher, W. W. (2000): Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Repr.*, 5. 38–45. <https://doi.org/10.1530/ror.0.0050038>
- Mayes, P. A. (1996): Metabolism of unsaturated fatty acids and eicosanoids. In: *Murray, R. K. – Granner, D. K. – Mayes, P. A. – Rodwell, V. W.* (Eds.) Harper’s Biochemistry, 24th ed. Connecticut: Appleton and Lange, 236–244.
- Mitchell, M. D. – Phil, D. (1990): Eicosanoids in Reproduction. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, United States.

- Neuringer, M. – Anderson, G. J. – Connor, W. V. (1988): The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann. Rev. Nutr.*, 8. 517–544. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.002505>
- Otto, J. R. – Freeman, M. J. – Malau-Aduli, B. S. – Nichols, P. D. – Lane, P. A. – Malau-Aduli, A. E. O. (2014a): Reproduction and fertility parameters of dairy cows supplemented with omega-3 fatty acid-rich canola oil. *Ann. Res. Rev. Biol.*, 4. 1611–1636. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/7689>
- Palmquist, D. L. – Jewans, T. C. (1980): Fat in lactation: review. *J. Dairy Sci.*, 63. 1–14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5)
- Petit, H. V. – Dewhurst, R. J. – Proulx, J. G. – Khalid, M. – Haresign, W. – Twagiramungu, H. (2001): Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Can. J. Anim. Sci.*, 81. 263–271. <https://doi.org/10.4141/A00-09>
- Petit, H. V. – Cavalieri, F. B. – Santos, G. T. D. – Morgan, J. – Sharp, P. (2008): Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed and the success of embryo transfer. *J. Dairy Sci.*, 91. 1786–1790. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0782>
- Ponter, A. A. – Guyader-Joly, C. – Nuttinck, F. – Grimard, B. – Humblot, P. (2012): Oocyte and embryo production and quality after OPU–IVF in dairy heifers given diets varying in their n-6 / n-3 fatty acid ratio. *Theriogenology*, 78. 632–645. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.03.009>
- Robinson, R. – Pushpakumara, P. – Cheng, Z. – Peters, A. – Abayasekara, D. – Wathes, D. (2002): Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Repr.*, 124. 119–131.
- Roszkos R. (2018): A jövő energiahordozói a tejelő tehenek takarmányozásában II. *Agró Napló*, 12. 11. 46–48.
- Royal, M. – Darwash, A. – Flint, A. – Webb, R. – Woolliams, J. – Lamming, G. (2000): Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim. Sci.*, 70. 487–501. <https://doi.org/10.1017/S1357729800051845>
- Royal, M. – Pryce, J. – Woolliams, J. – Flint, A. (2002): The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein–Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85. 3071–3080. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74394-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74394-4)
- Santos, J. E. P. – Bilby, T. R. – Thatcher, W. W. – Staples, C. R. – Silvestre, F. T. (2008): Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reprod. Dom. Anim.*, 43. 23–30. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01139.x>
- Sargent, J. R. (1997): Fish oils and human diet. *Br. J. Nutr.*, 78. 5–13. <https://doi.org/10.1079/bjn19970131>
- Scott, T. A. – Shaver, R. D. – Zepeda, L. – Yandell, B. – Smith, T. R. (1995): Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction and health of high producing Holstein herds. *J. Dairy Sci.*, 78. 2435–2451. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76872-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76872-2)
- Senger, P. L. (2003): Pathways to pregnancy and parturition. 2nd Ed. Current Conceptions Inc. Washington State University, Pullman, WA, USA.
- Sklan, D. – Moallem, U. – Folman, Y. (1991): Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 74. 510–517. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78198-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78198-8)
- Son, J. – Grant, R. J. – Larson, L. L. (1996): Effects of tallow and escape protein on lactational and reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 79. 822–830. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76430-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76430-5)
- Soydan, E. – Şen, U. – Şirin, E. (2017): Relationship between dietary fatty acids and reproductive functions in dairy cattle. *Turkish J. Agri. Food Sci. Tech.*, 5. 1575. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1575-1579.1271>

- Staples, C. R. – Burke, J. M. – Thatcher, W. W.* (1998): Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 81. 856–871. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75644-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75644-9)
- Stockdale, C. R.* (2001): Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Anim. Prod. Sci.*, 41. 823–839. <https://doi.org/10.1071/EA01023>
- Süli, Á. – Garipoglu, A. V. – Csapó, J. – Béri, B. – Vargáné Visi, É. – Jónás, E.* (2018): Dietary manipulation to increase the concentration of n-3 fatty acids in milk fat. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16. 1553–1562. https://doi.org/10.15666/aeer/1602_15531562
- Thatcher, W. W. – Staples, R. C.* (2007): Using fats and fatty acids to enhance reproductive performance. Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference. 115 Zimmermann, N.G., ed., University of Maryland, College Park, MD 20742. USA, 116–129.
- Thomas, F. H. – Campbell, B. K. – Armstrong, D.G. – Telfer, E. E.* (2007): Effects of IGF-I bioavailability on bovine preantral follicular development in vitro. *Repr.*, 133. 1121–1128. <https://doi.org/10.1530/REP-06-0382>
- Tóth T. – Bázár Gy. – Roszkos R.* (2021): Omega-3 zsírsavforrások előnye gyakorlati megközelítésben - Tenyésztések és malacok. *AgroNapló*, 4. 69–70.
- Ward, P. F. V. – Scott, T. W. – Dawson, B. A.* (1964): Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J. Nutr.*, 124. 556–565.
- Zachut, M. – Arieli, A. – Lehrer, H. – Argov, N. – Moallem, U.* (2008): Dietary unsaturated fatty acids influence preovulatory follicle characteristics in dairy cows. *Repr.*, 135. 683–92. <https://doi.org/10.1530/REP-07-0556>
- Zahradnik, H.P. – Schäfer, W. – Neulen, J. – Wetzka, B. – Gaillard, T. – Tielsch, J. – Casper, F.* (1992): The role of eicosanoids in reproduction. *Eicosanoids*, 5. 56–59.
- Zeron, Y. – Sklan, D. – Arav, A.* (2002): Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol. Rep. Dev.*, 61. 271–278. <https://doi.org/10.1002/mrd.1156>
- Zsinka, Á.* (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. *Táplálkozás - Anyagcsere - Diéta*, 2. 1. 10–15.

Érkezett: 2024. július

Szerzők címe: Balogh, E. – Varga-Balogh, O. – Kern, L. – Bodó, Sz. – Szabari, M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
Author's address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
*levelező szerző, e-mail: balogh.eszter.erika@uni-mate.hu

Populációgenetikai vizsgálatok gidrán tenyészkancák teljesítményvizsgálati adatbázisán

Population genetic studies on the performance test database of Gidran broodmares

BENE Szabolcs – SIMON Annamária – POLGÁR J. Péter –
RÓZSA László – SZABÓ Ferenc

ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők a Gidrán Lótenyésztők Magyarországi Egyesületének országos tenyészkanca sajátteljesítmény-vizsgálati adatbázisát dolgozták fel. A kiindulási adatbázis lényegében a teljes magyarországi tenyészkanca állomány (N=293) adatait tartalmazta, melyek 1994-2016 között születtek és 44 tenyészmén ivadékaik voltak. Az adatok feldolgozására egy és többtenyezős variancia-analízist, valamint súlyozott lineáris regresszió-analízist használtak. A vizsgált tulajdonságok korrigált főátlaga (\pm SE) a következő volt: marmagasság bottal $161,6 \pm 0,4$ cm, marmagasság szalaggal $169,6 \pm 0,5$ cm, övméret $188,4 \pm 0,7$ cm, szarkörméret $19,9 \pm 0,1$ cm, származási pontszám $29,1 \pm 0,3$ pont, küllemi pontszám $72,8 \pm 0,5$ pont, mozgásbírálati pontszám $40,5 \pm 0,4$ pont, összpontszám $142,4 \pm 0,7$ pont. A marmagasság, a küllemi pontszám és az összpontszám öröklődhetősége jónak bizonyult ($h^2 = 0,37-0,47$). Az övméret és a szarkörméret esetén közepes ($0,29-0,31$), míg a mozgásbírálati pontszám esetén kis ($0,20$) h^2 értékeket becsültek. A testméretek esetén kismértékű, csökkenő irányú, míg a többi tulajdonság esetén stagnáló (NS) fenotípusos trendeket tapasztaltak. Megállapítható volt, hogy a gidrán tenyészkancák sajátteljesítmény-vizsgálatokon mutatott átlagos teljesítménye a vizsgált időszakban lényegében nem változott.

Kulcsszavak: gidrán tenyészkanca, teljesítmény-vizsgálat, öröklődhetőség, tenyészérték, trend

SUMMARY

Objective: In this study, performance test database of the Hungarian Association of Gidran Horse Breeders were processed. The database contained the data of 8 traits of the entire Hungarian registered breeding mare stock (N=293), which were born between 1994-2016 and were offspring of 44 breeding stallions.

Methods: The 8 traits were as follows: height at withers measured with stick (MMB), height at withers measured with tape (MMS), hearth girth (ÖVM), cannon girth (left fore / front) (SZR), pedigree score (SZP), conformation score (KÜP), movement score (MBP), total score (ÖPS). Population genetic parameters and breeding values were estimated using multi-trait analysis of variance (GLM) model. Trends were calculated by weighted linear regression analysis.

Results: The overall mean of the evaluated 8 traits were as follows (mean \pm SE): MMB $161,6 \pm 0,4$ cm, MMS $169,6 \pm 0,5$ cm, ÖVM $188,4 \pm 0,7$ cm, SZR $19,9 \pm 0,1$ cm, SZP $29,1 \pm 0,3$ points, KÜP $72,8 \pm 0,5$ points, MBP $40,5 \pm 0,4$ points, ÖSP $142,4 \pm 0,7$ points. The results showed different heritability estimates for the conformation and performance traits (MMB, MMS, KÜP and ÖSP $h^2 = 0,37-0,47$; ÖVM and SZR $h^2 = 0,29-0,31$; MBP $h^2 = 0,20$). Between the breeding values of sires of the conformation and performance traits, in some cases high while in others low differences were found. In the case of body measurements, small, decreasing trends ($b = -0,25, -0,33, -0,35$ and $-0,08$ cm/year, respectively; $p < 0,01$), while for the other traits stagnant (NS) phenotypic trends were established.

Conclusions: It can be concluded that the average body measurements and the tested traits of the Gidran breeding mares in performance tests did not change essentially during the period under review.

Keywords: Gidran broodmares, performance test, heritability, breeding value, trend

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Magyarországon tenyésztett őshonos, génrezerv lóállományok közül a gidrán tekinthető a leginkább veszélyeztetett, legkisebb létszámú fajtának. Az élő kancapopuláció létszáma csupán 250-300 között mozog, a fajtában használt mének száma rendszerint 25-30 közötti. A fajta tenyésztésében a génmegőrzés irányelvei meghatározó szerepet játszanak, de ha adódik lehetőség, sportirányú (elsősorban ugróképesség javítására irányuló) szelekciót is folytatnak a nemesítő munka során. A tenyész kiválasztás során tehát elsődleges szempont a származás értékelése, de a törzskönyvezésre kerülő kancákat a teljesítményük alapján is minősítik.

A gidrán fajtájú tenyész kancák minősítése három éves koruk betöltését követően történik. A minősítésre saját teljesítmény-vizsgálatot (un. „kancavizsga”, STV) szerveznek, melynek során a kancák származását, küllemét és mozgását értékelik. Az elért eredmények alapján a kancákat törzskönyvi osztályokba sorolják. A teljesítményvizsgálat rendjét a *Ló Teljesítményvizsgálati Kódex* (2007) részletesen ismerteti.

A vonatkozó szakirodalmi forrásokban nagyon kevés adat lelhető fel a különböző fajtájú tenyész kancák saját teljesítmény-vizsgálatáról, illetve minősítéséről. Magyarországon *Posta és Komlósi* (2007), valamint *Posta és mtsai* (2007ab) foglalkoztak részletesebben a magyar sportló kancák teljesítmény-vizsgálatával, annak genetikai paramétereivel, örökölhetőségével. Tenyészmenek esetén ugyancsak fellelhető néhány forrásadat (*Dietl és mtsai*, 2004, 2005; *Thorén Hellsten és mtsai*, 2006; *Ducro és mtsai*, 2007) a szakirodalomban, ezek eredményeit korábbi dolgozatunkban (*Bene és mtsai*, 2012) részletesen ismertettük.

A saját teljesítmény-vizsgálatok szerves részét képező, küllemmel, mozgással, vagy ugróképességgel kapcsolatos tulajdonságok vizsgálatáról az előzőeknél jóval több információ található a szakirodalomban (*Bruns*, 1981; *Philipsson és mtsai*, 1990; *Lewczuk és mtsai*, 2006). E forrásmunkák a küllem és a mozgás kapcsolatával (*Koenen és mtsai*, 1995; *de Oliveira Bussiman és mtsai*, 2022) az ugrás karakterisztikájával és modellezésével (*Jónás és mtsai*, 2007, 2008), a ló jármódjaival, a jármódok kinematikai leírásával (*Ripollés-Lobo és mtsai*, 2022), a különböző versenyteljesítményekkel (*Langlois és Blouin*, 2004; *Halo és mtsai*, 2008), valamint ezek genetikai paraméterbecslésével (*Tavernier*, 1988; *Bugislaus és mtsai*, 2004; *Bokor és mtsai*, 2007) foglalkoztak. Számos ilyen jellegű vizsgálat több ország STV rendszerében is szerepet kapott (*Rovere és mtsai*, 2017).

A különböző fajták ugróképességének vizsgálatáról meglehetősen sok információ található a szakirodalomban (holland melegvérű - *Huizinga és mtsai*, 1990, *Ducro és mtsai*, 2007; trakehneni - *Preisinger és mtsai*, 1991; mecklenburgi - *Dietl és mtsai*, 2005; haflingi - *Samoré és mtsai*, 1997). Gyakran esik szó a különböző életkorú lovak teljesítményének az értékeléséről, az életkor modellbe építéséről is (*Koenen és mtsai*, 1995; *Bugislaus és mtsai*, 2004; *Posta és mtsai*, 2007a). Több szakirodalmi forrásban található utalás az ivar hatására (*Langlois és Blouin*, 2004; *Lewczuk és mtsai*, 2006; *Poncet és mtsai*, 2006), valamint az évjáratí különbségekre is (*Ricard és Touvais*, 2007).

A gidrán fajtájú lovak külleméről és teljesítményéről - korábbi munkánkat (*Bene és mtsai*, 2014) kivéve - szinte kizárólag csak magyar nyelvű forrásokban található információk. *Nagy és mtsai* (2009) a kifejlett gidrán tenyész kancák testméreteire

a következő adatokat közölték: marmagasság bottal 162,5 cm, marmagasság szalaggal 167,6 cm, övméret 192,7 cm, szárkörméret 19,9 cm. A *Ló Teljesítményvizsgálati Kódexben* (2007) a kifejlett gidrán tenyészkancák standard testméreteire a következő adatok találhatóak: marmagasság bottal minimum 163 cm, marmagasság szalaggal minimum 173 cm, övméret 186-195 cm, szárkörméret 20,5-21,5 cm. A gidrán fajta mozgásának elemzéséről *Jónás és mtsai* (2007) közöltek adatokat. Korábbi munkánk (*Bene*, 2013) során a ménék - köztük a gidrán ménék - sajátteljesítmény-vizsgálata során rögzített küllemi paraméterek öröklődhetősége jó ($h^2 = 0,4-0,5$), a mozgásbírálati paraméterek öröklődhetősége közepes ($h^2 = 0,2-0,4$) volt.

A gidrán fajtában három különböző geneológiai vonalat (ménvonalat) lehet megkülönböztetni. Ezek a rokontenyésztés elkerülésében, illetve a genetikai variabilitás fenntartásában fontos szerepet játszanak. A fajta három geneológiai vonalának („A”, „B” és „C” vonal) alapítóját a huszadik század fordulója előtt jelölték ki. A negyedik csoportba olyan - nem fajtatiszta gidrán - ménék tartoznak, melyeket a génmegőrzés szabályainak betartása mellett a gidrán fajta teljesítményének javítására, illetve a rokontenyésztés elkerülése végett használtak (*Mihók és Janászik*, 2020).

A fentiek tükrében munkánk elsődleges célja a Magyarországon nagyon kis számban tenyésztett, őshonos gidrán fajtájú tenyészkancák sajátteljesítményvizsgálatok során rögzített adatainak a kiértékelése volt. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az elmúlt időszakban hogyan alakult a vizsgált tulajdonságok fenotípusos trendje, illetve mekkora azok öröklődhetőségi értéke. Szerettük volna a ménék (apák) tenyészértékét megbecsülni a vizsgált tulajdonságokban, illetve a különböző ménvonalakból származó tenyészkancák teljesítményét is összehasonlítani. A gidrán fajta esetén az ilyen jellegű populációgenetikai vizsgálatok a hazai szakirodalomból jórészt, a nemzetközi szakirodalomból pedig teljesen hiányoznak.

2. Anyag és módszer

2.1. Az adatbázis

Munkánk során a Gidrán Lótenyésztők Magyarországi Egyesületének 2021. évi végi kancaregiszteréből kigyűjtöttük a tenyésztésben lévő tenyészkancák származási, küllemi és teljesítményvizsgálati adatait. A származási adatok kiegészítéséhez a *Gidrán Méneskönyvet* (2005) használtuk. A vizsgálatokba így majdnem a teljes, életben lévő magyarországi gidrán kancapopuláció bevonásra került. A kiindulási adatbázis 293 tenyészkanca adatait tartalmazta, melyek 1994-2016 között születtek és 44 tenyészmen ivadékai voltak. Az értékelésbe csak olyan kancák adatait vontuk be, melyeknek apai ágon legalább egy féltestvére volt.

Az adatok feldolgozását a vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai mutatóinak (átlag, szórás, cv% stb.) kiszámításával kezdtük. Az adatok normalitásának vizsgálatára Kolgomorov-Smirnov tesztet, a homogenitás vizsgálatára Levene tesztet használtunk.

Az előzőekből látható, hogy a gidrán nagyon kis létszámban tenyésztett fajta, így munkánk során meglehetősen szerény méretű adatbázis feldolgozására nyílt lehetőségünk. Az adatbázis méretéből fakadóan összetett modellek (BLUP, genetikai trendek becslése stb.) alkalmazására nem volt módunk.

2.2. A vizsgált tulajdonságok

Számításaink során összesen nyolc értékmérő tulajdonságot vizsgáltunk, melyek a következők voltak:

Az adatbázisban rendelkezésre álltak a tenyészkancák testméret-felvételezésének adatai. Munkánk során a bottal és szalaggal mért marmagasságot (MMB, MMS), az övméretet (ÖVM) és a szárkörméretet (SZR) értékeltük. A testméretek felvételezésének módszertanát korábban (*Bene és mtsai, 2007, 2009*) részletesen ismertettük.

A származási pontszám (SZP) a fajtaazonosság alapértékét jelentette. Számítása a negyedik ősi sorban (ükszüők) történt. A 16 ükszülő közül minden gidrán fajtájú ős után 2 pont, a tenyésztésben elfogadott, de nem gidrán ükszülő esetén 1 pont, míg minden más, vagy ismeretlen ükszülő esetén 0 pont volt adható. A származási pontszám alapértéke így 32 lehetett. Egy-egy, a fajtában kiemelkedő, kiváló ükszülő esetén plusz pont (maximum 8 pont) is adható volt, így a származási pontszám maximum értéke mindennel együtt 40 (32+8) lehetett (*Ló Teljesítményvizsgálati Kódex, 2007*).

A küllemi pontszám (KÜP) meghatározása klasszikus 100 pontos küllemi bírálattal történt. A „B” típusú bírálat során összesen 18 küllemi tulajdonság bírálatára került sor (összbenyomás, nemi jelleg, arányosság, fejlettség, fej, fejtűzés, nyakillesztés, nyak íveltség, felsővonal, lapocka, mellső lábak oldalról, szügy, mellső lábál előlről, mellső paták, far, hátsó lábak oldalról, hátsó lábak hátulról, hátsó paták).

A mozgásbírálati pontszám (MBP) meghatározása a lépés és az ügetés jármódok hossza, lendülete és szabályossága alapján történt. A hat bírált paraméter mindegyikére 10 pont volt adható, így a mozgásbírálati pontszám maximális értéke 60 pont lehetett.

A kancák sajátteljesítmény-vizsgálati összpontszámának (ÖPS) meghatározása a származási pontszám, a küllemi pontszám és a mozgásbírálati pontszám összeadásával történt. Az alapminősítés során így összesen 200 pont (40+100+60) volt szerezhető (*Ló Teljesítményvizsgálati Kódex, 2007*).

2.3. A különböző tényezők hatásának a vizsgálata

A gidrán kancák sajátteljesítmény-vizsgálati adatbázisának kiértékelésére több-tényezős varianciaanalízist (General Linear Model - GLM) használtunk. A vizsgált tenyészkancák apját (tenyészmén) random hatásként, a kancák születési évét pedig fix hatásként építettük a modellekbe. A munka során mind a nyolc vizsgált tulajdonságot egymástól külön kezeltük és külön-külön modellszámítást (futtatást) végeztünk. Az alkalmazott becslő modellek általános alakját a következőképp írtuk fel:

$$\hat{y}_{hij} = \mu + S_h + Y_i + e_{hij}$$

(Ahol \hat{y}_{hij} = „h” apától, „i” évben született tenyészkanca vizsgált értékmérő tulajdonsága; μ = az összes megfigyelés átlaga; S_h = az apa hatása; Y_i = a születési évjárat hatása; e_{hij} = véletlen hiba).

2.4. A fenotípusos trendek meghatározása

A fenotípusos trendek számítása során az azonos évben született kancák adatait átlagoltuk mind a nyolc tulajdonság esetén, majd az átlagokra súlyozott egytényezős lineáris regresszió analízis segítségével egyeneseket illesztettünk. A függő változónak az értékelt tulajdonságot, független változónak a kanca születési évjáratát, súlynak pedig az évenkénti létszámot tekintettük.

2.5. A populációgenetikai paraméterek becslése

A populációgenetikai paraméterek becslése során minden tulajdonság esetén négy értéket, az ivadékcsoportok közötti (genetikai) varianciát (V_g), az ivadékcsoporton belüli (környezeti) varianciát (V_k), a fenotípusos varianciát (V_f) és az öröklődhetőségi értéket (h^2) határoztuk meg. A becsléshez a fent ismertetett, egyszerű GLM eljárást használtuk (ANOVA Type III módszerrel). A becslést variancia komponenseket, illetve azok számításának menetét *Willham* (1972), *Szőke és Komlósi* (2000), valamint *Lengyel és mtsai* (2004) részletesen ismertette, így annak ismételt bemutatásától itt eltekintünk.

2.6. A tenyésztértékek becslése

Munkánk során valamennyi tulajdonság esetén megbecsültük az értékelésben részt vevő apák (a teljesítménnyel rendelkező kancák apja, azaz tenyészmének) tenyésztértékét (TE) is. Az örökítőértéket (ÖÉ) az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a kortárs ivadékpuláció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg. A tenyésztérték az örökítőérték kétszereseként került kiszámításra ($TE = ÖÉ \times 2$). A tenyésztértékeket - területmi okok miatt - csak a 10 legtöbb ivadékkal rendelkező apa esetén mutatjuk be.

A származási pontszám esetén - a tulajdonság jellegéből fakadóan - sem populációgenetikai paramétereket, sem tenyésztértékeket nem becslünk.

2.7. A felhasznált szoftverek

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 és Word 2003 programokkal végeztük. Az adatok kiértékelését az SPSS 27.0 (2020) szoftverrel végeztük. A lineáris regresszió analízis számítása a MS Excel statisztikai csomagjával történt.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. A vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai paraméterei

A vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai paramétereit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A marmagasság és a szárkörméret tekintetében mind a korábbi vizsgálataink (*Nagy és mtsai*, 2009; *Bene és mtsai*, 2014) eredményei, mind a jelen munka során számított átlagos értékek kisebbek voltak a tenyésztési szabályzatban (*Mihók és Janászik*, 2020) megjelölt minimum értékeknél. Az övméretre kapott eredményeink

mind a korábbi vizsgálataink alkalmával tapasztalt, mind a tenyésztési szabályzatban lévő adatokhoz hasonlóak voltak.

3.2. A születési évjárat hatása és a fenotípusos trendek

Az évjárat hatását a 2. táblázatban mutatjuk be. A vizsgált tulajdonságok modell által korrigált főátlaga (\pm SE) a következő volt: MMB 161,6 \pm 0,4 cm, MMS 169,6 \pm 0,5 cm, ÖVM 188,4 \pm 0,7 cm, SZR 19,9 \pm 0,1 cm, SZP 29,1 \pm 0,3 pont, KÜP 72,8 \pm 0,5 pont, MBP 40,5 \pm 0,4 pont, ÖPS 142,4 \pm 0,7 pont. A munkánk során kapott testméreti eredmények nagyon hasonlóak voltak ahhoz, mint korábbi munkánk során (Nagy és mtsai, 2009; Bene és mtsai, 2014) tapasztaltunk.

A kanca születési évjáratának hatását három tulajdonság, a SZR, az SZP, valamint a KÜP esetén statisztikailag megbízhatónak ($p < 0,05$, ill. $p < 0,01$) találtuk.

A testméretek tekintetében a legnagyobb marmagasságot (MMB 166,0 \pm 2,6 cm, MMS 178,0 \pm 2,9 cm) az 1999-ben született kancák esetén kaptuk, ez legalacsonyabbnak az 1994-ben született kancák bizonyultak, ezek marmagassága az előző csoportnál majdnem 8 cm-rel kisebb volt. Az ÖVM (195,7 \pm 4,2 cm) és a SZR (20,9 \pm 0,5 cm) az 1996-ban született kancák esetén volt a legnagyobb.

Az 1994-ben, az 1999-ben és a 2016-ban született kancák átlagos KÜP eredménye meghaladta a 76 pontot (78,7 \pm 3,8 pont, 77,6 \pm 2,9 pont, 78,3 \pm 3,6 pont).

1. táblázat:

A vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai paraméterei

Tulajdonság (1)	MMB (cm)	MMS (cm)	ÖVM (cm)	SZR (cm)	SZP (pont)	KÜP (pont)	MBP (pont)	ÖPS (pont)
N	278	278	278	278	293	293	293	293
Átlag (2)	161,2	169,0	187,6	19,8	29,9	72,6	40,2	142,7
SD	4,5	5,1	7,5	0,9	3,7	4,9	3,6	7,8
CV%	2,8	3,0	4,0	4,5	12,4	6,7	9,0	5,5
Min	148,0	154,0	161,0	17,0	21,0	54,5	24,5	105,5
Max	175,0	183,0	211,0	22,0	38,0	84,5	49,0	166,5
Medián	161,1	169,0	188,0	20,0	30,0	73,0	40,5	142,5
Normalitás vizsgálat [®] (3)	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,06
Homogenitás vizsgálat [#] (4)	0,58	0,87	0,18	0,06	0,01	0,64	0,10	0,35
Tenyésztési szabályzat* (5)	Min. 163	Min. 173	186-195	20,5-21,5	Max. 40	Max. 100	Max. 60	Max. 200

MMB = marmagasság bottal (6); MMS = marmagasság szalaggal (7); ÖVM = övméret (8); SZR = szárkörméret (bal mellső) (9); SZP = származási pontszám (10); KÜP = küllemi pontszám (11); MBP = mozgásbírálati pontszám (12); ÖPS = összpontszám (13); [®]ha $p > 0,05$, a normál eloszlás igazolt (14); [#]ha $p > 0,05$, a varianciák homogenitása igazolt; *Mihók és Janászik (2020)

Table 1: Descriptive statistics of the examined traits

trait (1); mean (2); normality test (3); homogeneity test (4); breeding regulation (5); MMB, MMS = height at withers measured with stick and tape (6, 7); ÖVM = hearth girth (8); SZR = cannon girth (front left) (9); SZP = origin score (10); KÜP = conformation score (11); MBP = movement score (12); ÖPS = total score (13); [®]if $p > 0,05$, the normal distribution is confirmed (14); [#]if $p > 0,05$, the homogeneity is confirmed (15)

A legkisebb KÜP értéket ($68,0 \pm 1,3$ pont) a 2011-ben született kancák esetén tapasztaltuk. Az 1994-ben született kancák kimagasló KÜP eredményük mellett jóval átlag feletti MBP ($43,4 \pm 2,8$ pont) értéket értek el, így a legnagyobb ÖSP ($153,1 \pm 5,8$ pont) eredményt is ezeknél a kancáknál kaptuk.

A vizsgált tulajdonságok közül az SZP esetén találtuk a legkisebb különbségeket az egyes évjáratok között. A legnagyobb MBP értéket ($46,3 \pm 2,0$ pont) az 1996-ban született, a legkisebbet ($38,0 \pm 1,4$) a 2000-ben született kancák mutatták. Az átlagnál lényegesen kisebb KÜP és MBP eredmények következtében a 2000-ben született kancák ÖSP eredménye ($135,7 \pm 2,9$ pont) volt a legkisebb.

Az évjáratok átlageredmények alapján becsült fenotípusos trendeket a 3. táblázatban foglaltuk össze. Valamennyi vizsgált testméret esetén a fenotípusos trendvonalak illeszkedési értéke meglehetősen nagy volt ($R^2 = 0,54-0,72$; $p < 0,01$). Mind a négy testméret esetén kismértékű, de statisztikailag igazolható ($p < 0,01$), csökkenő irányú tendenciát tapasztaltunk. Az évenkénti csökkenés mértéke meglehetősen kicsinek bizonyult, a MMB esetén évi $-0,25$ cm, a MMS esetén évi $-0,33$ cm, az ÖVM esetén évi $-0,35$ cm, míg a SZR esetén évi $-0,08$ cm volt.

A testméretek esetén tapasztalt csökkenő irányú fenotípusos trendek némiképp különböznek azoktól az irányvonalaktól, amik a Tenyésztési Szabályzatban (Mihók és Janászik, 2020) találhatóak. A szabályzat szerint a MMB esetén a 160 cm alatti érték nem fogadható el a küllemi bírálatok során. A gidrán kancák munkák során számított átlagos MMB értéke ettől csupán 1,6 cm-rel volt nagyobb. Eredményeinkkel ellentétben Posta és mtsai (2007b) a magyar sportló fajtájú tenyészkanccák küllemi tulajdonságainak genetikai trendjét növekvő irányúnak találták.

Ezzel szemben a teljesítményvizsgálatokon rögzített további paraméterek esetén a trendvonalak illeszkedési értékét egy esetben sem találtuk statisztikailag megbízhatónak. Mind az R^2 értékek, mind a meredekség (b) értékek nagyon közel álltak a nullához, így ezen tulajdonságok esetén stagnáló tendenciát tudtunk megállapítani.

3.3. Populációgenetikai paraméterek

A munkánk során becsült populációgenetikai paramétereket a 4. táblázatban mutatjuk be. A vizsgált tulajdonságok közül a MMB, a MMS, a KÜP és az ÖPS öröklődhetősége jónak bizonyult ($h^2 = 0,37-0,47$). Az ÖVM és a SZR esetén közepes h^2 értékeket ($0,29-0,31$) becsültünk. A legkisebb öröklődhetőségi értéket ($h^2 = 0,20$) a MBP esetén számítottuk.

A vizsgált tulajdonságok öröklődéséről a gidrán fajtában nem találtunk szakirodalmi adatokat, így ide vonatkozó eredményeinket más fajtákban végzett kutatások adataival tudtuk összevetni. Posta és mtsai (2007) magyar sportló kancák teljesítmény-vizsgálata során mind a küllemi, mind a mozgásbírálati paraméterek esetén eredményeinkhez hasonló h^2 értékeket közöltek. A vonatkozó szakirodalmi források nagy része (Preisinger és mtsai, 1990; Koenen és mtsai, 1995; Samoré és mtsai, 1997) a küllemi paraméterek esetén szintén közepes, vagy magas öröklődhetőségi értékekről számoltak be. Dietl és mtsai (2004) mecklenburgi, Huizinga és mtsai (1990) holland melegvérű lóállományokban a mozgásbírálati paraméterek esetén eredményeinkhez hasonló, $0,1-0,3$ közötti h^2 értékeket becsültek.

