

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2025. 74. 3

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



> A muraközi ló napjainkban

> A süllő domesztikációja és nevelése

> Szemléletek és szereplők a hazai állattenyésztés világából

> Borjúnevelés angus állományban

> Növendék húsmarhák takarmányozása

TARTALOM - CONTENTS

<i>Holló Gabriella – Szabó Ferenc: Szemléletek és szereplők az állattenyésztés világából a reformkortól napjainkig az MTA Pécsi Területi Bizottságának régiójában (Perspectives and persons from the world of animal husbandry from the reform era to the present day in the region of the Pécs Regional Committee of the Hungarian Academy of Sciences)</i>	175
<i>Molnár Tamás – Marton Csaba – Benedek Ildikó – Urbányi Béla: A süllő (Sander lucioperca L.) domesztikációja és intenzív nevelése során fellépő változások - Irodalmi áttekintés (Changes occurring during the domestication and intensive culture of the pikeperch (Sander lucioperca L.) - Literature review)</i>	193
<i>Szabó Kitti – Kovács-Mesterházy Zoltán – Pongrácz László – Tózsér János: A muraközi ló szerepe és megőrzésének lehetőségei napjainkban (The role of the Muraközi horse and conservation options today)</i>	206
<i>Demény Márton János – Szűcs Márton – Tózsér János: A növendék húsmarhák takarmányhasznosítását befolyásoló biológiai sajátosságok, és szelekciós lehetőségek (Biological characteristics influencing feed efficiency in growing beef cattle and selection possibilities)</i>	220
<i>Galambos Petra – Asbóth Zoé Orsolya – Szakács Attila – Bene Szabolcs – Polgár J. Péter: Borjúnevelési teljesítmény vizsgálata angus állományban (Examination of calf rearing performance in Angus herd).....</i>	238
A 2024-ben sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói - harmadik rész (Summaries of PhD dissertations in the year of 2024 - part three):.....	248
<i>Halász Tibor: A nagy amerikai májméltely (Fascioloides magna) előfordulása a Dél-Dunántúlon (Occurrence of the large American liver fluke (Fascioloides magna) in South Transdanubia)</i>	248
<i>Kádár Róbert: Lovak viselkedésének etológiai kockázat-elemzése és annak egyes kórtani vonatkozásai (Ethological risk assessment of the behavior of horses and its pathological aspects)</i>	252
<i>Torma Tímea Ágnes: A mechanikai hatás vizsgálata a keltethetőségre (Investigation of mechanical impact on hatchability)</i>	256

Címlap kép (Frontpage photograph)

Magyar tarka tehén a borjával (Fotó: POLGÁR Péter)
Hungarian Simmental cow with her calf (Photo: Péter POLGÁR)

Szemléletek és szereplők az állattenyésztés világából a reformkortól napjainkig az MTA Pécsi Területi Bizottságának régiójában

Perspectives and persons from the world of animal husbandry from the reform era to the present day in the region of the Pécs Regional Committee of the Hungarian Academy of Sciences

HOLLÓ Gabriella - SZABÓ Ferenc

ÖSSZEFOGLALÁS

„A múltba nézz, hogy a jövőt lásd!” A magyar állattenyésztés fejlődését az elmúlt 200 év során különböző szemléletek formálták. A jelen tanulmányban ezek kerülnek bemutatásra és azok a fontos szereplők: az állat fajták és az állattenyésztők, akik a reformkortól kezdődően nagymértékben befolyásolták a magyar állattenyésztés fejlődését, kiemelten az MTA Pécsi Területi Bizottsága régiójában.
Kulcsszavak: állattenyésztés, történet, szemléletek, személyek

Summary

„Learn from the past to anticipate the future!” This study examines the development of Hungarian animal husbandry over the past two centuries from multiple perspectives. It describes key participants, animal breeds, and livestock breeders who have contributed to the progress of Hungarian livestock breeding since the reform era, with a particular focus on the region of the Pécs Regional Committee of the Hungarian Academy of Sciences.

Keywords: animal husbandry, history, perspectives, persons

1. Bevezetés

Mindennek van története, így az állattenyésztésünknek is, ami szorosan összefügg a magyar történelem korszakaival. Történelmi vonatkozásban a „forradalom” kifejezés mélyreható és radikális átalakulást jelent, az „ipari forradalom” kifejezést pedig olyan úttörő technológiák bevezetése a gazdaságban, amik hatása az egész társadalomra kimutathatóak. Az állattenyésztés első forradalma kb. 10000 évvel ezelőtt zajlott le, és ez a folyamat az állatok háziiasítását (domesztikációját) jelentette. Ezt követően a második mezőgazdasági forradalom a 18. század második felében ment végbe és az ipari forradalom vívmányainak megjelenését jelentette az agráriumban. Ezek az eredmények, Magyarországon a reformkorban jelentek meg mint újítási, modernizációs törekvések, főleg a magyar nemesség kezdeményezésére a polgári átalakulás és nemzeti függetlenség jegyében. Jelenleg a mezőgazdaság negyedik, illetve egyes vélemények szerint már az ötödik forradalmát éljük, amely a digitális mezőgazdálkodás területén folyik, és a „smart” azaz az intelligens gazdálkodás középpontjába az emberközpontú mesterséges intelligenciát helyezi. A dolgozat célja, hogy a magyar állattenyésztés elmúlt 200 évében lezajlott fontosabb szemléletváltozásokat bemutassa és megemlékezzen a magyar állattenyésztés azon szereplőiről, akik hozzájárultak Magyarország, kiemelten a Pécsi Akadémiai Bizottság régiójában az állattenyésztés fejlődéséhez.

2. Szemléletek

A mezőgazdaság újkori forradalma a 18.-19. században változtatta meg a gazdálkodás évszázados folyamatát. A magyarországi állattenyésztő gazdálkodást ezidőben két típus jellemzi, az ősi kizárólag a szabadban őrzött rideg állattartás és a modernebb részben vagy egészben istállóban, vagy majorságokban folyó gazdálkodás. Ez utóbbi főleg a dunántúli állattartásra jellemző.

A reformkorban az agrártermelés homlokterébe az állattenyésztés intenzív irányú fejlesztése került. A szemléletváltozásban első és legfontosabb felismerés a szakismeretek terjesztésének fontossága. Már a 18. században létrejöttek azok az agrárképzési intézmények, amelyekben elindulhatott az agrároktatás. Európa első felsőbb mezőgazdasági tanintézménye, a keszthelyi Georgikon, amit *Nagyváthy János* jószágigazgató tanácsára gróf *Festetics György* alapított 1797-ben. Az intézmény, nevét az alapító keresztnevéről és Vergilius híres tankölteményéről kapta. A Georgikon címerében József nádor látható, aki egy eke szarvát megfogva szánt római korabeli öltözékben, így emlékezve a nádor 1801-évi látogatására. A tanárok között, a kor legnagyobb mezőgazdasági szaktekintélye *Kisszánthói Pethe Ferenc* is megtalálható. Az első magyar mezőgazdasággal foglalkozó szakkönyvek írói ők voltak, és már az állattenyésztés kérdéseivel is részletesen foglalkoztak. Később is számos az állattenyésztés általános kérdéseivel foglalkozó tan- és szakkönyv született. Az első „általános állattenyésztéstan” című könyv 1871-ben jelent meg *Tormai Béla* szekszárdi születésű állatorvos tollából, aki a Georgikonban is oktatott, ezt követően *Schandl József* (1924): *Állattenyésztés enciklopédiája*, *Horn Artúr* (1955) *Általános állattenyésztési ismeretek*, *Horn Artúr* (1959) *Állattenyésztési enciklopédia*, majd *Állattenyésztés* 3. kötetes tankönyv (1979), amely sertésenyésztési részének zömét *Kovács József*, a halászati részét

pedig *Mitterstiller József* keszthelyi tanárok írták. A *Nagy Nándor* Az állattenyésztés alapjai (1997), *Horn Péter* (1999) Állattenyésztés I-III és *Szabó Ferenc* által szerkesztett Általános állattenyésztés (2004, 2015), Állattenyésztéstan (2006), stb. c. tankönyvek szintén segítették az agrár-felsőoktatásban tanulókat és gyakorlati szakembereket az alapvető állattenyésztéstan ismeretek elsajátításában, tevékenységükben.

Az agrártudomány, és ezen belül az állattenyésztéstan elkülönülése, más tudományoktól a kiegyezést követő évtizedekben történt meg, ekkor alakultak ki a szakoktatás mellett a szakigazgatás szervezetei, szakmai társulatok és egyesületek, amelyek megalapozták a magyar mezőgazdaság tudományos-oktatási kereteit. *Csapó Dániel* Tolna vármegye alispánja és országgyűlési követe, ezidőben javaslatot dolgozott ki a mezőgazdasági szakoktatás megszervezésére, amit az országgyűlés el is fogadott.

A 20. század közepéig a dél-dunántúli régióban középfokú képzőhelyek (mezőgazdasági technikum és szakiskolák) működtek, kivéve a Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémiát. Országos kutatóintézet hálózat jött létre, így Keszthelyen is jelentős állattenyésztési osztállyal működött a Délnyugat-Dunántúli Mezőgazdasági Kísérleti Intézet, amelyet később összevontak az akadémiával. 1960-ban merült fel a régióban egy további felsőfokú képzőhely létrehozására az igény. Az első elképzelések szerint ez Baranya megyében valósult volna meg, de később mégis a somogyi megyeszékhely, Kaposvár mellett döntöttek. Így Kaposvárot, 1961-ben Felsőfokú Mezőgazdasági Technikum (vezetője: *Guba Sándor*), 10 év múlva Mezőgazdasági Főiskola, majd agráregyetem (Keszthelyi Agrártudományi Egyetem, majd a Pannon Agrártudományi Egyetem Kaposvári Kara, Kaposvári Egyetem, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem MATE Kaposvári Campus, Georgikon Campus) jött létre. Jelenleg az állattenyésztési szakemberek képzése a MATE állattenyésztő mérnök alapképzési és mesterképzési szakjain történik. A felsőfokú szakember képzés mellett, a tudományos és tudományterjesztő feladatokat a Magyar Tudományos Akadémia Pécsi Akadémiai Bizottság IV. Agrártudományok Szakbizottsága látja el immár 55 éve, ily módon is összefogva a régióban dolgozó agrárszakembereket. A PAB vezetésében, mint alelnök *Horn Péter* és *Kovács Melinda* vesz részt, a szakbizottság elnökei *Buzás Gyula*, *Csapó János*, *Szendró Zsolt* és *Nagy István* professzorok voltak.

Az újkori, tudatos állattenyésztés kezdetén, az első szemléletváltás a fajták létrehozása és az új fajták tenyésztésével kapcsolatos. A 19. század során ugyanis az azonos életfeltételekhez alkalmazkodó, de nagyobb teljesítményű állatcsoportok, ún. kultúrfajták alakultak ki, elkülönülésükkel jelezve az irántuk, termékeikre irányuló keresletet. Az állattartás ekkor érkezett arra a fejlődési fokra, ami már több mint „csak” az állatok tartása, és átalakult egy céltudatos állati termék-előállítási folyamattá, ami az állatok tenyésztését és nemesítését jelenti. Ez utóbbi célja a következő nemzedék szülőinek kijelölése, vagyis a tenyészállatok kiválasztása (mesterséges szelekció). A fajták kialakulásánál két hatással számolhatunk. Az egyik az ún. röghatas (ősi fajták) a másik pedig az ember befolyása (nemesített és kultúrfajták), ez az említett mesterséges kiválogatás (szelekció) folyamata. A gazdasági haszonállatainknál a fajtakérdés tekintetében az elmúlt 200 évben mindig is nagy viták folytak. Ennek oka az, hogy állattenyésztési szempontból a fajta a legkisebb rendszertani egység (állattani szempontból: a faj) és jelentő-

sége az adja, hogy meghatározza a fajtába tartozó egyed gazdaságilag fontos minőségi és mennyiségi tulajdonságait (értékmérőit). Ebből következik az, hogy az egyes korszakokban az a fajta került előtérbe, melynek a tulajdonságai a legjobban megfeleltek az adott kor idényeinek. A 200 év során a nagy termelőképesre szelektált fajták kiszorították a hagyományos, őshonos fajtákat, így ezek megőrzése fontos állami feladat lett, amire Magyarországon a világon az elsők között felhívták a figyelmet (Bodó, 2015). A világ egyik legkritkább és legveszélyeztetettebbnek tartott juhajtája, egyébként éppen régióink fajtája a Tolna és Baranya megyei sváb juh, a cikta. A német betelepülők hozták magukkal a 18. században Magyarországra. A fajta különlegességét az adja, hogy már csak Magyarországon létezik, az eredeti helyén (Bajorország) már kihalt.