A vizsgálatba vont apák lányaik teljesítménye alapján becsült tenyészértéke az 5. táblázatban látható. Az apa hatását a MBP kivételével valamennyi tulajdonság

2. táblázat:

A kanca születési évének a hatása a vizsgált tulajdonságokra

Születési év (1)	N	MMB (cm)	MMS (cm)	ÖVM (cm)	SZR (cm)	N	SZP (pont)	KÜP (pont)	MBP (pont)	ÖSP (pont)
-1994	2	158,5±4,2	164,2±4,7	195,1±7,2	19,9±0,8	3	31,1±2,1	78,7±3,8	43,4±2,8	153,1±5,8
-1995	6	162,5±2,2	172,6±2,4	192,6±3,7	20,5±0,4	7	28,7±1,3	71,6±2,3	41,4±1,8	141,7±3,6
-1996	5	164,9±2,4	171,6±2,7	195,7±4,2	20,9±0,5	5	28,2±1,4	71,8±2,6	46,3±2,0	146,1±4,1
-1997	6	165,1±2,2	172,4±2,5	189,6±3,8	20,9±0,4	7	29,6±1,2	71,4±2,3	39,4±1,7	140,3±3,5
-1998	7	164,4±2,1	174,8±2,3	190,0±3,6	20,7±0,4	8	26,9±1,2	69,3±2,2	41,7±1,6	138,3±3,4
-1999	4	166,0±2,6	178,0±2,9	189,1±4,5	20,8±0,5	5	27,9±1,6	77,6±2,9	39,8±2,2	145,2±4,5
-2000	8	163,0±1,8	172,2±2,0	190,1±3,0	20,7±0,3	9	28,9±1,0	68,9±1,8	38,0±1,4	135,7±2,9
-2001	14	164,0±1,8	172,9±2,0	189,5±3,1	20,5±0,3	15	28,6±1,0	71,2±1,9	39,9±1,4	139,6±2,9
-2002	12	160,3±1,7	169,1±1,9	186,5±2,9	20,0±0,3	12	29,4±1,0	71,2±1,9	39,6±1,4	140,2±2,9
-2003	10	161,0±1,7	167,2±1,9	187,1±2,9	20,3±0,3	10	31,9±1,0	70,5±1,9	39,4±1,4	141,8±2,9
-2004	10	161,5±1,7	170,3±1,9	186,3±2,9	19,7±0,3	10	30,3±1,0	74,5±1,9	39,4±1,4	144,1±2,9
-2005	18	162,4±1,3	169,0±1,4	190,6±2,2	19,3±0,2	18	28,6±0,8	74,9±1,4	40,2±1,1	143,5±2,2
-2006	10	163,4±1,5	170,0±1,7	190,0±2,6	19,5±0,3	10	27,1±0,9	75,5±1,7	40,1±1,3	142,5±2,6
-2007	21	161,4±1,2	168,9±1,3	182,2±2,0	19,8±0,2	21	25,9±0,7	74,3±1,3	40,0±1,0	140,1±2,0
-2008	8	160,0±1,6	168,9±1,8	188,0±2,8	19,9±0,3	8	26,6±1,0	75,8±1,8	41,7±1,4	144,0±2,8
-2009	16	158,6±1,4	166,1±1,5	185,3±2,4	19,1±0,3	17	27,2±0,8	70,2±1,5	40,6±1,1	138,0±2,3
-2010	19	161,3±1,2	168,6±1,4	187,2±2,1	19,3±0,2	19	29,4±0,7	73,5±1,4	40,1±1,0	143,3±2,1
-2011	18	159,1±1,2	166,8±1,3	187,1±2,1	19,2±0,2	18	30,6±0,7	68,0±1,3	39,4±1,0	138,0±2,1
-2012	30	159,9±1,0	167,3±1,2	188,0±1,8	19,3±0,2	30	30,9±0,6	70,0±1,2	39,6±0,9	140,5±1,8
-2013	16	160,2±1,3	167,6±1,4	187,4±2,2	19,3±0,2	18	30,4±0,7	71,5±1,4	38,4±1,0	140,3±2,1
-2014	28	159,6±1,2	166,8±1,3	186,4±2,1	19,1±0,2	33	30,0±0,7	71,8±1,3	40,4±1,0	142,3±2,0
-2015	8	159,2±2,3	166,8±2,6	185,9±4,0	19,7±0,4	8	31,0±1,4	74,2±2,6	39,9±2,0	145,2±4,0
-2016	2	159,8±3,2	168,2±3,5	183,7±5,5	19,6±0,6	2	30,4±1,9	78,3±3,6	42,8±2,7	151,6±5,5
Korr. átlag (±SE) (2)	278	161,6±0,4	169,6±0,5	188,4±0,7	19,9±0,1	293	29,1±0,3	72,8±0,5	40,5±0,4	142,4±0,7
p*		NS	NS	NS	<0,05		<0,01	<0,01	NS	NS

*születési év hatása (3); MMB = marmagasság bottal (4); MMS = marmagasság szalaggal (5); ÖVM = övméret (6); SZR = szárkörméret (bal mellő) (7); SZP = származási pontszám (8); KÜP = küllemi pontszám (9); MBP = mozgásbírálati pontszám (10); ÖPS = összpontszám (11)

Table 2: Effect of birth year of mare on the examined traits

birth year of mare (1); corrected mean (2); effect of birth year (3); MMB = height at withers measured with stick (4); MMS = height at withers measured with tape (5); ÖVM = hearth girth (6); SZR = cannon girth (front left) (7); SZP = origin score (8); KÜP = conformation score (9); MBP = movement score (10); ÖPS = total score (11)

3. táblázat:

A vizsgált tulajdonságok fenotípusos trendje

Tulajdonság (1)	Merekség (bX) (2)			Tengelymetszet (a) (3)			Illeszkedés (4)	
	b	SE	p	a	SE	p	R ²	p
MMB (cm)	-0,25	0,05	<0,01	672,55	91,81	<0,01	0,60	<0,01
MMS (cm)	-0,33	0,05	<0,01	835,52	102,22	<0,01	0,67	<0,01
ÖVM (cm)	-0,35	0,07	<0,01	889,84	139,90	<0,01	0,54	<0,01
SZR (cm)	-0,08	0,01	<0,01	188,67	22,79	<0,01	0,72	<0,01
SZP (pont)	+0,05	0,05	NS	-79,90	103,73	NS	0,05	NS
KÜP (pont)	-0,04	0,09	NS	163,26	181,13	NS	0,01	NS
MBP (pont)	-0,03	0,04	NS	96,47	73,31	NS	0,03	NS
ÖPS (pont)	+0,02	0,09	NS	103,43	190,65	NS	0,00	NS

MMB = marmagasság bottal (5); MMS = marmagasság szalaggal (6); ÖVM = övméret (7); SZR = szárkörméret (bal mellső) (8); SZP = származási pontszám (9); KÜP = küllemi pontszám (10); MBP = mozgásbírálati pontszám (11); ÖPS = összpontszám (12)

Table 3: The phenotypic trend of the estimated traits

trait (1); slope (2); intercept (3); fitting (4); MMB = height at withers measured with stick (5); MMS = height at withers measured with tape (6); ÖVM = hearth girth (7); SZR = cannon girth (front left) (8); SZP = origin score (9); KÜP = conformation score (10); MBP = movement score (11); ÖPS = total score (12)

esetén szignifikánsnak ($p < 0,05$, ill. $p < 0,01$) találtuk. A vizsgált apák közül a 4889-es törzskönyvi számú tenyészmén (neve Gidrán XXVII Podbor, „C” vonalú mén) kiemelkedőnek bizonyult. Az értékelt tulajdonságok közül hat esetében ennél becsültük a legnagyobb tenyészértékeket (a populációátlaghoz képest MMB +6,0 cm, MMS +6,8 cm, SZR +1,6 cm, KÜP +9,6 pont, MBP +4,4 pont, ÖPS +19,8 pont). Az ÖVM esetén a legnagyobb tenyészértéket (+9,4 cm) a 3782-es törzskönyvi számú mén (név Gidrán Razberg I, „nemesítő” vonalba tartozó mén) esetén kaptuk. E mén tenyészértéke kivétel nélkül minden tulajdonság esetén átlag feletti volt. A testméretek tekintetében a legkisebb tenyészértékeket (MMB -7,6 cm, MMS -7,6 cm, ÖVM -11,4 cm) a 4694-es törzskönyvi számú cseppvér keresztezésre használt, „nemesítő” csoportba tartozó angol telivér mén (név Balu xx) esetén tapasztaltuk.

A gidrán fajtában használt tenyészmének vizsgált tulajdonságokban mutatott tenyészértékéről sem a nemzetközi, sem a hazai szakirodalomban nem találtunk adatokat, így eredményeink korábbi vizsgálatok adataival történő ütköztetésére nem volt lehetőségünk. E gondolat mentén haladva, a munkánk során becsült tenyészértékek újszerűnek tekinthetők.

Az elmúlt időszakban a gidrán fajtában cseppvér-keresztelésre használt, „nemesítő” ménnek (4694 Balu xx, 4717 Mersuch XXII, 5091 Koheilan Karsaly, 5220 Licinio xx stb.) tenyészértéke szinte kivétel nélkül populációátlag alatti volt a testméretek tekintetében, ami részben magyarázhatja az e tulajdonságcsoportban tapasztalt negatív irányú fenotípusos trendeket.

Annak ellenére, hogy a dolgozatunkban bemutatott tendenciák, trendek, örökölhetőségi- és tenyészértékek nagyon sok hasznos információt hordozhatnak a gidrán fajta nemesítésében dolgozó szakemberek számára, azok a nagyon kicsi állománylétszám miatt csak tájékoztató jellegűnek tekinthetők.

4. táblázat:

A vizsgált tulajdonságok populációgenetikai paraméterei

Tul. (1)	Genetikai variancia (σ^2_g) (2)	Környezeti variancia (σ^2_e) (3)	Fenotípusos variancia (σ^2_p) (4)	Öröklődhetőség ($h^2 \pm SE$) (5)
MMB	13,40	15,43	28,83	0,47 ± 0,25
MMS	16,22	19,00	35,22	0,46 ± 0,25
ÖVM	20,59	45,30	65,89	0,31 ± 0,22
SZR	0,25	0,61	0,86	0,29 ± 0,22
KÜP	11,49	19,33	30,82	0,37 ± 0,22
MBP	2,79	11,32	14,11	0,20 ± 0,19
ÖSP	43,49	46,82	90,31	0,48 ± 0,24

MMB = marmagasság bottal (6); MMS = marmagasság szalaggal (7); ÖVM = övméret (8); SZR = szárkörméret (bal mellső) (9); KÜP = küllemi pontszám (10); MBP = mozgásbírálati pontszám (11); ÖPS = összpontszám (12)

Table 4: Population genetic parameters of the examined traits

trait (1); genetic variance (2); residual variance (3); phenotypic variance (4); heritability (5); MMB = height at withers measured with stick (6); MMS = height at withers measured with tape (7); ÖVM = hearth girth (8); SZR = cannon girth (front left) (9); KÜP = conformation score (10); MBP = movement score (11); ÖPS = total score (12)

5. táblázat:

Az apák tenyésztértéke a vizsgált tulajdonságokban

Az apa azonosító száma (vonala) (1)	N#	MMB (cm)	MMS (cm)	ÖVM (cm)	SZR (cm)	KÜP (pont)	MBP (pont)	ÖSP (pont)
Korrigált átlag ($\pm SE$) (2)	293	161,6	169,6	188,4	19,9	72,8	40,5	142,4
		Tenyésztérték (3)						
- 1624 (A)	20	-1,0	+1,6	+1,8	+0,2	+2,8	-5,0	+3,4
- 2550 (B)	12	+3,6	+2,6	-3,0	-0,6	+0,0	+0,2	-2,2
- 3782 (nemesítő) (4)	8	+4,2	+6,6	+9,4	+1,2	+6,4	+2,2	+3,4
- 3833 (A)	12	+0,0	+1,2	+5,8	+1,4	-1,2	+4,8	+5,4
- 4053 (C)	15	+5,2	+6,8	-1,8	+0,8	+0,4	+3,2	+12,8
- 4103 (B)	26	+0,4	+1,8	+5,8	+0,2	+1,0	+3,2	+11,2
- 4473 (A)	9	+3,2	+0,8	+3,2	+1,0	+3,2	-1,2	+8,4
- 4659 (A)	27	-3,2	-3,4	+2,6	+0,0	+2,0	-0,8	+5,4
- 4694 (nemesítő)	13	-7,6	-7,6	-11,4	+0,8	+6,0	+2,6	+2,0
- 4889 (C)	13	+6,0	+6,8	-1,4	+1,6	+9,6	+4,4	+19,8
p*		<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01	NS	<0,01

*az apa hatása (5); #ivadékok száma (6); MMB = marmagasság bottal (7); MMS = marmagasság szalaggal (8); ÖVM = övméret (9); SZR = szárkörméret (bal mellső) (10); KÜP = küllemi pontszám (11); MBP = mozgásbírálati pontszám (12); ÖPS = összpontszám (13)

Table 5: The breeding value of sires in the examined traits

identity number of sire (1); corrected overall mean (2); breeding value (3); breeder (4); effect of sire (5); number of progeny (6); MMB = height at withers measured with stick (7); MMS = height at withers measured with tape (8); ÖVM = hearth girth (9); SZR = cannon girth (front left) (10); KÜP = conformation score (11); MBP = movement score (12); ÖPS = total score (13)

4. Következtetések javaslatok

Munkánk eredményeiből megállapítható, hogy a gidrán tenyészkancák saját-teljesítmény-vizsgálatokon mutatott átlagos teljesítménye a vizsgált időszakban lényegében nem változott. Figyelembe véve, hogy a gidrán egy nagyon kis létszámú fajta, ahol a tenyésztő munka során génmegőrzés sokszor fontosabb szerepet játszik, mint a teljesítményorientált nemesítés, ez nem tekinthető rossz eredménynek.

Megállapítható volt ugyanakkor, hogy a fajtában cseppvér-keresztezésre használt „nemesítő” mének lányainak a testméretei kisebbek voltak, mint a populáció átlag, ezért e mének tenyészértéke a testméretek tekintetében rendre átlag alattinak bizonyult. Feltehetően ez is közrejátszhatott abban, hogy a gidrán kancák testméreteinek az alakulásában egy kismértékű csökkenő tendencia volt megfigyelhető a vizsgált időszakban. Ezzel együtt a „nemesítő” mének átlagos tenyészértéke mind a KÚP, mind a MBP esetén kicsivel átlag feletti volt, így alkalmazásuk nem csak a génmegőrzés, hanem a sportcélú tenyésztés szempontjából is indokolt lehetett.

A becsült tenyészértékek alapján úgy tűnik, a ménevonalak közül a „C” geneológiai vonalba tartozó mének (elsősorban a 4889 Gidrán XXVII Podbor és a 4053 Gidrán XVIII-48 Rettenetes) tenyészértéke valamennyi tulajdonság esetén jobb volt, mint a többi csoportba sorolt apáké.

A vizsgált nyolc tulajdonság esetén tapasztalt közepes, illetve a jó öröklődhetőségi értékek alapján arra következtethetünk, hogy egy megfelelő apaállat kiválasztásával és tenyésztésbe vonásával akár egy-két generáción belül számottevő szelekciós előrehaladást érhetünk el.

5. Köszönetnyilvánítás

A Szerzők ezúton is köszönetüket fejezik ki a Gidrán Lótenyésztők Magyarországi Egyesületének, illetve az egyesület munkatársainak, akik a kiindulási adatbázisokat rendelkezésre bocsájtották.

6. Felhasznált irodalom

- Bene, Sz. – Nagy, B. – Szabó, F. (2009): Különböző fajtájú tenyészkancák élő súlya és testméretei. 1. közlemény: Irodalmi áttekintés. Állatteny. Tak., 58. 213–230.
- Bene, Sz. – Nagy, B. – Nagy, L. – Kiss, B. – Polgár, J. P. – Szabó, F. (2007): Comparison of body measurements of beef cows of different breeds. Arch. Anim. Breed., 50. 363–373. <https://doi.org/10.5194/aab-50-363-2007>
- Bene, Sz. – Giczi, A. – Szabó, F. (2012): Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998–2010 között. 1. közlemény: A melegvérű fajták hámos hasznosításban. Állatteny. Tak., 61. 1–16.
- Bene, Sz. (2013): Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998–2010 között. 6. közlemény: Populációgenetikai paraméterek, tenyészértékek. Állatteny. Tak., 62. 21–36.
- Bene, Sz. – Kecskés, B. S. – Polgár, J. P. – Szabó, F. (2014): Comparison of live weight and body measurements of adult brood mares from different genotypes in Hungary. JCEA, 15. 1–11. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.2.1442>
- Bokor, Á. – Blouin, C. – Langlois, B. (2007): Possibility of selecting racehorses on jumping ability based on their steeplechase race results in France, the United Kingdom and Ireland. J. Anim. Breed. Genet., 124. 124–132. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2007.00644.x>

- Bruns, E. (1981): Estimation of the breeding value of stallions from the tournament performance of their offspring. *Liv. Prod. Sci.*, 8. 465–473. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(81\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0301-6226(81)90067-1)
- Bugislaus, A. E. – Roehle, R. – Uphaus, H. – Kalm, E. (2004): Development of genetic models for estimation of racing performances in German thoroughbreds. *Arch. Anim. Breed.*, 47. 505–516. <https://doi.org/10.5194/aab-47-505-2004>
- de Oliveira Bussiman, F. – Silva, F. F. – Carvalho, R. S. B. – Ventura, R. V. – Mattos, E. C. – Ferraz, J. B. S. – Eler, J. P. – Balieiro, J. C. C. (2022): Confirmatory factor analysis and structural equation models to dissect the relationship between gait and morphology in Campolina horses. *Liv. Sci.*, 255. 104779. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104779>
- Dietl, G. – Hoffmann, S. – Albrecht, S. (2004): Parameters and trends of mare inspections of Mecklenburger Warmblut Horse. *Arch. Anim. Breed.*, 47. 107–117. <https://doi.org/10.5194/aab-47-107-2004>
- Dietl, G. – Hoffmann, S. – Reinsch, N. (2005): Impact of trainer and judges in the mare performance test of Warmblood horses. *Arch. Anim. Breed.*, 48. 113–120. <https://doi.org/10.5194/aab-48-113-2005>
- Ducro, B. J. – Koenen, E. P. C. – Van Tartwijk, J. M. F. M. – Van Arendonk, J. A. M. (2007): Genetic relations of first stallion inspection traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Liv. Sci.*, 107. 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.09.019>
- Halo, M. – Mlynek, J. – Strapák, P. – Massányi, P. (2008): Genetic efficiency parameters of Slovak warmblood horses. *Arch. Anim. Breed.*, 51. 5–15. <https://doi.org/10.5194/aab-51-5-2008>
- Ló Teljesítményvizsgálati Kódex (2007). Hatodik kiadás. Szerkesztő: Zámboi, M. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Budapest.
- Huizinga, H. A. – Boukamp, M. – Smolders, G. (1990): Estimated parameters of field performance testing of mares from the Dutch Warmblood riding horse population. *Liv. Prod. Sci.*, 26. 291–299. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(90\)90066-F](https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90066-F)
- IBM Corporation (2020): IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, Armonk, NY, USA.
- Jónás, S. – Drén, Cs. A. – Hecker, W. (2007): Előzetes beszámoló egy mozgáselemzési módszer kidolgozásáról a gidrán lófajta sportirányú szelekciója érdekében. *Acta Agr. Kaposváriensis*, 11. 55–63.
- Jónás, S. – Komlósi, I. – Posta, J. – Mihók, S. (2008): The jumping capacity of young horses predicted by stifle-hock-fetlock angulation in free jumping. *Állatteny. Tak.*, 57. 39–54.
- Koenen, E. P. C. – Van Veldhuizen, A. E. – Brascamp, E. W. (1995): Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood riding horse population. *Liv. Prod. Sci.*, 43. 85–94. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00010-1](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00010-1)
- Langlois, B. – Blouin, C. (2004): Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting, and galloping races in France. *Liv. Prod. Sci.*, 87. 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.003>
- Lengyel, Z. – Balika, S. – Polgár, J. P. – Szabó, F. (2004): Hazai limousin állományok ellés lefolyásának és választási eredményeinek vizsgálata. 2. közlemény: Apa- és egyedmodell összehasonlítása. *Állatteny. Tak.*, 53. 199–211.
- Lewczuk, D. – Stoniewski, K. – Reklewski, Z. (2006): Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider. *Liv. Sci.*, 99. 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.008>
- Mihók, S. – Janászik, A. (2020): tenyésztési program és szabályzat. Gidrán Lótenyésztők Magyarországi Egyesülete, Mezőhegyes.
- Mihók, S. (2005): Gidrán méneskönyv. Kisbéri és Gidrán Lótenyésztő Országos Egyesület, Budapest. ISBN: 963-217-942-0
- Nagy, B. – Bene, Sz. – Bem, J. – Fördős, A. – Szabó, F. (2009): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 2. közlemény: A gidrán. *Állatteny. Tak.*, 58. 327–340.
- Philipsson, J. – Arnason, T. – Berglund, B. (1990): Alternative selection strategies for performance of the Swedish warmblood horse. *Liv. Prod. Sci.*, 24. 273–285. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(90\)90007-S](https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90007-S)

- Poncet, P. A. – Pfister, W. – Muntwyler, J. – Glowatzki-Mullis, M. L. – Gaillard, C. (2006): Analysis of pedigree and conformation data to explain genetic variability of the horse breed Franches-Montagnes. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123. 114–121. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2006.00569.x>
- Posta, J. – Komlósi, I. (2007): Magyar sportló kancák sajátjeljesítmény vizsgájának paraméterbecslései. *Állatteny. Tak.*, 56. 253–261.
- Posta J. – Komlósi I. – Mihók S. (2007a): Genetikai előrehaladás vizsgálata a magyar sportló populációban. *Állatteny. Tak.*, 56. 313–323.
- Posta, J. – Komlósi, I. – Mihók, S. (2007b): Principal component analysis of performance test traits in Hungarian Sporthorse mares. *Arch. Anim. Breed.*, 50. 125–135. <https://doi.org/10.5194/aab-50-125-2007>
- Preisinger, R. – Wilkens, J. – Kalm, E. (1991): Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Liv. Prod. Sci.*, 29. 77–86. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90121-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90121-6)
- Ricard, A. – Touvais, M. (2007): Genetic parameters of performance traits in horse endurance races. *Liv. Sci.*, 110. 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.10.008>
- Ripollés-Lobo, M. – Perdomo-González, D. I. – Sánchez-Guerrero, M. J. – Bartolomé, E. – Valera, M. (2022): Genetic relationship between free movement and under rider gaits in young Pura Raza Espnola horses. *Liv. Sci.*, 263. 105031. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105031>
- Rovere, G. – Ducro, B. – van Arendonk, J. – Norberg, E. – Madsen, P. (2017): Genetic correlations between dressage, show jumping and studbook-entry inspection traits in a process of specialization in Dutch Warmblood horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 134. 162–171. <https://doi.org/10.1111/jbg.12241>
- Samoré, A. B. – Pagnacco, G. – Miglior, F. (1997): Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse. *Liv. Prod. Sci.*, 52. 105–111. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00143-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00143-7)
- Szőke, Sz. – Komlósi, I. (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állatteny. Tak.*, 49. 231–246.
- Tavernier, A. (1988): Advantages of BLUP animal model for breeding value estimation in horses. *Liv. Prod. Sci.*, 20. 149–160. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(88\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0301-6226(88)90059-0)
- Thorén Hellsten, E. – Viklund, Å. – Koenen, E. P. C. – Ricard, A. – Bruns, E. – Philipsson, J. (2006): Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Liv. Sci.*, 103. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.01.004>
- Willham, R. L. (1972): The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J. Anim. Sci.*, 35. 1288–1293. <https://doi.org/10.2527/jas1972.3561288x>

Érkezett: 2024. július

Szerzők címe: Bene, Sz.* - Simon, A. - Polgár, J. P. - Rózsa, L.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
*levelező szerző, e-mail: bene.szabolcs.albin@uni-mate.hu

Szabó, F.
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Agriculture and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Első laktációs holstein-fríz tehének fejési és tejtermelési mutatóinak változása az automatizált fejési rendszerre történő átállást követő évben

Changes in milking and milk production performance of first lactation Holstein-Friesian cows in the year after the transition to an automated milking system

BOROS Norbert – HOLLÓ Gabriella – BÚS Bence – GULYÁS Miklós –
KÓTINÉ SEENGER Julianna – SZABÓ Bálint – SZABARI Miklós

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen tanulmányukban egy mélyalmos tartású, de szabad tehen forgalmú rendszerben működő, fejőrobotokat alkalmazó telepen termelő első laktációs tehének termelési eredményeit értékelik. Az adatok lekérdezése két időpontban, az automatizált fejésre történő átállás utáni első hónap végén és az egy évvel az átállást követően, de az év ugyanazon időszakában (2020. és 2021. augusztusában) történt. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az egy évvel későbbi felvételzés során számos fejési, tejtermelési mutató jelentősen javult. Többek között, állomány szinten jelentősen nőtt a tehenenkénti átlagos fejésszám: 2,5-ről 3,2 fejés/tehen/nap értékre (közel 30%-os növekedés). A tehenenkénti fejésszám növekedéssel párhuzamosan csökkent a két fejés között eltelt idő, az egy fejésre leadott tej mennyisége és az egy fejési eseményre fordított idő. Ezen mutatók kedvező változása miatt javult a tehének termelési hatékonysága, hisz a megnövekedett fejésszám a termelt tej mennyiségére is kedvezően hatott. A két vizsgálati időpont közötti időszakban jelentősen – közel 15%-kal – nőtt a tehének által egy nap alatt termelt tej mennyisége. A kapott eredmények egyértelműen igazolják, hogy az automata fejési rendszerre történő átállást követő évben számos olyan változás történik a telepi menedzsment és a termelő állomány oldaláról, melyek végső soron a telep működési hatékonyságának javulásához vezet.

Kulcsszavak: automata fejés, első laktáció, átállás, telepi menedzsment, hatékonyság

SUMMARY

Objective: In this paper, the authors evaluate the production performance of first lactation cows in a deep-bedded dairy farm with free cow traffic and milking robots.

Methods: The data were collected in two periods, at the end of the first month after the transition to automated milking and one year after the transition, but in the same period of the year (August 2020 and 2021). Two Lely Astronaut milking robots (Lely Industries N.V., Maasluis, The Netherlands) are used to milk the cows per group. The installation of the milking robots and the transition to an automated milking system was completed in the summer of 2020. During the study periods, so-called sample days (7-7 days) were selected and analyzed at 24 hours. In 2020, data from 96 first-lactation cows were analyzed, while in 2021 the number of cows analyzed was limited to 81 first-lactation cows. Statistical analysis of the data was carried out using LibreOffice 7.5 Calc, IBM SPSS Statistics 29.0, and Microsoft Office Excel software.

Results: The results show that several parameters have improved significantly in the one-year follow-up. One was a significant increase in the average milking rate per cow at herd level, which rose significantly from 2.5 to 3.2 milking/cow/day (nearly a 30% increase). In parallel with the increase in milking rate per cow, the milking interval, the amount of milk yielded per milking and the time spent per milking event decreased. Due to the positive changes in these parameters, the milk production efficiency of the cows has improved, as the increased milking rate has also had a positive effect on the quantity of milk produced. The quantity of milk produced by cows per day increased significantly by almost 15% between the two periods.

Conclusions: Based on the results obtained, it is clear that in the year following the transition to an automatic milking system, several changes were implemented on the side of the farm management and herd, which ultimately led to improvements in the operational efficiency of the farm.

Keywords: automatic milking, first lactation, transition, farm management, efficiency

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az elmúlt években, világszinten megfigyelhető tendencia, hogy az egy helyen tartott tejelő szarvasmarha állományok mérete folyamatosan növekszik, és ezzel párhuzamosan jellemző az is, hogy a gazdálkodók állandósult munkaerőhiánnyal küzdenek. Ezen okok miatt, napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a termelési rendszerek automatizálása és a precíziós állattenyésztési technológiák alkalmazása.

A fejőrobotok vagy automata fejőrendszerek (Automatic Milking Systems, AMS) napjainkban egyre fontosabbá válnak a magyarországi tejtermelő ágazatban is. A fejőrobotok használatára egyre több telep tér át és egyre több telep tervezi az automatizált fejésre történő átállást a jövőben. A hagyományos fejőházra alapozott termelési rendszerhez képest a fejőrobotok használatának számos előnye van. A fejőrobotok képesek a teheneket automatikusan (önállóan), a nap során többször, bármely időpontban megfejni. Teszik mindezt anélkül, hogy szükség lenne élő munkaerő jelenlétére. A fejést már nem meghatározott időpontokban végzik, hanem a tehén maga választhatja meg, hogy mikor akar bemenni a fejőrobotba, ennek köszönhetően az állomány fejése a nap 24 órában oszlik el (*John és mtsai, 2016; Piwczyński és mtsai, 2023*).

Egy jól működő automata fejési rendszer képes növelni a tejhozamot, egyedi és állomány szinten egyaránt, ugyanis kedvező hatással van az állatok egészségére, jóllétére, és emellett a telepi dolgozók munkakörülményei is jelentősen javulnak. Az automatikus fejőrendszerek akár 12%-kal is képesek növelni az állomány tejtermelését, és akár 18%-kal csökkenthetik a telep működtetéséhez szükséges munkaerőt (*Jacobs és Siegford, 2012; Drach és mtsai, 2017*). *Jurkovich és mtsai (2017)* vizsgálataik eredményeként bebizonyították, hogy a robotokkal történő fejés kevesebb stresszt okoz a tehenek számára, mint a hagyományos fejőházi fejés. *Boródi (2023)* szerint az istállóban elhelyezett fejőrobotok által elért termelékenységnövekedés két okra vezethető vissza: az egyik a stresszmentes, szabad környezet, a másik a termelési szinthez igazodó takarmányozás. Az automata rendszerek további előnye, hogy alkalmasak a tehenek egészségi állapotának megfigyelésére, amit korábban a gazdák vagy a dolgozók a fejési folyamat során végeztek el. Emellett képesek a tehenek termelékenységére vonatkozóan további adatok gyűjtésére és elemzésére (pl. a tejhozam, tejleadási sebesség, elektromos vezetőképesség stb. mérésére akár tőgynegyedenként is) (*Butler és mtsai, 2012; Wethal és Heringstad, 2019*). *Gráf és mtsai (2022)* vizsgálataik alapján megállapították, hogy robotfejéssel nemcsak több tej állítható elő a laktáció teljes tartama alatt, hanem a szomatikus sejtszám értékek is lényegesen alacsonyabbak a hagyományos fejési technológiával szemben. *Owen (2003)* szerint a fejőrobotok alkalmazása alapvetően megváltoztatja a tehenek megismerésének és a velük való foglalkozásnak a módját, pl. csökkenti az emberek és a tehenek közötti fizikai

érintkezés mértékét, miközben potenciálisan növeli azt az időt, amelyet az emberek a tehenek megfigyelésével tölthetnek.

Az említett előnyök mellett, azonban néhány nehézséggel is számolni kell az automatizált fejésre történő átállás során. A robotfejés a hagyományos fejestől teljesen eltérő megközelítést igényel a telepi menedzsment részéről. A robotfejés során a munkafolyamatok és a tehenek napi rutinja jelentősen megváltozik (*Spahr és Maltz, 2017*). A gazdák az AMS legnagyobb hátrányaként az állandó készenlétben állást és a hatalmas információ mennyiség (big data) okozta túlterheltséget emelik ki. Az AMS sikeréhez a gazdálkodóknak motiválnak kell lenniük, proaktívan kell viselkedniük, és az új technológiát a telep saját adottságaihoz kell igazítaniuk (*Butler és mtsai, 2012; Jacobs és Siegford, 2012; Hansen, 2015*).

A telep menedzsmentjében szükségszerűen végbemenő változások számos potenciális előnnyel járnak a telep tulajdonosa, illetve a telepet irányító vezetők, és a tehenek számára. Ugyanakkor, az átállás számos új kihívást is jelent mind a telepi dolgozóknak, mind a teheneknek, hiszen a robotfejés során mindkettőjük szerepe megváltozik (*John és mtsai, 2016; Spahr és Maltz, 2017*). *Mangalis és mtsai (2021)* szerint az AMS hatékonysága több tényezőtől is függ, amelyek közül sarkalatos kérdés a fejesi engedélyek megadásának szabályozása, amit egyedenként, a laktációs stádium és a várható tejhozam függvényében szükséges beállítani. Figyelembe kell azt is venni, hogy az első laktációs tehenek robot látogatási mutatói eltérnek a több laktációs tehenekétől, az első laktációs tehenek robot látogatása gyakoribb, amely később a laktáció előrehaladtával csökkenő tendenciát mutat (*Solano és mtsai, 2022*).

Vizsgálatunkban célul tűztük ki az első laktációs holstein-fríz tehenek néhány, a fejőrobotban rögzített fejesi mutatóinak összevetését az automatizált fejőrendszer bevezetését követő első hónap végén, majd az azt követő év azonos időszakában.

2. Anyag és módszer

A vizsgálatokat egy mélyalmos tartástechnológiájú, és emellett szabadforgalmú automatizált fejesi rendszert használó szarvasmarha telep első laktációs tehenein végeztük. A tehenek fejesét csoportonként 2 darab Lely Astronaut (Lely Industries N.V., Maasluis, Hollandia) fejőrobot látja el. A fejőrobotok beüzemelése és a telep automatizált fejesi rendszerre történő átállása 2020 nyarán valósult meg. A kutatásban az első laktációs, holstein-fríz tehenek termelési eredményeit és a fejőrobotból származó adatokat elemeztük két egymást követő évben (2020. augusztus, 2021. augusztus). Az adatok lekérdezése az állatok beszoktatásának végén (egy hónappal a fejőrobotok beüzemelését követően), és a telepi rendszer feltételezett teljes átállását követően (egy évvel a fejőrobotok beüzemelése után) történt.

A vizsgált időszakokban, un. mintanapok (7-7 nap) kerültek kiválasztásra, amelyekben 24 órás elemzéseket végeztünk. Az egymást követő 7-7 mintanap kiválasztása során arra törekedtünk, hogy azokon a napokon ne történjen a vizsgált állománnyal olyan esemény (pl. műszaki meghibásodás, takarmányreceptúra váltás, befejes, jelentős hőstressz stb.), amely a tehenek viselkedését jelentősen befolyásolná az átlagos viselkedésükhöz képest. 2020-ban 96 első laktációs tehen adatát elemeztük, míg 2021-ben a vizsgált állomány létszáma 81 első laktációs tehenre korlátozódott. A vizsgált tehenek valamennyien 98% feletti holstein-fríz

vérhányaddal rendelkeztek, a két vizsgált időszakban értékelt tehének genetikai hátterük alapján azonosnak tekinthetők. Az elemzésből kihagytuk azokat az egyedeket, amelyeknél csak egy fejési esemény volt a nap során, mert azok vagy akkor kezdték meg a laktációjukat, vagy akkor kerültek apasztásra, selejtezésre. 2020-ban egyetlen tehenet, 2021-ben három tehenet kellett kizárnunk ilyen ok miatt a vizsgálatból.

Az adatok statisztikai elemzését LibreOffice 7.5 Calc, IBM SPSS Statistics 29.0 és Microsoft Office Excel szoftver segítségével végeztük el. Meghatároztuk az egyes paraméterekre vonatkozó átlag és szórásértékeket. Hisztogramon ábrázolva vizsgáltuk a fejési események eloszlását a nap során. Box-plot analízissel elemeztük az eltérő napi fejésszám alapján kialakított csoportok fejési idejének (egy fejésre fordított idő) és a fejések között eltelt idő hosszának megoszlását az adott vizsgálati időszakban, illetve a két vizsgálati időszak összehasonlításában. A kapott eredmények könnyebb értelmezhetősége érdekében elvégeztük az adatok egytényezős varianciaanalízisét (ANOVA), majd Tukey HSD post-hoc próba segítségével vizsgáltuk az eltérő napi fejésszám mellett kapott eredmények közötti különbségek statisztikai igazolhatóságát ($p < 0,05$ szinten).

3. Eredmények és értékelésük

A két év (2020, 2021) azonos időszakában gyűjtött adatok összehasonlítása során megfigyelhető, hogy az első laktációs tehének létszáma és a napi átlagos fejésszám is némileg eltérő volt. Az első laktációs tehének a második adatgyűjtés során is ugyanabban a mélyalmos technológiájú istállóban voltak elhelyezve és ugyanabban a termelési környezetben termeltek, mint korábban. Természetesen, az eltelt egy év során az állomány egyedi összetétele megváltozott, és a telepi menedzsment teljesen átállt arra a működési rendszerre, amit az automatizált fejési technológia megkövetel.

2020-ban az első laktációs tehének létszáma a vizsgálatkor 96 egyed, míg a napi átlagos fejésszám 243 ± 18 volt (1. táblázat). A teheneket átlagosan $2,5 \pm 0,7$ alkalommal fejték meg a robotok naponta, a fejésenkénti tejmenyiség $13,3 \pm 3,9$ kg, a napi termelt tejmenyiség $33,2 \pm 8,3$ kg/tehen volt. Ez megegyezik a holstein-fríz fajtára korábban közölt értékekkel (Kliś és mtsai, 2021; Piwczyński és mtsai, 2023). Egy év elteltével 81 egyed tartózkodott az istállóban, és a napi átlagos fejésszám 239 ± 16 volt. A létszám 16%-kal csökkent az előző évben történt adatfelvételezéshez képest, viszont a napi fejésszám szinte nem változott (2%-os csökkenés). A teheneket a robotok átlagosan naponta $3,2 \pm 0,9$ alkalommal fejték meg, jellemzően $11,9 \pm 3,8$ kg fejésenkénti tejmenyiség mellett. A megnövekedett tehenenkénti átlagos fejésszám és a kismértékben csökkent fejésenkénti tejmenyiség, összességében a tehének által naponta termelt tej átlagos mennyiségét $38,1 \pm 7,2$ kg-ra növelte.

Rodenburg (2017) szerint a 33 kg napi tejtermelést elérő teheneket már célszerű automatikus fejőrendszerben fejni; ennek a feltételnek a vizsgált holstein-fríz állományunk megfelelt. Korábbi vizsgálatok eredményei szerint (Kozłowska és mtsai, 2013) az első laktációs tehének aktivitása a fejőrobotban szignifikánsan meghaladja a több laktációs tehének robotlátogatási eredményeit. Eredményeinkkel megegyezően, az első laktációs tehének robotlátogatása 3,1 gyakorisági értéket mutatott.

1. táblázat:

A termelési paraméterek a két vizsgálati időszakban

Megnevezés (1)	2020 (n=96)	2021 (n=81)
Napi fejésszám, db (2)	243±18	239±16
Óránkénti fejésszám, db (3)	10,1±3,7	10,0±3,1
Napi fejésszám/tehén, db (4)	2,5±0,7	3,2±0,9
Két fejés között eltelt idő, óra (5)	9,5±3,4	8,3±2,8
Napi tejmennyiség/tehén, kg (6)	33,2±8,3	38,1±7,2
Fejésenkénti tejmennyiség, kg (7)	13,3±3,9	11,9±3,8
Tejleadási sebesség kg/perc (8)	2,5±0,9	2,4±0,8
Egy fejésre fordított idő, perc (9)	5,4±2,3	5,0±1,9
Tejelő napok száma (10)	178	177

Table 1. Production parameters in the two studied periods

item (1); milkings per day (2); milkings per hour (3); milkings per cow per day (4); milking interval, hour (5); daily milk yield per cow (6); milk yield per milking (7); milking speed, kg/min (8); duration of a milking, min (9); days in milk (10)

Az automata fejési rendszerre történt átállást követő első hónap végén a teheneket kétszer, háromszor és négyszer fejték meg a robotok naponta. A kétszer fejt tehenek (n=51) fejésenkénti tejmennyisége 15,1±4,3 kg, a háromszor fejt tehenek (n=36) fejésenkénti tejmennyisége 12,0±3,1 kg, és a négyszer fejt tehenek (n=8) fejésenkénti tejmennyisége 11,7±2,1 kg volt. Ebben az időszakban az állomány 53%-át csak kétszer fejték meg, és a kétszer vagy háromszor fejt tehenek jelentették az állomány 91%-át. A fejőrobotra történő átállást követő egy év múlva, az elsőlaktációs tehenek napi átlagos fejésszám növekedését az okozta, hogy megnőtt a háromszor, négyszer vagy akár ötször fejt tehenek aránya. Már voltak olyan tehenek (n=4), akiket naponta ötször fejték meg a robotok, és ekkor már az állománynak csupán 60%-át (n=56) fejték kétszer vagy háromszor, miközben a négyszer fejt tehenek (n=18) száma növekedett, és ők adták az állomány 30%-át. *Kozłowska és mtsai* (2013) vizsgálatában az elsőlaktációs teheneket 48%-át háromszor, 28%-át pedig négyszer fejték három különböző telep átlagát tekintve.

Az automata fejési rendszerben az átlagos napi fejésszám mellett az óránkénti átlagos fejés szám is egy fontos mutató. A fejőrobotoknak megvan a maximális kapacitása, tehát az az érték, ami megmutatja, hogy egy óra alatt egy fejőrobot hány tehenet képes potenciálisan megfejni. Ez a szám egy Lely Astronaut fejőrobot esetében 8-10 körül van, ekkor az egy tehén fejésére fordított idő 6-8 perc közötti érték. A robot hatékonysági mutató, vagyis az, hogy naponta hány óraszázalékban üzemel a fejőrobot, fontos mutató gazdaságossági szempontból. *André és mtsai* (2010) szerint 62 egyed esetében, ha 64%-ról 85%-ra emelkedik a fejőrobot kihasználtsága, 31 eurós többletbevétel érhető el.

A vizsgálatok alapjául szolgáló telepen az istállóban két fejőrobot üzemelt, tehát potenciálisan elérhető fejésszám 16-20 fejés/óra. A gyakorlatban mindez csak ritkán érhető el, hisz a tehenek fejése között valamennyi idő kiesik, a robotoknak van mosási szervizelési ideje, illetve a tehenek napi aktivitása is változik a nap során. Megvizsgáltuk, hogy a két időszakban hogyan alakult az óránkénti fejések

száma. Az 1. ábrán jól látható, hogy a két adatsort összehasonlítva, az óránkénti fejésszám változása nagy hasonlóságot mutat. Reggel 6-7 órától megemelkedik a fejések száma, 11-12 óra között lecsökken, majd újra emelkedni kezd a délutáni etetést követően, és viszonylag magas értéken marad egészen éjfélig. Ezt követően megfigyelhető egy visszaesés a fejések számában, ami hajnal 1 és 2 óra között kismértékben megemelkedik, majd újra lecsökken és reggel 6 óráig alacsonyan marad. Ez a hullámszerű mintázat alapvetően nem különbözik a két vizsgált időszakban, amiben különbség van az a hullámszerű mértéke (a fejések eloszlásának kiegyenlítetttsége a nap során). Korábban, *Laurs és mtsai* (2009) eredményeinkkel megegyezően szintén kicsit nagyobb aktivitást figyeltek meg a délutáni és esti órákban. Újabban *Solano és mtsai* (2022) is azt tapasztalták, hogy 9, 16 és 22 órakor megemelkedik a fejőrobotok látogatottsága.

Mindkét évben sikerült megközelíteni a fejőrobotok maximális kapacitását, a nap során többször is elérték a 14 fejést óránként. A gyakorlatban az egy fejőrobottal óránként átlagosan megfejt 7 tehenet egy nagyon jó értéknek tekinthető. 2020-ban láthatunk egy kiugró értéket, amikor a két robot egy óra alatt (21 és 22 óra között) 18 tehenet fejt meg. Ebben az időpontban történt az elmaradt tehenek felhajtása és fejése, és ez okozta ezt a némileg kiugró értéket. A beszoktatást követő első hónap végén 14 olyan óra volt, amikor legalább 10 tehenet fejt meg a robotok, míg egy évvel később, 15 ilyen óra volt a nap során kisebb létszámú állomány mellett. Ez egyértelműen annak tulajdonítható, hogy a robotok kihasználtsága, a tehenek robotlátogatása kiegyenlítettebbé vált.

A fejőrobotok kihasználtságának másik fontos mutatója az óránkénti fejések száma mellett, hogy mennyi ideig tart egy fejés. Az adatok értékelésénél összehasonlítottuk a két vizsgálati időszakot (1. táblázat), de emellett a tehenenkénti napi fejések száma függvényében is végeztünk elemzéseket. Az egy tehenet fejésére fordított átlagos idő (fejési idő) 2020-ban $5,4 \pm 2,3$ perc volt, ami 0,3 perccel hosszabb, mint a 2021-ben tapasztalt ($5,1 \pm 1,9$ perc). Általánosságban elmondható, hogy az egy tehenet vonatkoztatott fejések száma emelkedett, az egy fejés alatt kifejt tej mennyisége csökkent és az egy fejésre fordított idő rövidült. Tehát gyorsabban és gyakrabban fejték meg a robotok a teheneket egy évvel az automata fejőrendszerre való átállást követően, mint egy évvel korábban, a beszoktatás után.

A 2. ábra az első hónap végén mutatja meg a tehenek egy fejésére fordított idejének alakulását. A box plot diagram alapján általánosságban megállapítható, hogy a napi fejésszám növekedésével csökkent az egy fejésre fordított idő. A kétszer fejt csoport egyedeinél ($n=102$ fejés) az átlagos fejési idő $5,9 \pm 2,5$ perc volt és a legrövidebb és leghosszabb fejési idő közötti különbség 12,3 perc volt, ami egy viszonylag tág tartományt jelent. A csoportban volt olyan tehenet, akit a robot valamivel több, mint 2 perc alatt képes volt megfejni, de volt olyan tehenet is a csoportban, akinek a fejése hatszor ennyi időt vett igénybe. A második (Q2) és a harmadik (Q3) kvartilisbe tartozó fejések (a fejési események 50%-a) között már csupán 3,0 perc volt a különbség a legrövidebb és a leghosszabb fejési idő között. A napi háromszor fejt teheneknél ($n=108$ fejés) az átlagos fejési idő $4,7 \pm 1,7$ percre rövidült, és a két középső kvartilis alsó és felső határa közötti távolság is kisebb volt (2,4 perc) a kétszer fejt tehenek azonos értékéhez képest. Az alsó kvartilisek (Q1) terjedelmében és a sikeres fejéshez szükséges legrövidebb idő tekintetében nem volt különbség a csoportok között. Jelentős különbség még a kétszer és háromszor

1. ábra: Az egy óra időtartam alatt megvalósult fejések átlagos száma a vizsgált időszakban

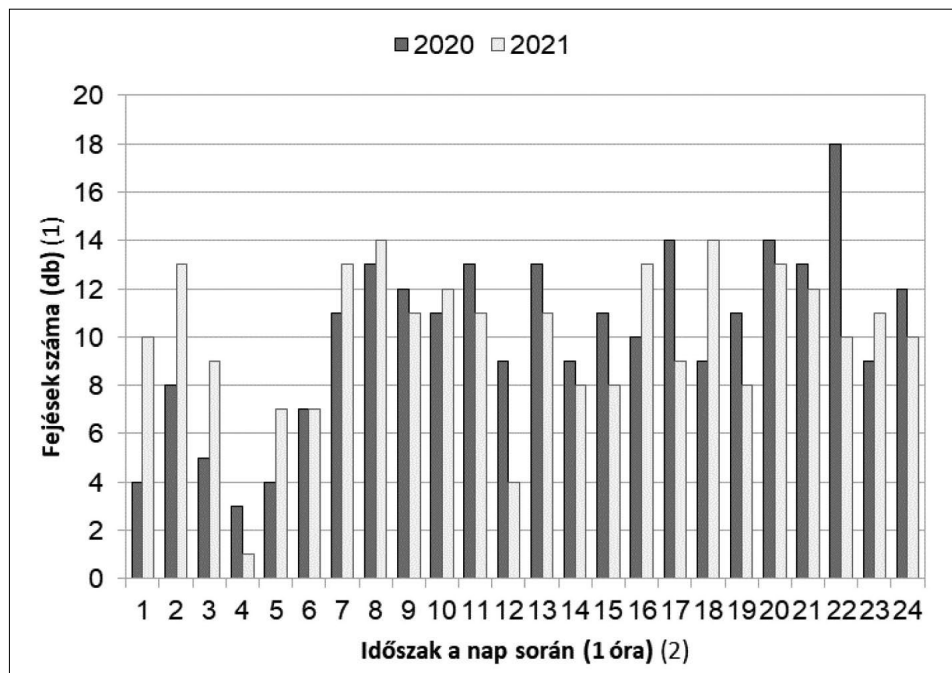


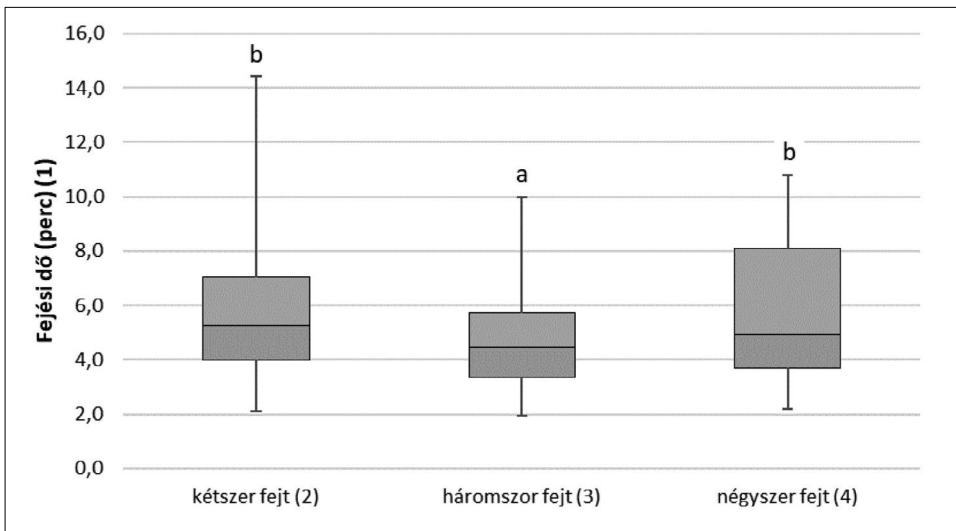
Figure 1: Average number of milkings per hour in the period studied

number of milkings (1); period of the day, 1 hour

fejt tehének csoportja között az, hogy a felső kvartilis (Q4) terjedelme csökkent, és a leghosszabb fejés 10,0 percig tartott. A négyszer fejt csoport esetében (n=32 fejés) elmondható, hogy a fejések eloszlása némileg meglepő eredményt hozott. A fejés hosszának rövidülése a fejés szám növekedésével párhuzamosan nem következett be, az átlagos fejésre fordított idő $5,9 \pm 2,6$ perc (ami a kétszer fejt csoport értékével szinte megegyező). A legrövidebb és a leghosszabb ideig tartó fejés ideje közötti különbség ennél a csoportnál 8,6 perc, ami a naponta háromszor fejt csoport azonos adatával (8,1 perc) mutat hasonlóságot.

Az automata fejésre történt átállást követő első év végén jellemzővé vált, hogy a fejések számának növekedésével párhuzamosan az egy fejésre fordított idő fokozatosan csökkent. A fejési idő ebben az időszakban a 2-szer fejt teheneknél (n=48 fejés) $5,9 \pm 1,9$ perc, a 3-szor fejt teheneknél (n=96 fejés) $5,3 \pm 1,9$ perc, a 4-szer fejt teheneknél (n=72 fejés) $4,5 \pm 1,3$ perc, és az 5-ször fejteknél (n=20 fejés) már csak $3,3 \pm 0,6$ perc volt átlagosan. A csökkenés nem csak az átlagértékek esetében tetten érhető, hanem a minimum és maximum értékek közötti távolság, illetve a második és harmadik kvartilis szélső értékei közötti távolság csökkenésében is (3. ábra). A fejésre fordított minimális időben nincs jelentős különbség sem az eltérő napi fejésszámmal jellemezhető tehének között, sem a két vizsgált időszak értékei között, az minden esetben 1,9 és 2,7 perc közötti érték volt. A második adatfelvétel során is voltak olyan egyedek, amelyeknél a fejési idő meghaladta a

2. ábra: Az egy fejésre fordított idők alakulása a napi fejésszám függvényében az automata fejésre történő átállást követő első hónap végén (2020. augusztus)



a,b szignifikáns különbséget jelöl $p < 0,05$ (5)

Figure 2: Milking times per milking according to the number of milkings per day at the end of the first month after the transition to automatic milking

milking time, min (1); milked twice per day (2); milked three times per day (3); milked four times per day (4). a,b means significant differences $p < 0.05$ (5)

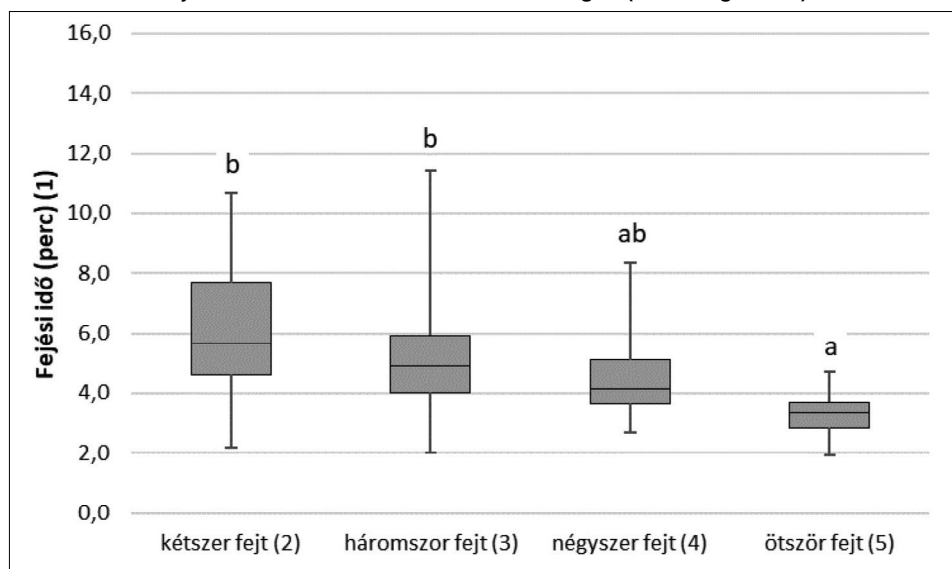
10 percet, de ezeknek az eseteknek a száma kevesebb volt, és kizárólag a kétszer vagy háromszor fejt teheneknél fordult elő.

A következő paraméter, ami jelentős hatással van egy automatizált fejőrendszer kihasználtságára, de természetesen a termelő tehenek teljesítményére is, a két fejés között eltelt idő. A fejésszám emelésének csak abban az esetben van termelésnövelő hatása, ha a fejések között biztosítunk a teheneknek elegendő időt a takarmányfelvételre és a pihenésre.

2020-ban a kevesebb fejésszám mellett értelemszerűen több idő telt el a fejések között $9,5 \pm 3,4$, mint egy évvel később $8,3 \pm 2,8$, amikor alacsonyabb létszám mellett, de nagyobb fejési gyakorisággal üzemelt a telep. A fejőrobotok beüzemelését követő első hónap végén gyűjtött adatok alapján jól látható, hogy a többször fejt teheneknél kisebb a fejések között eltelt idő (4. ábra). A kétszer fejt teheneknél a két fejés közötti idő $11,7 \pm 3,8$ óra, a háromszor fejteknél $8,3 \pm 2,0$ óra, a négyyszer fejteknél $7,0 \pm 1,3$ óra volt. De az is látszik az ábrán, hogy voltak olyan esetek, amikor a két fejés között több mint 14 óra telt el. Sőt a kétszer fejt tehenek között az is előfordult, hogy a fejőrobotokat maguktól nem felkereső tehenek felhajtása még volt tökéletesen megszervezve, és ezeknél a teheneknél volt olyan eset, amikor a két fejés között akár több, mint 20 óra is eltelt.

A fejőrobotok egy éves használata és az automata fejőrendszerre történt teljes telepi átállást követően (2021. augusztusában) már sokkal kedvezőbb képet mutat az állomány (5. ábra). A kétszer fejt teheneknél a két fejés közötti idő $11,8 \pm 2,1$

3. ábra: Az egy fejésre fordított idők alakulása a napi fejésszám függvényében az automata fejésre történő átállást követő első év végén (2021. augusztus)



a,b szignifikáns különbséget jelöl $p < 0,05$ (6)

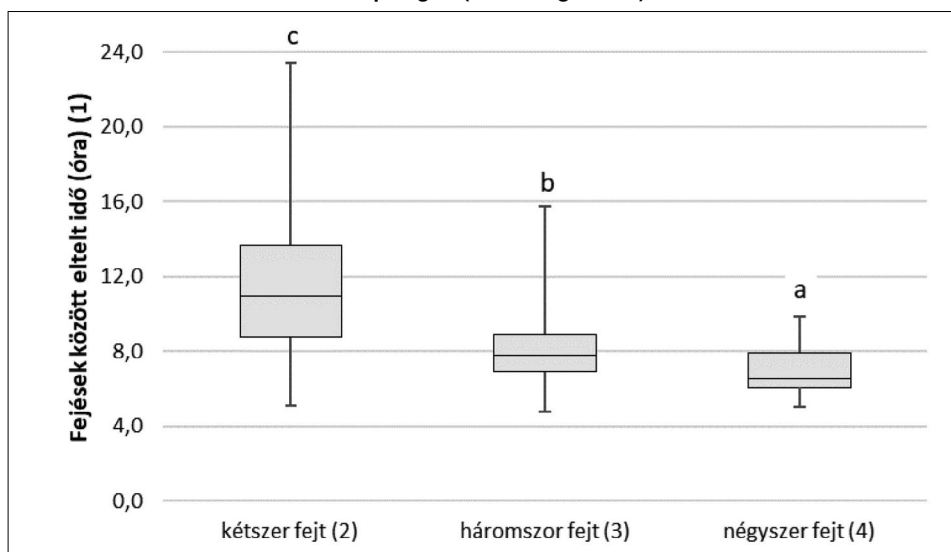
Figure 3: Milking times per milkings according to the number of milkings per day at the end of the year after the transition to automatic milking

milking time, min (1); milked twice per day (2); milked three times per day (3); milked four times per day (4); milked five times per day (5); a,b means significant differences $p < 0.05$ (6)

óra, a háromszor fejteknél $8,2 \pm 1,9$ óra, a négyszer fejteknél $6,5 \pm 1,2$ óra, és az ötször fejteknél már csak $5,3 \pm 0,8$ óra volt. A kétszer fejt teheneknél ebben az időszakban az átlagos fejési időköz néhány perccel hosszabb volt, de az átlaghoz tartozó szórásértékek és a minimum és maximum érték közötti távolság kisebb volt az egy évvel korábbihoz képest. Ebben az időszakban is előfordult a kétszer vagy háromszor fejt teheneknél, hogy a két fejés között több, mint 14 óra telt el. Ezeknek az eseteknek a száma azonban már kisebb, mint egy évvel korábban, és ekkor már nem történtek olyan esetek, amikor a két fejés között eltelt idő meghaladta volna a 20 órát.

Az eredmények némileg ellentmondásosnak tűnhetnek. Bár a tehenenkénti, napi, átlagos fejésszám növekedésével párhuzamosan állományszinten nőtt a tehenenként naponta termelt tej átlagos mennyisége, viszont a fejésszámokra vonatkoztatott termelési átlagokban ez nem ennyire egyértelműen jelentkezik. A 2020-ban kétszer fejt tehenek napi átlagos tejtermelése $30,2 \pm 8,7$ kg, a háromszor fejt tehenek napi átlagos tejtermelése $35,9 \pm 9,3$ kg, a négyszer fejt tehenek napi átlagos tejtermelése $46,9 \pm 8,6$ kg volt. Ezekkel az eredményekkel összehasonlítva 2021-ben a tehenek napi átlagos tejtermelése a kétszer fejt egyedeknél $28,2 \pm 8,7$ kg, a háromszor fejt egyedeknél $37,4 \pm 11,5$ kg, a négyszer fejt egyedeknél $40,7 \pm 9,2$ kg, az ötször fejt egyedeknél $44,3 \pm 7,1$ kg volt. Az eredmények azt mutatják, hogy a kétszer fejt teheneknél az átlagos termelés mintegy 2 kg-mal csökkent, a há-

4. ábra: Fejések között eltelt idő alakulása az automata fejésre történő átállást követő első hónap végén (2020. augusztus)



a,b,c szignifikáns különbséget jelöl $p < 0,05$ (5)

Figure 4: Milking interval at the end of the first month after the transition to automatic milking

milking interval, hour (1); milked twice per day (2); milked three times per day (3); milked four times per day (4); a,b,c means significant differences $p < 0.05$ (5)

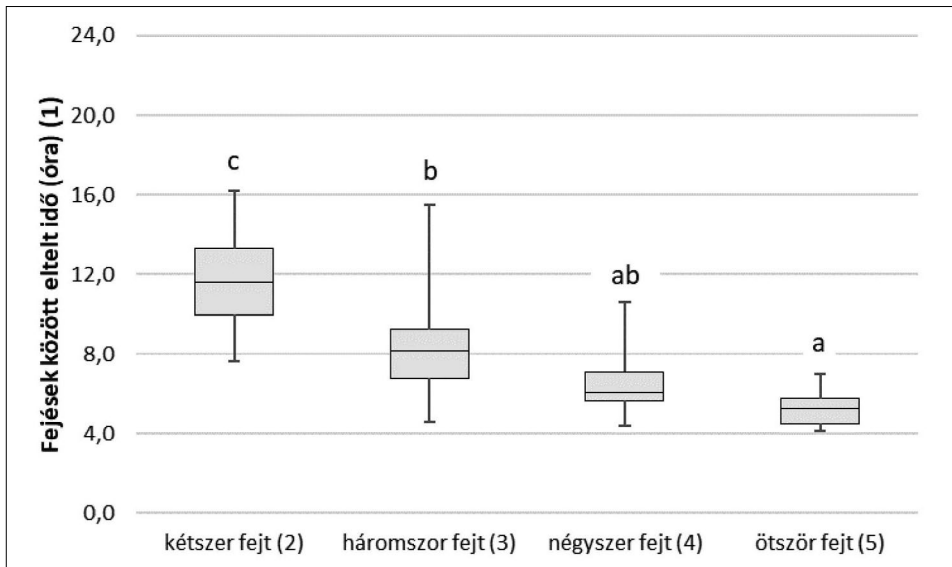
romszor fejt teheneknél 1,5 kg-mal nőtt, viszont a négyszer fejt teheneknél ismét csökkenést tapasztaltunk (-6,2 kg), sőt a 2021-ben ötször fejt tehének termelése is 2,6 kg-mal elmaradt az előző évben négyszer fejt tehének termeléséhez képest. Az állományszintű termelés javulás értékelésénél nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy a két vizsgálati időpont között jelentős mértékben megváltozott a napi átlagos fejésszámok megoszlása. A napi átlagosan kétszer fejt egyedek aránya 53,1%-ról 29,6%-ra csökkent, a háromszor fejt egyedek aránya csak kis mértékben változott (37,5%-ról 39,5%-ra nőtt), a négyszer fejt tehének aránya 8,3%-ról 22,2%-ra nőtt, és 2021-ben már 4 tehenet (4,9%-a a vizsgált állománynak) naponta átlagosan ötször fejtek a telepen. A két időszakban az állomány átlagos termelésben töltött ideje (DIM, days in milk) azonos volt (178 nap 2020-ban, 177 nap 2021-ben).

5. Következtetések

Amikor egy telep átáll a fejőházi fejésről a fejőrobotok alkalmazására nem csak a fejési rendszert változtatja meg, hanem a telep teljes működését is át kell alakítani, annak érdekében, hogy a robotok kapacitását a legmagasabb szinten ki tudjuk használni, és az elérhető legnagyobb profitot tudjuk realizálni.