Másik oldalról tekintve, előtérbe kerülnek olyan fajták, melyek az egész világon elterjedtek un. „világfajttákká” válnak, köszönhetően a kedvező termelési eredményeiknek és/vagy alkalmazkodóképességüknek.

Már *Nagyváthy János* felhívta a figyelmet, hogy „a fajzásra (a helyes fajták megválasztására) semmi gondot nem fordítunk és a tenyésztést restségből vagy tudatlanságból elmúlattjuk.” A fajták tenyésztése, nemesítése együtt járt egy új szemléletmód a tenyésztéstudomány kialakulásával, ami az állatok származási, a termelési (az egyedi teljesítmények) eredményeinek rögzítését, törzskönyvezését és a termelési adatok ellenőrzését jelentette. Ez a komplex a tenyésztési és nemesítő munka minden lépését magába foglaló egységes rendszer a tenyésztésszervezés.

A szervezett magyar állattenyésztés előjárójának gróf *Széchenyi Istvánt* tekintjük, akinek kezdeményezésére jött létre a Lótenyésztési Társaság 1828-ban, majd 1830-ban az Állattenyésztő Társaság. Az egész ország tenyésztésszervezését az 1885-ben létrejött Országos Törzskönyvelő Bizottság látta el, amely 64 éven keresztül működött. Az Országos Magyar Gazdasági Egyesület (OMGE) megalakításában a tengelici *Csapó Dániel* is részt vett, amelynek 1839-ben alelnöke lett. *Döry Dénes*, a dombóvári uradalom bérloje szintén alelnöke volt ennek a társaságnak. A hazai tenyésztésszervezési rendszer *Wellmann Oszkár* és *Konkoly-Thege Sándor* nevéhez köthető.

Az 1920-as trianoni békeszerződés után, az állattenyésztés fejlesztésére tett törekvések közül kiemelendő, a törzskönyvezési rendszer megújítása, a termelés ellenőrzés és a paraszti gazdaságok fokozottabb támogatása, melyek során országos tejelő versenyeket (*Újhelyi Imre*) és Országos Mezőgazdasági Kiállítás és Vásárt rendeztek. A törzskönyvezés egyik feltétele az ismert származás, a megfelelő küllem és a fajtabélyegek mellett a kiválogatás alapja a küszöbtejesítmény meghatározása. 1936-ban a Római Nemzetközi Egyezményhez történő csatlakozással, nemzetközileg is elismerték a Magyarországról vásárolt tenyészállatok származását és teljesítményét.

Az első időszakban a tenyészállat kiválasztásában, ugyanis a küllemi bélyegek alapján történő kiválasztás dominált, és kevésbé az állat teljesítőképesége. Ez a szemlélet vezetett a „formalizmus” alapján történő tenyész kiválasztáshoz. A korszerű állattenyésztésnek egy fontos feladata *Horn Artúr* (1944) szerint, hogy megfelelő technikai eljárást dolgozzon ki az egyes állatfajok és fajták részére, hogy a tenyészérték az, ivadékok teljesítménye alapján minél tökéletesebben megállapítható legyen. A formalizmussal szemben a gazdasági haszonérték

fontosságát hangsúlyozta, céltudatosan törekedve a gazdaságilag hasznos és biológiai szempontból fontos tulajdonságok kialakítására és valóban ezeket állítjuk a tenyésztési törekvések homlokterébe. *Horn Artúr* a Magyar Agrártudományi Egyetem Keszthelyi Mezőgazdasági Karának oktatója volt 1947-49 között.

A 19. századtól egészen a 20. század elejéig főleg a fajtatiszta tenyésztés a jellemző, ugyanakkor minden gazdasági állatfajon belül már jól elkülönülnek a különböző hasznosítási típusok. A tenyészállatok kiválasztása az egyedek saját külleme és teljesítménye alapján történt és a fenotípus (küllem) alapján végeztek ún. tömegszelekciót. A lótenyésztésben, például a szelekció a teljesítmény alapján történik, majd az utódvizsgálat, végül az értékes vonalakon belüli rokonpárosítás jellemezte a tenyésztéspolitikát (*Veress és Dunka, 2003*).

Gróf *Festetics Imre*, a Georgikon alapító *Festetics György* testvére finomgyapjas merinó juhokkal végzett kísérletének eredményeit, a beltenyésztésről (*Über Inzucht*) és az öröklődés néhány fontos alapelvéről (*Die genetischen Gesetzen der Natur*) már 1819-ben publikálta. Megállapítása megfelel *Gregor Mendel* második, ún. hasadás törvényének (*Gregor Mendel* később, 1822-ben született). A mutáció alapelvét megfogalmazva, megelőzte *Hugo de Vries* munkásságát, és elsőként használta a „genetika” kifejezést a szakirodalomban, a tudományágnak nevet adó *William Bateson*-t előtt (*Szabó és mtsai, 2025*).

A következő szemléletváltás akkor következett be, amikor a haszonállatfajták teljesítőképesége fajtatiszta tenyésztéssel már csak lassú ütemben javult, és a fajták tisztavérű tenyésztése helyett inkább a fajtán belüli vonalakat vagy különböző fajtákba tartozó egyedeket párosítottak egymással a szelekciós előrehaladás érdekében. Ez a tenyésztési eljárás a keresztezés. Az így megszületett ivadékok, a keresztezett egyedek több tulajdonságban felülmúlták a szülők eredményeit. Ezt a jelenséget heterózis hatásnak nevezzük, melynek gyakorlatba történő átültetése *Horn Artúr* nevéhez fűződik. A keresztezéssel új kompozit (szintetikus) fajta, (vagy hibrid) állítható elő. Erre példa a szarvasmarha-tenyésztésben a tejelő magyar barna, tejelő magyar tarka és a hungarofríz konstrukciók. A magyar tarka fajta hiányosságainak gyors kiküszöbölésére, az egységnyi élősúlyra jutó tejtermelés optimalizálására a jersey fajta annak is a dán változatával történő keresztezés javasolta *Horn Artúr*. Ez a keresztezési munka 1955-ben indult meg és létrehozták az ún. „Jersey Club”-ot.

A szemléletváltásban mérföldkő a modern tenyésztéstudomány létrejötte, mely új megközelítésében már nem az egyed szintjén, hanem a populációkra vonatkoztatva vizsgálja a fontos értékmérőket és ehhez a populációgenetika módszereit alkalmazza. A fenotípusos teljesítményt kialakító sok gén által meghatározott tulajdonság(ok) és a környezet befolyásoló hatása ellenére is sokkal hatékonyabb szelekció végezhető ily módon. A matematikai statisztikai módszerek bevonásával mérhetővé vált az egyes tulajdonságok örökölhetősége (h^2 -érték) így pontosabban megállapítható az adott állat tenyészértéke. Az alkalmazott szelekciós indexekben pedig több tulajdonság értékelhető egyszerre, eltérően súlyozottan így arra vonatkozóan összevont tenyészérték becsülhető (*Dohy, 1999*). A soktényezős egyenletrendszeren alapuló tenyészértékbecslési rendszer (BLUP) bevezetésre kerülését a számítástechnika fejlődése tette lehetővé.

A szelekciós előrehaladás gyorsítását két technikai mérföldkő segítette. Az egyik a szaporítási eredmények javításával a kiemelkedő egyedek minél nagyobb

utódszámának biztosítása, és az azt elősegítő biotechnikai és biotechnológiai eljárások fejlődése. *Kállai László* megfogalmazása szerint, „Biotechnikai eljárásnak tekintjük a genetikai ellenőrzés alatt álló folyamatok specifikus fizikai és kémiai tényezőkkel való befolyásolását. A biotechnológia... folyamat, amelyet sejtek vagy azok sejtjénél kisebb elemei hajtanak végre, amelynek valamilyen öröklődő tulajdonságait a hasznosíthatóság érdekében módosítják, illetve melynek természetes öröklésmenetét megváltoztatják.” Ezek jelentősége, főleg a hosszú generációs intervallumú (generációs intervallum: nagyszülők életkora unokáik születésekor) állatok (szarvasmarha, ló) esetében kiemelten fontosak. A biotechnikai eljárások közül az első mérföldkő a mesterséges termékenyítés gyakorlatban történő elterjedése. *Csukás Zoltán* javaslatára Mesterséges Termékenyítő Hálózatot (1946) hoztak létre, hogy az ország világháborúk utáni elpusztult állatállományát megfelelő minőségű apaállatokkal pótolják. Az ország állatállományának kétharmada ugyanis elpusztult, és az igen értékes uradalmi törzstenyészetek szinte teljesen eltűntek.

A növénytermesztésben megjelent gépesítés és fajlagos hozamnövekedés az állattenyésztés korszerűsítését is indokolta. Az 1960-as évek elején a baromfi, sertés majd a szarvasmarhatenyésztés szakosítás programja került meghirdetésre. Az új szemlélet az iparszerű tartás az állattenyésztésben a tömeges méretű egyöntetű minőségű, olcsó és jól gépesíthető állati termék előállítás folyamatát jelenti.

A 20. században a szaporodásbiológiában alkalmazott, olyan további eljárások segítették a gyorsabb genetikai előrehaladást, mint pl. az ivarzások, ellések szinkronizálása, szuperovuláció, később az embrió előállításához a vértelen petesejt-nyerés, embrió-átültetés, ivar szerinti szexálás, klónozás, *in vitro* termékenyítés és a spermavizsgálatok (*Látits, 2006*).

A másik, fentebb már említett technikai mérföldkő, a legjobb genetikai értékű egyedek megbízható kiválasztását segítette elő. A hústípusú állatok szelekciójában szemléletváltást jelentett, hogy a digitális képalkotó eljárások alkalmazásával a tenyészállatjelöltek saját teljesítmény vizsgálata roncsolásmentesen megvalósulhatott, az *in vivo* testösszetétel meghatározása révén. *Horn Péter* szabadalma a többcélú CT-hasznosítási eljárás, amelynek révén röntgen komputeres tomográfia (CT) létesült Kaposváron, Nemzeti Bank és Világbank támogatással 1990-ben. A gyakorlatban elterjedten használt hasznos szelekciós képalkotó segédeszköz lett az ultrahangos eljárás, amit a testösszetétel előrejelzése (hús-, zsirtartalom) mellett a szaporodásbiológia is alkalmaz.

A fenotípusos tenyésztérbecslés mellett, a genomikai tenyésztérbecslés kap egyre nagyobb szemléletformáló szerepet, ennek az előnye az, hogy már akár magzati korban elvégezhető az adott egyed tenyésztérbecslése, ami még nagyobb mértékben csökkenti a generációs intervallumot (*Bognár, 2013*).