A vizsgálatok során kapott eredmények alapján elmondható, hogy az automatikus fejési rendszerre történő átállást követő egy év alatt jelentős fejlődésen

5. ábra: Fejések között eltelt idő alakulása az automata fejésre történő átállást követő első év végén (2021. augusztus)



a,b,c szignifikáns különbséget jelöl $p < 0,05$ (6)

Figure 5: Milking interval at the end of the first year after the transition to automatic milking

milking interval, hour (1); milked twice per day (2); milked three times per day (3); milked four times per day (4); milked five times per day (5); a,b,c means significant differences $p < 0.05$ (6)

ment át a telep. Csökkent az egy csoportban tartott tehének száma, miközben a napi átlagos fejésszám szinte változatlan maradt. A kisebb létszám mellett elért azonos napi fejésszám azoknak az egy év alatt megvalósított változtatásoknak az eredménye volt, ami az egy tehenre vetített átlagos napi fejésszám növekedést eredményezett. Javult a fejések eloszlása, és a fejőrobotok kihasználtsága egyenletesebbé vált a nap során. Növekedett a tehenenként naponta megtermelt tej átlagos mennyisége, miközben a vizsgált állomány termelésben töltött átlagos ideje nem változott. A fejőrobotokat alkalmazó gazdaságokban nagy jelentősége van annak, hogy a különböző termelési szintű egyedek, milyen időközönként kapnak fejési engedélyt. A vizsgálatok során kiderült, hogy az első év végére a fejésszám növekedése mellett, a beállított fejési engedélyek jobban igazodtak az egyedek napi termelési szintjéhez, mint az átállás utáni első hónap végén. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az eltérő átlagos napi fejésszámmal jellemezhető tehenek az egy fejésre fordított idő, vagy a két fejés között eltelt idő mutatók tekintetében minden esetben szignifikánsan eltérnek egymástól.

A telepi menedzsmentben történt változások eredményeként, egy évvel az automata fejési rendszerre történő átállást követően 81 tehen képes volt közel ugyanazt a napi tejmennyiséget megtermelni (3086 kg 2021-ben), amit egy évvel korábban 96 tehen termelt meg (3187 kg 2020-ban). Ekkorra az automatizált rendszer nemcsak jobban kiszolgálta a tehenek igényeit, hanem a telep működési hatékonysága is jelentősen javult.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Csiszár István úrnak, a Pinkamenti Agrár Kft. (Vasalja) tulajdonosának, aki hozzájárult a vizsgálatok elvégzéséhez a gazdaságában.

6. Felhasznált irodalom

- André, G. – Berentsen, P. B. M. – Engel, B. – De Koning, C. J. A. M. – Lansink, A. O. (2010): Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. *J. Dairy Sci.*, 93. 942–953. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2373>
- Boródi, B. (2023): Folyamatos innováció a fejéstechnológiákban. *Holstein Magazin*, 31. 2. 32–35.
- Butler, D. – Holloway, L. – Bear, C. (2012): The impact of technological change in dairy farming: robotic milking systems and the changing role of the stockperson. *J. R. Agric. Soc. Engl.*, 173. 1–6.
- Drach, U. – Halachmi, I. – Pnini, T. – Izhaki, I. – Degani, A. (2017): Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosyst. Eng.*, 155. 134–141.
- Gráff M. – Tóth V. – Mikó E. (2022): Az automata és a hagyományos fejési rendszerek összehasonlítása a tejmenység, szomatikus sejtszám és a tejösszetétel szempontjából. *Holstein Magzin*, 30. 26–28.
- Hansen, B. G. (2015): Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *J. Rural Stud.*, 41. 109–117.
- Jacobs, J. A. – Siegford, J. M. (2012): Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, 95. 2227–2247. <http://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>
- John, A. J. – Clark, C. E. F. – Freeman, M. J. – Kerrisk, K. L. – Garcia, S. C. – Halachmi, I. (2016): Review: milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution. *Animal*, 10. 1484–1492. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000495>
- Jurkovich, V. – Kézér, F.L. – Ruff, F. – Bakony, M. – Kulcsár, M. – Kovács, L. (2017): Heart rate, heart rate variability, faecal glucocorticoid metabolites and avoidance response of dairy cows before and after changeover to an automatic milking system. *Acta Vet. Hung.*, 65. 301–313. <https://doi.org/10.1556/004.2017.029>
- Klíš, P. – Piwczyński, D. – Sawa, A. – Sitkowska, B. (2021): Prediction of lactational milk yield of cows based on data recorded by AMS during the periparturient period. *Animals*, 11. 383. <https://doi.org/10.3390/ani11020383>
- Kozłowska, H. – Sawa, A. – Neja, W. (2013): Analysis of the number of cow visits to the milking robot. *Acta Sci. Pol. Zootech.*, 12. 37–48.
- Lauris, A. – Priekulis, J. – Purins, M. (2009): Studies of operating parameters in milking robots. In 8th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. 28-29 May 2009, Jeglava, Latvia. 38–42.
- Mangalis, M. – Priekulis, J. – Vernavs, G. (2021): Research on cow traffic in facilities with automatic milking systems. Proceedings of 20th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”. 26-28 May 2021, Jeglava, Latvia, 194–198.
- Owen J. (2003): Evaluating robotic milking at Gelli Aur College. *State Vet. J.*, 13. 15–18.
- Piwczyński, D. – Siatka, K. – Sitkowska, B. – Kolenda, M. – Özkaya, S. – Gondek, J. (2023): Comparison of selected parameters of automated milking in dairy cattle barns equipped with a concentrate feeding system. *Animal*, 17. 101011. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101011>
- Rodenburg, J. (2017): Robotic milking Technology, farm design, and effects on work flow. *J. Dairy Sci.*, 100. 7729–7738. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>
- Solano, L. – Halbach, C. – Bennett, T. B. – Cook, N. B. (2022): Milking time behavior of dairy cows in a free-flow automated milking system. *JDS communications*. 3. 426–430.

Spahr, S. L. – Maltz, E. (1997): Herd management for robot milking. *Comput Electron Agr.*, 17. 53–62.
Wethal, K. B. – Heringstad, B. (2019): Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 102. 8221–8233. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16625>

Érkezett: 2024. július

Szerzők címe: Boros, N.* – Gulyás, M.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmental Sciences

H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

*levelező szerző, boros.norbert@uni-mate.hu

Holló, G. – Szabari, M.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Sciences
H-7400, Kaposvár, Guba S. u. 40.

Kótiné Seenger, J. – Szabó, B.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Sciences
H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Bús, B.

Lely Center Gödöllő

H-2100, Gödöllő, Isaszegi út 168.

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) indukált szaporítás-technológiájának magyar vonatkozású kutatási eredményei

Hungarian research results of the technology of induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*)

VARGA Ádám – TÓTH András – NYABUTO NGOGE Kevin – HORVÁTH József

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon az afrikai harcsa a hazai haltermelés második legnagyobb volumenű tenyésztett halfajának számít. A halfaj esetében a gyors növekedési erélye, technológiai tűrőképessége, korai ivarérése és egyéb kedvező biológiai tulajdonságai jelentős előnynek számítanak. A Szerzők a halak kontrollált körülmények között történő szaporításának általános bemutatása mellett az afrikai harcsa szaporításának alapjaiba is betekintést nyújtanak. Ezt követően ismertetésre kerülnek a pontyhipofízis kivonattal, mint természetes eredetű gonadotrop hormonokkal, valamint a különböző GnRH készítményekkel indukált szaporítás-technológiák. Az áttekintés második részében bemutatásra kerül egy új halszaporítási módszer, melynek alapja, hogy a spermium sejtek biológiai aktivitásukat megtartva hosszabb ideig „tárolhatóak” petefészkekben indukált szaporítás (szaporodás) előtt. Végül felvázolják a mélyhűtött sperma felhasználásának hazai ismereteit afrikai harcsánál. A Szerzők áttekintő képet adnak a faj szaporítás-kutatási eredményeiről, amelyek kizárólag magyar szerzőségi forrásmunkákon alapulnak. Emellett részletesen foglalkoznak olyan kísérleti szintű vizsgálatokkal is, amelyek jelenleg még nem terjedtek el a gyakorlatban.

Kulcsszavak: afrikai harcsa, halszaporítás, pontyhipofízis, GnRH, mélyhűtött sperma

SUMMARY

Objective: Hungary has an important role of African catfish breeding in the EU. African catfish farming is the second largest volume of fish production in Hungary which gives the largest part of intensive fish culture. The advantages of this species include their rapid growth rate, technological resilience, early sexual maturity, and other favorable biological characteristics. Besides the African catfish is well-suited as a model fish in research and multidisciplinary studies. The traditional *in vitro* fertilisation (dry fertilisation method) is the most widely used method of African catfish breeding.

Methods: In addition to providing a general overview of fish propagation under controlled conditions, the authors give an introduction to the basics of African catfish breeding. Following this, the use of carp pituitary extract as a natural source of gonadotropic hormones, as well as the application of various GnRH preparations for fish propagation technologies are shown. In the second part of the review, the authors provide an insight into a new method of fish propagation (reproduction), which is based on maintaining the biological activity of spermatozoa for a longer time among ovarian condition under induced reproduction (or spawning). Finally, the domestic knowledge of using cryopreserved sperm in African catfish is outlined.

Results: The literature table is summarized by examining the following parameters: hormone, carrier material, method, dosage, water temperature, latency time, ovulation rate and fertility. The follow different hormone preparations have been used in African catfish based on the author's research: carp pituitary extract (PH), african catfish pituitary (AhH), pituitary extract (HK), hCG, DOCA, LHRH-A, Ovopel, mGnRH, cGnRH, cGnRH-II, sGnRH, mGnRH_a, cGnRH-II_a, sGnRH_a and Biogonadyl 500.

Conclusions: The authors of the article provide a comprehensive overview of the results of breeding research of this species. The review based exclusively on Hungarian authorship sources. They also present details of experimental-level studies that are not yet widespread in practice.

Keywords: African catfish, fish propagation, carp pituitary, GnRH, cryopreserved sperm

1. Bevezetés és célkitűzések

A Föld lakossága 2022-ben elérte a 8 milliárd főt, és az előrejelzések szerint 2037-ben eléri a 9 milliárdot is (Zeifman és mtsai, 2022). Az egyre növekvő számú emberiség élelmiszerének biztosítása a 21. század egyik legfontosabb kihívása. Az állati eredetű termékek előállításában az édesvízi és tengeri akvakultúra a legdinamikusabban fejlődő ágazat a világon (FAO, 2022). Az emberi halfogyasztás több mint felét az akvakultúra biztosítja, és ez az arány 2030-ra tovább nőhet, elérve akár a 60%-ot is (FAO, 2018; Mehar és mtsai, 2019). A globális akvakultúra termelés az elkövetkező 13 évben kétszeresére nőhet a meglévő állományok intenzív szelektálásával és genetikai vonalak fejlesztésével, beleértve a hibridizációt, a keresztezést, a genommanipulációt és a szelekciós tenyésztést is (Lind és mtsai, 2012; Gjedrem és Rye, 2018). A fenntartható és tervezhető haltenyésztés egyik alapkritériuma a biztonságos és megfelelő minőségű állomány-utánpótlás, amely a halfajokra kidolgozott szaporítási technológiákon alapszik (Müller és mtsai, 2020b; Müller, 2022). Ebben a munkában a magyar kutatók és ágazati szakemberek jelentős, nemzetközileg is elismert szerepet játszottak, és játszanak napjainkban is.

Az akvakultúrában történő haltermelés az EU-ban stagnál, vagy kismértékben csökken, mely jelentős részben köszönhető a relatíve magas termelési költségeknek, és az emiatt előálló gyenge versenyképességnek az ázsiai akvakultúrával szemben (FAO, 2022). A tengerrel nem rendelkező EU tagállamok, illetve azok, ahol hagyományosan nagy szerepe van az édesvízi akvakultúrának, mindinkább a túlhalászott tengeri halállományok kiváltásának lehetőségeként pozicionálják az ágazatot, amelyhez egyéb fontos mezőgazdasági szektorok is kapcsolódnak. Az édesvízi akvakultúra szerepe környezetvédelmi és vidékfejlesztési szempontból is meghatározó.

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) fontos szerepet játszik az édesvízi akvakultúra- termelésben, a *Clarias* nembe tartozó fajok globális össztermelése 1,249 millió tonna, amivel a 10. helyet foglalják el a szárazföldi haltermelésben (FAO, 2022). A halfaj termelési potenciáljának kimagasló előnye számos halfajjal szemben a gyors növekedési erély (~ 1,5-2 kg-os piaci méretet 10 hónapon belül), sajátos biológiai tulajdonságainak köszönhetően (pl.: légköri oxigén hasznosítása) nagyfokú technológiai tűrőképességgel rendelkezik. Hazánkba a faj pusztai véletlenségből került be, azonban felismerve a halfaj kedvező tulajdonságait, gyorsan bekerült a termelésbe (Woynárovich, 1999). Magyarország Hollandiát megelőzve vezető szerepet tölt be az afrikai harcsa termelésében az Európai Unióban (2023-ban 5303 tonna) (Kiss, 2024), hazánkban ez a faj adja az intenzív rendszerű haltermelés gerincét (a részaránya az összes halfajhoz viszonyítva 94%). Ezt a kedvező pozíciót csak folyamatos innovációval lehet fenntartani. Az afrikai harcsával kapcsolatos kutatások kiemelkedő fontosságúak a hazai kutatás-fejlesztési tevékenységekben a szektoron belül.

Dolgozatunkban igyekszünk összefoglalni az afrikai harcsa halfaj szaporításával kapcsolatos mindazon eredményeket, amelyek magyar kutatók forrásmunkáin alapulnak. Ezek az eredmények részben vagy egészben integrálódtak a halfajszaporítási gyakorlatba, helyenként a kidolgozott szaporítási technológia alapvető elemeivé váltak. Továbbá részletezzük azokat a kutatásokat is, amelyekben az afrikai harcsa

indukált szaporítási modell-halfajként szerepelt. Említést teszünk olyan kísérleti munkákról is, amelyek alapjául szolgáltak több jelenleg is folyó kutatási iránynak.

2. Az afrikai harcsa szaporításának szabályozása

A halak (és ebbe az afrikai harcsa is értendő) kontrollált körülmények között történő szaporítását három fő csoportra lehet osztani:

1. *Természetes ivatás* alapja, hogy az ivásra felkészült halaknak olyan környezeti feltételeket biztosítanak, amik nagyban hasonlítanak a természetes ivóhelyeikre (Müller és mtsai, 2020c). Ebben a környezetben a halak neurohormonális folyamatai természetes módon reagálnak, és végbe megy a jellegzetes szaporodási viselkedés, az ivás. A természetszerű szaporítást kis méretű tavakban vagy medencékben végzik. A módszer lényege az, hogy a sekély, néhány cm-es vízbe kihelyezett halakon a nappali időszakban 0,5 m-rel emelik a vízszintet, ami az éjszakai, illetve hajnali órákra általában kiváltja az ivást. 100 m²-enként 1-2 pár anyahalat helyeznek ki. A természetszerű szaporítás medencés változatának alkalmazásakor az ivatómedencébe egy vékony kavicsréteget raknak, és az ikraszemek erre tapadnak. Az ivás után a szülőket célszerű eltávolítani a tavakból, illetve a medencékből. Afrikai harcsa esetében jelenleg nincs szükség ezzel a szaporítási módszerrel foglalkozni, mert a természetes fényváltakozások hiánya, a mesterséges takarmány és a mesterséges tartástechnológiák miatt az anyahalak szezonális ivari ciklusa megszűnik (Péteri és mtsai, 1989).

2. *Félmesterséges ivatás*: az ivás időzítésének és a szaporodást elősegítő tényezők részleges helyettesítésére különböző hormonkezeléseket alkalmaznak, majd az anyahalakat visszahelyezik olyan környezetbe, amely hasonlít a természetes ivóhelyeikre (Müller és mtsai, 2020c). A gyakorlati, iparszerű afrikai harcsa termelésben nem alkalmazzák ezt a módszert. Kutatói módszertanban, ahol a fajt modell-halfajként alkalmazzák, ott laborkörülmények között már van létjogosultsága (Quyén és mtsai, 2022; Nguyen és mtsai, 2020).

3. *Indukált keltetőházi / mesterséges szaporítás*: a szaporodásra előkészített halakban a szaporodást kiváltó környezeti tényezőket nagy részben hormonkezeléssel helyettesítik (Müller és mtsai, 2020c). Ennek következtében már nem szükséges reprodukálni az ivási környezetet, ami egyes halfajok mesterséges tartása esetén egyáltalán nem, vagy csak nehezen valósítható meg (Horváth és Magyary, 2007). A halakból kinyert ivartermékekkel termékenyítenek, majd a megtermékenyített ikratételeket ellenőrzött körülmények között keltetik (Müller és mtsai, 2020c). A széles körben alkalmazott és hatékony szaporítási módszer sikeres gyakorlásához nem csupán speciális technikai feltételekre (például keltetőház a szükséges berendezésekkel) van szükség, hanem pontos előírások szerint működő, szakaszokra tagolt szaporítási technológiára is (Horváth és Urbányi, 2000). A különböző szaporítási módszerek összefoglalásáról részletes magyar és angol nyelvű leírások találhatók Horváth és mtsai (1984, 1985a,b, 2000, 2015) műveiben. Az afrikai harcsa szaporítás - keltetőházi és laborkörülmények között - döntő többségében ide tartozik (lásd következő fejezetek).

A természetes ivatás során a környezeti tényezők befolyásolása miatt nincs szükség hormonkezelésre. A félmesterséges és mesterséges szaporítás folyamán a neuroendokrin szabályozásba az ivásra/szaporodásra felkészült halak esetében

a hipotalamusz-hipofízis-gonád tengelyen különböző szinteken lehet beavatkozni. Ennek célja az ivarsejtek végső érésének, elsősorban az ovulációnak elérése (Müller és mtsai, 2020c).

1. *Hipotalamusz szint:* gonadotrop releasing hormon (GnRH/szintetikus GnRH-a) készítmények használata, gyakran dopamin receptor antagonistá vegyületekkel kombinálva (Horváth és mtsai, 1997).

2. *Hipofízis szint:* természetes eredetű gonadotrop hormonok alkalmazása (különbéféle halak agyalapi mirigyei, illetve hipofízis-kivonatai (Jaczó, 1953, 1955; Woynárovich, 1954; Szabó és mtsai, 2023), humán chorion gonadotropin (hCG) (Sneed és Clemens, 1959).

3. *Gonád szint:* szintetikus szex-szteroid kezelés (pl. 17 alpha, 20 beta-dihydroxy-4-pregnen-3-one) (Müller és mtsai, 2012).

3. Az afrikai harcsa szaporításának alapjai

Az afrikai harcsa általában 6-18 hónapos kor között válik ivaréretté, amelynek kialakulása jelentősen függ az élőhely táplálékellátottságától, és a hőmérséklet ingadozásaitól. Az ivarérett halak testtömege széles határokon belül mozog, de általában a 200 grammos egyedek már ivarérették (Quyén és mtsai, 2023). A fajra jellemző az ivari dimorfizmus, az ivarok már 2-3 hónapos kortól könnyen megkülönböztethetők egymástól az ivari papilla alapján. A hímek hosszú és csúcsos ivari papillával rendelkeznek, míg a nőstényeké enyhén kiemelkedő és szemölcszerű. A hímek szögletes feje is megfigyelhető, ami relatíve nagyobb, mint az ikrásoké (Péteri és mtsai, 1989). A faj természetes élőhelyén - különösen ott, ahol az infrastruktúra alacsony szintű - a természetszerű szaporítást kis tavakban és medencékben végzik, ahol általában a vízszint éjszakai emelésével indukálják az ívást, azonban napjainkra világszerte a mesterséges indukált szaporítási eljárás vált meghatározóvá. Az intenzív rendszerben tartott anyahalak elvesztik ivari ciklusuk szezonálisát, így a legoptimálisabb tartási körülmények mellett akár havonta is szaporíthatóak. Ivari működésének jellemzésére kifejlesztették az ultrahangos vizsgálati módszert is (Kotrik és mtsai, 2008).

Ez a faj a kutatásokban kedvelt modell, elsősorban a száraz termékenyítési (*in vitro* fertilizáció) eljárás révén, de multidiszciplináris munkákban is gyakran használják (Müller és mtsai, 1992). Ebben a folyamatban az ikrás anyahalakat hormonkezeléssel serkentik az ovulációra. A keltetőházi halszaporítási gyakorlatban – szemben a laborkísérletekkel – hímeket általában nem hormonkezelik (Szarvas-Fish Kft., Bajcsfal Kft., V-95 Kft. MATE AKI HAKI termelési célú szaporítás szóbeli közlések). Az ikrásokból, a programozott ovuláció bekövetkezésekor a hasfal masszírozásával (fejés) nyerik ki az ikrát. Érdekességként megemlíthető, hogy napjainkban kidolgozták az afrikai harcsa *in vitro* történő oocita érlelését is (Kitanovic és mtsai, 2024). A spermát a hímek leölése után a here műtéti eltávolításával gyűjtik, hiszen a harcsaalakúak rendjére jellemzően a here és az ondóvezetés között elhelyezkedő szeminális vezikulum jelenléte miatt a sperma fejéssel történő kinyerése keltetőházi körülmények között nem kivitelezhető. A lefejt ikratételeket ezután a heréből kinyert spermával termékenyítik (Péteri és mtsai, 2015). Az ikrások relatív ikraprodukciója 7-32 testtömeg % között változik. A legkedvezőbb hőmérséklet az anyahalak tartására a 25°C (Péteri és mtsai, 1989).

1. táblázat: Különbözö hormonkészítmények alkalmazása afrikai harcса ikrásokban (magyar és társ-magyar szerzőséggel készült publikációk)

Hormon (1)	Mód (2)	Vivóanyag (3)	Dózis/ttkg (4)	Vizhő (eC) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	Irodalom (9)
PH	IP/IM	0,65 % NaCl oldat	4 mg	-	-	-	-	Péteri és mtsai (1989)
AnH	IP/IM	0,65 % NaCl oldat	1 db	-	-	-	-	
hCG	IP/IM	0,65 % NaCl oldat	0,004 mg/g	-	-	-	-	
DOCA	IP/IM	0,7 % NaCl oldat	50 mg	-	-	-	-	
PH	-	-	10-30 mg	25	8-13	-	70-90	Radics (1990)
LHRH-A, GnRH, hCG			nincs adat, csak felsorolászerűen megadva					
PH	-	-	4-5 mg	-	-	-	-	Radics és mtsai (1994)
mGnRHa+MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	24-25	12	100	96,51 ± 1,45	Akpadja és mtsai (1996)
cGnRH-II+MET	IP		0,05 mg + 10 mg	24-25	12	100	98,26 ± 1,76	
cGnRH-I+MET	IP		0,05 mg + 10 mg	24-25	12	0	0	
sGnRH+MET	IP		0,05 mg + 10 mg	24-25	12	80	90,29 ± 1,05	
mGnRH+MET	IP		0,05 mg + 10 mg	24-25	12	35	81,28 ± 5,98	
PH	IP		4 mg	24-25	12	100	96,7 ± 2,91	
GnRHa+pimozid	IP	NaCl oldat	0,05 mg + 0,005 mg	24-25	10	100	81,6*	
GnRHa+pimozid	IP	NaCl oldat	0,02 mg + 0,005 mg	24-25	10	100	77,8*	
GnRHa+pimozid	IP	NaCl oldat	0,02 mg + 0,001 mg	24-25	10	100	79,3*	Bizuska és mtsai (1999)
PH	IM	NaCl oldat	4 mg	24-25	11	100	78,5*	
Biogonadyl 500	IP	NaCl oldat	800 IU	24-25	12-15	100	87,9*	
mGnRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	Szabó és mtsai (2007)
PH	IP	0,7% NaCl oldat	4 mg	25 ± 1	12	100	-	
cGnRH-II + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
sGnRH + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	80	-	
mGnRH + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	30	-	
cGnRH-I + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	0	-	

Hormon (1)	Mód (2)	Vivőanyag (3)	Dózis/ftkg (4)	Vizhő (°C) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	Irodalom (9)
mGnRRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	Szabó és mtsai (2007)
PH	IP	0,7% NaCl oldat	4 mg	25 ± 1	12	100	-	
cGnRRH-II + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
sGnRRH + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	75	-	
mGnRRH + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	0	-	
cGnRRH-I + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	0	-	
mGnRRHa + PIM	IP	0,7% NaCl oldat (PIM – DMSO)	0,05 mg + 5 mg	28 ± 1	12	87,5	-	Szabó és mtsai (2007)
sGnRRHa + PIM	IP	0,7% NaCl oldat (PIM – DMSO)	0,05 mg + 5 mg	28 ± 1	12	100	-	
mGnRRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
cGnRRH-IIa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
sGnRRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,05 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
mGnRRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,01 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
cGnRRH-IIa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,01 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
sGnRRHa + MET	IP	0,7% NaCl oldat	0,01 mg + 10 mg	25 ± 1	12	100	-	
GnRRHa (Gonazon)	IM	gyártó által mellékelt oldatban felhígítva	20 µg	25,8-26,0	14,3	100	16,0 ± 35,8	Rónyai és mtsai (2008)
	IM		40 µg	25,8-26,0	13,2	100	36,0 ± 25,1	
	IM		80 µg	25,8-26,0	13,6	100	34,0 ± 29,7	
PH	IM	0,65 % NaCl oldat	4 mg	25,8-26,0	12,1	100	68,0 ± 38,3	

Hormon (1)	Mód (2)	Vivóanyag (3)	Dózis/ttkg (4)	Vizhő (°C) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	Irodalom (9)
PH	-	0,7 % NaCl oldat	4 mg	25 ± 1	12	100	kontroll (0-60 perc)	Szabó és mtsai (2010)
							AH OF (0-60 perc)	
							SZP OF (0-5 perc)	
PH	PM	sperma	5 mg	26,9 ± 0,7	10	100	G1	Müller és mtsai (2018b)
							G1	
							G2 (hozzáadott sperma nélkül)	
PH	IP	0,9% NaCl oldat	5 mg	27 ± 0,5	10	100	5 h tárolási idő	Müller és mtsai (2020b)
							10 h tárolási idő	
							15 h tárolási idő	
							20 h tárolási idő	
							25 h tárolási idő	
							36 h tárolási idő	
							48 h tárolási idő	
							kontroll	
							0,5 ml sperma	
1 ml sperma								
2 ml sperma								

Hormon (1)	Mód (2)	Vivőanyag (3)	Dózis/ittkg (4)	Víz hőmérséklet (°C) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	rodalom (9)
mGnRH _a +MET (Ovopel)	1.	IP	20 µg + 10 mg	28 ± 0,5	10	100	55,1 ± 16,1**	Kúcska és mtsai (2022)
		IM						
		PM						
		PM						
	2.	IM	0,65 NaCl oldat	39,1 ± 18,3**	10	61,9 ± 12,0**	63,4 ± 9,0**	35,1 ± 21,2**
		IM						
PM	0,65 NaCl oldat	46,0 ± 9,2**						
PH	IM	0,9% NaCl oldat	3 mg – tejes 5 mg – ikrás	25-26	11	100	81,35	Quyên és mtsai (2022)
PH (1967) PH (2019)	IP	0,7% NaCl oldat	4 mg	25 ± 1	12	100	84,38 ± 7,76	Szabó és mtsai (2023)
							77,5 ± 9,26	
mGnRH _a +MET (Ovopel)	IP	0,9 NaCl oldat	20 µg + 10 mg 5x(20 µg + 10 mg)	26	-	100	85,6 ± 6,1	Quyên és mtsai (2022)
	R						68,2 ± 18,5	

PH = pontyhipofízis (10); AhH = afrikai harcsa hipofízis (11); HK = hipofízis kivonat (12); Ovopel = [18-20 µg (D-Ala6,Pro9NET) mGnRH_a]+10 µg MET (13); MET = metoklopramid (14); mGnRH = emlős GnRH (15); cGnRH-I = csirke GnRH-I (16); cGnRH-II = csirke GnRH-II (17); sGnRH = lazac GnRH (18); mGnRH_a = emlős GnRH analóg (19); cGnRH-IIa = csirke GnRH-II analóg (20); sGnRH_a = lazac GnRH analóg (21); IM = intramuszkuláris (22); IP = intraperitoneális (23); PM = petefészekmosás (24); R = rektális (25); OF = ovariális folyadék (26); SZP = szivárványos pisztráng (27); HL = vundu (Heterobranchus longifilis) (28); * = ábráról leolvasva (29); ** = kelesli arány (30); *** = ivatás (31)

Table 1: Application of different hormone preparations in african catfish (Hungarian and co-Hungarian authorship)

hormone (1); method (2); carrier material (3); dosage (4); water temp. (5); latency time (6); ovulation rate (7); fertility (8); literature (9); carp pituitary (10); african catfish pituitary (11); pituitary extract (12); 18-20 µg (D-Ala6,Pro9NET) mGnRH_a+10 µg MET (13); metoclopramide (14); mammalian GnRH (15); chicken GnRH-I (16); chicken GnRH-II (17); salmon GnRH (18); mammalian GnRH analogue (19); chicken GnRH-II analogue (20); salmon GnRH analogue (21); intramuscular (22); intraperitoneal (23); ovarian lavage (24); rectal (25); ovarian fluid (26); rainbow trout (26); rainbow trout (27); Heterobranchus longifilis (28); figure reading (29); hatching rate (30); fish spawning (31)

A szaporításkor alkalmazott leggyakoribb hormonok, amiket magyar kutatók is használtak: különböző hipofízis kivonatok, DOCA (dezxikortikoszteroid-acetát), hCG (humán chorion gonadotropin), GnRH analógok, GnRH analóg és dopamin receptor antagonisták kombinációja (Péteri és mtsai, 1989; Woynárovich, 1994; Horváth és mtsai, 1997; Rónyai és mtsai, 2008). A különböző magyar és társ-magyar szerzők által alkalmazott különböző hormonkészítményeket az 1. táblázat mutatja.

3.1. Az afrikai harcsa pontyhipofízissel indukált ovulációja

Radics (1990) összefoglaló cikkben ismertette a hazai afrikai harcsa szaporítás eredményeit. Az afrikai harcsa különböző szintetikus hormonkészítményekkel (LHRH-A; GnRH; hCG) jól szaporítható, azonban saját gyakorlatára alapozva a más halfajoknál is bevált pontyhipofízist javasolta használni, viszont a későbbi kísérletekben leírt dózis sokszorosával szaporított (10-30 mg, átlag 12-20 mg/testtömeg kg).

A hazai afrikai harcsa tenyésztés eredményeit Radics és mtsai (1994) munkájukban összefoglalták. A faj tenyésztési technológiájánál az indukált szaporítás esetén 4-5 mg/ttkg pontyhipofízis hormonkezelést alkalmaztak, 25°C-on történő 26-28 órás inkubációs idő mellett, 7-32%-os PGSI értéket eredményezve. Száritott pontyhipofízis NaCl oldattal képzett szuszpenziójával végeztek összehasonlító kísérleteket különböző gonadotrop releasing hormon kombinációkkal összehasonlítva. Az afrikai harcsa ikrásokban 100%-os beérési arány mellett a legmagasabb termékenyülési értéket érték el (Akpajda és mtsai, 1996). Brzuska és mtsai (1999) kísérleteiben pontyhipofízis kezelés reprodukciós tulajdonságait vetette össze GnRH analóg kezelésekkel. Kísérleti eredmények alapján az ovuláció a pontyhipofízis esetében a hormonkezelés után 11 órával következett be, a GnRH-nál pedig - függetlenül az analóg és a pimozid dózisától - 10 órával a hormonkezelés után. A kezeléssel elért PGSI és termékenyülési értékek nem különböztek a GnRH kezelt csoportoktól (kivéve Biogonadyl-lal kezelt nőstényeket, amelyek alacsonyabb értékeket értek el). Lesőharcsa (*Silurus glanis*) és afrikai harcsa hibrideket hoztak létre genommanipulációs hibridizációs kísérletben. A kísérlet során lesőharcsa tejeseket, és afrikai harcsa ikrásokat használtak. Az afrikai harcsák hormonális indukciója 3,5 mg pontyhipofízis/ttkg-al történt az ovuláció várható időpontját 12 órával megelőzően (Váradai és mtsai, 2002).

Rónyai és mtsai (2008) vizsgálták a Gonazon (azagly-nafarelinacetát) melegvízi halfajok indukált szaporítására való alkalmasságát pontynál és afrikai harcsánál, ahol a szintetikus hormonkezelés kontrolljaként mindkét esetben a hipofízissel kezelt csoportok szolgáltak. A pontyhipofízis kontroll kezeléssel rövidebb beérési idő mellett statisztikailag igazolható mértékben magasabb PGSI értéket lehetett elérni. Habár a termékenyülési értékben is átlagban magasabb értékeket értek el, azonban a nagy egyedi különbségek miatt (magas szórás értékek) nem volt kimutatható statisztikai különbség. Szabó és mtsai (2010) munkájuk során az ikra rövid idejű eltarthatóságát vizsgálták ponty és afrikai harcsa halfajok esetében afrikai harcsa és szívárványos pisztráng (*Onchorhynchus mykiss*) ovariális folyadékának felhasználásával. A kísérletbe vont afrikai harcsa anyahalakat ivartól függetlenül 4 mg/ttkg pontyhipofízis szuszpenzióval hormonkezelték. Az ikrát 25 °C-os beérési hőmérséklet mellett 12 órával a hormonkezelést követően fejték, míg a termékenyítéshez használt spermát a here műtéti úton történő eltávolításával nyerték. Ezt

követően az azonos mennyiségű ikratételeket petricsészékbe helyezték, majd 0, 5, 10, 30, és 60 percig inkubálták őket. Termékenyítés előtt közvetlenül az ovariális folyadék döntő többségét Pasteur pipetta segítségével eltávolították. A szivárványos pisztráng ovariális folyadékba helyezett ikratételek termékenyítőképesége statisztikailag igazolhatóan alulmaradt a kontroll és az afrikai harcsa ovariális folyadékba helyezett ikratételekhez képest. Eredményeik alapján feltételezhető, hogy az ovariális folyadék ikra aktiváció gátló faktora fajspecifikus. *Szabó és mtsai* (2023) kísérletük során összehasonlították az extrém hosszú ideig tárolt (1967-ben gyűjtött), valamint az „új” (2019-ben gyűjtött) pontyhipofízis hatékonyságát. A 25 °C-on tartott anyahalakat a hormonkezelést (4 mg/ttkg) követő 12. órában fejték le. Az ikrások 100%-a ovulált. A legfontosabb reprodukciós mutatók tekintetében a két vizsgált csoport között nem volt statisztikailag igazolható különbség.

3.2. GnRH, GnRH analóg, és GnRH + dopamine receptor antagonistá vegyületekkel végzett kísérletek

Péteri és mtsai (1989) az afrikai harcsa szaporításhoz 4 µg/g hCG-vel és 5 mg/100 g vízben oldott DOCA-val végzett szaporítási adagokat írt le, azonban ehhez termékenyülési és beérési arányokat nem közölt. *Akpadja és mtsai* (1996) vizsgálatai alapján az azonos mennyiségű metoklopramid-kezeléssel és azonos mennyiségű, de különböző GnRH-analógok alkalmazásánál a kezelt halak beérésében jelentős különbségek adódtak (lásd 1. táblázat). A GnRH-peptidek természetes alakjainak enzimatis lebontása jóval gyorsabb, mint egyes szintetizált analógjaiké, azonban kísérletük eredményei ezt csak részben erősítik meg. A cGnRH-II és az sGnRH is indukálta az ovulációt, azonban a pontyhipofízissel, mGnRHa-val és cGnRH-II-vel kezelt csoportok szignifikánsan magasabb termékenyülési és kelési %-okat mutattak (*Brzuska és mtsai*, 1999). A Biogonadyl-lal kezelt nőstények 11 óras beérési idő alatt nem ovuláltak, két egyed a hormonkezelés után 12 órával, három egyed pedig további három óra múlva adott ikrát. Az ovuláció kiváltása az egyes csoportok valamennyi egyedénél sikeres volt. A vázolt kísérleti eredmények arra utalnak, hogy az afrikai harcsa ovulációjának kiváltása az irodalomban ajánlott 50 µg/kg GnRH-a + 5mg/kg pimozid dóziskombináció mellett csökkentett GnRH-a adaggal (20 µg/kg + 5 mg/kg pimozid) is lehetséges. A Biogonadyl a tesztelt dózisban (800 NE/kg) szintén alkalmazható a vizsgált faj indukált szaporításánál, bár használatkor a latens periódus hosszában mutatkozó nagyobb egyedi különbségek megnehezíthetik a szinkronizálást. *Szabó és mtsai* (2007) kísérleteik során különböző natív GnRH vegyületek (mGnRH, sGnRH, cGnRH-II és cGnRH-I) és GnRH analógok (mGnRH_a, [D-Orn⁶]-cGnRH-II(cGnRH-II_a) és [D-Orn⁶]-sGnRH (sGnRH_a)) ovulációra gyakorolt hatásait vizsgálták metoklopramid és pimozid dopamin receptor antagonistá vegyületek egyikével kombinálva. Eredményeik alapján a cGnRH-II és az sGnRH javasolható különböző indukált halszaporítási protokollok fejlesztésében. Az afrikai harcsa szaporodásbiológiai mutatói alapján a Gonazon – anti-dopaminista szer használata nélkül is – alkalmas a faj indukált szaporítására, bár a hatékonysága elmarad a hipofízisétől. Az eredmények alapján az ikrások 40 µg/kg-al történő kezelése javasolható, amely nagyságrendileg megfelel a legtöbb faj esetében alkalmazott egyéb GnRH-analógok 10–50 µg/kg-os tartományának (*Rónyai és mtsai*, 2008).

4. Kísérletek az afrikai harcsa szaporodásbiológiai potenciáljának kihasználásra

4.1. Inszemináció

A csontos halak (*Osteichthyes*) döntő többsége külső megtermékenyítésű. Ezeknek a fajoknak a spermiumai a herecsatornában és az ondóvezetőben inaktív állapotban találhatóak. Az édesvízi halfajoknál a hímivarsejtek aktivációját általában a környező folyadék ozmolalitásának csökkenése váltja ki. Korábbi megfigyelések alapján azt tapasztalták ponty fajban (*Cyprinus carpio*), hogy az izoozmotikus ovariális folyadék önmagában nem képes aktiválni a spermiumokat, viszont vízzel hígítva nemcsak aktiválja, hanem a motilitásukat hosszú ideig igen magas értéken is fenntartja (Horváth és mtsai, 2010).

Magyar kutatók úgy gondolják, hogy a kísérletes úton, előzetesen (katéteres módszerrel) petefészekbe juttatott, szemínális folyadékban lévő mozdulatlan spermiumsejtek a petefészekbe ozmocomform környezetben sem aktiválódnak, így hosszabb ideig megőrizhetik biológiai aktivitásukat. Ovulációkor a folliculáris tokból felszabaduló oocitákra tapadnak a (még inaktív) spermiumsejtek, majd együtt ürülnek a genitális nyíláson keresztül a külvilágba. Vízzel való érintkezéskor ezek a spermiumok aktiválódnak és képesek megtermékenyíteni a szintén aktivált petesejteket. A fenti elgondolás alapján kidolgozott petefészek inszemináció módszere a következő: a programozott ívársra felkészített és bódított ikrások petefészek lebenyébe fecskendőn rögzített szonda vagy katéter segítségével juttatjuk az előzőleg gyűjtött és minőségellenőrzésen átesett, egy-vagy több hím-től származó, kevert spermaadagot/spermaadagokat (Müller és mtsai, 2018a; Müller és mtsai, 2020a, Gazi és mtsai, 2021ab). Afrikai harcsa fajban végzett kísérletek eredményei szerint 5-36 órával az ovuláció előtt a petefészekbe juttatott spermiumok még megtartják termékenyítő-képességüket, de 48 óra elteltével a termékenyülési és kelési értékek már jelentős mértékben csökkennek (Müller és mtsai, 2020a). A vizsgálatok eredményei alapján nem volt megfigyelhető különbség a petefészek lebenyébe juttatott 2 ml, 1 ml és 0,5 ml sperma/testtömeg kg kezelések között elért termékenyítési és kelési eredményekben (Müller és mtsai, 2020a). A keltetőházi, *in vitro* termékenyítési gyakorlat szerint a kívánt sperma:víz:ikra tömegarány 1:10:100. A 0,5 ml sperma/testtömeg kg kezelés esetén, amikor a lefejt ikratömeget a testtömegre számoljuk, ez az arány 1:10:200, ami a termékenyülés valószínűségének szempontjából kedvezőbb aránynak tekinthető, mint az üzemi javaslat.

Afrikai harcsa és azonos rendbe (*Siluriformes*) tartozó dél-amerikai ezüstharcsa (*Rhamdia quelen*) fajokban a porított pontyhipofízist frissen fejt spermával keverték össze, majd ezt a keveréket juttatták fel az ikrások petefészek-lebenyébe. Mindkét faj esetében a szemínális plazma felszívódásával a gonadotrop hormon is átjutott a petefészek szisztémás keringésébe, és indukálta az oociták végső beérését 10-11 óra alatt. Ezen időszak alatt a spermiumsejtek nem károsodtak a petefészek körülmények közötti tárolás során, és vízaktivációt követően nagy hatékonysággal termékenyíteni tudták az ovulált ikraszemeket (termékenyülési arány: 41-94%), (Müller és mtsai, 2018b; Ittész és mtsai, 2020). Ennek a módszernek köszönhetően a hormonkezelést és a sperma bejuttatást egy időben, egy kezeléssel, nem invazív (szövetet nem sértő módon) lehet megoldani.

Afrikai harcsa indukált szaporítás módszerénél vizsgálták, hogy a hormon bejuttatási módszerek milyen mértékben hatnak a termékenyülési értékekre. Fiziológias sóoldatú (0,9% NaCl) kezelések között függetlenül az alkalmazott eljárástól (injektálás hasüregbe, vagy izom közé, petefészekmosás) nem volt szignifikáns hatása a különböző hormonbejuttatási módszereknek a termékenyülésre, míg a sperma vivőanyag és sperma inszeminált halak értékei statisztikailag igazolható módon elmaradtak a többi csoporttól. Fontos kihangsúlyozni, hogy ebben a kísérletsorozatban már nem pontyhipofízis szuszpenziót használtak az ovuláció kiváltására, hanem egy magyar készítményt [Ovopel pellet 20 µg emlős GnRH a-t (D Ala6, Pro9Net mGnRH) és 10 mg metaklopramidot (dopamin antagonistá vegyület) tartalmaz; Interfish Kft.] (Kucska és mtsai, 2022).

Egy hibridizációs kísérlet során az inszemináció módszerét alkalmazták a hagyományos ivatással kombinálva. A vundu (*Heterobranchus longifilis*) gyűjtött spermáját intramuszkuláris hormonkezelés mellett inszeminálták afrikai harcsa ikrásokba. Ezt követően a kezelt afrikai harcsa ikrásokat afrikai harcsa tejesekkel párosították. Az ívás után 28 napos nevelés után az utódok genotípusát morfológiai jegyek alapján vizsgálták. Az eredmények szerint a vizsgált utódok 98%-a hibrid volt, így az ívásban résztvevő afrikai harcsa tejesek mindössze 2%-ban járultak hozzá az utódgeneráció kialakításához. A modellkísérlet azt mutatta, hogy az inszemináció módszere segítséget nyújthat olyan esetekben, ahol a szülőfajok méretbeli vagy ívási viselkedésbeli különbségei miatt [például pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus*) × kék csatornaharcsa (*I. furcatus*) vagy sügéralakúak (Perciformes)] a hibrid előállítása ivatásos módszerrel nem vagy nehezen megvalósítható (Quyén és mtsai, 2022). Afrikai harcsa fajokban megfigyeltük, hogy szaporítás előtt az ikrások petefészek lebenyébe feljutatott sperma termékenyítette a spontán elszórt ikratételeket is (Müller és mtsai, 2018b).

4.2. Mélyhűtött sperma felhasználása afrikai harcsa esetében

A spermamélyhűtés módszere (2. táblázat) lehetővé teszi az értékes genetikai állomány rövid és hosszú távú tárolását különböző szelekciós programokhoz, a biodiverzitás növeléséhez, valamint indukált szaporítás esetén mellőzhetővé teheti az együttes ivar-szinkronizációt. A spermamélyhűtésnek gazdag irodalma van, és számos összefoglaló tanulmány foglalkozik a halsperma fagyasztásának történeti áttekintésével, fejlődésével és alkalmazási területeivel (Cabrita és mtsai, 2010; Asturiano és mtsai, 2017; Martínez-Páramo és mtsai, 2017; Betsy és mtsai, 2020).

Gyakorlati felhasználását korlátozza, hogy jelenleg a jellegéből adódóan valódi külső megtermékenyítésű halfajok esetében csak *in vitro* termékenyítési módszerrel lehet sikeresen használni. Ez a sajátosság az ivarsejtek mélyhűtésének fiziológiai jellegéből adódik. A spermiumok mélyhűtése során el kell kerülni az intracelluláris kristályképződést, amit fagyásvédő adalékokkal akadályoznak meg. A leggyakrabban alkalmazott védőanyagok, mint például a metanol vagy a DMSO, szobahőmérsékleten toxikusak (elősegítik a celluláris dehidratációt, destabilizálják a membránokat és fehérjéket), így a spermát felolvasztást követően rövid időn belül fel kell használni, valamint termékenyítést követően lehetőleg el kell távolítani a főlösleget (kihígítás). Amennyiben a felolvasztott spermamintákból (sperma, hígító és védőanyag elegye) ki lehetne vonni a toxikus védőanyagot, úgy

2. táblázat: Magyar vonatkozású sperma mélyhűtési munkák

Hormon (1)	Mód (2)	Vívóanyag (3)	Dózis/ttkg (4)	Víz hő (°C) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	Irodalom (9)	
GnRH	IP	0,65% NaCl oldat	2 golyó tejeseknél, 1 golyó ikrásoknál	28	12	100	kontroll	92	Urbányi és mtsai (1997)
							10% DMSO	szárász 82-82 nedves 83	
							10% DMA	szárász 85-92 nedves 92	
GnRHa + MET	IP	0,65% NaCl	10-15 mg + 2,5-3 mg	26	12	100	kontroll	96-98	Urbányi és mtsai (1999)
							glükóz	54-96	
							fruktóz	33-96	
mGnRHa+MET (Ovopel)	-	0,65% NaCl	1 pellet kg ⁻¹ (ikrás) 2 pellet kg ⁻¹ (tejes) (20 µg + 2,5-3 mg/pellet)	20-22	12	-	10% DMSO (szárász term., 200 µl sperma)	82,2 ± 6,9	Horváth és Urbányi (2000)
							10% DMA (szárász term., 200 µl sperma)	84,9 ± 3,0	
							10% DMSO (nedves term., 200 µl sper.)	84,3 ± 9,4	
							10% DMA (nedves term., 200 µl sperma)	86,8 ± 3,1	
							10% DMSO (szárász term., 100 µl sper.)	85,1 ± 4,2	
							10% DMA (szárász term., 100 µl sperma)	83,9 ± 8,4	
							kontroll (szárász term., 100 µl, sperma)	93,2 ± 2,1	
							10% DMSO (nedves term., 100 µl sper.)	86,7 ± 5,7	
							10% DMA (nedves term., 100 µl sperma)	83,3 ± 10,7	
mGnRHa+MET (Ovopel)	-	0,65% NaCl	1 pellet/ttkg	20-22	12	-	0,25 ml műszalma (metanol)	82,9 ± 15,2	Miskolczi és mtsai (2005)
							0,25 ml műszalma (DMSO)	77,9 ± 14,6	
							0,5 ml műszalma (metanol)	62 ± 10,8	
							0,5 ml műszalma (DMSO)	64,7 ± 11,6	
							1,2 ml műszalma (metanol)	81,7 ± 2,6	

Hormon (1)	Mód (2)	Vivőanyag (3)	Dózis/ittkg (4)	Víz hő (°C) (5)	Beérési idő (óra) (6)	Ovulációs ráta (%) (7)	Termékenyülési arány (%) (8)	Irodalom (9)
mGnRH _a +MET (Ovopel)	-	0,65% NaCl	1 pellet/ tt kg (20 µg + 2,5-3 mg/ pellet)	20-22	12	-	1,2 ml műszalma (DMSO) kontroll 72,3 ± 11,3 83,6 ± 12,3	Miskolczi és mtsai (2005)
PH		0,65% NaCl oldat	4 mg	26	12	100	24 h tárolás 20 mp aktiválási idő max.37 ± 9 max.72 ± 12	Kovács és mtsai (2010)
PH	IP	0,9% NaCl oldat	5 mg	25,3-25,4	10-11	100	kontroll ISZ mélyhűtött sperma ISZ mélyhűtött sperma + friss sperma 71 ± 14,4 23,5 ± 16,1 17,6 ± 13,7	Müller és mtsai (2019)

DMA = dimetil-amin (10); DMSO = dimetil-szulfoxid (11); GnRH = gonadotrop releasing hormone (12); mGnRH_a = emlős GnRH analóg (13); MET = metoklopramid (14); PH = pontyhipofízis kivonat (15); Ovopel = [18-20 µg (D-Ala6,Pro9NEt) mGnRH_a+10 µg MET (16); ISZ = inszeminált (17)

Table 2: Fish sperm cryopreservation results of Hungarian researchers

hormone (1); method (2); carrier material (3); dosage (4); water temperature (5); latency time (6); ovulation rate (7); fertility (8); literature (9); dimethylamine (10); dimethyl sulfoxide (11); gonadotropin-releasing hormone (12); mammalian GnRH analogue (13); metoclopramide (14); carp pituitary (15); 18-20 µg (D-Ala6,Pro9NEt) mGnRH_a+10 µg MET (16); inseminated (17)

lehetőség nyílna ívatásos módszer esetében is alkalmazni a módszert, megtartva a spermamélyhűtés előnyeit (génmegőrzés, nagy genetikai értékű hímek irányított keresztezése stb.). Müller és mtsai (2019) egy már meglévő protokoll alapján mélyhűtöttek afrikai harcsa spermát (Kovács és mtsai, 2010). Munkájuk során natív pontyspermából származó szeminális plazmával helyettesítették az afrikai harcsa sperma védőanyagokkal rendelkező szeminális plazmáját felolvasztást követően. Centrifugálást követően az Eppendorf-csövek alján összegyűlt sejtpogácsára helyezték a ponty fajból származó szeminális folyadékot, amelyet ezt követően afrikai harcsa ikrások petefészkebe injektáltak a hormonkezelésükkel egyidejűleg. A 10 órás beérési időt követően az ikrásokat lefejték. Minden injektált ikrás esetben sikerült termékenyülést kimutatni, a kelési értékek (18 %) elmaradtak a kontroll csoport értékeitől (61%). A bemutatott modellkísérlet képezheti a mélyhűtött spermával történő ívatásos kísérletek alapját.

Különböző hígító anyagokat vizsgáltak Urbányi és mtsai (1999) mélyhűtés alkalmazása során. A legjobb eredményt (kiolvasztás utáni 25 %-os motilitás) fruktóz oldathoz adott nátrium-hidrogénkarbonát puffer oldat használatával érték el. Egy korábbi vizsgálat afrikai harcsa spermával végzett termékenyülési eredményei bizonyították, hogy a 10% DMSO és a 10 % DMA krioprotektáns anyagok sikeresen alkalmazhatóak mélyhűtés esetében (Urbányi és mtsai, 1997; Horváth és Urbányi, 2000). Miskolczi és mtsai (2005) bizonyították kísérletükben, hogy a mélyhűtött spermából származó utódok haploiditása a krioprezerváció során alakult ki. A kísérletükben fejlődött torz lárvák számában és a kromoszóma szám alapján értékelt ploiditás szintek között nem volt összefüggés. Emellett a triploid és tetraploid egyedek megtalálhatóak voltak mind a mélyhűtött és friss spermából származó utódokban, ami azt mutatja, hogy ezeknél az utódoknál nem a krioprezerváció során változott meg a ploiditás szint. Afrikai harcsa mélyhűtött sperma termékenyítő-, és életképességét vizsgálták 4 °C-on történő felengedés utáni tárolás és vízaktiváció alkalmazását követően Kovács és mtsai (2010). A 24-26 órán át tárolt spermaminták termékenyítő képessége bizonyult a legjobbnak. A 20 másodpercig tartó vízaktiváció adta a legjobb termékenyülési értéket, azonban a 120 másodpercig tartó vízaktiváció után is volt termékenyülés, de alacsony arányban. Magyary és mtsai (1996) alkalmaztak először afrikai harcsa (*C. gariepinus*) fajt hal petesejt és embrió hűtés vizsgálata során, amiben kimutatták, hogy a mélyhűtésben használt petesejtek áteresztőképessége nagyobb a különböző krioprotektáns anyagokkal szemben, mint a termékenyült ikrák áteresztőképessége.

5. Köszönetnyilvánítás

A dolgozatban bemutatott munkát a következő pályázati munkák támogatták: NKFI Alap (NKFI_K_135824), 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) és MATE (POC-2024-09). A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/M, EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alpból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

6. Felhasznált irodalom

- Akpadja, C. R. – Szabó, T. – Radics, F. – Barth, T. – Horváth, L. (1996): Különböző GnRH-vegyületek hatása az afrikai harcsa, *Clarias gariepinus* (Burchell) ovulációjára és a lefejt ikra minőségére. Halászat, 89. 169–172.
- Asturiano, J. F. – Cabrera, E. – Horváth, Á. (2017): Progress, challenges and perspectives on fish gamete cryopreservation: a mini-review. Gen. Comp. Endocrinol., 245. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.06.019>
- Betsy, J. – Kumar, S. (2020): Cryopreservation of fish gametes. Springer, Singapore, 135–149. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7>
- Brzuska, E. R. – Ráczkevi, J. – Adamek, J. – Radics, F. (1999): Különböző hormonkezelések hatásának előzetes vizsgálata az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* (Burchell)) ovulációjára, a termékenyülésre, illetve az embriók és a lárvák életképességére. Halászat, 92. 88–92.
- Cabrera, E. – Sarasquete, C. – Martínez-Páramo, S. – Robles, V. – Beirão, J. – Pérez-Cerezales, S. – Herráez, M. P. (2010): Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. J. Appl. Ichthyol., 26. 623–635. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01556.x>
- FAO (2018): The State of the World Fisheries and Aquaculture. FAO (Food and Agriculture Organisation), Rome.
- FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO (Food and Agriculture Organisation), Rome.
- Gazsi, Gy. – Butts, I. A. – Zadmajid, V. – Ivánovics, B. – Ruffili, L. – Urbányi, B. – Csenki, Zs. – Müller, T. (2021b): Ovarian inseminated sperm impacts spawning success in zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton, 1822) even in the absence of a male stimulus. Theriogenology, 172. 315–321. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.07.012>
- Gazsi, Gy. – Ivánovics, B. – Berta, I. – Szabó, T. – Zarski, D. – Kucska, B. – Urbányi, B. – Horváth, L. – Müller, F. – Müller, T. (2021a): Artificial sperm insemination in external fertilised fish as a novel tool for ex situ and in situ conservation of valuable populations. Endanger. Species Res., 45. 169–179. <https://doi.org/10.3354/esr01124>
- Gjedrem, T., – Rye, M. (2018): Selection response in fish and shellfish: a review. Rev. Aquacult., 10. 168–179. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12154>
- Horváth, Á. – Páramo, S. M. – Kovács, Á. I. – Urbányi, B. – Paz, H. (2010): Effect of ovarian fluid on the motility of fresh and cryopreserved sperm of the common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus). Állattani Közlemények, 95. 1. 25–33.
- Horváth, Á. – Urbányi, B. (2000): The effect of cryoprotectants on the motility and fertilizing capacity of cryopreserved African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) sperm. Aquac. Res., 31. 317–324. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00444.x>
- Horváth, L. – Magyary, I. (2007): A haszonhalak szaporítása. In: Hancz, Cs. (szerk.): Haltenyésztés (egyetemi jegyzet). Kaposvári Egyetem, Kaposvár, 80–113.
- Horváth, L. – Szabó, T. – Burke, J. (1997): Hatchery testing of GnRH analogue-containing pellets on ovulation four cyprinid species. Polish Arch. Hydrobiol., 44. 219–224.
- Horváth, L. – Tamás, G. – Coche, A. G. – Kovács, E. – Moth-Poulsen, T. – Woynárovich, A. (2015): Training manual on the artificial propagation of carps. A handout for on-farm training workshops on artificial propagation of common carp and Chinese major carps in Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. Second revised edition. Budapest, FAO REU. 31.
- Horváth, L. – Tamás, G. – Coche, A. G. (1985a): Common carp, part 1: mass production of eggs and early fry. FAO Training Series No. 8. FAO, Rome
- Horváth, L. – Tamás, G. – Coche, A. G. (1985b): Common carp 2: Mass production of advanced fry and fingerlings in ponds. FAO Training Series. No. 9. FAO, Rome
- Horváth, L. – Tamás, G. – Tölg, I. (1984): Special method in pond fish husbandry. Akadémia Kiadó, Budapest; Halver Corporation, Seattle, 147.

- Horváth, L. – Urbányi, B. (2000): A haltenyésztés története, hazai történet. In: Horváth, L. (szerk.): Halbiológia és Haltenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 218–222.
- Ittész, I. – Kronbauer, E. C. – Szabó, T. – Horváth, L. – Urbányi, B. – Müller, T. (2020): Propagation of jundia *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae) by applying the ovarian sperm injection method. *Aquac. Rep.*, 16. 100275. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100275>
- Jaczó, I. (1953): Kísérletek a kecsege mesterséges szaporítására a Dunán. *Hidrológiai közlöny*, 3–4. 149–152.
- Jaczó, I. (1955): A pontyok hipofizálása. *Halászat*, 2. 126–127.
- Kiss, G. (2024): Lehalászás jelentés 2007-2023. *Agrárközgazdasági Intézet*, 29. 1.
- Kitanović, N. – Marinović, Z. – Quayén, N. N. – Kovács, B. – Müller, T. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2024): *In vitro* maturation of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) oocytes results in viable larvae. *Aquaculture*, 583. 740617. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740617>
- Kotrik, L. – Hetyey, Cs. – Hegyi, Á. – Gál, J. – Urbányi, B. – Lefler, K. K. (2008): Az ultrahangvizsgálat az afrikai harcsa ivari működésének jellemzésében. *Magy. Állatorv. L.*, 130. 475–480.
- Kovács, É. – Müller, T. – Márián, T. – Krasznai, B. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2010): Quality of cryopreserved African catfish sperm following post-thaw storage. *J. Appl. Ichthyol.*, 26. 737–741. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01561.x>
- Kucska, B. – Quyen, N. N. – Szabó, T. – Gebremichael, A. – Alebachew, G. W. – Bógó, B. – Horváth, L. – Csorbai, B. – Urbányi, B. – Kucharczyk, D. – Keszte, Sz. – Müller, T. (2022): The effects of different hormone administration methods on propagation successes in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquac. Rep.*, 26. 101311. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101311>
- Lind, C. E., – Ponzoni, R. W., – Nguyen, N. H., – Khaw, H. L. (2012): Selective breeding in fish and conservation of genetic resources for aquaculture. *Reprod. Domest. Anim.*, 47. 255–263. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02084.x>
- Magyary, I. – Dinnyés, A. – Várkonyi, E. – Szabó, R. – Váradi, L. (1996): Cryopreservation of fish embryos and embryonic cells, *Aquaculture*, 137. 103–108.
- Martínez-Páramo, S. – Horváth, Á. – Labbé, C. – Zhang, T. – Robles, V. – Herráez, P. – Suquet, M. – Adams, S. – Viveiros, A. – Tiersch, T. R. – Cabrita, E. (2017): Cryobanking of aquatic species. *Aquaculture*, 472. 156–177. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00251>
- Mehar, M. – Mekki, W. – McDougall, C. – Benzie, J. A. H. (2019): Fish trait preferences: a review of existing knowledge and implications for breeding programmes. *Rev. Aquacult.*, 1–24. <https://doi.org/10.1111/raq.12382>
- Miskolczi, E. – Mihálffy, S. – Várkonyi, E. P. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2005): Examination of larval malformations in African catfish *Clarias gariepinus* following fertilization with cryopreserved sperm. *Aquaculture*, 247. 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.043>
- Müller, F. – Ivics, Z. – Erdélyi, F. – Papp, T. – Váradi, L. – Horváth, L. – Maclean, N. – Orbán, L. (1992): Introducing foreign genes into fish eggs with electroporated sperm as a carrier. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.*, 1. 276–281.
- Müller, T. – Ács, E., – Beliczky, G. – Makk, J. – Földi, A. – Kucska, B. – Horváth, L. – Ittész, A. – Hegyi, A. – Szabó, T. – Urbányi, B. – Quayén, N. N. – Orbán, L. – Havasi, M. (2020a): New observations about the fertilisation capacity and latency time of sperm inseminated into the ovary of African catfish (*Clarias gariepinus*), an oviparous model fish. *Aquaculture*, 522. 735109. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735109>
- Müller, T. – Horváth, Á. – Takahashi, E. – Kolics, B. – Bakos, K. – Decsi, K. – Kovács, B. – Taller, J. – Urbányi, B. – Bercsényi, M. – Horváth, L. – Adachi, S. – Arai, K. – Yamaha, E. (2012): Artificial hybridization of Japanese and European eel (*Anguilla japonica* × *A. anguilla*) by using cryopreserved sperm from freshwater reared males. *Aquaculture*, 350. 130–133. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.007>

- Müller, T. – Horváth, L. – Szabó, T. – Ittész, I. – Bognár, A. – Faidt, P. – Ittész, Á. – Urbányi, B. – Kucska, B. (2018a): Novel method for induced propagation of fish: sperm injection in oviducts and ovary / ovarian lavage with sperm. *Aquaculture*, 482. 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.025>
- Müller, T. – Kucska, B. – Horváth, L. – Ittész, Á. – Urbányi, B. – Blake, C. – Gutí, Cs. – Csorbai, B. – Kovács, B. – Szabó, T. (2018b): Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. *Aquaculture*, 485. 197–200. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.051>
- Müller, T. – Kucska, B. – Szabó, T. – Horváth, L. – Horváth, Á., – Ittész, I. – Havasi, M. – Urbányi, B. (2020c): A magyar halszaporítás technológiai kutatások sarokkövei és egy új indukált szaporítási mód bemutatása. *Állatteny. Tak.*, 69. 305–316.
- Müller, T. – Szabó, T. – Kollár, T. – Csorbai, B. – Marinović, Z. – Horváth, L. – Kucska, B. – Bodnár, Á. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2019): Artificial insemination of African catfish (*Clarias gariepinus*) using cryopreserved sperm. *Theriogenology*, 123. 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.034>
- Müller, T. – Urbányi, B. – Horváth, L. (2020b): Áttekintés az indukált halszaporításban alkalmazott hormonbejuttatási módszerekről. *Halászat*, 113. 69–76.
- Müller, T. (2022): Keltetőházi halszaporítási gyakorlattól eltérő új-és újszerű módszertani eljárások. Doktori Értekezés, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem.
- Nguyen, Q. – Pataki, B. – Nevena, K. – Horváth, Á. – Havasi, M. – Keszte, Sz., – Urbányi, B. – Hartmut, G., – Müller, T. (2020): Kísérletek az afrikai harcsa természetes ivási viselkedésének részletes feltárására. *Halászatfejlesztés*, 37. 53–54.
- Péteri, A. – Horváth, L. – Radics, F. – Pupánné, B. F. (1989): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése. *Halászat*, 82. 86–91.
- Péteri, A. – Moth-Poulsen, T. – Kovács, É. – Tóth, I. – Woynárovich, A. (2015): African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones. A manual. FAO, Budapest.
- Quyén, N. N. – Alebachew, G. W. – Kucska, B. – Kovács, G. – Halasi-Kovács, B. – Ferincz, Á. – Staszny, Á. – Horváth, L. – Urbányi, B. – Müller, T. (2022): Model experiment for practical application of inseminated sperm method for production of interspecific hybrids (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*). *Aquac. Rep.*, 27. 101418. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101418>
- Quyén, N. N. – Varga, Á. – Tãm, N. T. – Horváth, J. – Urbányi, B. – Müller, T. (2023): Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) indukált szaporítása alternatív hormonkezeléssel (előzetes eredmények). *Halászatfejlesztés*, 38. 157–160.
- Radics, F. – Kovács, Gy. – Kepenyés, J. (1994): Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése Magyarországon. *Halászatfejlesztés*, 17. 69–73.
- Radics, F. (1990): Az afrikai harcsa szaporításának és nevelésének hazai tapasztalatai. *Halászat*, 83. 125–128.
- Rónyai, A. – Kakuk, Cs. – Kondacs, J. (2008): Egy újabb szintetikus gonadotrop-releasing hormon, a Gonazon alkalmazhatósága a ponty (*Cyprinus carpio* L.) és az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell) szaporításában. *Halászat*, 101. 78–82.
- Sneed, K. E. – Clemens, H. P. (1959): The use of human chorionic gonadotrophin to spawn warm-water fishes. *Prog. Fish. Cult.*, 21. 117–120.
- Szabó, T. – Erdei, B. – Urbányi, B. (2010): Delayed *in vitro* fertilization of African catfish (*Clarias gariepinus*) and common carp (*Cyprinus carpio*) eggs in ovarian fluid of African catfish and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *J. Appl. Ichthyol.*, 26. 823–825. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01559.x>
- Szabó, T. – Radics, F. – Barth, T. – Horváth, L. (2007): *In vivo* activity of native GnRHs and their analogues on ovulation in the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Aquacult. Res.*, 38. 140–146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01634.x>

- Szabó, T. – Radics, F. – Borsos, Á. – Fodor, B. – Müller, T. – Urbányi, B. – Horváth, L. (2023): Evaluation of the efficacy of acetone-dried common carp pituitary during induced breeding of African catfish (*Clarias gariepinus*) after an extremely long-term storage. *Aquac. Rep.*, 33. 101762. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101762>
- Urbányi, B. – Horváth, Á. – Varga, Z. – Horváth, L. – Magyary, I. – Radics, F. (1999): Effect of extenders on sperm cryopreservation of African catfish. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquacult. Res.*, 30. 145–151. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00313.x>
- Urbányi, B. – Horváth, Á. – Varga, Zs. – Magyary, I. – Horváth, I. (1997): Kísérletek az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) spermájának mélyhűtésére. *Halászatfejlesztés*, 20. 39–48.
- Váradí, L. – Hegyi, Á. – Szentés, K. (2002): A lesőharcsa és az afrikai harcsa sikeres hibridizációja. *Halászatfejlesztés*, 27. 116–126.
- Woynárovich, E. (1954): A ponty mesterséges szaporítása. *Magyar Tudományos Akadémia Agrár-tudományi Osztályának Közleményei*, 3. 227–242.
- Woynárovich, E. (1994): A gonadotrop releasing hormon analógok (GtRH/A) gyakorlati alkalmazása a haltenyésztésben. *Halászat*, 4. 152–155.
- Woynárovich, E. (1999): Hogyan került az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) Magyarországra? *Halászat*, 89. 30.
- Zeifman, L. – Hertog, S. – Kantorova, V. – Wilmoth, J. (2022): A World of 8 Billion; Policy Brief No140; UN DESA: New York City, NY, USA

Érkezett: 2024. május

Szerzők címe: Varga, Á.* – Tóth, A. – Nyabuto Ngoge, K. – Horváth, J.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus,
Természetesvízi Halökológiai Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus,
Department of Freshwater Fish Ecology
H-2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
*levelező szerző, e-mail: varga.adam@uni-mate.hu

A magyarországi angus állományok populáció genetikai vizsgálata, értékmérő tulajdonságaik elemzése

Examination of population genetic and genomic aspects of different traits in Angus herds

MÁRTON Judit – SZABÓ Ferenc – ZSOLNAI Attila – ANTON István

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők célja a magyarországi angus szarvasmarha populáció genetikai szerkezetének és jellemzőinek vizsgálata volt. A Magyar Hereford Angus Galloway Tenyésztők Egyesülete (MHAGTE) adatbázisa alapján 16 magyarországi angus törzstenyészetből származó 1369 egyed genetikai paramétereit elemezték 12 mikroszatellit marker genotipizálási eredményeinek felhasználásával. A 12 vizsgált lókuszban megfigyelt allélszámok 11 és 18 között változtak. Az átlagos effektív allélszám $N_e = 3,201$, az átlagos várható heterozigotitás $H_e = 0,659$, az átlagos megfigyelt heterozigotitás $H_o = 0,710$. A 16 törzstenyészetet az elemzés alapján 4 genetikailag különböző csoportba sorolták.