Elsőként, un. nagy hatású gének feltárása történt meg, pl. a halotán génmutáció, amely stressz szindrómát ugyanakkor nagy színhústartalmat eredményez a sertésnél, a törpeség, amely befolyásolja a testméretet brojlerben, a szuperizmoltság szarvasmarhánál, vagy éppen a szaporaságot növelő un. booroola gén juhokban. A nagy hatású géneket a molekuláris genetika által elérhető új térképező eszközökkel mutatják ki. A közelmúltig ez nem volt lehetséges, és a szelekció a valódi génhez közeli marker lókuszokhoz kötötten végezték, innen ered a „marker-asszisztált szelekció” (MAS) kifejezés. A markereket fehérjevariánsok felhasználásával tipizálták, most a markerek már kizárólag a DNS-polimorfizmu-

son alapulnak és a mennyiségi tulajdonságok (QTL) lókuszaikhoz kapcsolódnak. Vannak olyan tulajdonságok, amelyek csak az egyik nemben fejeződnek ki, így pl: a tejelő szarvasmarha-tenyésztésben a markerek alkalmazása lehetővé tette a bikák tejtermelő-képességére vonatkozó tulajdonságok szerinti előszelekcióját. A leggyakoribb markerek mikroszatellitiek (változó számú ismétlődés található ugyanazon rövid szekvencián a lókuszon), vagy az egy pontos nukleotid polimorfizmusok (SNP, egy nukleotid hely amin több allélváltozat van ugyanazon a helyen). Ma már elérhetőek olyan mikrochipek, amelyek több ezer vagy akár több százezer SNP van, lehetővé téve a genom szelekciót (*Fésűs és mtsai, 2000; Anton, 2023*).

A 20. század végén egyre népszerűbb az ökológiai szemléletű állattenyésztés, amelynek célja az egészségmegőrző hatású élelmiszer alapanyag előállítás és a környezet épségét is óvó gazdálkodás (*Radics és Seregi, 2005*). *Buday-Sántha Attila* szerint „az ökotermelés speciális minőség előállítására törekvő, humán és állat-egészségügyi, állatjóléti és környezetvédelmi követelményeket kiemelten kezelő termelési mód”. (*Buday-Sántha Attila*, a PTE oktatója volt, korábbi szakbizottsági titkár). Az ökológiai állattartás és tenyésztés szép példája az 1985-ben kezdetben Gálósfán, majd Bőszénfán kialakított tájgazdálkodási központ, a zárttéri gímszarvas-tenyésztéssel (vezetője: *Nagy János*). Ökológiai szemléletű őshonos állatfajtákat bemutató állatpark pedig Keszthelyen (Festetics Imre Állatpark) létesült, 2002-ben.

A fogyasztói igények megfelelően, az állati eredetű termékek minősége és fogyasztásának humán-életteni hatásai, az előállított termék élelmiszerbiztonsága, annak toxinmentessége egyre fontosabb lett és hangsúlyosan formálta a termék előállítás folyamatának szemléletét (*Kovács F., 2002*). Ma az un. „one health” szemlélet terjedt el, ami holisztikus megközelítésben a talaj-növény-állat-ember komplex egységében értékeli a mezőgazdasági folyamatokat (*Kovács M., 2025*).

A tej és a hús kémiai és táplálkozásbiológiai összetételének meghatározása, a humán-táplálkozási szempontból fontos aminosav-, zsírsavösszetétel és ásványi anyagtartalom laboratóriumi módszertani vizsgálata és az azt befolyásoló tényezők meghatározása is megjelent a kutatási szemléletben (*Csapó és Csapóné, 2002; Holló, 2007*).

Az állati eredetű termékekből, funkcionális élelmiszerek előállítása vagy hozzáadott értékkel rendelkező differenciált élelmiszer-alapanyag előállítása újabb kutatási irányvonalat jelent. Ez utóbbira példa, az un. A2 tej előállítása érdekében indított kutatási programok (*Pajor és mtsai, 2023; Asbóth és Polgár, 2024*).

Az állattenyésztésben végbement állománykoncentráció, az egyre nagyobb gazdaságok dominanciája radikális szemléletváltozást jelentett a 20. század végén, és a precíziós állattartás bevezetését eredményezte. A különféle digitális technikák (szenzor, drón, robotrendszerek) használatával a valós időben, és automata módon kerül monitorozásra az állatok egészségi állapota, termékenysége, termelése és a környezete. A mai modern állattartó telepeken elengedhetetlen ezen technikák használata, melyek működése során keletkezett „big data” feldolgozásához a mesterséges intelligencia alkalmazása kezdődött meg.

Az állattenyésztési szemléletet alakító stratégiai kérdések a harmadik évezred küszöbén a következők: a mezőgazdasági eredetű emissziók csökkentése, a fenntartható és regeneratív állattenyésztés biztosítása, a klímaváltozás mérséklése, valamint az antimikrobiális rezisztencia és a járványvédelem területe. A közelmúlt-

ban jelentkezett járványok, mint például a madárinfluenza, az afrikai sertéspestis, a ragadós száj-és körömfájás próbatételt jelentett a magyar állattenyésztés számára. Az adaptív technológiák alkalmazása, mint például a hőstressz csökkentésére szolgáló innovációk kidolgozása és az ökológiai lábnyom csökkentése a fenntartható állattenyésztés érdekében a jövő állattenyésztési szemléletét leginkább formáló és megválaszolendő kérdések.

3. Szereplők: az állatfajták és a tenyésztők

3.1. Az angol telivér, a gidrán, a hidegvérű ló, a lóversenyzés és a lovasoktatás

Angol telivér. Az angol telivér fajtát a tenyésztés koronájának tartják. Kialakulását három tényező, az angol állattenyésztési kultúra, a lóversenyzés és a kedvező környezeti feltételek szerencsés együtt állása segítette (*Fehér, 1990*). Magyarországi importja *Széchenyi István* gróf és *Wesselényi Miklós* báró nevéhez fűződik. Az angol telivér tenyésztést *Batthyányi Gusztáv* gróf honosította meg Kisbéren 1830 körül, majd az 1848-49 forradalom után emigrált gróf elkobzott birtokán alapítottak angol telivér és könnyebb típusú félvértenyésztet (Kisbéri félvér). Az uradalmak közül a *Festetics* család tulajdonában lévő Fenékpusztá méneséből származó lovak három évben is a legsikeresebbnek bizonyult az Osztrák-Magyar Monarchia versenypályáin, és az 1930-as évekre Közép-Európa vezető lótenyésztő központjává vált. A *Festetics* és a *Széchenyi* család egymással rokon kapcsolatban állt, gróf *Széchenyi István* édesanyja gróf *Festetics Julianna* volt.

A pej angol telivér mén, Fenék 1883-ban látta meg a napvilágot Fenékpusztán, *Festetics II. Tasziló* tenyésztésében. Kora kiemelkedő telivére volt: 1886-ban 50 hosszal nyerte a berlini derby-t. Később a kisbéri félvér egyik vonalalapítója lett. De több emlék maradt a híres *Patience* (Passziánsz) kanca után is, akit Kincsem utódának tekintettek, miután kilenc versenyéből kilencet megnyert. A gróf *Festetics György* által alapított Georgikonon ménesmesteri és lovászképzés is folyt, ezzel is megalapozva a *Festetics*-ménés hírnevét.

Tenyésztési szempontból a régióinkból kiemelkedő még Öreglaki ménes, amit 1890-ben alapítottak (gróf *Jankovich Bésán Gyula*), itt nevelték azt a *Maxim* (1905) sárga mént, aki a versenyzés mellett a tenyésztésben is sikeres volt, máig élő ismert törzs alapító a félvértenyésztésben.

Ugyancsak híres volt az Esterházyak oszori ménese, az itt lévő lovarda, a Habsburg Birodalom egyik legnagyobb lovardája volt. *Esterházy Miklós* herceg megbízásából *Francis Cavaliero* ménesigazgató 1858-ban hozta Oszorára *The Mermaid*-et, *Water Nymph* anyját, a csodakanca *Kincsem* nagyanyját, legnagyobb és legeredményesebb kancavonalunk megalapítóját.

Napjainkban a lótenyésztés teljesítményvizsgálati módszereinek korszerűsítése érdekében angol telivér lovak képességeinek objektív mérésére módszer került kidolgozásra, valamint populációgenetikai vizsgálatokat végeztek a fajtában. A mozgás minőség objektív értékelésére videó elemzési módszereket fejlesztettek ki a magyarországi angol telivér állományban (*Bokor Árpád*). A fajta molekuláris genetikai vizsgálataira vonatkozóan pedig új eredményeket *Anton István, Rózsa László* és *Husvéth Ferenc* közöltek.

Gidrán. A gidrán fajta (kialakulása: Mezőhegyesi ménes) a 20. század elejére Európa meghatározó anglo-arab jellegű fajtája lett és a világháborúkat követően tenyésztése Tolna, Baranya és Somogy megyékben vált meghatározó jelentőségűvé (*Mihók és Ernst, 2015*). A gidrán lovakat több alkalommal a Tolna megyei sütvényi ménesbe menekítették, először a Tanácsköztársaság idején, majd a II. világháború után, végül 1958-ban. A Sütvényi ménes alapítása a kiegyezés évében történt, amikor *Esterházy* hercegtől *Döry József* bérbe vette Sütvénypusztát. A ménes tenyészcélja a kitartó, gyors kancák tenyésztése volt, és a fő használati módjuk a fogatolás. A ménesből vásárolt lovat többek között az utolsó orosz cár II. Miklós is. Azok a kancák kerültek csak tenyésztésbe, amelyek az 50 km-es távot megerősítés nélkül teljesítették, azaz egy kilométert három percen belül. A *Döry* család 1906-ban a lótenyésztéssel felhagyott, de a nagy tenyészértékű állományt a Honvédelmi Minisztérium átvette.

1950-től Alsóleperdi Állami Gazdaság, majd a Dalmandi Állami Gazdaság vezette a gidrán fajta tenyésztését, de 1975-re már csak 17 törzskanca tartozott az állományba.

A gidrán fajta védelme érdekében, a Pécshez közeli Borodpusztán egy tenyészetet hoztak létre. A ménes alapításához felvásároltak bács kiskun gidrán tájfajta és a tolna-tamási gidrán tájfajta kancákat. A gidrán tenyészet vezetője *Ócsag Imre* volt. A ménest 1984-ben Szántódpusztára (avar kori településére, az első magyar ménes helyszínére) helyezték át, és a fajta fenntartásának jogát a Kaposvári Állattenyésztési Kar kapta meg (Pannon Agrártudományi Egyetem). A ménest *Antunovics Dániel* vezette. A szántódpusztai kevés számú férőhely miatt, a közeli Marócpusztára megvásárlásával a ménes rövidesen átkerült oda. Marócpusztán állt gróf *Széchenyi Zsigmond*, világhírű vadász és író egykori vendégháza. A maróci gidrán ménes kialakítását (nukleusz tenyészet) *Herczog Emil* fejezte be. A fajta rekonstrukciója érdekében angol telivér és arab lovakra alapozott genetikai programot dolgoztak ki. Ma gidránnak csak az a ló számít, amelyik vagy egy mezőhegyesi, vagy egy borodpusztai kancacsaládból származik, és 16 ükszüleje közül legalább hét a Gidran-vonalhoz tartozik (URL 1). Populációgenetikai vizsgálatokat a gidrán tenyészkancaik teljesítményvizsgálati adatbázisán újabban *Bene Szabolcs* végzett.

Hidegvérű ló. A hidegvérű ló elnevezés a német Kaltblüter szó tükörfordítása, ami nem az állat testhőmérsékletére, hanem annak nyugodt vérmérsékletére utal. Az 1860-as évektől kezdődött el a Dunántúl nyugati és déli területein a hidegvérű lovak terjedése. A hazai hidegvérű állomány *Monostori Károly* szerint a nehéz stíriai, karintiai és a nóri ló keverékeként létrejött tájfajta. A századforduló táján három típusa létezett a pinkafői (Vas, Zala megye), a hiencz ló (Vas, Győr Moson megye) és a muraközi (Vas, Zala megye). Somogy megyében pedig a sodrott ló alakult ki a Percheron hatására. 1907-ben Somogy és Baranya megyei gazdák kérésére a hidegvérű ló tenyészkerzeti beosztását módosították és már erre a két megyében kiterjesztették tenyésztését. A Dél-Dunántúl aprófalvas térségeiben ugyanis a hidegvérűek a nagyobb vonóerejük miatt alkalmasabbak voltak a mezőgazdasági munkára, főleg a németajkú (sváb) községekben terjedt el nagyobb létszámban. Baranya megyében a hegyháti, siklósi és szentlőrinci járásban, Somogy megyében pedig a fejlett állattenyésztésű községekben: Kisgyalán, Fonó, Büssü, Nagyberki, Somogyszil népszerű volt, de jelentős Kaposvár város hidegvérű

lótenyésztése is. 1906-tól Somogy vármegye területén a pécsi állattenyésztési körzetből kivéve önálló állattenyésztési felügyelőséget hoztak létre. *Brokés Rezső* vezetésével minőségi állattenyésztés kezdődött el, és a kaposvári állattenyésztési vásárok országos hírűek lettek. Fontos országos lóvásárok helyszíne Pécs és Szentlőrinc is. Az uradalmak közül a hidegvérű ló tenyésztésében gróf *Széchenyi Andor Pál* és gróf *Széchenyi Géza* Somogy megyei ménesei tűntek ki. 1933-ban alakult meg a Baranya Vármegyei Hidegvérű Lovat Tenyésztők Törzskönyvező Egyesülete. A hidegvérű lótenyésztés Baranyában címmel *Sziebert László* doktori értekezése 1943-ban jelent meg a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. A világháborúk után a Szentegáti Kísérleti Gazdaság és a Bólyhoz tartozó Békáspusztai méntelep, valamint a Görögali Állami Gazdaság állami tenyészetek fedezőménjei segítették a köztenyésztést. A Szentegáti gazdaság a *Biedermann* család, Békáspusztá *Montenuvo Nándor* herceg, míg Görögfal *Nádasdy*, majd *Stephanich* családok birtokain alakultak ki. A hidegvérű fajta fenntartását a rendszerváltásig a Hőgyési Állami Gazdaság és a Tengeliczi Termelőszövetkezet vette át. A rendszerváltást követően a tenyésztők a Magyar Hidegvérű Lótenyésztők Egyesületét hozták létre (*Baranyai Sándor*), napjainkban jelentős a magántenyésztők mellett a Bószénfai Tájgazdálkodási Központ kanca állománya. Bodó Imre közreműködésével sikerült visszahozni a muraközi hidegvérű lófajtánkat, melynek jelenleg már önálló tenyésztő szervezete van, amelyet *Kovács-Mesterházy Zoltán* és *Rácz Károly* vezet, akik szervezik a fajta fenntartását, terjesztését.

Lovassportok és lóversenyzés, a kaposvári és a keszthelyi lovasiskola. A 19. és 20. század fordulóján a lovas sportversenyek szervezése az „Úrlovasok Szövetkezete” elnevezésű egyesület feladata volt (*Ernst*, 2008). A versenyeken nem csak katonatisztek, hanem „civil” úrlovasok is indultak. Kaposvárott 1890-ben alakult meg ez az egyesület a megyeházán és vezetője gróf *Jankovich Bésán Gyula* volt. Az alapszabályzatban lefektették, hogy a versenyegylet célja az úrlovas sport művelése mellett a hazai versenyügy és lótenyésztés előmozdítása. Az első versenyt a Kaposvár melletti Szomajom község (ma: Kaposfő) legelőjén tartották meg. A vidéki díjugrató versenyek közül Szabadka után a következő vidéki versenyt Péccsett rendezték 1905. április 30-án. A vidéki lovas életben a távlovaglás jellegű versenyek jellemzőek, amelyek régiókban jellemzően Péccsett kerültek megrendezésre. A fogatversenyzés Magyarországon a 19. század első felében és az ügetőversenyzés történetéhez kapcsolódva alakult ki. Ennek hatására jött létre a magyar jukker (könnyű, gyors ügetésre alkalmas ló), így ezekre a versenyekre jó minőségű, gyors fogatlovak tenyésztése lett a célkitűzés.

Döry Lajos dombrádi ménésében tenyésztett Gazsi az első ügető versenyló, *Döry Jenő* túskei jukker ménésében pedig Pudré volt híres. Gazsi, 1882-ben a bécsi egyes fogatú nemzetközi versenyt megnyerte, 1879-1882 között minden versenytávon rekordot állított fel. *Döry Lajos* világcsúcsa 2,52,4 mp/km átlagidő, jobb, mint *Ambrose Clark* (USA) négyesfogatának eredménye. Az amerikai fogat csak 25 km-en produkált hasonló időt, míg a magyar négyesfogat átlagideje 105 km-es távra vonatkozik (Tamási-Balatonkenese Balatonfüred) és ezt 5 óra alatt tette meg pihenés nélkül! *Döry Lajos* négy hazai és nemzetközi győzelmével, a legeredményesebb magyar fogathajtó. A *Döry* négyesfogatok rendszeresen közlekedtek Dombóvár és Budapest között. (*Ulrich-Pozsonyi*, 2009).

Az 1890. évi Pozsony - Bécs fogatversenyen 7 fogat indult, ebből három fogatban *Döry* méneseiből származó lovak futottak. A magyar fogatolási módokkal és hajtóstílussal először gróf *Széchenyi Dénes* foglalkozott a Vadász és Verseny Lap újság cikksorozatában. Gróf *Széchenyi Dénes* nagyapja, Lajos, gróf *Széchenyi István* bátyja volt. A család egyik kastélya Somogyváron található.

A sütvényi méneseiből származó lovak közül több, eredményesen szerepelt nemzetközi versenyeken és az olimpiai játékokon: Neptun (Stockholmi Olimpia, ezüstérem díjlovaglás), Sellő (Berlini Olimpia, bronzérem díjugratás), Pandur (Berlini Olimpia, 5. helyezett, military).

A kaposvári lovasiskola a gidrán fajta megmentéséért jött létre és felépítése 1969-ben kezdődött el, *Sziklay Iván* vezetésével, majd öt évvel később megkezdődött a lovasoktató-képzés. A Kaposvári Lovasakadémia *Hecker Walter* vezetésével 1986-ban alakult meg, itt található Közép-Európa egyik legnagyobb fedett lovardája, ami nemzetközi szintű több világtupa verseny helyszínül szolgál. Jelenleg a lovas szakemberek képzése a Lótenyésztő, lovasport-szervező agrármérnöki alapképzési szakon folyik a MATE Kaposvári Campusán, ménesgazda képzés pedig Keszthelyen a MATE Georgikon Campusán, építve az egykor Keszthely-Szendrey telepen tevékenykedő *Magyar Imre* örökös díjlovagló bajnok által teremtett hagyományokra.

3.2. Szarvasmarhatenyésztés

A magyar tarka szarvasmarha és bonyhádi tájfajtája, szarvasmarha-tenyésztési kutatások. A 18. századtól kezdődő városiasodás hatására a lakossági igények megváltoztak, egyre inkább divatba jött a kávézás és a tejivás, illetve megnövekedett a tejtermékek iránti kereslet.

Ez a szarvasmarha-tenyésztőket arra ösztönözte, hogy a tehenek tejtermelését növeljék. Elsőként az *Esterházy* hitbizomány adott utasítást, hogy az uradalomban „svájccériát” kell létesíteni. Az agrártörténészek többsége ezt a majorbeli tehenészetet tartják a hazai tejtermelő szarvasmarha tenyésztés kiindulópontjának. *Esterházy* példája nyomán több dunántúli uradalomban - többek között a *Festetics* uradalomban is - létesítettek tehenészeteket, meghonosítva az új intenzívebb fajtákat. A másik irányvonal, jellemzően Tolna Baranya megyékben az volt, hogy az ide érkező német telepések magukkal hozták állataikat és a tejtermelő szemléletet, így megteremtve már a tejjgazdaság és az istállózott szarvasmarha-tenyésztés alapjait (*Bedő és Mészáros*, 2014). A 19. században a Tolna megyei sváb településeken már megtalálhatóak a jól tejtermelő tehenek és 1893-ban Hőgyészen a bonyhádi tájfajta szarvasmarha-tenyésztés fejlesztése érdekében tenyészállat vásárt is tartottak. A bonyhádi tájfajta kialakításában a sváb, bajor, frank telepések által hozott fajták vettek részt, a teheneiket magyar szürke bikákkal fedezték, majd lapály és borzderes bikák kerültek a megyébe. A tájfajta végleges kialakításában a berni bikák vettek részt. Az első berni importot *Döry Zsigmond* hozta be kisdorogi gazdaságába. A tájegységben tenyésztett szarvasmarha elnevezését „bonyhádi” *Perczel Dezsőnek* köszönhetjük. A 19 század végén a magyar földbirtokosok figyelme a szimentáli (Svájc) fajta felé fordult, és a folyamat már túlnőtt Tolna megyén és az ország egész területére kiterjedően importálták ezt a fajtát. A magyar pirostarka fajta térhódításának oka

az volt, hogy a gabona és gyapjúárak csökkenése okozta bevétel pótlására a tejelő szarvasmarha tartásból keletkező folyamatos tejértékesítés helyre tudta állítani a gazdaság pénzügyi egyensúlyát. A megtermelt tejet összegyűjtötték és tejszövetkezetek útján értékesítették, a régióban az első tejszövetkezet Baranya megyében jött létre. A szervezetek a tejellenőrzés mellett a tenyésztési adatokat is nyilvántartották. *Döry Frigyes*, az első tejszövetkezetek szövetségének vezetője, híres szarvasmarhatenyésztő paradicsompusztai birtokáról, mint mintagazdaságról Gombkötő Sándor írt a „*Jobaházi Döry Frigyes* „paradicsomi gazdaságának ismertetése” címmel.

A tejfeldolgozás és magyar sajtgyártás kiemelkedő alakja, *Döry Stefánia* 1882-ben kezdte meg a sajtgyártást 20 tehénnel. Az 1885-ös Országos Mezőgazdasági Kiállításra elküldött terméke díjat nyert, és a dörypatlani (ma Zomba, Tolna megye) trappista sajt Kassára és Miskolcra is eljutott. Az első világháború előtt a sajtgyár napi 2-3000 l tejet dolgozott fel. Keszthelyen *Schnaider Frigyes* foglalkozott a sajtminőség kérdéseivel.

Az egyetemi kutatások sorában elsőként, *Berke Péter*, a keszthelyi Georgikon oktatója 1958-ban felhívta a figyelmet a tehének tőgyének alakulására, és tőgybimbóinak fontosságára a gép fejés során. Jelentős tevékenysége volt a nagy tejtermelésű, egyenletesen tejelő, szilárd szervezetű, jó takarmány-értékesítő és húshasznosításra is megfelelő magyar tarka fajtaváltozat kitenyésztése.

Guba Sándor vizsgálatai során megállapította, hogy a magyar tarka tehének fejhetősége nem megfelelő, a gép fejés általánossá válásával ez a tulajdonság javításra szorul. E célból javasolta a tehénállomány fejhetőségének rendszeres vizsgálatát és az erre alapozott szelekciót.

Az ivadékvizsgálat fontosságára ugyancsak *Guba Sándor* hívta fel a figyelmet, hazai módszerének kidolgozását munkatársai is részt vettek. Boródpusztán az 1970-től, központos teljesítményvizsgálatban tenyész bikajelöltek hústermelő-képességét értékelték. A rokontenyésztés hatását vizsgálva megállapításra került, hogy a szarvasmarha kevésbé érzékeny erre a tenyésztési eljárásra, de érdemben az nem javítja értékmérőit, ugyanakkor a letális és szubletális betegségek rokontenyésztéssel jól kimutathatóak (*Guba Sándor, Wolf Gyula*). A szarvasmarha reprodukciós teljesítményének javítására először különféle előhasznosítási eljárásokat dolgoztak ki, majd az embrió-előállítás technikájának kidolgozása új lehetőséget jelentett a generációs intervallum csökkentésében, illetve a szelekciós előrehaladás gyorsításában (*Steffler József, Holló István*). A holstein-fríz fajta Magyarországi megjelenése és a fajtaátalakító keresztezések mellett a gazdaságok egy része kettőshasznosítású, de tejelékenyebb típust igényelt. Így merült fel a magyar tarka fajta red-holstein fajtával végzett criss-cross (váltogató) keresztezése. A módszer rugalmas és a faji sajátosságokhoz képest gyorsabb reagálást tesz lehetővé a változó piaci viszonyok között (*Wolf Gyula*).