A vizsgált tulajdonságokban rendelkezésre álló termelési adatok: születési súly, első elléskori életnap, a megszületett borjak száma, a hasznos élettartam adatainak összehasonlítása a kapott csoportok között szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) mutatott. Az eredmények segíthetik új tenyésztési stratégiák kidolgozását. A genomikai szelekció hatékony alkalmazásával javíthatók a szaporasági, húsmínőségi és egyéb gazdasági szempontból fontos tulajdonságok, amelyek elősegítik a termelés fenntarthatóságát és növelik az ágazat jövedelmezőségét. A genetikai csoportok és további gazdaságilag fontos tulajdonságok közötti összefüggések további vizsgálata hozzájárulhat a fajta hosszú távú genetikai diverzitásának megőrzéséhez, valamint a gazdasági teljesítmény további javításához.

Kulcsszavak: angus, értékmérő tulajdonságok, genomika, populáció, genetica, mikroszatellit

SUMMARY

Objective: The aim of this study was to investigate the genetic structure and different traits of the Angus cattle population in Hungary.

Methods: Genetic parameters of 1369 animals from 16 Angus herds were analysed using the genotyping results of 12 microsatellite markers with the aid of PowerMarker, Genalex, GDA-NT2021, and STRUCTURE software. Genotyping of DNA was performed using an automated genetic analyzer. Based on pairwise identity by state values of animals, the Python networkx 2.3 library was used for network analysis of the breed and to identify the central animals.

Results: The observed numbers of alleles on the 12 loci under investigation ranged from 11 to 18. The average effective number of alleles was 3.201. The overall expected heterozygosity was 0.659 and the observed heterozygosity was 0.710. Four groups were detected among the 16 Angus herds. The breeders' information validated the grouping results and facilitated the comparison of birth weight, age at first calving, number of calves born and productive lifespan data between the four groups, revealing significant differences. We identified the central animals/herd of the Angus population in Hungary. The match of our group descriptions with the phenotypic data provided by the breeders further underscores the value of cooperation between breeders and researchers.

Conclusions: Thus, that significant differences were found in the measured traits occurred among the identified groups paves the way to further enhancement of breeding efficiency. The findings in this study have the potential to aid the development of new breeding strategies and help breeders keep the Angus populations in Hungary under genetic supervision.

Keywords: Angus, traits, genomic, population genetic, microsatellites

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az angus az egyik legrégebbi - és valószínűleg a legikonikusabb - húsmarhafajta a világon, mely az Északkelet-skóciai Aberdeenshire és Angus megyékből származik. Az első írásos utalást az Angusban található szarvatlan húsmarhára 1797-ben *James Playfair* tiszteletes tette a Bendochy plébánia régi statisztikai számadásában. A Watson tenyészetéből származó, az Angus Törzskönyvbe elsőként bejegyzett törzsalapító Old Grannie tehén 1824-1859 között 35 év 6 hónapot élt, 25 borjút ellett, melyből 11 került a törzskönyvbe. 29 éves koráig fertilis volt. (*Macdonald és Sinclair, 1910*).

A fajta történetében fontos eseménynek számított 1862-ben a törzskönyv elindítása. 1879-ben *Sir George Macpherson Grant* létrehozta a Szarvatlan Szarvasmarhák Egyesületét, amely a mai Aberdeen Angus Egyesület elődje, ő használta először az aberdeen angus nevet a fajtára (*Macdonald és Sinclair, 1910*).

A 19. században a fajta gyorsan elterjedt az Egyesült Királyság egész területén, és más országokban, mint például az Amerikai Egyesült Államok, Argentína, Ausztrália, Brazília, Kanada, vagy Uruguay. A fenntartható termeléshez szükséges kulcsfontosságú szaporasági tulajdonságai, kiváló húsminősége, márványozott húsa, közepes testméretei miatt jelenleg az egyik legnépszerűbb fajta világszerte. A regisztrált angus szarvasmarhák száma évről évre dinamikusan növekszik. A British Cattle Movement Service (*BCMS, 2023*) adatai alapján 2021-ben az angus lett Nagy-Britannia legnépszerűbb szarvasmarha fajtája volt.

1862-ben Skóciában az első kiadott törzskönyvbe regisztrálták a fekete és a vörös egyedeket is. Ma is ezt a gyakorlatot alkalmazzák a világ fő húsmarhatermelő régióiban, az USA-t kivéve, ahol külön fajtaként tartják nyilván a fekete és vörös egyedeket. 1954-ben alapították meg a Red Angus Association of America szövetséget. *Kuehn (2010)* vizsgálata alapján a fekete és a vörös angus a genetikai távolságuk alapján szoros rokonfajtának tekinthetők, közöttük viszonylag új keletű genetikai eltérés tapasztalható.

A melanocita-stimuláló hormon receptor kulcsfontosságú a szarvasmarhák színének meghatározásában. A gén domináns E^D alléljának egy polimorfizmusa felelős a fekete színért, míg a homozigóta e/e állapotoknál egy kereteltódásos mutáció vörös színt eredményez (*Klungland és mtsai, 1995*).

A közelmúltban végzett kutatások az egészségügyi problémák alacsonyabb arányát, kisebb elhullást, nagyobb testtömeg-gyarapodást és rövidebb hízalási időt állapítottak meg az aberdeen angus esetében (*Laudert, 2010*). *Wolfger és mtsai (2016)* a fekete és vörös angus szarvasmarhák táplálkozását tanulmányozva megfigyelték, hogy a fekete egyedek takarmányfelvétele nagyobb volt, mint a vöröseké, ami nagyobb testsúlygyarapodáshoz vezetett. Korábbi kutatások rámutattak, hogy az aberdeen angus húsmarhák esetében jobb a súlygyarapodás, a takarmányhasznosítás és a hasított test minősége, mint a vörös fajtatársaiknál, amit egy speciális melanokortin 1 receptor genotípussal hoztak összefüggésbe (*McLean és Schmutz, 2009*). Kilenc húsmarhafajta (magyar tarka, hereford, aberdeen és vörös angus, lincoln red, limousin, charolais, blonde d'Aquitaine és shaver) reprodukciós teljesítményét összehasonlítva *Bene és mtsai (2013)* megállapították, hogy az egy tehénre, valamint a 100 kg tehén élősúlyra vetített

205-napos borjú súly tekintetében a legjobb eredményt a vörös angus (143,9 kg, 23,9 kg/100kg) tehének érték el.

Lozada-Soto és mtsai (2021) megvizsgálták a genomikai szelekció hatásait az amerikai angus szarvasmarhák genetikai sokféleségére. A kutatók jelentős beltenyésztési depresszió hatásait találták a gazdaságilag fontos növekedési tulajdonság esetében.

Karamfilov (2022) temperamentum vizsgálatának eredményei arra utalnak, hogy az angus tehének 4 éves koruk után kezelhetőbbek, a betegségekkel szemben ellenállóbbak, stabilabb immunrendszerrel rendelkeznek, alacsonyabbak a kezelési- és állategészségügyi költségeik (*Hine és mtsai*, 2019).

Magyarországra először kísérleti jelleggel, 1955-ben importáltak angliai angus szaporítóanyagot. Ennek célja különböző keresztezési programok kidolgozása volt (*Horn és mtsai*, 1959). Később az 1970-es évek elején importáltak a fajta vörös színváltozatából, mely állomány felszámolásra került. A jelenlegi törzsállományok ősei 1980-ban 60 aberdeen angus vemhesűző angliai importjával és ugyanabban az évben 300 amerikai vörös angus szaporítóanyag behozatalával kerültek be. 1994-ben kanadai vörös angus embrió és szaporítóanyag, valamint német vörös angus importtal újabb törzsalapítások történtek.

Az Magyar Hereford, Angus, Galloway Tenyésztők Egyesülete (MHAGTE) 1998-ban alakult és azóta is folyamatosan végzi tenyésztési, törzskönyvezési tevékenységét, dolgozik a fajta kiváló genetikai tulajdonságainak megőrzésén, a népszerűsítésén.

A marker asszisztált szelekciót (MAS) a magyar kutatók 1996 óta használják molekuláris eszközként a szarvasmarhatenyésztésben (*Zsolnai és Fésűs*, 1996). A 2000-es években Magyarországon számos vizsgálatot végeztek angus bikákon a diacilglicerín-aciltranszferáz 1, a tiroglobulin és a leptin lokuszok hús márványosodására gyakorolt hatásának vizsgálatára. A longissimus dorsi és a semitendinosus izomzat zsírszázalék értékeit illetően minden esetben szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) figyeltek meg a genotípusok között (*Anton és mtsai*, 2008, 2011).

A mikroszatellit markereket széles körben használják a populációgenetikában, a konzerválási genetikában és a származás azonosításában (*Amigues és mtsai*, 2011; *Szűcs és mtsai*, 2019; *Bhargava és mtsai*, 2010; *Guichoux és mtsai*, 2011). Az elmúlt években számos genetikai elemzést végeztek szarvasmarha populációkban mikroszatellit markerek alapján (*Szűcs és mtsai*, 2019; *Mahgoub és mtsai*, 2013; *Zsolnai és mtsai*, 2014). A magyarországi angus szarvasmarha populáció genetikai szerkezetének és jellemzőinek felépítésével kapcsolatban eddig még nem készültek vizsgálatok.

A jelen tanulmány és a további vizsgálatok lehetővé tennék, hogy a tenyésztők elegendő információval rendelkezzenek a fajta genetikai diverzitásának megőrzéséhez és védelméhez, valamint az MHAGTE a tenyésztési program összeállításához.

2. Anyag és módszer

A populációgenetikai vizsgálatban 16 magyarországi állományból származó 1369 angus szarvasmarha mintáit vizsgáltunk (1. táblázat). Az értékeléshez a MHAGTE adatbázisát használtuk.

A genotípusok azonosításához 12 mikroszatellit markert vizsgáltunk: BM1824, BM2113, ETH3, ETH10, ETH225, INRA023, TGLA122, MGTSM1G26, BGTSM1G26, MGTSM1G26, MGTSM1G26, MGTSM1G28 az ABI 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) automatizált eszköz segítségével.

A fent említett mikroszatellit markereket a Nemzetközi Állatgenetikai Társaság (ISAG) ajánlja származásellenőrzési vizsgálatokhoz, az akkreditált nemzetközi laboratóriumi eredmények összehasonlíthatóságához. A vérminták gyűjtése szerves részét képezte a tenyésztők által rendszeresen végzett származásellenőrzési vizsgálatoknak. A polimeráz láncreakciót (PCR) és a fragmentumhossz-meghatározást a Szűcs és mtsai (2019) által is alkalmazott módszer szerint végeztük, azzal az eltéréssel, hogy a rutinszerű mintavétel minden esetben a faroktöből történt.

1. táblázat:

A vizsgált angus populációk effektív allélszámai (N_e) megfigyelt és várható heterozigotizásai (H_o , H_e), beltenyésztettségi együtthatói (F_{is})

Pop kód (1)	N (2)	N_e (3)	H_o (4)	H_e (5)	F_{is} (6)
A	97	3,149	0,678	0,656	-0,031
B	24	3,239	0,809	0,671	-0,210
C	278	3,276	0,660	0,657	-0,004
D	46	3,356	0,668	0,684	0,023
E	132	3,588	0,742	0,711	-0,046
F	57	3,191	0,683	0,657	-0,044
G	29	3,253	0,695	0,671	-0,030
H	207	2,981	0,685	0,642	-0,068
I	95	3,337	0,739	0,689	-0,071
J	79	3,343	0,743	0,678	-0,100
K	213	3,614	0,746	0,708	-0,051
L	18	2,949	0,690	0,627	-0,095
M	20	2,569	0,600	0,531	-0,133
N	35	3,023	0,726	0,634	-0,140
O	18	3,198	0,759	0,670	-0,135
P	21	3,152	0,738	0,656	-0,129
á	1369	3,201	0,710	0,659	-0,079

Pop kód = vizsgált állomány populációs kódja (1); N = állatok száma (2); N_e = effektív allélszám (3); H_o = megfigyelt heterozigotizás (4); H_e = várható heterozigotizás (5); F_{is} = beltenyésztettségi együttható (6)

Table 1: Population codes (Pop code), number of animals (N), effective number of alleles (N_e), observed (H_o), and expected (H_e) heterozygosity values, and inbreeding coefficients (F_{is}) of the investigated herds

Pop code = Population code (1); N = number of animals (2); N_e = effective number of alleles (3); H_o = observed heterozygosity values (4); H_e = expected heterozygosity values (5); F_{is} = inbreeding coefficients (6)

Az MHAGTE adatbázisa alapján 4082 tehén termelési adatait elemeztük. A 16 magyarországi angus tenyészet esetében genetikailag meghatározott négy csoportot különítettünk el (*Hubisz és mtsai, 2009; Evanno és mtsai, 2005; Earl és von Holdt, 2012*): kék (A-C-M), zöld (B-D-E-G-H-I), piros (F-J-L-N-O-P) és sárga (K)

Az effektív allélszám (N_e), a megfigyelt (H_o) és várható heterozigotitás (H_e), a beltenyésztettség együtthatója (F_{is}) és a főkomponens analízis (PCA) kiszámítását a GenAlEx (*Peakall és mtsai, 2006*) programmal végeztük. A dendrogramot a távolság alapú neighbour-joining módszerrel, a MEGA (*Tamura és mtsai, 2021*) szoftverrel készítettük el.

Az IBS (Identity By State, hasonlósági érték) értéket bármely két egyed között a következőképpen számítottuk ki:

$$IBS = M_2 + 0,5 \times \frac{M_1}{N_m}$$

(ahol: M_2 = azon markerek száma, amelyek két allélt osztnak; M_1 = azon markerek száma, amelyek egy allélt osztnak; N_m = a markerek száma)

A köztes centralitást python networkx 2.3 szoftverrel elemeztük, a genetikai hasonlósági hálót a networkx 2.3 és matplotlib 3.1.1 könyvtárak segítségével jelenítettük meg és írtuk le. Egy adott állat/csomópont közötti köztes centralitása = $\sum_{s=v-t}^v \sigma_{st}(v)/\sigma_{st}$ (ahol „v a csomópontok száma; σ_{st} az s csomóponttól induló legrövidebb utak száma; t csomóponthoz és $\sigma_{st|v}$ azon utaknak a száma, amelyek áthaladnak a v csomóponton).

Az egyedek genetikai hálójának jobb megjelenítéséhez az IBS értékek alapján és a közötti köztes centralitás szempontjából csökkentettük a látható élek /kapcsolatok/ IBS értékek és csomópontok/állatok számát.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgált 12 lókuszban megfigyelt allélszámok 11 és 18 között változtak. Az átlagos effektív allélszám $N_e = 3,201$ volt. A megfigyelt heterozigotitás $H_o = 0,710$, a teljes várható heterozigotitás $H_e = 0,659$ (lásd 1. táblázat).

A brit angus állományokban 12 vizsgált mikroszatellittel a $H_o = 0,428$ (*Machugh és mtsai, 1994*), míg 30 mikroszatellittel $H_o = 0,61$ (*Wiener és mtsai, 2004*) értéket adott. 30 oroszországi angus szarvasmarha esetén 11 elemzett mikroszatellittel a $H_o = 0,665$ volt (*Alsaih és mtsai, 2021*). *Carruthers és mtsai (2011)* munkájában 164 kanadai angus és 22 mikroszatellit esetén a $H_o = 0,63$ értéket mutatott. *Moreno-Sierra és mtsai (2020)* a régi és az új típusú kolumbiai angus esetén $H_o = 0,734$ és $H_o = 0,707$ értékeket tapasztaltak. *Montoya és mtsai (2010)* vizsgálatában 10 vizsgált mikroszatellittel 61 kolumbiai angus esetén a $H_o = 0,6$ volt.

A vizsgált gazdaságokban a megfigyelt heterozigotitás $H_o = 0,6$ (M állomány) és $H_o = 0,809$ (B állomány) között változott, ami hasonló a fent közölt szakirodalomban talált értékekhez. Az E, I, J, K, O és P gazdaságok állományainak megfigyelt heterozigotitás értékei meghaladták a kolumbiai angus szarvasmarhák H_o értékét.

Az összes állományban a D tenyészet kivételével a vártnál több heterozigóta állatot találtunk. Hat populáció (B-J-M-N-O-P) beltenyésztettség együtthatója $F_{is} \leq 0,1$, a B populáció értéke $F_{is} < 0,2$. Az állományok vizsgálatakor a B állomány

2. ábra: A 16 angus állomány legvalószínűbb klaszterszámának (K) meghatározása ΔK megközelítéssel Structure $\ln P(D)$ értékeken. A legmagasabb ΔK érték K = 4-nél van.

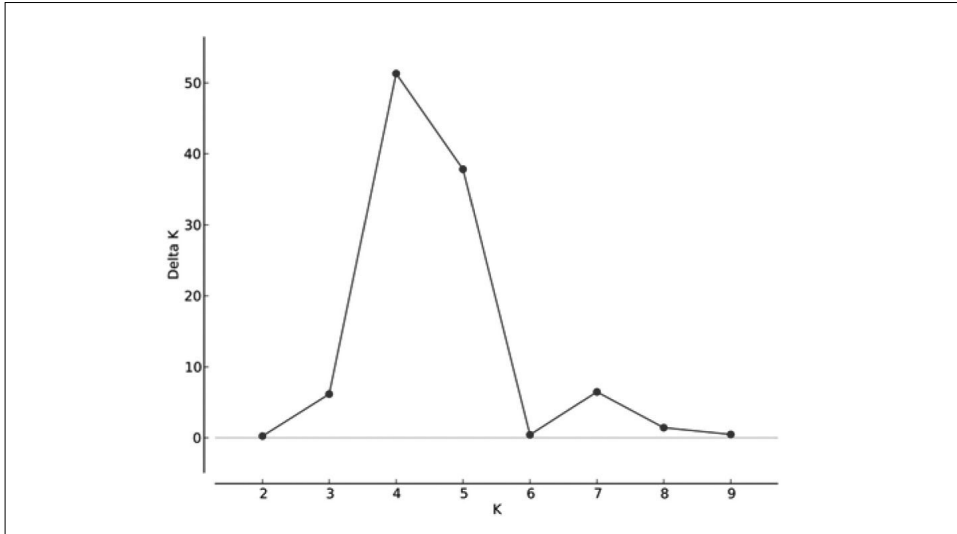
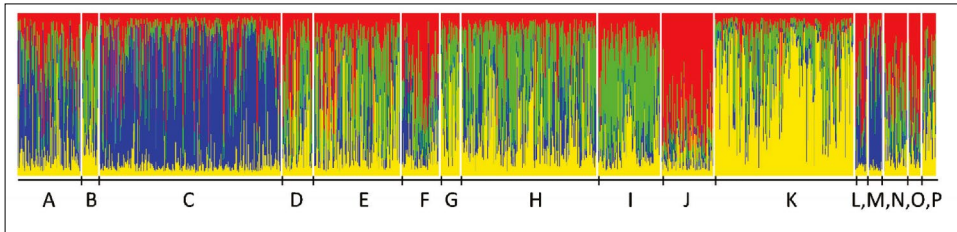


Figure 2: Determination of the most probable cluster number (K) of 16 Angus herds using ΔK approach on Structure $\ln P(D)$ values. The highest ΔK value is at K = 4

rendelkezett a legmagasabb heterozigóta értékkel, a D állományban ennél kisebb mértékű beltenyészettséget állapítottunk meg.

A Structure szoftver alapján a legvalószínűbb klaszterszám négy (2. ábra). K = 4 esetén a 16 magyarországi angus tenyészetből genetikailag meghatározott négy csoport a következő: kék: B (A-C-M), zöld: G (B-D-E-G-H-I), piros: R (F-J-L-N-O-P), illetve sárga: Y (K) (3. ábra).

3. ábra: Az állományok szerkezeti ábrázolása A-tól P-ig K= 4-nél



Az állatokat függőleges vonalak, a beazonosított csoportok arányait különböző színek ábrázolják. Azok az állományok, ahol a kék szín dominál: ACM. A vörös nagy részét az F-J-L-N-O-P populációk adják. A zöld színt: a B-D-E-G-H-I határozza meg. Sárga túlréprezentáltsága a K állományban. (1)

Figure 3: Structure plot of the herds from A to P at K= 4

Animals are represented by vertical lines, and their ratios from the identified groups are represented by different colors. Herds where the blue color is dominant, are A-C-M. The high portion of red is given by populations F-J-L-N-O-P, and prevailing green defines B-D-E-G-H-I. Yellow overrepresentation is found in herd K. (1)

4. ábra: A főkomponens analízis eredménye

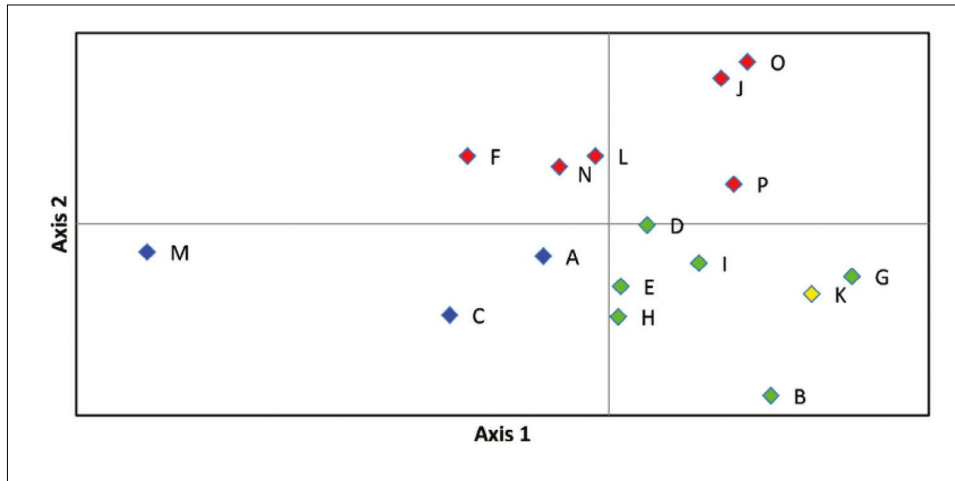


Figure 4. PCoA of the breeds, where axis 1 and 2 describe 33,68 and 17,88% of the total variance

Genalex 6.5 szoftverrel végzett főkomponens elemzés (PCA) alapján a fő koordinátiadiagramokon (4. ábra), ahol az első és a második tengely a variancia 33,68%-át, illetve 17,88%-át teszi ki, az A-C-M és F-J-L-N-O-P állományokat a 3. ábrán megfigyelték szerint csoportosítottuk. Az első tengely különbözik a kék és zöld csoportoktól, míg a második elválasztja a pirosat a kéktől, és a pirosat a zöld jelzésű gazdaságoktól.

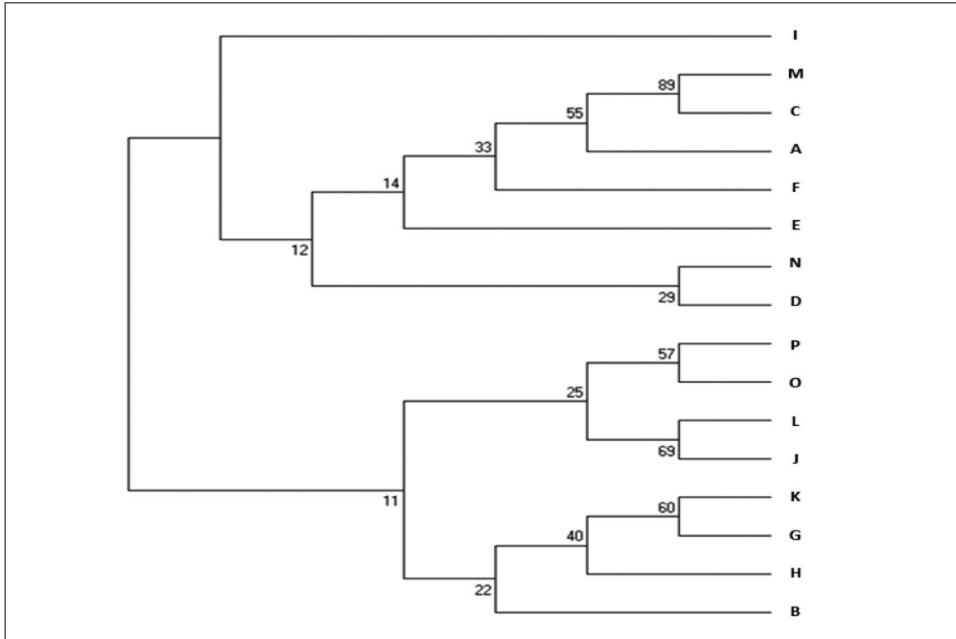
Az állományok csoportosítását három eltérő módszerrel határoztuk meg. A STRUCTURE szoftver négy genetikailag elkülönülő csoportot azonosított; ezek közül kettőt, az A-C-M-et és az F-J-L-N-O-P-t a főkomponens analízis is megerősítette. A filogenetikai fa is alátámasztotta az A-C-M csoport létezését 50-nél nagyobb bootstrap értékekkel.

A dendrogram (5. ábra) - Nei-féle genetikai távolsága alapján - ugyanarra az ágra helyezte az A-C-M csoportot, 50-nél nagyobb bootstrap értékekkel. A STRUCTURE szoftver és a főkoordináta-elemzések PCo segítségével azonosított F-J-L-N-O-P csoportból a J-L-O-P-ot is azonosítottuk.

Az az IBS érték, amelynél a hálózat egybefüggő maradt 0,624 volt. A kapcsolatok erősségét (vagy az élek súlyját) a párok IBS (élek) értéke határozza meg. A legmagasabb köztes centralitás értékkel rendelkező négy egyed - melyeket a 6. ábrán a legnagyobb kék körök ábrázolnak - olyan genetikai részleteket hordoznak, amelyek különböző részalmazai más egyedekben is megtalálhatóak. A köztes centralitás értékeik 0,488, 0,375, 0,251 és 0,194 voltak. Az angus tenyészetekben vizsgált állatok meghatározó központi egyedei az A állományból származtak. Ők rendelkeztek a legmagasabb köztes centralitás értékekkel a vizsgált egyedek között és a legmagasabb genetikai hasonlóságot mutatták más állatokkal és egymással is. Az A populáció egyedei genetikai háttérükben a legnagyobb mértékben hasonlítottak egymásra.