Az 1970-es évek közepétől a szarvasmarha-tenyésztési szakosítási program eredményeként hazánkban új állattenyésztési ágazatként kialakult a húsmarhatenyésztés. E kutatási téma hazai vezetője *Szabó Ferenc* professzor. Munkatársaival Keszthelyen, fajtaösszehasonlító húsmarha tenyésztési kutatóbázist hozott létre és rendszeresen húsmarhatenyésztési rendezvényeket szervezett. A több évtizedes kollektív munka eredménye a húsmarha fajták fontosabb tulajdonságainak feltárása populációgenetika összefüggések, a keresztezések,

a heterózis hatások és genetikai trendek meghatározása. Az eredmények beépültek az utóbb készült, *Szabó Ferenc* (szerk.) Húsmarhatenyésztés (1998, 2005), *Holló István és Szabó Ferenc* (szerk.) Szarvasmarha-tenyésztés (2016) tan- és szakkönyvekbe is.

3.3. Juhtenyésztés

A magyar merinó és a juhtenyésztési kutatások. A merinótenyésztés fénykora 100 évre tehető, a 18 század közepétől a 19. század derekáig tartott, ekkor a nagybirtokokon rohamosan nőtt a fajta létszáma, ami a gyapjú iránti nagy keresletnek volt köszönhető. A legtöbb uradalomban nagylétszámú juhnyájak legeltek, Baranya megyében pl. egy 8746 holdas birtok esetében (Döry Jenő), 8357 hold legelőterület tartozott, lehetővé téve a legeltetéses állattartást.

Kaposváron, az első juhtenyésztési kutatások *Veress László* professzorhoz kötődtek. A juhágazat fő terméke a 1970-es években a gyapjú volt, így annak átvételi árát meghatározó szubjektív minősítést sok kritika érte. Ezt kiküszöbölendő, objektív műszeres vizsgálatok elvégzésére alkalmas laboratóriumban szolgálta a minőségi gyapjú-előállítás. Az 1980-as években, Ausztráliában felfedezett szaporaságot befolyásoló gén (booroola fecundity), öröklésmentének feltárása után a szaporaságra történő szelekció a kezdődött meg a juh fajban. A hazai szapora merinó fajtaváltozat és abból szapora merinó új fajtaként köztenyésztésre engedélyezett fajta kialakítása is *Veress László* közreműködése révén valósult meg. A tenyésztési irány a 80-as évekre megváltozott, mert a gyapjú iránti kereslet látványosan csökkent, míg a minőségi hústípusú hízóbáránnyok iránti kereslet megnőtt. A tenyésztési stratégia során hármas keresztezési konstrukciót használtak így előállítva a PANNONHYB - amerikai suffolk, texel és német húsmarinó keresztezésével előállított - szintetikus fajtát. Ökonómiai szempontból lényeges, hogy a vágóbáránnyokat optimális időpontban értékesítsék. Ennek pontos meghatározására, vagyis minimális faggyúborítottság és legjobb színhúskehízatal, in vivo CT vizsgálatokra alapozott testösszetétel vizsgálatokat végeztek (*Pászthy György, Lengyel Attila, Toldi Gyula, Mezőszentgyörgyi Dávid*). A juh tejtermelő-képességének fokozására tejelő fajtákat alkalmaztak (*Nagy Zsuzsanna*). A juhtej összetételére vonatkozóan megállapítást nyert, hogy annak biológiai értéke a kecsketejtől elmaradva a tehéntejhez hasonló. Sajtgyártásra a merinó, awassi és racka fajták teje alkalmasabb, mint a cikta, vagy cigája fajtáé (*Csapó János*).

3.4. Sertésenyésztés

A magyar nagyfehér és a Kaposvári Híbridsertés, sertésenyésztési kutatási eredmények. Sertésenyésztésben jelentős fordulat következett be a 19. században, a régi sertésfajták (szalontai, bakonyi, alföldi) eltűntek, helyét átvette a mangalica sertésfajta, melynek a leghíresebb törzstenyésztete József nádor kisjenői uradalmába behozott állomány volt. A mangalica fajta mellett berkshire és cornwall, valamint fehérhússertés volt az országban. 1925-re már 31 hússertés törzstenyésztetet tartottak nyilván (*Kecskés, 1991 cit. Veress és Dunka, 2003*). 1953-tól a nagy fehér hússertés nemesítési központja Keszthelyre helyeződött

Kovács József professzor vezetésével. Kiemelt feladat a szapora, jó takarmányértékesítő, edzettebb, a hazai viszonyokba beillő bacon-típusú fehér hússertés kitenyésztése volt (*Szabó és mtsai, 2025*). 1968-tól a mai modern nagyüzemi követelményeknek megfelelő hibridsertés előállítása valósult meg *Anker Alfonz* vezetésével Kaposvárott. A KA-HYB 32 hibrid 1972-ben lett államilag elismert fajta. A sertés előállítása a folytatható hibridizáción, rotációs keresztezésen alapult, a speciális tulajdonságokra kitenyésztett, szoros rokonságú apai vonalakat párosítottak nőivarú populációhoz. Az 1980-as években a hibridsertések létszáma folyamatosan itthon és külföldön is. Kaposváron fajtatiszta sertésekkel igazolták, hogy az ivar hatása jelentősen befolyásolta a súlygyarapodást és a fehérarú ill. színhús kihozatalt, ezért az ivadékvizsgálatban az ivararány fontos. A magyar nagyfehér hússertésben kimutatták, hogy a nagy alomból származó kocák kevesebbet fialtak, mint a kisebb alomból származók. Ez az anyai hatás szerepére irányította a figyelmet. A sertés szelekciós módszerek kidolgozását a tenyésztérbecslés módszertani fejlesztését és a BLUP módszer hazai adaptálását kaposvári kutatók (*Csató László, Farkas János, Nagy István*) valósították meg. A kutatási témák a sertés lábgyengeségi szindróma vizsgálatára, valamint a szélsőséges húsmínőség PSE hús előfordulás csökkentésére stresszrezisztens apavonalak kialakításával (*Kovách Gábor*), illetve a kansüldők ivari szagának csökkentésére irányultak (*Házás Zoltán*). A genotípus mellett a környezet hatásainak és a kettő interakciójának vizsgálata során különböző tartástechnológiai megoldások a gyakorlat számára is értékes eredményeket adtak. A sertések szelekciós célú továbbtenyésztésre történő válogatását CT-vizsgálatokra alapozva végezték *Horn Péter* vezetésével EU-s kutatási programhoz kapcsolódva (*Romvári Róbert*).

3.5. Baromfitenyésztés

Baromfitenyésztés és a kutatások eredményei. Az 1950-es évek közepéig a tojástermelésben a magyar fajták a meghatározóak. *Horn Artúr* kezdeményezésére új baromfifajták kerültek behozatalra ezek a new hampshire tyúk és a mulard kacsá. A Kaposvári Mezőgazdasági Főiskola első baromfitenyésztés oktatója, *Molnár László* kollektív gazdálkodás mellett létező az ún. "háztáji" gazdálkodás számára is támpontot adott szakkönyveivel (Jövedelmező állattartás háztájon, Tyúktartás háztájon, Háztáji baromfiólak építése és berendezése). Keszthelyen *Gerencsér Vilmos* tett sokat a baromfitenyésztés fejlesztéséért.

Az iparszerű baromfi és pecsenyecsirke termelés hazai meghonosítása *Burgert Róbert* Pécsi Állami Gazdaságok Központja vezetőjének nevéhez fűződik (URL 2). Már Pécsen megpróbálkozott az intenzív baromfitenyésztéssel, de Bábólnán sikerült ezt teljes körűen megvalósítani. Bábólnán gyakornok volt *Horn Péter*, aki 1972-ben vette át a Kaposvári Főiskola Baromfi és egyéb Kisállattenyésztési Tanszék vezetését.

Kezdetben a tenyésztési célt a tyúk esetében a nagyobb testtömeg és a fajlagos tojástermelés képviseli. A nemesítéshez első feladat ezen tulajdonságok örökölhetőségének ismerete. A kaposvári tesztállókban 1972-től kezdődően végezték különböző hibrid és fajtaösszehasonlító kísérleteket. A módszertani értékelésben több tényező hatásai (tartásmód, takarmányozás) váltak értékelhetővé. Egyes hibridek a nagyobb telepítési sűrűségre érzékenyebben reagáltak,

főleg a tojástermelési periódus második felétől. A több tojócikluson keresztüli létszámstabilizáló módszer kidolgozásával lehetővé vált az egy-egy ketrecben termelő tyúkcsoport teljesítményének állandó szinten tartása. Az első és a második tojóciklus teljesítménye között szoros genetikai kapcsolatot állapítottak meg. A genotípus és környezet interakció hatását vizsgálva szuboptimális környezetben a gyengébben öröklődő tulajdonságok esetén (tojástermelés) a heterózis hatás nagyobb, míg a közepesen (tojássúly) és jól öröklődő (testsúly) tulajdonságoknál a heterózis hatás azonos, vagy csökken, az optimális környezethez képest. Az apa x keresztezés és apa x környezet hatása a tojástermelésben jelentős. A zárttéri alternatív (non-caged) tojótyúktartási rendszer eltérően befolyásolja a tojástermelését a különböző hibrideknek. Pecsenyecsirkékkel végzett kísérletek eredményei rámutattak, hogy az ivari különbségek nagyobb hatással vannak az élőtömegre, mint a genotípus. A takarmányozás színvonalának javítása a kakasok teljesítményét növeli, a jércék sokkal kedvezőbben reagálnak a ketreces tartásra, a kakasok sokkal érzékenyebbek a keltetőtojás összetételére, mint a jércék.

A nagyüzemi modern pulykahús-termelési rendszerek 1960-1970-es években terjedtek el Magyarországon, a pulyka teljesítményvizsgálatokat Kaposváron 1974-től értékelték (*Perényi Miklós*). A hagyományos és modern hibrid teljesítményének összehasonlítása rávilágított arra, hogy a növekedési erélyben és az értékes húsrészek arányában bekövetkező változások döntő mértékben a szelekciónak köszönhetőek, és a takarmányozás szerepe mindössze 10% (*Sütő Zoltán*).

Az 1960-as évek végére a húsgalamb tenyésztés előtérbe került Magyarországon. A húsgalambok tartására szolgáló ketreces galambház épült a Kaposvári Mezőgazdasági Főiskolán *Ballay Attila* szabadalma alapján, kísérleti háttér céljából. Az ivari kromoszómákon öröklődő ezüstkakó gén pleiotróp hatását elemezve az embrionális elhalásra megállapítást nyert, hogy kétszeres dózisban 6,2%-kal növeli a mortalitást, az egyszeres dózisban hordozó nőivarú embriókhoz képest (*Meleg István*). A rokontenyésztés hatását vizsgálva, a legnagyobb teljesítménycsökkenés a vitalitásban mutatkozott, és mértéke eltérő a versenyposta és a hústípusú galambállományokban (*Lovas László*). A postagalambsportért létrehozott *Anker Alfonz* alapítvány egy évtizeden át működött Kaposvárott.

A lúdtenyésztési kutatások a keltethetőség javítására, a világitási programok és a takarmányozás hatása a ludak tojástermelésére, illetve viselkedésformákra irányultak, valamint a májtermelő-képességre (*Bogenfürst Ferenc, Molnár Marcell, Áprily Szilvia*). A tojásösszetételének különböző műszeres jellegű vizsgálatával *Milisits Gábor* foglalkozott.

3.6. Nyúltenyésztés, prémesállat tenyésztés és haltenyésztés

Nyúlfajták és nyúltenyésztési kutatások. Kaposváron, a nyúltenyésztési kutatások 1972-től kezdődtek el *Ballay Attila* vezetésével. A kutatást segítette, hogy a Bikali Állami Gazdaság rendelkezett nyúlistállóval. Kaposvárott új-zélandi fehér és kaliforniai fajtákkal kezdődtek meg a kísérletek. Jelenleg a világon egyedülálló módon a nyúltelepen három, az egyetem saját fajtáinak tenyésztése és fajtafenntartása folyik. Elsőként Pannon fehér fajta kapott állami elismerést. A következő nemesítési munka során egy anyai vonal került kialakításra, amelynek neve Pannon Ka (Kaposvári Egyetem első két betűjéből).