Az A állomány és a magyar merinói juhok (Zsolnai és mtsai, 2023) esetében ugyanazokkal a módszerekkel kapott hálózati mintázatok összehasonlításakor

5. ábra: A 16 angus populáció UPGMA módszerrel kapott dendrogramja



A számok a bootstrap értékeket jelzik. Az A, C és M állomány ugyanazon az ágon található, 50-nél nagyobb bootstrap értékkel. Az azonosított F-J-L-N-O-P csoportok közül a J, L, O és P állományokat is csoportosították. (1)

Figure 5: Neighbor-joining tree of herds from A to P

Numbers indicate the bootstrap values. The A, C, and M herds are on the same branch, with bootstrap values higher than 50. Among the STRUCTURE identified F-J-L-N-O-P group J, L, O, and P herds were also grouped together. (1)

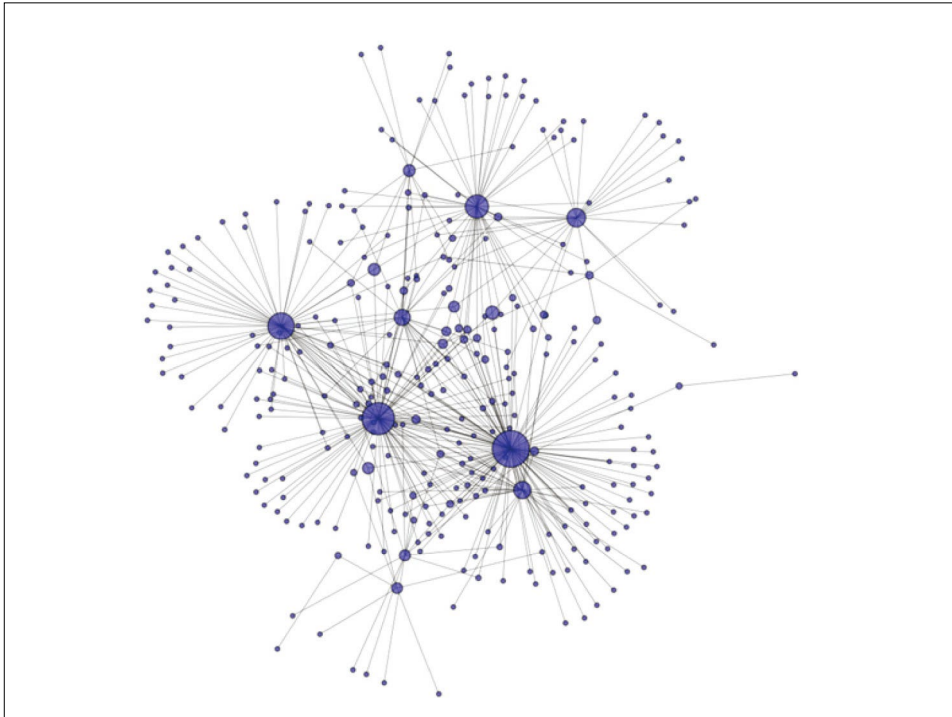
megfigyelhető volt a küllős kerékhez hasonló struktúra megjelenése. Az angus húsmarhák és a merinói juhok hasonló genetikai hálózati mintázatának oka az, hogy mindkettőt kereskedelmi célból tartják, így a termelési tulajdonságokra vonatkozó paraméterek elsődlegesek. Az ilyen küllős kerék-szerű mintázatok jellemzőek lehetnek a nagyüzemi fajtákra, és nem feltétlenül azokra a fajtákra, ahol a genetikai sokféleség fenntartása kiemelt fontosságú. Ez a feltételezés további vizsgálatokat igényel, amelyek túlmutatnak a jelenlegi tanulmány keretein.

A genetikai elemzéseket vakon, az állatok fenotípusos megjelenésének és teljesítményadatainak ismerete nélkül végeztük. Az MHAGTE együttműködésével megvizsgáltuk a tanulmányozott állományok rendelkezésre álló termelési - és teljesítmény adatait. A genetikai csoportok meghatározott termelési- és teljesítmény adatainak vizsgálata, a klaszter analízissel kapott genetikai csoportok között összefüggést találtunk. Az A-C-M állományokban modern nagytestű kanadai és amerikai vonalokból származó angus bikákat és szaporítóanyagot részesítettek előnyben a termékenyítéshez. A alapító törzsállomány egyedjei többnyire vörös színű változatok (több mint 95%), nagy testmérettel. Az M állomány a C tenyésztésből származó tenyész bikákkal termékenyített. Az F-J-L-N-O-P állományok

többnyire brit típusú hagyományos angus vörös színváltozatú egyedei. A termékenyítő bikák az A, C és D állományokból származó jellemzően vörös angus tenyészbikák. Az N állomány törzsalapítói az A és P állományokból származnak, az O állomány egyedei az N és P törzs leszármazottjai. A P törzsalapító tehenei német vörös angus őseket tartalmaznak. A vizsgált B-D-E-G-H-I csoportok ősei hagyományos brit típusú jellemzően fekete színű aberdeen angus szarvasmarhák. A termékenyítő bikák általában a D állományból kerültek ki, angliai aberdeen angus importból indult a fekete angus állomány. A vörös angus törzset blonde d'Aquitane állomány fajtaátalakító keresztezésével alakították ki. A negyedik csoport egy populációt tartalmaz, a K-t, amely limousin cseppvért is tartalmazott az állomány őseinek 20%-ában.

Mivel a genetikai különbségek az állatok eltérő típusaival magyarázhatók, fontosnak tartottuk összehasonlítani a születési súlyt, az első élési életkort, a született borjak számát, valamint a hasznos élettartamot a kialakult csoportok között.

6. ábra: Az angus egyedek hálózati ábrázolása a páronkénti ISB értékek alapján



A 0,624 feletti IBS értékek az ábrán láthatóak. A csomópontok(egyedek)/körök az A állományból származó állatok, a kapcsolatok/élek pedig a csomópontok közötti páronkénti IBS értékek. A csomópontok/állatok átmérője arányos a köztes centralitással. (1)

Figure 6. Genetic net based on identical by state values (IBS)

IBS values above 0.624 are presented in the figure. Nodes/circles are the animals from herd A, and connections/edges are the pair wise IBS values between the nodes. The diameter of the nodes/animals is proportional to their betweenness centrality. (1)

A Kruskal-Wallis teszt alapján a mikroszatellit adatokkal meghatározott genetikai csoportok között szignifikáns eltérések mutatkoztak a születési súly, az első ellési életkor és a hasznos élettartam tekintetében. A Dunnett T3 teszt a csoportpárok között szignifikáns különbségeket igazolt ($p < 0,05$) (2. táblázat).

Bailey és Mears (1990) vizsgálatában a kanadai angus borjak átlagos születési súlya 34 kg volt, és pozitív korrelációt mutatott a választás utáni napi súlygyarapodással. A brit (angus és hereford) apáktól származó borjak súlya (40,5 kg) nagyobb volt, mint a norvég vörös, svéd vörös-fehér és fríz apáktól származó borjaké. Casas és mtsai (2012) munkájában az apai fajta hatása a születési súly tekintetében szignifikáns ($p < 0,001$) volt. Nikolov és mtsai (2020) vizsgálata alapján az angus üszők átlagos születési súlya 31,6 kg volt Bulgáriában. Új-Zélandon az angus és hereford bikák szaporítóanyagaival termékenyített tejhasznú tehenektől származó borjak átlagosan 36,8 kg születési súllyal rendelkeztek (Coleman és mtsai, 2021). A jelen tanulmányban kapott születési súlyok alacsonyabbak a szakirodalomban közölt adatokhoz képest.

2. táblázat:

A születési súly (kg), az első ellési életkor (nap), a megszületett borjak száma (egyed) és a hasznos élettartam (nap) átlagértékeinek és \pm standard hibáinak megoszlása a klaszterezéssel azonosított négy csoport között (ACM, FJLNO, BDEGHI és K)

Vizsgált tulajdonság (1)	A-C-M	F-J-L-N-O-P	B-D-E-G-H-I	K
születési súly (kg) (2)	25,9 ^a ±2,7	29,3 ^b ±5,3	27,2 ^c ±4,4	27,6 ^{abc} ±5,9
első ellési életkor (nap) (3)	869 ^a ±206	829 ^b ±156	891 ^c ±226	945 ^{abc} ±320
megszületett borjak száma (4)	4,8 ^a ±3,6	5,9 ^b ±3,5	6,3 ^{bc} ±3,6	8,4 ^c ±4,1
hasznos élettartam (ezer nap) (5)	2,0 ^a ±1,5	2,2 ^a ±1,7	2,6 ^d ±1,5	3,6 ^c ±1,8

Az azonos sorban lévő különböző nagybetűs - a, b, c, d, e - átlagok szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$ -nél (6)

Table 2: Distribution of mean values of birth weight (kg), age at first calving (day), number of calves born (head) and productive lifespan (day) and their \pm standard errors among the four groups (A-C-M, F-J-L-N-O-P, B-D-E-G-H-I, and K) identified by Structure-clustering

examined trait (1); birth weight (2); age at first calving (day) (3); number of calves born (4); productive lifespan (1000 day) (5); means with different capital letters in the same row - a, b, c, d, e - are significantly different from each other at $p < 0.05$ (6)

Az USA-ban a legtöbb húshasznú vemhes üsző (például angus, hereford, charolais) esetében az első ellés 22-24 hónapos korban várható (Morris, 1980; Nunez-Dominguez és mtsai, 1991).

Brzáková és mtsai (2020) kutatásukban a cseh húsmarha populációban az első ellési életkor és az első ellési utáni borjazási időköz genetikai paramétereinek becslésekor alacsony vagy közepes öröklődhetőségi értéket tapasztaltak. Az angus üszők első ellési életkora átlagosan 756,1 nap volt. Dákay és mtsai (2006) tanulmányai alapján az angus üszők első ellési életkora átlagosan 2,76 év (1007 nap), míg a hasznos élettartamuk 8,28 év (3022 nap) volt. A későbbi vizsgálatok során a magyarországi angus tehenek termelési élettartamát 8,14 re (2971 nap) becsülték (Szabó és Dákay, 2008). Ez az intervallum kissé rövidebb a jelen tanul-

mányban szereplő K csoport hasznos élettartamához viszonyítva, de meghaladja a másik három csoport eredményeit.

4. Következtetések javaslatok

Tekintettel arra, hogy korábban a magyarországi angus állományok genetikai szerkezetére vonatkozóan nem készültek vizsgálatok, a kapott eredményeket az MHAGTE beépítheti a fajta genetikai sokféleségének védelmét és megőrzését célzó, folyamatban lévő és jövőbeni tenyésztési programjába. Az azonosított csoportok közötti, a vizsgált értékmérő tulajdonságokban mutatkozó különbségek azonosítása megnyithatja az utat egy jövőbeli genomi szelekció célzott és hatékony felhasználásához. Például az A-C-M állományok a születési súly, az első ellési életkor és a hasznos élettartam tulajdonságokban jelentős javításra szorulnak.

5. Felhasznált irodalom

- Alsalh, M. A. – Bakai, A. – Feyzullaev, F. R. – Mehanna, N. M.* (2021): Comparative characteristics of the genetic structure of the Syrian cattle breed compared to Holstein and Aberdeen-Angus breeds. *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 8. 339–345. <https://doi.org/10.5455/javar.2021.h520>
- Amigues, Y. – Boitard, S. – Bertrand, C. – Leveziel, H.* (2011): Genetic characterization of the Blonde d'Aquitaine cattle breed using microsatellite markers and relationship with three other French cattle populations. *J. Anim. Breed. Genet.*, 128. 201–208. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2010.00890.x>
- Anton, I. – Kovács, K. – Fésüs, L. – Várhegyi, J. – Lehel, L. – Hajda, Z. – Polgár, J. P. – Szabó, F. – Zsolnai, A.* (2008): Effect of DGAT1 and TG gene polymorphisms on intramuscular fat and on milk production traits in different cattle breeds in Hungary. *Acta Vet. Hung.*, 56. 181–186. <https://doi.org/10.1556/avet.56.2008.2.5>
- Anton, I. – Kovács, K. – Holló, G. – Fésüs, L. – Szabó, F. – Zsolnai, A. – Solti, L. – Rátky, J.* (2011): Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary. *Liv. Sci.*, 135. 300–303. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.07.012>
- Bailey, C. B. – Mears, G. J.* (1990): Birth weight in calves and its relation to growth rates from birth to weaning and weaning to slaughter. *Can. J. Anim. Sci.*, 70. 167–173. <https://doi.org/10.4141/cjas90-019>
- Bene Sz. – Hampl N. – Lendvay M. – Szabó F.* (2013): Extenzív körülmények között tartott, eltérő genotípusú húsmarha állomány reprodukciós teljesítménye 1999-2011 között. *Állatteny. Tak.*, 62. 124–135.
- Bhargava, A. – Fuentes, F. F.* (2010): Mutational dynamics of microsatellites. *Mol. Biotechnol.*, 44. 250–266. <https://doi.org/10.1007/s12033-009-9230-4>
- British Cattle Movement Service* (2023): Registration several Aberdeen Angus as Britain's most popular cattle breed.
- Brzákóvá, M. – Čítek, J. – Svitáková, A. – Veselá, Z. – Vostrý, L.* (2020): Genetic parameters for age at first calving and first calving interval of beef cattle. *Animals*, 10. 2122. <https://doi.org/10.3390/ani10112122>
- Carruthers, C. R. – Plante, Y. – Schmutz, S. M.* (2011): Comparison of Angus cattle populations using gene variants and microsatellites. *Can. J. Anim. Sci.*, 91. 81–85. <https://doi.org/10.4141/CJAS10058>

- Casas, E. – Thallman, R. M. – Cundiff, L. V. (2012): Birth and weaning traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Wagyu, and Friesian sires. *J. Anim. Sci.*, 90. 2916–2920. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4694>
- Coleman, L. – Back, P. – Blair, H. – López-Villalobos, N. – Hickson, R. (2021): Sire effects on birth weight, gestation length, and pre-weaning growth of beef-cross-dairy calves: a case study in New Zealand. *Dairy*, 2. 385–395. <https://doi.org/10.3390/dairy2030030>
- Dákay, I. – Márton, D. – Bene, Sz. – Kiss, B. – Zsuppán, Zs. – Szabó, F. (2006): The age at first calving and the longevity of beef cows in Hungary. *Arch. Tierz.*, 49. 417–425. <https://doi.org/10.5194/aab-49-417-2006>
- Earl, D. A. – von Holdt, B. M. (2012): STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conserv. Genet. Resour.*, 4. 359–361. <https://doi.org/10.1007/s12686-011-9548-7>
- Evanno, G. – Regnaut, S. – Goudet, J. (2005): Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol. Ecol.*, 14. 2611–2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- Guichoux, E. – Lagache, L. – Wagner, S. – Chaumeil, P. – Léger, P. – Lepais, O. – Labbé, P. – Pouzat, P. – Petit, R. J. (2011): Current trends in microsatellite genotyping. *Mol. Ecol. Resour.*, 11. 591–611. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03014.x>
- Hine, B. C. – Bell, A. M. – Niemeyer, D. D. O. – Duff, C. J. – Butcher, N. M. – Dominik, S. – Ingham, A. B. – Colditz, I. G. (2019): Immune competence traits assessed during the stress of weaning are heritable and favorably genetically correlated with temperament traits in Angus cattle. *J. Anim. Sci.*, 97. 4053–4065. <https://doi.org/10.1093/jas/skz260>
- Horn A. – Szmodits T. – Bodó L. (1959): Kísérletek az angus és magyartarka szarvasmarha használat-előállító keresztezésére. *Állatteny.*, 1. 43–53.
- Hubisz, M. J. – Falush, D. – Stephens, M. – Pritchard, J. K. (2009): Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Mol. Ecol. Resour.*, 9. 1322–1332. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2009.02591.x>
- Karamfilov, S. (2022): Study on the temperament of cows of the Aberdeen Angus cattle breed. *Czech J. Anim. Sci.*, 67. 8–14. <https://doi.org/10.17221/88/2021-CJAS>
- Klungland, H. – Vage, D. I. – Gomez-Raya, L. – Adalsteinsson, S. – Lien, S. (1995): The role of melanocyte-stimulating hormone (MSH) receptor in bovine coat color determination. *Mamm. Genome*, 6. 636–639. <https://doi.org/10.1007/BF00352371>
- Kuehn, L. (2010). Relationships of beef breeds using the 50k chip. USDA–ARS, US Meat Animal Research Center, Clay Center, NE, USA, 1–2.
- Laudert, SB. (2014): Factors that determine feedlot profit. *Beef Magazine*. [Internet]
- Lozada-Soto, E. A. – Maltecca, C. – Lu, D. – Miller, S. – Cole, J. B. – Tiezzi, F. (2021): Trends in genetic diversity and the effect of inbreeding in American Angus cattle under genomic selection. *Genet. Sel. Evol.*, 53. 50. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00644-z>
- Macdonald, J. – Sinclair, J. (1910): History of Aberdeen-Angus cattle. Revised edition. London, UK: Vinton & Company Ltd.; 1910.
- Machugh, D. E. – Loftus, R. T. – Bradley, D. G. – Sharp, P. M. – Cunningham, P. (1994): Microsatellite DNA variation within and among European cattle breeds. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 256. 25–31. <https://doi.org/10.1098/rspb.1994.0044>
- Mahgoub, O. – Babiker, H. A. – Kadim, I. T. – Al-Atiyah, W. A. – Gooneratne, R. (2013): Disclosing the origin and diversity of Omani cattle. *Anim. Genet.*, 44. 336–339. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02399.x>

- McLean, K. L. – Schmutz, S. M. (2009): Associations of melanocortin 1 receptor genotype with growth and carcass traits in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 89. 295–300. <https://doi.org/10.4141/CJAS08094>
- Montoya, A. E. – Cerón-Muñoz, M. F. – Moreno, M. A. – Soto, A. – Martínez, G. (2010): Genetic characterization of the Hartón del Valle, Angus, Brangus, Holstein, and Senepol cattle breeds in Colombia, using ten microsatellite markers. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.*, 23. 283–291.
- Moreno-Sierra, A. M. – Cerón-Muñoz, M. F. – Soto-Calderón, I. D. (2020): Population genetic structure of two herds of Aberdeen Angus cattle breed in Colombia. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.*, 34. 278–290. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n4a05>
- Morris, C. A. (1980): A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production: 1. Associations with fertility in the first joining season and with age at first joining. *Anim. Breed. Abstr.*, 48. 655–676.
- Nikolov, V. – Karamfilov, S. (2020): Growth of female calves of the Aberdeen Angus cattle breed reared in an organic farm. *Sci. Papers Ser. D. Anim. Sci.*, 63. 60–66.
- Nunez-Dominguez, R. – Cundiff, L. V. – Dickerson, G. E. – Gregory, K. E. – Koch, R. M. (1991): Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years of age. *J. Anim. Sci.*, 69. 3467–3479. <https://doi.org/10.2527/1991.6993467x>
- Peakall, R. – Smouse, P. E. (2006): Genalex 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Mol. Ecol. Notes*, 6. 288–295. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x>
- Szabó, F. – Dákay, I. (2008): Estimation of some productive and reproductive effects on longevity of beef cows using survival analysis. *Liv. Sci.*, 122. 271–275. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.09.024>
- Szűcs, M. – Szabó, F. – Bán, B. – Józsa, Cs. – Rózsa, L. – Zsolnai, A. – Anton, I. (2019): Assessment of genetic diversity and phylogenetic relationship of Limousin herds in Hungary using microsatellite markers. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 32. 176–182. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0164>
- Tamura, K. – Stecher, G. – Kumar, S. (2021): MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.*, 38. 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Wiener, P. – Burton, D. – Williams, J. L. (2004): Breed relationships and definition in British cattle: a genetic analysis. *Heredity*, 93. 597–602. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800566>
- Wolfger, B. – Quinn, C. – Torres, G. W. – Taylor, M. – Orsel, K. (2016): Comparison of feeding behavior between black and red Angus feeder heifers. *Can. J. Anim. Sci.*, 96. 404–409. <https://doi.org/10.1139/cjas-2014-0161>
- Zsolnai, A. – Fésűs, L. (1996): Simultaneous analysis of bovine K-casein and BLAD alleles by multiplex PCR followed by parallel digestion with two restriction enzymes. *Anim. Genet.*, 27. 207–209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1996.tb00954.x>
- Zsolnai, A. – Kovács, A. – Anton, I. – Benedek, J. – Brüssow, K. P. – Vigh, A. (2014): Comparison of different Hungarian grey herds as based on microsatellite analysis. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 32. 121–130.
- Zsolnai, A. – Egerszegi, I. – Rózsa, L. – Mezőszentgyörgyi, D. – Anton, I. (2023): Position of Hungarian Merino among other Merinos, within-breed genetic similarity network and markers associated with daily weight gain. *Anim. Biosci.*, 36. 10–18. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0459>

Szerzők címe: Márton, J.*
Magyar Hereford, Angus, Galloway Tenyésztők Egyesülete

Authors' address: Hungarian Hereford, Angus, Galloway Association
H-7400 Kaposvár, Dénesmajor 2.
*levelező szerző, e-mail: martonjuditsuti@gmail.com

Szabó, F.
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Agriculture and
Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Zsolnai, A. - Anton, I.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.

A 2023-BAN SIKERESEN MEGVÉDETT PHD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI - MÁSODIK RÉSZ

(SUMMARIES OF PHD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2023 - PART TWO)

Egyes hazai struccállományok termelési tulajdonságait és viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata

Evaluation of factors affecting the production parameters and behaviour of some Hungarian ostrich populations

BRASSÓ Dóra Lili

Debreceni Egyetem
(University of Debrecen)
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
(Doctoral School of Animal Science)
Debrecen, 2023.

Témavezető (supervisor): KOMLÓSI István DSc

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon több, mint három évtizede van jelen a strucc, több, jelentősebb tenyészet is létrejött, ám termeléséről ismert, tudományos elemzés nem született. Kutatásomban a faj etológiai sajátosságait és termelését, illetve a telepek mikrobiológiai állapotát kívántam vizsgálni, hazai tartási és takarmányozási viszonyok között.

Az etológiai megfigyelések célja az egyedek napi viselkedésformáinak, társas kapcsolatainak kutatása volt, a tojóév különböző hónapjaiban. A megfigyeléseket februárban, márciusban, júniusban, szeptemberben és októberben az „A” telepen végeztem, 24 viselkedési elemre kiterjedően, melyeket öt kategóriába (létfenntartó, aktív komfort, passzív komfort, hely- és helyzetváltoztató, szociális és/vagy fajfenntartó) soroltam. Scan típusú személyes megfigyelést alkalmaztam, 0-1 módszerrel, két trió és két hárem összesen tizenkét felnőtt madaránál. A viselkedési elemek megjelenési arányában az ivarok és a napszakok között nem volt különbség. A tartási módokat összehasonlítva az aktív komfortviselkedés a megfigyelési időszakban a háremeknél 4,88%-kal nagyobb arányban fordult elő. A nagyobb csoportban a madár feltételezhetően biztonságosabban érzi magát, így a komforttevékenységek megjelenése gyakoribb. A szociális viselkedésformák szeptemberben és októberben fordultak elő a legkisebb százalékban, míg márciusban a leggyakrabban. A többi viselkedés nyáron jelent meg a legkisebb, tavasszal és ősszel a legnagyobb arányban. Melegégövi madár ellenére a struccokra is negatív hatással van a nyári hőség. Ez a csökkent takarmányfogyasztásban és általános aktivitásban nyilvánult meg. A szociális viselkedésformák tavaszi gyakoribb és őszi ritkább előfordulása a tojóévvvel függ össze.

A mikrobiológiai vizsgálat célja a telepek bakteriológiai állapotának, a tojás-

kezelési és keltetési higiénia színvonalának a felmérése volt. Az elemzéshez az „A” és „B” telepről bélsár (53), elhalt embriójú tojás (93), elhullott csibe (15) és kenetmintát (14) gyűjtöttem. A kórokozó baktériumok és paraziták kimutatása a gyakorlatban általában alkalmazott rutin laboratóriumi technikákkal (felszíndúsítás, szalmonella-dúsítás és baktérium-szélesztés) történt. Az elemzett mintákban az *Escherichia coli* és a *Bacillus spp.* volt a két, legnagyobb arányban jelenlévő baktériumfaj. Az *Escherichia coli* a bélsármintákban meghatározó volt, de az elhalt embriójú tojásokban és az elhullott csibékben is előfordult. A *Coliform* baktériumok az elhalt embriójú tojásokban, az elhullott csibékben és a keltetőgép kenetmintáin is jelen voltak. *Salmonella spp.* és *Staphylococcus spp.* csak az elhalt embriójú tojásokban volt. A *Pseudomonas spp.* és az *Enterococcus faecalis* baktériumok az elhalt embriójú tojásokban és az elhullott csibékben voltak megtalálhatók. A *Klebsiella spp.* a bélsárban és az elhalt embriójú tojásokban fordult elő. Az eredmények azt mutatták, hogy a telepi higiénia és fertőtlenítés színvonala jelenleg nem megfelelő. A tojások kezelésénél a kesztyűhasználat, a talajfertőtlenítés és a széles-spektrumú fertőtlenítőszer megfelelő koncentrációjú alkalmazása mérselkelheti a kórokozók bejutását a tojásba. A csibeelhullás csökkentése érdekében a nevelőhelyiség higiéniájának javítása lenne indokolt. A bakteriológiai felmérés hazánkban tudományos előrelépésnek tekinthető, mivel korábban nem végeztek ilyen irányú felmérést.

A tojástermelő-képesség vizsgálatának célja a termelési év, a tojók kora és a trió tojástermelési mutatókra kifejtett hatásának értékelése volt, mely során a „B” telep harminc tojójának 2018-2021-es években gyűjtött adatait értékeltem. A tojóév átlagosan 135 napig tartott. A tojástermelés 2020-ban 28, 2021-ben 24 nappal korábban indult, mint 2019-ben és 33, valamint 29 nappal hamarabb, mint 2018-ban. A tojók átlagosan az év 88. napján kezdték meg és a 223. napján fejezték be a tojásrakást. A legkevesebb és legtöbb tojást tojó trió között egy tojóra vetítve mintegy évi 27 tojás eltérés volt. Éves átlagban a lerakott tojások 91%-a felelt meg a szelekciós szempontoknak, így egy tojótól évente átlagosan 32 tojást raktak a keltetőbe. A keltethetőség állományszinten átlagosan 55,98%-ot mutatott. A négy évet figyelembe véve májusban és júniusban rakták a legtöbb tojást. A keltethetőség májusban, júniusban és júliusban volt a legjobb. Figyelembe véve, hogy a tojók akár negyvenéves korukig is képesek tojást rakni és a termelés csúcsát hét-tizenegy éves korukban érik el, az elemzéseimben szereplő madarak fiataloknak (három és nyolc év között) számítottak. Összességében megállapítható, hogy a tojószezon közepén, nyár elején-közepén a legjobb a tojástermelés és a tojások kelési aránya. Vélhetően ekkor optimális a környezeti feltétel (száraz, meleg idő) a termelés számára. A Magyarországon tartott struccok tojástermelő-képességének elemzése egyedülállónak tekinthető. Korábbi kutatás ezen a területen hazánkban nem ismert.

A tojóév és tojásösszetétel kapcsolatának vizsgálata rámutat a táplálóanyagok kiürülésének intenzitására, azok pótlásának szükségességére. Az elemzést az „A” telepen végeztem, 2021. májusban és júliusban, melyben tizenegy, normál súlyú (1200-1600 g), öt és tíz év közötti tojóktól származó, véletlenszerűen kiválasztott tojás vett részt. A tojások nyersfehérje-tartalma májusról júliusra 5,28%-kal csökkent. Az elemzett aminosavak közül májusról júliusra az ASP, a THR, a SER, a GLU, a a GLY, a CYS, a TYR, a PHE és a HYS mutatott csökkenést. Az SFA-k közül a C14:0,

a C15:0 és a C16:0, az MUFA-k közül a C16:1 zsírsavak aránya nőtt. A C18:2n6, a C18:3n3, a C20:3n3 és a PUFA arány csökkent, míg a SFA/UFA zsírsavarány nőtt. Az SFA aránya összesen 39,70% volt. Az SFA/UFA arány a tojóév során 0,33-mal nőtt és átlagosan 0,67-et mutatott. A tojáshejban az ásványianyagok közül a Ca, a K, a Mg és a S mennyisége nőtt, míg a Cu- és Zn-tartalom csökkent. A tojásalkotók Mg-tartalma nőtt, Na-, P-, S- és Zn-tartalma csökkent. A táplálóanyag-tartalom csökkenése a tojók tápanyagkészletének tojóév során bekövetkező kiürülésére utalnak, amit a takarmányozási technológia kialakításánál érdemes figyelembe venni. A tojás Mg-, K- és S-tartalmának növekedése egyedi élettani eltérésekre utalhat. Ez utóbbit a madarak fiziológiai sajátosságainak elemzésével lehetne alátámasztani. A tojóév hónapjának hatását a strucctojás ásványianyag-tartalmára nemzetközi és hazai szinten elsőként vizsgáltam.

Az embrióelhalás időpontjának és okainak a felderítésével megismerhetjük a hazai tenyésztési és keltetési technológia eredményességét és javításának lehetőségeit. Az elhalt embriójú tojások az „A” telepről származtak, melyeket a lámpázás során, a keltetés 38. napján távolítottak el a keltetőgépből. A boncolás során megmértem az embriók, és belső szerveik súlyát, valamint testrészeinek méreteit. A méretek és kórbonctani elváltozások alapján célom az elhalás időpontjának és okának a kiderítése volt. Az elhalt embriójú tojások boncolásakor megállapítottam, hogy az embriók súlya átlagosan 331,57 g volt, a legkisebb 155 g-ot, a legnagyobb 458 g-ot mutatott. A magzatok átlagos fejszélessége 3,09 cm, csőrhossza 3,72 mm, szárnyhossza 5,32 cm, combhossza 6,90 cm, lábszárhossza 5,22 cm, májsúlya 6,15 g, szív súlya 2,30 g volt. A magzatokon gyulladással *exsudatumot*, mikrobiális telepeket és a hasüregben *serosus* folyadékot fedeztem fel. A sárgája több esetben a normál élénksárgától eltérően lime, olíva- és avokádózöld színezetű, a fehérje sárga színű és kocsonyás állagú volt. A szakirodalmi adatokat figyelembe véve, a vizsgált magzatok a keltetés különböző stádiumaiban halhattak el, négytől 37-38 napos korig. A kórbonctani elváltozások tojáskezelési és keltetési problémákra utalnak. A bakteriális telepek és gyulladások jelenlétéből fertőtlenítési hiányosságokra lehet következtetni. A fellelhető irodalmak alapján sem nemzetközi szinten, sem hazánkban korábban nem írták le elhalt strucc embriók és magzatok vizsgálatát.

A túlélés elemzés rávilágít arra, hogy melyek az elhullás szempontjából kockázatos életkorok és tényezők, amelyek ismeretében a kiesések kockázata csökkenthető. A túlélésanalízist a „B” telep 2019-2021. évi elhullási és selejtezési adatai alapján végeztem. Célom a tojóév év-évszak kombinációja, a tojások súlya, az éves kelési sorrend és a tojások keltethetősége hatásának vizsgálata volt a csibék kiesésének relatív kockázatára, 48 hetes életkorig. A relatív kockázat 2019-ben tavasztól nyárig csökkenő, 2020-ban és 2021-ben tavasztól ősziig növekvő tendenciát mutatott. A kockázat az éves keltetések számával nőtt, ami a keltetők higiéniai állapotának romlásával magyarázható. A gyenge keltethetőségű csoportból származó csibéknek volt a legnagyobb a kiesési kockázata, mivel valószínűleg vitalitásuk is gyengébb volt. 48 hetes korra a kikelt állomány 33%-a maradt életben. Tavasszal a tojásösszetétel kedvezőbb, mely jobb vitalitású csibéket eredményez. Őszre a tojók kimerülése és a kedvezőtlenebb (hűvös, esős, párás) időjárás (a bakteriális fertőzés esélye nagyobb) miatt nő a relatív kockázat. A tenyészmadarak nyárvégi takarmány-kiegészítése, a keltetők rendszeres fertőtlenítése széles spektrumú szerekkel, valamint az optimális csibenevelési technológia lehetővé teszi a jó

csibevitalitás fenntartását vagy javítását. Túlélés-elemzésre struccnál hazánkban elsőként került sor, de hasonló elemzés a nemzetközi irodalomban sem lelhető fel.

A hústermelő-képesség elemzésének célja a hazai körülmények között felnevelt és hizlalt, különböző korú és ivarú madarak hústermelő-képességének meghatározása volt. A struccok vágóértékét és húsminőségét az „A” telep 12 és 18 hónapos korú (n=30, 14 tojó és 16 kakas) vágómadarain vizsgáltam. A vágott súlyt, a grillfertig súlyt, a húsrészek súlyát, színét és pH-ját mindkét korosztálynál, míg a húsrészek kémiai összetételét, technológiai jellemzőit és érzékszervi tulajdonságait csak a 18 hónapos madaraknál elemeztem. Az idősebb madarak és a tojók nagyobb grillfertig súllyal rendelkeztek. A vizsgált öt értékes húsrész (outside strip, osztriga, tip, outside leg és medalion) szárazanyag-tartalma 23,84% és 26,23%, nyersfehérje-tartalma 2,36 és 4,50%, nyerszsír-tartalma 2,36% és 4,50%, hidroxiprolin-tartalma 0,01 és 0,08% közötti értékeket vett fel. Az outside strip n6/n3 aránya 0,54 volt, ásványi anyagai közül a K-, és a P-tartalom volt a legnagyobb. Az outside leg (2,72%) és a medalion (2,32%) húsrésznek volt a legkisebb a fagyasztási vesztesége. A panel értékelése alapján a legízletesebb és a legporhanyósabb húsrésznek az outside strip és a tip mutatkozott. A szakirodalom a kutatásomban szereplő struccokhoz hasonló korú madarak húsrész súlyait nehezebbnek állapította meg, és néhány húsrész esetében a kakasoknál nagyobb súlyt tapasztalt. Az elemzésre hazánkban elsőként került sor, különböző korú madarak és hasonlóan nagyszámú tényező vizsgálata a nemzetközi irodalomban nem fellel

SUMMARY

The ostrich has been present in Hungary for more than three decades on several significant farms, however, no scientific, known analysis has been conducted so far. The objective of my PhD research was to assess the ethological characteristics and performance of the species, as well as the microbiological condition of the farms, under domestic husbandry and feeding conditions. The analyses were conducted on two significant farms (>60 breeders per farm), indicated as Farm “A” and Farm “B”.