Szaporaságban, tejtermelésben és nevelőképességben a Pannon fehérnél jobb, azonban súlygyarapodásban gyengébb volt. A nemesítés során harmadikként egy nagytestű, befejező apai vonalat hoztak létre, ami pedig a Pannon nagytestű nevet kapta. A nemesítés során a CT-re alapozott testösszetétel vizsgálatok eredményeire támaszkodnak, kétirányú szelekciót folytatva először a karaj keresztmetszet, majd a comb súlyának növelése volt a szelekció célkitűzése. Ma a legtöbb magyar tenyésznyúl kaposvári eredetű, a kutatási tevékenység nemzetközi szintű kiszélesítése *Szendró Zsolt* akadémikushoz köthető.

Prémesállatok tenyésztése és haltenyésztési kutatások. A hazai prémes állatok tenyésztésének gyakorlati tapasztalatait *Lanszki József* összegezte ilyen című könyvében.

A Dél-Dunántúl gazdag folyó és állóvizekben és ez állattartás egy speciális formáját, az ártéri gazdálkodás, valamint a halgazdálkodás, halászat kialakulását eredményezte. Az 1889-es halászati törvény, már rendelkezett a bérleti jogokról, a dunai halászat jogát, vagy az alapítványi uradalmat illető sárvízi és egyéb kisebb vizek halászatát, először nagyvállalkozók, főleg halkereskedők, bérelték ki, ezek pedig újra továbbadták azt kishalászosoknak, feleshalászosoknak - írja „Duna mente népének ártéri gazdálkodása Tolna és Baranya megyében az ármentesítés befejezéséig” c. könyvében *Andrásfaly Bertalan*.

A halászati, halbiológiai kutatásokat, fejlesztéseket Keszthelyen *Mitterstiller József* kezdte el. Később e munkát *Bercsényi Miklós* újjá szervezte, folytatta, amely tevékenység jelenleg *Orbán László* vezetésével zajlik. Az 1970-es években épült kaposvári Hallaboratórium és az MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézete között együttműködési megállapodás keretében a hallgatók részt vehettek különböző balatoni kutatásokban. Az első hallaboratóriumi kísérletek ponty takarmányozással, majd a hígtrágya halastavi hasznosításával foglalkoztak (*Erős István, Hancz Csaba, Körmendi Sándor*). Az intenzív halnevelő kutatóbázist a Kaposvári Egyetemen 2016-ban adták át. Intenzív haltenyésztési technológiák kidolgozása és innovatív haltakarmányok kifejlesztése jelenleg itt történik (*Kucska Balázs*).

4. Következtetések, az állattenyésztési jövőkép összegzése

Általános érvényű következtetés, hogy bármely történelmi korszakot nézzük, az állattenyésztés sem fejlődhetett volna a különböző nézetek és szemléletek ütközése nélkül. Minden kornak van sajátos szemlélete, s ahogyan a világ változik, új igények lépnek fel. Az új igények, új szemléletet és felfogást, az pedig új cselekvést és változást eredményeznek. Az állattudomány hazai művelői mindig nyitottak voltak, és jelenleg készek a világtendenciák figyelésére, az új módszerek, más tudományterületek (genetika, informatika, robottechnika, mesterséges intelligencia) eredményeinek befogadására és alkalmazására az állattenyésztés fejlesztése érdekében.

A magyar állattenyésztés, hagyományokban gazdag elmúlt 200 évre visszatekintve a koronként változó szemléletek és gondolkodásmódok jól felismerhetőek. Sok esetben, a múlthoz ragaszkodó szemlélet a fejlődés gátja volt. Az állattenyésztés nagyjai, tudósai és dolgozó közemberei a visszahúzó múltnak üzentek hadat, amikor korszerű tudományos nézeteken alapuló új szemléletet jelöltek ki a fejlődés irányául. A múlt tanulmányozása azonban napjaink szakemberei számára

is fontos támpontot jelent, hozzásegít ahhoz, hogy kellő kritikával értékeljék a jelent, és döntéseiket felelősségteljesen, jövőorientáltan hozzák meg.

Állattenyésztésünk elmúlt 200 évének sajátossága a tulajdonviszonyokat és az üzemméreteket tekintve, a vegyes termelési struktúra – uradalom és kisparaszti gazdaság, szocialista nagyüzem és háztáji gazdaság, nagyüzemi állattartás és családi gazdaság –, és várhatóan ez a kettősség a jövőben is megmarad. Ebben a struktúrában kell a jelen nagy kihívásait kezelni – az állattartásból származó emissziók csökkentését, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást, az állategészségügy és az állatjóllét helyzetének javítását.

A két évszázad tapasztalatai azt mutatják, hogy az új kihívások megoldására mindig létrejöttek azok a tudományos műhelyek, akik a gyakorlati szakemberekkel együttműködtek és biztosították, a fejlődést.

Bízunk abban, hogy a múlt hagyományaira támaszkodva és a jelenkor kihívásait megoldva, a jövőben majd méltó utódok lépnek az előttük járó elődök örökébe.

5. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak *Szendró Zsolt* akadémikusnak (Kaposvár) és *Nagy Janka Teodóra* professzornak (Szekszárd) az ajánlott történeti-irodalmi forrásmunkákért, továbbá *Takács Istvánné* ny. gimnáziumi tanárnak, helytörténésznek, (Dombóvár) az Esterházy és jobaházi *Döry* család történetét is felfedő információkért, a kaposvári és a keszthelyi kutatásokat részletesen bemutató korábbi kiadványok, évkönyvek szerkesztőinek és szerzőinek.

6. Felhasznált irodalom

- Anton I.* (2023): Egy pontos nukleotid-polimorfizmusok szelekciós felhasználásának lehetősége hazai szarvasmarha- és sertésállományokban. *Állatteny. Tak.*, 72. 86–88.
- Asbóth Z. O. – Polgár J. P.* (2024): β -kazein típusok hatása az üzemi tejtermelésre. IX. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap.
- Bedő S. – Mészáros Gy.* (2014): A magyartarka kialakulása. In: *Steffler J.* (szerk): A magyartarka tenyésztése. *Magyartarka Tenyésztők Egyesülete*, 26–66.
- Bodó I.* (2015): A háziállatok géntartalékainak megőrzése. In: *Szabó F.* (szerk.) *Általános állattenyésztés*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, második kiadás, 414–420.
- Bognár L.* (2013): Új irányzatok a tejtermelő szarvasmarha-tenyésztésben. A genomikus tenyészértékbecslés. *Állatteny. Tak.*, 62. 367–373.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs.* (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Dohy J.* (1999): Genetika állattenyésztőknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Ernst J.* (2008): 100 év a magyar lovassport történetéből I. kötet (1872-1914). Cartaphilus Könyvkiadó, Budapest.
- Fehér D.* (1990): Az angol telivér Magyarországon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Fésüs L. – Komlósi I. – Varga L. – Zsolnai A.* (2000): Molekuláris genetikai módszerek alkalmazása az állattenyésztésben. Agroiinform Kiadó, Budapest.
- Holló G.* (2007): Egészséges marhahús. In: Szemelvények az OTKA támogatásával készült alap kutatások újabb eredményeiből. Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok. Budapest.
- Horn A.* (1944): A szarvasmarha törzskönyvelési adatok gyakorlati hasznosítása a tenyésztésben. *Magyar Állattenyésztés*, 6. 101–103.
- Kovács F.* (2002): Állati eredetű élelmiszer-előállítás, élelmiszerbiztonság, életminőség. *Magyar Tudomány*, 47. 1141–1146.

- Kovács M. (2025): A mikotoxinokról „egy egészség” (One Health) szemléletben. Agrárágazat. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-mikotoxin-elelmiszer-feldolgozas-klimavaltozas-mezogazdasag/>
- Látits Gy. (szerk.) (2006): Szaporodásbiológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Mihók S. (2017): A magyar hidegvérű ló. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft, Budapest.
- Mihók S. – Ernst J. (2015): A gidrán. Hagyományos magyar lófajták. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Pajor F. – Póti P. – Szabari M. G. – Holló G. – Kosztolányiné Szentléleki A. – Vertséné Zándoki R. – Bodnár Á. (2023): A jövő tejterméke? Az A2 tej termelési lehetőségei hazánkban. In: *Holló G. – Pekár A. (szerk.) Mit eszünk holnap? Alternatívák az élelmiszertermelésben és fogyasztási szokások egy változó világban.* Pécs, MTA Pécsi Területi Bizottság, 47–54.
- Radics L. – Seregi J. (2005): Ökológiai szemléletű állatiternék-előállítás. Szaktudás Kiadóház, Budapest.
- Szabó F. – Rózsa L. – Holló G. (2025): Állattenyésztési kutatások, fejlesztések, e téren meghatározó személyek Keszthelyen. *Állatteny. Tak.*, 74. 1–4.
- Ulrich A. – Pozsonyi J. (2009): A jobaházi Dóry család története. Rági magyar családok 8. Tiszántúli Történetész Társaság, Debrecen.
- Veress L. – Dunka B. (2003): Fejezetek a magyar állattenyésztés történetéből. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum és Mezőgazdaságtudományi Kara. Mezőgazda Kiadó, Debrecen-Budapest.
- URL1: <https://www.mezohegyeshirtok.hu/gazdasag/lotenyesztes/gidran/> Letöltve: 2025.08.23.
- URL2: Nemzeti Emlékezet Bizottsága Burgert Róbert <https://neb.hu/asset/phpzyGQa8.pdf> Letöltve: 2025.08.23.
- Érkezett: 2025. szeptember

Szerzők címe: Holló, G.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

*Szabó, F.**
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
*levelező szerző, e-mail: szabo.ferenc@sze.hu

A süllő (*Sander lucioperca* L.) domesztikációja és intenzív nevelése során fellépő változások - Irodalmi áttekintés

Changes occurring during the domestication and intensive culture of the pikeperch (*Sander lucioperca* L.) - Literature review

MOLNÁR Tamás – MARTON Csaba – BENEDEK Ildikó – URBÁNYI Béla

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Európai akvakultúra diverzifikációja és gazdaságossági megítélése szempontjából is kiemelt fontosságú süllőn az elmúlt két-három évtizedben végzett domesztikációs munka lehetővé tette a faj intenzív nevelését. Jelenleg a domesztikáció utolsó előtti lépcsőjén áll, miszerint a termelése már intenzíven megoldott, de szelekciós programok még nem indultak vele. Az intenzív nevelés hatására más fajokhoz hasonlóan megváltozott az anyagcsere, és felgyorsult növekedés volt megfigyelhető, befolyásolva ezzel a vázizomzat működését, szerkezetét, összetételét. Az intenzív nevelés gyengébb reprodukciós paramétereket eredményezett, azonban az újabb irodalmak már a domesztikált állományok sikeres hormonindukált szaporításról számolnak be. A süllő esetében a stressz és a pelletált takarmányra szoktatás jelenti az egyik legnagyobb kihívást a folyamat során, melyek esetében a domesztikáció jobban teljesítő, de stresszre érzékenyebb egyedeket hozott létre, és megváltoztatta a faj táplálkozási viselkedését. A pelletált táplálékra való áttérés nem kontrollált szelekciót okoz a lárvanevelés során, mely genetikailag is nyomon követhető, és befolyásolja az explorációs képességet is. Az intenzíven nevelt egyedek élő zsákmányon való predációja gyengébb, azonban megfelelő környezet-gazdagítással javítható. A genetikai kutatások igazolták génexpressziós szinten is a megváltozott anyagcserét és vizsgálták a stressz hatását, rámutatva az immunrendszert érintő változásokra is. A jelen irodalmi összefoglalás a folyamat során a fajnál bekövetkezett változásokat gyűjti össze, hogy háttérrel biztosítson a most kezdődő szelekciós programok kialakításához. **Kulcsszavak:** süllő, domesztikáció, viselkedés, genetikai változások

Summary

Objective: The pikeperch is of key importance in terms of diversifying and economic assessment in European aquaculture. Thanks to domestication efforts, it has been intensively farmed over the past two to three decades. It is currently in the penultimate stage of domestication, meaning that its production has been well established, but breeding programmes have not yet been initiated.

Literature review: As with other species, intensive farming has altered metabolism and accelerated growth, affecting the function, structure, and composition of skeletal muscle. Intensive farming has resulted in weaker reproductive parameters, but recent literature reports successful hormone-induced reproduction in domesticated stocks. In the case of pikeperch, stress and habituation to pelleted feed are among the greatest challenges in the domestication process. Domestication creates individuals that perform better but are more sensitive to stress, and it also changes the species' feeding behaviour. The transition to pellet feed causes uncontrolled selection during larval rearing, which is genetically detectable and affects exploratory ability. Intensively reared individuals are less successful at predating live prey, but this can be improved through environmental enrichment. Genetic research has confirmed altered metabolism at the gene expression level and examined the effects of stress on the immune system.

Conclusions: This literature review summarises the changes that have occurred in the species during this process, providing background information for the development of selection programmes, which are just beginning.

Keywords: pikeperch, domestication, behaviour, genetic changes

1. Bevezetés, domesztikáció az akvakultúrában

A halászatból származó fogások az 1980-as évek vége óta meglehetősen stabilak, de az emberi fogyasztásra szánt halak növekvő kínálatának fő forrása mára már az akvakultúra. A halak diverzifikációja az egyik módja a növekvő akvakultúra-termelés támogatásának, ami új fajok domesztikációját igényli. Egy új faj háziasítása hosszú, nehéz és költséges folyamat, és gyakran empirikus úton történik (*Teletchea és Fontaine, 2014*). A háziasítást a generációk során bekövetkező genetikai változások, minden generációban ismétlődő fejlődési folyamatok (pl. az ismétlődő környezeti események által kiváltott tanulás) és az egyes biológiai tulajdonságokat befolyásoló, a fogságban alkalmazott, tartási módok valamilyen kombinációjával érik el (*Price, 1999*). Egyes változásokat az emberek nem tudnak könnyen kontrollálni, mint például a beltenyésztést és a genetikai sodródást, amelyek az egyes generációkban használt tenyészállatok számától függenek.

A halak domesztikációja azonban eltér más haszonállatokétól. A biológiai alapját a csontos halaknál bekövetkezett múltbéli genom duplikációból adódó rendkívül magas genetikai diverzitás biztosítja (*Glasauer és Neuhaus, 2014*). A FishBase több, mint 35 800 halfajt azonosít (*Froese és Pauly, 2024*), ami egy potenciálisan nagy bázist jelent a domesztikáció számára. Azonban, a legjobb jelöltek azonosítása érdekében szükséges számos szempontt figyelembe venni, mint például kereskedelmi értékük, a termelési költségük, húsminőségük, fogságban való nevelhetőségük, valamint a már tenyésztett vagy háziasított fajokkal szembeni előnyei (*Milla és mtsai, 2021*). Ezeket is figyelembe véve a domesztikált fajok száma alacsony, mintegy harminc faj (tíz családból), amely ma domesztikáltnak tekinthető (*Teletchea, 2021*). Nehéz azonban egyértelműen meghatározni, hogy mi számít háziasítottnak a halak esetében. A haltermelés tenyésztési rendszereinek palettája széles, a tavakban történő termeléstől a recirkulációs akvakultúra-rendszerekben (RAS) történő intenzív termelésig terjed, amelyek mindegyike a háziasítás egy-egy sajátos útját kínálja (*Fontaine és Teletchea, 2019*). A halak háziasítását így dinamikus és végtelen folyamatként határozhatjuk meg, amely akkor kezdődik, amikor az egyedeket eredeti vad élőhelyükről mesterséges körülmények közé helyezik át. *Teletchea és Fontaine (2014)* által megalkotott osztályozás öt domesztikációs szintet különböztet meg: az 1.-es a legkevésbé háziasított, az 5-ös a leginkább háziasított, és a 0. szint pedig a domesztikálatlan, halászatához használt vad állományokat jelöli.

Az akvakultúra rendszerek méretükben kisebbek és kevésbé komplexek a természetes környezethez viszonyítva, azonban a populációk sokkal népesebbek, ami a szociális interakciók gyakoriságát és természetét befolyásolja, sokszor az egyed számára nem kedvező módon. A kultúr környezet így egyrészt csökkenti a szelekciós nyomást egy sor tulajdonság esetében, azonban megnöveli másikat tekintetében. A mesterséges környezet a domesztikációs szindróma megjelenéséhez vezet, olyan életmód mintázatokhoz, melyek az erőforrásokat a növekedésre és szaporodásra helyezik át, szemben a komplex és kiszámíthatatlan természetes környezetben preferált tulajdonságokkal, mint a táplálékszerzés és predátor elkerülés. A mesterséges környezet alapvetően egy felgyorsult élettempót eredményez, ami a tenyésztési szempontból előnyös gyorsabb növekedéssel jár együtt (*Lorenzen és mtsai, 2012*).

A fejlődési változások elsősorban a felgyorsult életmenet és a technológiai nem megfelelőségek miatt lépnek fel. Ezen változások egyik jelentős hányada a viselkedéssel kapcsolatos. Egy másik terület a testösszetétel megváltozása, mely elsősorban a test zsírtartalmát érinti, és azon belül is nem csak a mennyiséget, de a minőséget (magasabb MUFA és alacsonyabb PUFA tartalom) is. A fejlődési változások által érintett harmadik terület a szaporodással összefüggő tulajdonságok, így a korai ivarérettség, és a csökkent reprodukív teljesítmény a domesztikált állományokban a vadhoz képest, mely az alacsonyabb szexhormon szintekben, és alacsonyabb GSI, ovulációs ráta, termékenyülés és lárva megmaradásban nyilvánul meg (*Milla és mtsai, 2021*).

2. A süllő domesztikációja

A Percidae család az édesvízi akvakultúra diverzifikációja szempontjából az egyik legfontosabb család. A süllő (*Sander lucioperca* L.), e család egyik nagy testű faja, kulcsszerepet játszik az európai vízi ökoszisztémákban és értékes erőforrást jelent a recirkulációs akvakultúra-rendszerek (RAS) számára (*FAO, 2025*). A süllő esetében a domesztikáció jelenleg a 4. szinten tart, a szelekciós programok kialakítása még csak most kezdődik el. A domesztikáció hatásának tükrében, az első vizsgálatok a halak testösszetételére irányultak. A tenyésztett süllő testében háromszor annyi zsír volt (2,87%), mint a vadon élő halakéban, és a filé EPA és DHA tartalma jelentősen magasabb volt, a magas zsírtartalomnak köszönhetően (*Jankowska és mtsai, 2003*). Növényi olaj kiegészítés csökkentő hatással volt a telített zsírsavak összegére, és növelte az olajsav és az α -linolénsav arányát a filében. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) összesített aránya azonban állandó maradt (*Molnár és mtsai, 2006*). Egy újabb kutatásban, *TöniBen és mtsai (2024)* kifejlett tavi és RAS-ban nevelt és süllő vázizomzatának paramétereit vizsgálták meg. Az elemzések kiterjedtek a biokémiai jellemzőkre (nukleinsav-, fehérjetartalom), az enzimaktivitásokra (kreatin-kináz, laktát-dehidrogenáz, NADP-függő izocitrát-dehidrogenáz), az izomspecifikus gének és fehérjék expressziójára), valamint az izomrostok szerkezetére. Az eredmények egyértelmű különbségeket mutatnak a vadon élő és a tenyésztett süllő vázizomzata között. A vadon élő süllőknél megfigyelt magasabb enzimaktivitás az izmok nagyobb metabolikus aktivitására utal. Ezzel szemben a tenyésztett süllőknél az izomzat erőteljes növekedésére utaló jeleket találtak.

Az intenzíven nevelt és a vadon nevelt süllőtől származó lárvák tavi előnevelése után a tápraszkoltatást követően az ivadékok RAS-ban való teljesítményét vizsgálta *Ljubobratović és mtsai (2018)*. A vad szülőktől származó halak nagyobb sikert és túlélést mutattak a pelletált táplálékhoz való hozzászoktatás időszakában, mint az intenzíven nevelt szülőktől származók. A hat hetes intenzív nevelés után az intenzíven nevelt szülőktől származó ivadékok szignifikánsan magasabb fajlagos növekedési rátát mutattak. Úgy tűnik, hogy a korai háziasításnak nincs pozitív hatása a tóban nevelt ivadékok átszoktatására, azonban, a tenyésztett állományból származó ivadékok megfelelőbb alapot jelentenek az intenzív továbbneveléshez. *Péter és mtsai (2023)* az egy generációnyi domesztikáció hatását vizsgálta a süllőnél. Kísérletükben az F_1 generáció közvetlenül vad szülőktől, míg az F_2 generáció tavi kultúrában nevelt szülőktől származtak, és ezek teljesítményét vizsgálták RAS rendszerben. A száraz takarmányhoz való szoktatás során az F_1

halak mind a növekedés, mind a túlélés tekintetében gyengébbek voltak az F_2 halakhoz képest. A stressz- és immunológiai markerelemzés az F_1 -hez képest nagyobb stresszérzékenységet mutatott ki az F_2 generációban, amelyhez erősebb immunrendszer-aktiváció társult. Ez magasabb kortizol- és immunglobulin-válaszban nyilvánult meg, már a halak áthelyezését követően.

A szaporodás tekintetében az irodalmi adatok nem egységesek, azonban látható, hogy a módszer fejlesztések eredményeképpen az újabb publikációk már sikerről számolnak be. Legelőször *Khendek és mtsai* (2018) hasonlította össze a tavi nevelt és tisztán recirkben nevelt süllők hormonindukált szaporíthatóságát. A vizsgálatukban a vad csoport sikeresen szaporodott, míg a tenyésztett csoport egyáltalán nem. A program során mind a hímek, mind a nőstények gonadoszomatikus mutatói, valamint a szexuálszteroidok szignifikánsan magasabbak voltak a vadon élő halak esetében. A génextpressziós elemzés a tenyésztett nőstények esetében szignifikánsan alacsonyabb LH transzkript szinteket, a hímek esetében, pedig alacsonyabb FSH transzkript szinteket mutatott ki. Ezt követően *Falahatkar és mtsai* (2024) vizsgálták a hormonindukció hatását a vad és domesztikált süllő szaporodására. Az eredményeik azt mutatták, hogy bár minden vadon fogott nőstény reagált az LHRHa2-re, a készítmény egyetlen tenyésztett nősténynél sem volt hatásos, és a többi hormon kezelésben (hCG, ponty hipofízis) is rosszabb eredményt mutattak. Valamennyi hormonkezelés a tenyésztett halak kortizol- és glükokortikoidjainak emelkedését mutatta, míg a plazma kortizol szintje jelentősen csökkent az ovulációt követően a vadon élő csoportokban. *Falahatkar és mtsai* (2025) vizsgálata azonban már bizonyította, hogy a háziasított süllők 2 éves korban is ívhatnak, és fogságban tartott körülmények között még további éveikig képesek ikrát termelni. Azonban a halak íváshoz való felkészültségét és a fészkek minőségét (az ikrával borított fészkek felülete) meglehetősen befolyásolta a halak életkora, míg a megtermékenyítési és kelési arányokban nem találtak jelentős eltéréseket a különböző életkorok között.