The aim of the ethological examinations was to investigate the daily behaviours and social relationships of individuals at different stages of the laying season. The observations were carried out in February, March, June, September and October at Farm “A”, involving 24 behavioural elements, which were divided into five categories (life maintenance, active comfort, passive comfort, location changing, social and/or reproductive). Scan-type personal observations were applied, using a 0-1 method, on a total of twelve adult birds of two trios and two harems. There was no difference in the frequency of behavioural elements between sexes and times of the day. Comparing husbandry systems, active comfort behaviour occurred at a 4.88% higher ratio in harems compared to the trios during the observation period. Birds are supposed to feel more comfortable in larger groups, this is why the occurrence of comfort behaviours was more frequent. Social behaviours were displayed in the lowest frequency in September and October and were the most frequent in March. Behaviour elements in the other categories were shown at a low rate in summer and at the highest ratio in spring and autumn. Though ostriches stem from hot, arid areas, the warm summer has a negative impact on them which

was indicated by the lower feed consumption and general activity. The higher frequency of social behaviours in spring and the lower frequency in autumn has a coincidence with the stages of the production year.

The microbiological analysis aimed to assess the bacteriological state of farms, and the standard of hygiene for egg treatment and incubation. Faeces (53), dead-in-shell eggs (93), dead chicks (15) and swab samples (14) were collected on Farm "A" and "B". The detection of pathogenic bacteria and parasites was carried out using routine laboratory techniques (surface enrichment, salmonella enrichment and bacterium isolation). The results showed that *Escherichia coli* and *Bacillus spp.* were the two most common bacterial species in the analyzed samples. *Escherichia coli* was dominant in faecal samples on both farms. It was also present in dead-in-shell eggs and dead chicks. *Coliform* 103 bacteria occurred in dead-in-shell eggs, dead chicks and on incubator swab samples. *Salmonella spp.* and *Staphylococcus spp.* was only present in dead-in-shell eggs. *Pseudomonas spp.* and *Enterococcus faecalis* were found in dead-in-shell eggs and dead chicks. *Klebsiella spp.* was present both in faeces and dead-in-shell eggs. The results of bacterial isolation showed that the level of farm hygiene and disinfection is currently inadequate. Handling eggs with the use of gloves, and the application of soil disinfection and appropriate concentrations of broad-spectrum disinfectants can reduce egg contamination. The improvement of hygiene in the nursery room would be necessary for the reduction of chick deaths. The evaluation of the microbiology of ostrich farms in Hungary is a scientific advance since no analysis in this field has been carried out before.

The evaluation of egg production aimed to investigate the effect of the production year, female age and trio on egg production parameters. The data used for the examination were collected from thirty females on Farm "B" including years from 2018 to 2021. The laying season lasted 135 days, on average. In 2020, the egg production started 28, in 2021, 24 days earlier than in 2019 and began 33 and 29 days earlier than in 2018. Females started laying on the 88th day and finished on the 223rd day of the calendar year. There was a 27-egg-difference per female per production year between trios with the best and the weakest production. On an annual average, 91% of the eggs laid were appropriate for incubation, so an average of 32 eggs/female were incubated per production year. The hatchability was an average of 55.98%. Most eggs were laid in May and June and the hatchability showed the highest percentage in May, June and July, regarding the four examined years. Taking into account that females can lay eggs up to the age of forty years and the peak of production is reached between the ages of seven and eleven years, the birds included in the analyses were considered young (between three and eight years of age). It can be concluded that egg production and hatchability are the best in the middle of the production year, at the beginning and in the middle of summer. Presumably, the environmental conditions (dry, warm weather) are optimal for production at this time. The analysis of egg production of ostriches kept in Hungary can be considered unique.

The assessment of the relationship of production year and egg composition reveals the intensity of nutrient depletion and the necessity of replacement during the production year. The analysis was conducted on Farm "A" in May and July 2021, including eleven randomly chosen eggs of normal weight range (1200-1600 g),

laid by five-to-ten-year-old females. The crude protein content of eggs decreased by 5.28% from May to July. Among the evaluated amino acids, the content of ASP, THR, SER, GLU, GLY, CYS, TYR, PHE, and HYS declined. Regarding SFAs, the content of C14:0, C15:0, and C16:0, for MUFAs, the content of C16:1 fatty acids increased. The quantity of C18:2n6, C18:3n3, C20:3n3 and PUFAs decreased, while the SFA/UFA ratio raised. The SFA ratio was 39.70%. The SFA/UFA ratio increased with 0.33, and showed 0.67. In the eggshell, the content of Ca, K, Mg, and S rose, while that of the Cu and Zn fell. Regarding egg contents, the amount of Mg increased, but that of the Na, P, S, and Zn decreased. The decrease in the egg nutrients refers to the depletion of females' nutrient resources during the production year and should be considered when establishing feeding technology. The increase in the content of Mg, K, and S suggests individual physiological differences which could be confirmed by examinations. The monthly changes of ostrich egg mineral composition have been evaluated for the first time on international and national levels.

The analysis of embryonic mortality provides information on the level of husbandry and incubation technology and the possibilities for improvements. The eggs with dead embryos stemmed from Farm "A", and were culled on the 38th day of incubation by candling. During the dissection, the weight of the embryos and their internal organs, as well as the sizes of their body parts were measured. Based on the measurements and the results of autopsy, the goal was to find out the time and cause of death. The mean weight of the embryos was 331.57 g, ranging from 155 g to 458 g. The head width was 3.09 cm, the beak length showed 3.72 mm, the wing length was 5.32 cm, the thigh length was 6.90 cm, the leg length was 5.22 cm, the liver weight showed 6.15 g, and the heart weight was 2.30 g, on average. Inflammatory exudates, microbial colonies, and serous fluids were discovered in the abdominal cavities. In several cases, the yolk was colored lime, olive and avocado green, unlike the normal bright yellow, and the albumen was yellow and had a gelatinous texture. Based on the literature data, the examined embryos could have died at different stages of hatching, from the age of four days up to the 37th-38th days. The pathological changes confirm that the egg handling and incubation technology was improper. The presence of bacterial colonies and inflammation indicates disinfection deficiencies. Based on the available literature, the examination of dead ostrich embryos has not been previously described either at the international or national level.

By the survival analysis, in the light of factors and ages that are hazardous for total loss, the culling risk can be diminished. The evaluations were carried out on Farm "B" between 2019-2021 based on annual mortality and culling data. The effect of the combination of year and season of the production year, egg weight, annual hatching order and hatchability on the relative risk of total loss (death and culling) was investigated in chicks from hatching until the age of 48 weeks. The relative risk of total loss showed a decreasing tendency from spring to summer in 2019, and increased from spring to autumn in 2020 and 2021. The relative risk rose by the number of annual incubations (hatching order) which can be explained by the worsening hygiene condition of the incubators during the year. Chicks from the weak-hatchability group had the highest risk of total loss, presumably because of their lower vitality. 33% of the initial hatched population survived until

the age of 48 weeks. In spring, the egg composition is more favorable, resulting in better vitality. By autumn, the relative risk increases due to the decrease in egg nutrients and the unfavorable (cool, rainy, humid) weather conditions (the risk for bacterial infection is higher). The feed supplementation of breeders at the end of summer, the systematic disinfection of incubators and hatcheries, as well as the optimal chick-rearing technology can help to maintain or improve good chick vitality. The survival analysis of ostriches was the first in Hungary and also in the international literature.

The investigation of meat production aimed to determine the slaughter value and meat quality of birds of different ages and sexes raised and fattened under domestic conditions. The evaluation included thirty 12- and 18-month-old slaughter birds (14 females and 16 males) from Farm "A". The slaughter weight, carcass weight, color and pH of the meat parts were evaluated in both age groups, while the chemical composition, technological characteristics and sensory properties of the meat parts were analyzed only in the 18-month-old birds. Older birds had higher live and carcass weights. The dry matter content of the five examined valuable meat parts (outside strip, oyster, tip, outside leg and medallion) took on values between 23.84% and 26.23%, the crude protein content was between 2.36 and 4.50%, the crude fat content ranged between 2.36% and 4.50%, the hydroxyproline content was between 0.01 and 0.08%. The n6/n3 ratio of the outside strip presented in my results showed 0.54. Among the minerals, the K- and P-contents were the highest. The outside leg (2.72%) and medallion (2.32%) had the lowest freezing loss. Based on the panel's evaluation, the outside strip and the tip were the tastiest and most tender meat parts. The literature revealed heavier weights for the meat parts of birds of similar age compared to my analyses. Also, the weight of some meat parts in the literature was higher in males compared to females. The analysis was carried out for the first time in Hungary, and studies of birds of different ages and a similarly great number of factors cannot be found in the international literature.

Forrás (source): <https://doktori.hu/index.php?menuid=193&lang=HU&v id=27276>

**Az aflatoxin B1 embrionális fejlődésre és
veleszületett immunrendszerre gyakorolt hatásainak
vizsgálata zebradánió (*Danio rerio*)**

**Effects of embryonic exposure to aflatoxin B1 on
zebrafish (*Danio rerio*) development and innate immune
system**

IVÁNOVICS Bence

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
(Hungarian University of Agriculture and Life Sciences)
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
(Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science)
Gödöllő, 2023.

Témavezetők (supervisors): URBÁNYI Béla DSc és CZIMMERER Zsolt PhD

ÖSSZEFOGLALÁS

A mikotoxinok által szennyeződött élelmiszerek és takarmányok globális szintű humán és állategészségügyi, valamint gazdasági problémát jelentenek. Az aflatoxin B1 (AFB1) az egyik legkiemelkedőbb akut és krónikus toxicitással rendelkező mikotoxin, amely viszonylag gyakran jelenik meg gabonafélékben, olajos magvakban, fűszerekben és az azokból előállított termékekben. Különböző prediktív modellek az AFB1 kontamináció fokozódását, illetve az abban érintett földrajzi régiók kiterjedését prognosztizálják egyes gabonafélék esetén, mivel a klímaváltozás hatására bekövetkező hőmérsékletnövekedés és időjárásbeli változások kedvezhetnek a toxint termelő penészgombák elterjedésének és toxintermelésének. Ez adott esetben növekvő humán- és állategészségügyi kockázatot vonhat maga után.

A terhesség, illetve vemhesség időszaka kiemelten veszélyeztetett periódus az AFB1-kitétség szempontjából, mivel a toxin átjut a placentán, potenciálisan károsítja a fejlődő utódot. Az embrionális korban bekövetkező környezeti stresszhatások következményei az utódra nézve széles skálát ölelnek fel, megmutatkozhatnak egyrészt akut, pl. teratogén hatásokban, mindemellett felnőtt kori betegségekben, az azokra való fogékonyság növekedésében, vagy egyes patogénekkal szembeni ellenállóképeség csökkenésében egyaránt. Mindezért kiemelten fontos az embrionális xenobiotikum-kitétség biológiai hatásainak minél alaposabb megismerése. Noha az aflatoxikózis egyes kórkepei madarakban, emlősökben és halakban már régóta ismeretesek, az embriotoxikus hatások azonban részletesebb feltérképezésre szorulnak.

Jelen doktori munka elsődleges célját az alacsony, szubletális koncentrációkkal történő embrionális AFB1-expozíció komplex hatásvizsgálata képezte zebradánió embriókon és lárvákon. A zebradánió a biológiai tudományok számos ágának közkedvelt gerinces modellszervezete, amely megannyi előnyös tulajdonságából adódóan kiemelt helyen szerepel többek között a környezeti szennyező anyagok, illetve terápiás célú vegyületek embrionális hatásainak vizsgálatában. Számos molekuláris, sejt, szövet, illetve szerv szintű hasonlóság mutatkozik meg

a zebradánió és az emlősök között, amely alkalmassá teszi a fajt magasabb rendű gerinceseket érő stresszhatások és betegségek bizonyos mértékű modellezésére. A zebradánió külső termékenyüléséből adódóan, a doktori munka az AFB1-epozíció anyai hatásoktól független, direkt embriotoxikus potenciálját vizsgálta, különböző molekuláris biológiai, bioinformatikai, immunológiai és toxikológiai módszerek integrálásán keresztül.

A szubletális, embrionális AFB1-expozíció nem eredményezett drasztikus morfológiai elváltozásokat a 120 órás lárváknál, a teljes testhosszban azonban egy enyhe, az úszóhólyag méretében pedig már számottevőbb mértékű csökkenés volt tapasztalható. Mindemellett igen jelentős, transzkriptom szintű eltérések mutatkoztak meg a kezelést követően. Az AFB1 által legszignifikánsabb mértékben gátolt biológiai folyamatok közé többek között az oxidoreduktáz aktivitás, valamint a szerves sav és lipid anyagcsere, illetve egyéb katabolikus anyagcsere-útvonalak tartoztak. Az AFB1 expozíció által okozott mRNS kifejeződést mutató gének között pedig kimagasló mértékben dúsultak fel a különböző immunválasz- és gyulladás-asszociált géncsoportok. A veleszületett immunrendszer érintettségének további karakterizálása során a neutrofil granulociták lárvákon belüli diffúz szóródása, emelkedett nitrogén monoxid termelődés, valamint az immun- és gyulladás-specifikus markergének erőteljes indukálódása jelentkezett. Mindez egyrészt megerősítette a transzkriptóm analízis ide vonatkozó eredményeit másrészt az AFB1-expozíció szisztémás jellegű gyulladás-indukáló képességét tükrözte vissza. Továbbá, LC10 értéken a neutrofil granulociták gyakorisága szignifikáns mértékben csökkent a teljes lárvákon belül. Mindemellett az AFB1 már LC10 alatti koncentrációnál is jelentősen befolyásolta a granulociták lokális sebzésre adott válaszreakcióját.

A fejlődő embriók szik-bélrendszere kiemelt mértékben érintett területként jelent meg a szubletális AFB1-expozíciók során. Ez egyrészt az intenzív neutrofil granulocita felhalmozódásban és nitrogén-monoxid termelődésben, másrészt pedig a szikben tárolt lipidek defektív mobilizációjában, valamint a gasztointesztinális rendszer alulfejlettségében, funkcionális/anatómiai defektusaiban nyilvánult meg. Az itt tapasztalt tünetegyüttes is összhangban volt a teljes RNS szekvenálás és transzkriptóm analízis során nyert eredményekkel, amelyeket a lipid metabolizmusban és transzportban, valamint az emésztőrendszer morfogenezisében kulcsszerepet játszó markergének RT-qPCR által meghatározott erőteljes alulexpresszáldódása szintén megerősített.

Összefoglalva doktori munkám eredményeit, elmondható, hogy az embrionális AFB1-expozíció már LC10 és az alatti értékeken jelentős mértékű és széles körű káros hatással bír a 120 órás zebradánió lárvákban. Az AFB1 szignifikáns khatással volt az embrionális/lárvális veleszületett immunrendszerre, pro-inflammatorikus és immunmoduláns hatások indukálásán keresztül. Mindemellett kiemelt mértékben befolyásolta az embriók/lárvák energiaszerzésre irányuló folyamatait, többek között a tartalék lipidek mobilizációjának, az emésztőrendszer fejlődésének és működésének, valamint számos anyagcsere-útvonalnak a megzavarásán keresztül. Jelen doktori munka egyrészt felhívja a figyelmet az embrionális AFB1-kitettség egészségügyi kockázataira, szorgalmazva a megelőzés és mentesítés módszereinek fejlesztését, másrészt pedig egy viszonylag költségghatékony modellrendszerben végpontokat szolgáltat az AFB1 általi toxicitás mérséklésére irányuló terápiás célú anyagok jövőbeli vizsgálatához.

Habár az embert és haszonállatait érő *in utero* AFB1 terhelés utódokra gyakorolt hatásai mögött húzódó molekuláris biológiai és élettani folyamatok részletesebb megismerésre szorulnak, reményeim szerint a doktori munkám által szolgáltatott, zebradánió modellrendszer segítségével született eredmények hozzájárulnak az AFB1 által indukált embriotoxikus hatások ismeretanyagához.

SUMMARY

Mycotoxin contamination of foods and feeds poses a global human and animal health risk and leads to economic problems. Aflatoxin B1 (AFB1) is one of the most prominent mycotoxins with the highest acute and chronic toxicity and is frequently found in cereals, oilseeds, spices, and their products. Changes in environmental and weather conditions due to climate change may favor the growth and/or toxin production of aflatoxigenic filamentous fungi. Various predictive models forecast an increase in AFB1 contamination of certain grains, especially maize, and the expansion of affected geographical regions in the near future, which can result in an elevated risk to human and domestic animal health.

Pregnancy or gestation is a highly vulnerable period for the consequences of AFB1 exposure, as the toxin can cross the placental barrier and potentially harm the developing embryo. Embryonic exposure to environmental stress factors may lead to a broad range of adverse biological effects, from serious developmental problems to long-term consequences such as increased susceptibility to adult diseases. Therefore, it is paramount to understand the biological effects of xenobiotic exposure during critical periods of development. Although some pathological features of aflatoxicosis in certain fish, bird, and mammal species have been known for a long time, the embryotoxic properties of AFB1 need to be further explored.

The present thesis's primary objective was to comprehensively investigate the effects of embryonic AFB1 exposure at relatively low, sub-lethal concentrations in zebrafish embryos and larvae. Due to its advantageous properties, zebrafish has become a popular vertebrate model organism in many biological research areas. Its embryos are frequently used in toxicological, ecotoxicological, and pharmacological studies. Zebrafish shares many molecular, developmental, physiological and morphological similarities with mammals and humans, making this fish a suitable and promising model for a better understanding of xenobiotic exposure-related human diseases. The development of zebrafish embryos occurs externally, which allows us to explore the embryotoxicity of AFB1 independently from maternally-mediated harmful effects. Thus, my doctoral research investigated the direct embryotoxic potential of AFB1 by integrating molecular biological, bioinformatical, toxicological, and immunological methodologies.

The sublethal embryonic exposure to AFB1 did not result in drastic morphological alterations in the 120 hpf zebrafish larvae. However, a slight decrease in total body length and a more pronounced reduction in swim bladder area were observed. At the same time, the AFB1-exposure triggered global transcriptomic changes involving more than a thousand differentially expressed genes. Oxidoreductive activity, organic acid, and lipid metabolism, and other catabolic pathways were the most significantly down-regulated biological processes. In contrast, immune response- and inflammation-related gene ontology terms were prominently enriched among

the up-regulated genes. Further characterization of the immunological effects of AFB1 revealed diffuse widespread neutrophil distribution, elevated nitric oxide production, and increased inflammatory gene expression in the whole larvae. These findings confirm the results of the whole-transcriptome RNA-sequencing and indicate a systemic inflammation-induction by embryonic AFB1-exposure. Furthermore, the neutrophil frequency in the whole larvae was significantly reduced at LC10, and at the same time, the neutrophil recruitment during a local inflammation decreased considerably at concentrations below LC10.

The abdominal region (yolk sac and intestinal area) of the AFB1-exposed developing embryos/larvae was prominently affected, which was manifested by intense neutrophil accumulation, enhanced nitric-oxide production, defective yolk lipid mobilization, and impaired gastrointestinal function. These phenomena are also consistent with the results obtained from the transcriptome analysis, and the significant down-regulation of yolk lipid metabolism and transport-associated and digestive tract morphogenesis-associated gene sets.

Taken together, the embryonic exposure to sub-lethal concentrations of AFB1 resulted in extensive transcriptomic and developmental alterations in the 120 hpf zebrafish larvae. AFB1 induced pro-inflammatory and immunomodulatory effects and disturbed the energy metabolism of the larvae, which were accompanied by insufficient lipid mobilization and abnormal gastrointestinal tract development. The results of this doctoral research draw attention to the hazardous potential of embryonic AFB1 exposure and emphasize the urgent need for improving prevention and mitigation strategies. Besides, the integrative zebrafish models used in this study provide different endpoints for developing and evaluating antidotes or therapeutic compounds.

Forrás (source): <https://doktori.hu/index.php?menuid=193&lang=HU&v id=26895>

A halsperma mélyhűthetőségének öröklődése

Inherited cryoresistance of fish sperm

PATAKI Bernadett

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
(Hungarian University of Agriculture and Life Sciences)
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
(Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science)
Gödöllő, 2023.

Témavezetők (supervisors): HORVÁTH Ákos DSc és KOLLÁR Tímea PhD

ÖSSZEFOGLALÁS

Az első sikeres ivarsejtmélyhűtés új ajtókat nyitott meg az állattenyésztésben. Egyrészt lehetőség adódott a hímek és a nőstények időbeli, valamint térbeli elkülönítésére olyannyira, hogy az állat halála után is fel lehet használni annak ivartermékeit. Másrészt költségsökkentésről is beszélhetünk, hiszen egy állomány fenntartása helyett elég lehet csupán az ivarsejtek tárolása. Fontos megemlíteni, hogy kihaló félben lévő fajok megmentésére is irányulhatnak a mélyhűtési tevékenységek.

Mivel halaknál egyelőre az embrió és az ikra mélyhűtése nem lehetséges, ezért a legtöbb ilyen kutatás a spermamélyhűtésre fókuszál. A keltetőházakban eddig nem igazán terjedt el a mélyhűtött spermával történő termékenyítés, jelenleg inkább laboratóriumokban használják azt. Mielőtt azonban széleskörűen elterjed, érdemes lenne feltérképezni, hogy milyen hatással járhat az ivarsejtmélyhűtés az utódgenerációra. Ennek egyik szegmense az utódok spermaminőségének, illetve külalakjának vizsgálata.

Kísérleteimben elsősorban a mélyhűtési protokollok tökéletesítésére, később a mélyhűtött spermából született egyedek tulajdonságaira koncentráltam. Két módszert találtam, amellyel a sperma denzitása könnyen és gyorsan meghatározhatóvá válik. A számítógépes spermavizsgáló rendszer épp úgy, mint a spektrofotométer, tökéletesen alkalmas a sejtkoncentráció mérésére. Fontos azonban, hogy a mérések előtt a spermát immobilizáljuk, különben fals eredményeket kaphatunk. Két függvényt (spektrofotométer: $y = 1,363 \times 10^{11}x + 1,576 \times 10^9$, $r^2 = 0,7602$, $p = 0,0022$; CASA: $y = 0,7317x + 8,555 \times 10^8$, $r^2 = 0,8559$, $p < 0,0001$) alkottam, amellyel a kapott adatok standardizálhatóvá váltak.

Teszteltem a koncentráció szerinti mélyhűtést is. Öt különböző koncentrációban ($0,5 \times 10^9$, 1×10^9 , 2×10^9 , 4×10^9 sejt/ml és standard 1:9 arányban) mélyhűtöttem le pontyspermát. Kontrollként az általában használt 1:9 hígítási arányt szolgált. Szignifikáns eltérést találtam a termékenyítésben ($p = 0,0121$) a 4×10^9 sejt/ml ($66 \pm 6\%$) és a standard ($49 \pm 5\%$), 1:9 hígítási arány esetén, továbbá a LIN értéke a $0,5 \times 10^9$ sejt/ml ($0,86 \pm 0,03$) és a kontroll (1:9; $0,74 \pm 0,08$) között tért el szignifikánsan ($p = 0,0056$).

További vizsgálataimhoz létre kellett hozni a generációkat. Ez zebra-dánió esetében három, ponty esetében pedig két generációt jelentett. A mélyhűtött spermából született egyedek spermáját felolvasztás után, a friss spermából származó egyedek

spermáját pedig frissen használtam fel termékenyítéshez. Az első generációk esetében teljes testvér-populációkat hoztam létre, vagyis ugyanazon hím mélyhűtött és friss spermáját használtam a termékenyítéshez. Ponty esetében a második generáció kialakítására is így került sor. Zebradániókat termékenyítve azonban a minimális mennyiségű ivartermékek miatt több egyedről származó, kevert ikrát, illetve spermát (mélyhűtött, friss) használtam fel.

Megvizsgálva a különböző generációk spermájának motilitási paramétereit, zebradánió esetében nem találtam szignifikánsan igazolható ($p > 0,05$) eltérést a két csoport között. Pontynál viszont a felolvasztás utáni progresszív motilitási értékek statisztikailag igazolhatóan eltértek ($p = 0,024$) a friss ($59 \pm 20\%$), illetve a mélyhűtött ($64 \pm 17\%$) spermából született egyedeknél, továbbá a mintavétel időpontja (3 különböző időpont) is befolyásoló tényezőnek bizonyult ($p < 0,001$). A második generációban azonban nem találtam szignifikáns eltérést ($p > 0,05$).

Ponty esetében a második generáció egyedeit morfológiai méréseknek vettem alá, amelyből kiderült, hogy a mélyhűtött spermából született egyedek testalkja statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,001$) eltér. A mélyhűtött spermából született egyedek átlagosan kisebb fejjel, alacsonyabb háttal és keskenyebb faroknyéllel rendelkeznek a friss spermából született társaikhoz viszonyítva. Testhossz alapján azonban nem találtam szignifikáns eltérést ($p > 0,05$) a két csoport között.

Eredményeim egyrészt azt támasztják alá, hogy nagyon fontos a megfelelő mélyhűtési protokoll kidolgozása, mert a mélyhűtés során fellépő változások nagyban befolyásolhatják a mélyhűtés sikerességét, a spermiumok életképességét. Másrészt a spermamélyhűtés hatással lehet az utódok külalakjára, amely nem feltétlenül jelenik meg a testhosszban. További vizsgálatok szükségesek annak feltérképezésére, hogy ezek a külalakbeli eltérések hatással vannak-e pl. a belső szervekre, a csontalakulásra és egyéb paraméterekre.

SUMMARY

Cryopreservation of sperm has long been recognized as an effective means of preserving genetic resources of wild and domestic animal species. Sperm cryopreservation methods have also been developed for freshwater and marine fish. Although the importance of these methods has widely been acknowledged, very few of them have seen actual application to aquaculture practice. In most cases fish sperm cryopreservation is restricted to the creation of gene banks maintained by research institutions without concrete commercial application.

In order to overcome these problems, standardization of cryopreservation protocols has been initiated by several laboratories working with fish sperm. However these studies focus mainly on the composition of the extender, type and concentration of cryoprotectants and conditions of freezing and thawing and not on the cryopreservation effects on the generations.

In this study I focused on the standardization of cryopreservation protocols and the effects on the next generations. I found two methods to fastly and easily identify the number of spermatozoa. I found the CASA as well as the spectrophotometer suitable for measurements. However these engines give reliable readings of sperm counts only if the cells are immotile. A significant positive linear relationship was detected between absorbance measured in the plate spectrophotometer and sperm

concentration assessed using a hemocytometer ($p < 0.0001$, $r^2 = 0.8289$) resulting in the equation $y = 1.720 \times 10^{11}x + 3.851 \times 10^9$. The concentration values measured with CASA were also in a significant linear relationship ($p < 0.0001$, $r^2 = 0.8559$, $y = 0.7317x + 8.555 \times 10^8$) with sperm concentration counted in a hemocytometer.

In the case of cryopreservation after sperm counting, there was no significant main effect of sperm concentration on any of the parameters measured by CASA. The only exception was LIN ($p = 0.0112$) where the post-hoc test found a significant difference ($p = 0.0056$) between linearity value for the sperm concentration of 0.5×10^9 spermatozoa mL^{-1} (0.86 ± 0.03) and that for the dilution ratio of 1:9 (0.74 ± 0.08).

A significant main effect ($p = 0.0156$) of cell concentration on the fertilizing capacity of cryopreserved common carp sperm was found. The post-hoc test detected a significant difference ($p = 0.0121$), between the fertilization percentage of batches fertilized with sperm frozen at a cell concentration of 4×10^9 spermatozoa mL^{-1} ($66 \pm 6\%$) and the positive control (sperm diluted at a ratio of 1:9, $49 \pm 5\%$). The control fertilization rate was $95 \pm 5\%$ confirming satisfactory egg quality.

For further experiments I had to create 3 generations of zebrafish and 2 generations of carps. One male from each group was chosen. Batches of eggs of females were fertilized either with cryopreserved sperm for creating the "cryopreserved" group, or with fresh sperm creating the "fresh" group. For fertilization I cryopreserved the sperm of the individuals born from cryopreserved sperm and I used fresh sperm of the fish born from fresh sperm. For creating the first generations I used the same male's cryopreserved and fresh sperm, creating full-sib populations.

I found no significant ($p > 0,05$) difference in motility parameters between the groups of zebrafish. In the case of carps I found no significant difference ($P = 0.86$, $N = 4$) between the fertilizing capacity of cryopreserved ($87 \pm 5\%$) and fresh sperm ($86 \pm 13\%$) of F1 males used to establish the F2 generation. On the progressive motility of cryopreserved carp sperm both the sampling date ($P < 0.001$) and the origin of males (fresh or cryopreserved sperm) had a significant effect ($P = 0.024$, $N = 46$ for cryopreserved, $N = 63$ for fresh) although the family of fish had no effects on the results. The origin of the males neither affected the other motility parameters (VCL, VAP, VSL, STR or LIN).

Morphometry studies of F2 carp individuals revealed that fish can be classified according to their origin (fertilization with cryopreserved or fresh sperm) with $81.09 \pm 3.57\%$ accuracy across all tested families, based on DFA. A transformation grid for visualizing a shape change was taken where the group originating from cryopreserved sperm differed from that originating from fresh sperm at 9 measured points. Generally, fish originating from fertilization with cryopreserved sperm had a smaller head, lower back and narrower caudal peduncle than those originating from fresh sperm. However, I found no significant difference ($p > 0.05$) between the length or the weight of the individuals.

My researches raise attention to the importance of the suitable cryopreservation protocol and also to the effects of the sperm cryopreservation on the next generations. The cryopreservation might have an effect on the morphometry on the fish which can not be identified by measuring them. This topic requires more researches before place this method in concrete commercial application.

Forrás (source): <https://doktori.hu/index.php?menuid=193&lang=HU&v id=27507>



- › VIDÉKFEJLESZTÉS
- › AGRÁRSZAKKÉPZÉS
- › TERMÉSZETMEGŐRZÉS

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

Főszerkesztő (Editor-in-chief): BENE Szabolcs (Keszthely)

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

Szerkesztőbizottság (Editorial board):

ROSATI, Andrea (Róma, Olaszország),	HOLLÓ Gabriella (Kaposvár),	NAGY Szabolcs (Keszthely),
MANABE, Noboru (Osaka, Japán),	HULLÁR István (Budapest),	POLGÁR J. Péter (Keszthely),
ANTON István (Budapest),	HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),	POSTA János (Debrecen),
DUBLECZ Károly (Keszthely),	KOMLÓSI István (Debrecen),	RÁTKY József (Budapest),
FÉBEL Hedvig (Budapest),	KOVÁCSNÉ Gaál Katalin (Mosonmagyaróvár),	SZABÓ Ferenc (Mosonmagyaróvár),
GÁSPÁRDY András (Budapest),	KUSZA Szilvia (Debrecen),	URBÁNYI Béla (Gödöllő)

Technikai szerkesztő (Technical editor): BENE Szabolcs (Keszthely)

Szerkesztőség: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztés Tudományok Intézet
(Editorial office): (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Sciences)

MATE Georgikon Campus
8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
Telefon: (+36) 83 545 398
Mobil: (+36) 30 633 3278
E-mail: bene.szabolcs.albin@uni-mate.hu

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

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

Felelős kiadó (Publisher): FÜREDI Kornél ügyvezető, Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.

ISSN 0230-1814 (Nyomtatott) ISSN 3003-9932 (Online)

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 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8800Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

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

Nyomdai kivitelezés: Séd Nyomda