3. A süllő intenzív nevelése és annak hatása a viselkedésre

Az elmúlt 30 évben, a süllő intenzív RAS nevelésével kapcsolatban a kutatási aktivitás erőteljes volt, bár az eredmények sokszor ellentmondásokat tartalmaztak. *Policar és mtsai* (2019) összefoglaló munkájában a sügérfélék lárvaneveléssel kapcsolatosan az alábbi optimális paramétereket adja meg, azonban a megadott paraméterek széles tartományokat írnak le, és a tenyésztési fázis végtermékeként előállított korai fiatal egyedek túlélési aránya és minősége is jelentősen ingadozó 20-80% közötti. Ezért a lárvák és a korai ivadékok nevelését folyamatosan optimalizálni szükséges a jövőben. A lárvanevelést követő nevelési periódus recirkulációs rendszerben szintén részletesen kutatott terület. Számos tanulmány értékelte a hőmérséklet (*Rónyai és Csengeri, 2008; Wang és mtsai, 2009*), a fényintenzitás (*Luchiarri és mtsai, 2006; Kozłowski és mtsai, 2010*), a vízminőség (*Schram és mtsai, 2014*), a táplálkozási gyakoriság (*Zakęs és mtsai, 2006; Wang és mtsai, 2009; Pěnka és mtsai, 2023, 2024; Kozłowski és Piotrowska, 2024a*), a takarmánypellet mérete (*Mattila és Koskela, 2017; Kozłowski és mtsai, 2021*) és az állománysűrűség (*Szkudlarek, 2007; Molnár és mtsai, 2004; Kozłowski és Piotrowska, 2024b*) hatását a süllők növekedésére. A közép- és kelet-európai országokban, ahol a hagyományos tavi tenyésztés gyakori, a fiatal egyedek alacsony költségű, tavi

tenyésztés RAS-termeléssel kombinált módja nyereségesen kivitelezhető (*Polícar és mtsai*, 2013). A magas termelési hatékonyság és a morfológiai deformitások alacsony szintje jellemzi a kombinált módszert, ami magas minőségű és menyiségű ivadékot eredményez (*Polícar és mtsai*, 2016).

A RAS, mint ingerszegény nevelési környezet, megváltoztatja az intenzíven nevelt halak viselkedési variabilitását, plaszticitását és kognitív képességét (*Salena és mtsai*, 2021). *Ahlbeck és Holliland* (2012) kimutatta, hogy a tavi tenyésztetben vagy RAS-ban nevelt egyedek eltérő felfedező és táplálékkereső viselkedést mutatnak. A tóban nevelt ivadékok (TL: 63-76 mm) gyorsabban kezdenek táplálkozni élő gerinctelen zsákmánnyal, és aktívabban reagálnak a ragadozók jelenlétében. Annak ellenére, hogy az intenzíven nevelt süllők ivadékai alkalmazkodnak a tavi tenyésztéshez, ha rendelkezésre állnak zsákmányhalfajok, a tavakban való túlélésük változó szintet mutat. Ez hasonló az eredetileg tavakban nevelt állományok értékéhez, ha a tavakban a süllő az egyetlen ragadozó faj (65,2% - *Blecha és mtsai*, 2016 és 84,3% - *Zakęs és mtsai*, 2015), de más ragadozók jelenlétében jelentősen csökken (22,9% (*Zakęs és mtsai*, 2015)). *Molnár és mtsai* (2018) vizsgálatában kimutatta, hogy a pelletált táplálékot korábban elfogadó süllő egyedek kevésbé bátrak (felfedező), mint azok a halak, amelyek később szoknak át a mesterséges táplálékra, vagy soha nem fogadták el a pelletált táplálékot. A kannibál egyedek ugyanolyan félénkek voltak az új tárgy tesztben, mint a korai csoport. A pelletált takarmányra való korai áttérés nagyobb testméretet eredményezett a félénk egyedeknél. Ezek alapján a testméretre való szelekció az intenzíven nevelt állományoknál a kevésbé felfedező (gyávább) egyedeket helyezheti előtérbe, mely más ragadozó jelenlétében negatívan befolyásolhatja a zsákmányszerzésüket.

A süllő természetes ragadozó viselkedéséről elérhetőek publikációk (*Turesson és Brönmark*, 2004; *Turesson és mtsai*, 2002; *Colchen és mtsai*, 2020; *Malinovsky és mtsai*, 2022), az intenzíven tenyésztett egyedek élő zsákmányszerzéséről azonban kevés információ áll rendelkezésre. *Molnár és mtsai* (2023) vizsgálata alapján a pelletfogyasztásra való hajlandóság nem befolyásolta az élőhalon való zsákmányszerzési tesztekben a süllők zsákmányszerzési sikerességét. Bár mind a pelletfogyasztási hajlandóság, mind az exploráció befolyásolta a táplálékkereső viselkedést, hatásuk eltérő volt. Az exploráció a felismerés látenciáját befolyásolta, alacsonyabb értéket eredményezve a felfedező egyedeknél. A pelletfogyasztási hajlandóság viszont erős hatással volt az első támadás látenciájára. Ezek arra utalnak, hogy bár a felfedezés és a pelletfogyasztási hajlandóság ugyanolyan irányú hatást gyakorol a táplálékkereső viselkedés elemeinek látenciájára, hatásuk független egymástól, és egyik sem befolyásolta a sikeres ragadozás látenciáját.

A környezet gazdagítása az intenzív nevelés szelekciós hatásainak csökkentésére szolgál azáltal, hogy a fejlődés során összetettebb környezetet biztosít. Szerepe összetett, mivel nemcsak a halak jólétét javítja intenzív körülmények között, hanem lehetővé teszi, hogy az egyedek természetes körülmények között jobban teljesítsenek. A környezetgazdagítás öt kategóriája közül az utóbbi években a strukturális gazdagítás került a középpontba (*Arechavala-Lopez és mtsai*, 2022). Azonban a másik négy stratégia (érzékszervi, foglalkoztatási, szociális és étrendi gazdagítás) is figyelmet érdemel a haltenyésztés szempontjából. A süllő esetében a publikációk elsősorban az állatok jólétével foglalkoznak (strukturális gazdagítás - *Thomas és mtsai*, 2022; foglalkoztatási - *Thomas és mtsai*, 2020; szo-

ciális - Thomas és mtsai, 2022, Lepič és mtsai, 2017; és a táplálkozási gazdagítás - Pěnka és mtsai, 2023). A fogságban nevelt egyedek legfontosabb képességei a vadonba való kiengedés során a ragadozók elkerülése, a táplálékszerzés és a szaporodási viselkedés. Természetes környezetben a ragadozó halak esetében az élő zsákmány elfogása és a taktika tanulása az elsődleges fontosságú, amit a táplálékszerző tréning elősegít, többnyire közvetlen expozíciós technikák alkalmazásával (Näslund, 2021). A pelletre szoktatott süllőivadék élőhal zsákmányolása során a ragadozás uralkodó módszere a farkon történő elejtés volt, és a gyakorlat nem befolyásolta ezt a taktikát (Molnár és mtsai, 2023). Azonban mind a felismerés, mind az első támadás látenciája esetében az egyedek csökkenő értékeket mutattak az első három, illetve négy egymást követő próbálkozás során.

A süllő, hasonlóan észak-amerikai rokonához, az északi süllőhöz, a gyakorlat alapján javulást mutathat a viselkedés sikerességének arányában (Wahl és mtsai, 1995). A gyakorlásnak valószínűleg jelentős szerepe van a viselkedés kinematikájában (Wintzer és Motta, 2005; Caldentey és mtsai, 2021). A zsákmány mérete befolyásolhatja a tanulási folyamatot, a nagyobb zsákmány a magasabb kezelési költségek és esetleg a kisebb ragadozói siker miatt gyorsan veszíthet (energetikai) értékéből (Gill, 2003). Vadon fogott süllőknél a preferált PPR érték átlagosan 0,23 volt, míg 98 mm-TL-es egyedeknél 0,63-as maximális PPR értéket mértek (Dörner és mtsai, 2007). Egy laboratóriumi zsákmányválasztási vizsgálat (Turesson és mtsai, 2002) alapján a fajnál aktív zsákmányválasztás figyelhető meg 0,25 PPR értékű preferenciával. Az intenzíven nevelt süllő esetében a ragadozó viselkedést a méretpreferencia tesztek során tett próbálkozások zsákmánymérete alapján két nagy csoportba lehetett sorolni: kis-közepes zsákmány és közepes-nagy zsákmányt preferáló viselkedés (Benedek és Molnár, 2023). Az intenzíven nevelt süllőknél a kis-közepes zsákmánykísérletek voltak túlsúlyban, ami 0,11- 0,22-es PPR-értékek szerinti preferenciát jelzett. Bár a három méretkategória nem különbözött a sikeres tesztekben, a próbálkozások száma alacsonyabbnak bizonyult a kis méretűek esetében és a nagyobb zsákmányra való vadászat hosszabb predációs látenciát eredményezett. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy bár a kis zsákmány szuboptimális PPR-rel rendelkezett, az intenzíven nevelt naiv egyedek tanulási folyamata szempontjából előnyös volt.

4. A domesztikáció hatását vizsgáló genetikai kutatások

Kezdetben a közel rokon fajokra, mint az északi süllőre (Wirth és mtsai, 1999), az Észak-amerikai sügérre *Perca flavescens* (Lelerc és mtsai, 2000), a Rhönevidéki bucóra *Zingel asper* (Dubut és mtsai, 2010) leírt mikroszatellit markereket használták a vizsgálatokban. Az első fajspecifikus markereket csak 2008-ban írták le (Kohlman és Kersten, 2008). Ezt követően számos újabb fajspecifikus mikroszatellit marker készlet került fejlesztésre (Han és mtsai, 2016, Kánainé és mtsai, 2019, Lu és mtsai, 2022). Mikroszatellit markerekkel Benedek és mtsai (2025), végeztek vizsgálatot a pelletfogyasztás a kannibalizmus és a genetikai diverzitás összefüggésének vizsgálatára. Kimutatták, hogy azok az egyedek, akik elkerülik a pelletet, nagyobb genetikai variabilitással rendelkeznek, és genetikailag megkülönböztethetők azoktól, akik fogyasztják, amit egy pozitív szelekció alatt álló genetikai marker is megerősített. Eredményeik arra utalnak, hogy a

pelletkekhez való hozzászokás kontrollálatlan szelekciós erőként hat a háziasítás során, befolyásolva a háziasított állományok genetikai variabilitását. A kannibál egyedek a kezdeti populációban megfigyelt variabilitáshoz hasonló variabilitást mutattak, és ugyanolyan arányban származtak a másik két csoportot képviselő két genetikai klaszterből, jelezve, hogy a tulajdonság megjelenése független a pelleték fogyasztására való hajlamtól.

Mikroszatellit markerekkel azonban csak populációgenetikai vizsgálatok történtek, géntérképezés nem valósult meg. A géntérkép elkészítéséhez *Guo és mtsai* (2018) specifikus hosszúságú amplifikált fragmentum (SLAF) könyvtár építést használt. E nagy sűrűségű genetikai kapcsoltsági térkép alapján 21 QTL-t azonosítottak nyolc növekedéssel kapcsolatos tulajdonságra, melyek a teljes hossz, testtömeg, testhossz, fejhossz, testmagasság, testvastagság, testkörfogát és vágósúly voltak. A genomikai vizsgálatokhoz a süllő teljes genomjának 2019-ben való megszekvenálása nyitott új lehetőségeket (*Nguinkal és mtsai*, 2019). Összesen 21 249 fehérjekódoló gént annotáltak a süllő genomjában. Ezt követően, *de los Ríoz Pérez és mtsai* (2020) egy 24 kapcsoltsági csoportot és 1 023 625 SNP markert tartalmazó, rendkívül nagy sűrűségű kapcsoltsági térképet készítettek. A kapcsoltsági térképhez szekvenált süllőcsaládok adatait használva, *de los Ríoz Pérez és mtsai* (2022) vizsgálta az autozigozitást a homozigozitás genomszintű futásai (ROH) alapján a szülői és az utód egyedek mintáján, meghatározva az effektív populációméretet (N_e), és értékelve a rokonságot a szülői egyedek között. Vizsgálatuk alacsony effektív populációméretet mutatott ki és rámutatott a genomikai információk fontosságára, amikor a családi kapcsolatok ismeretlenek az állományon belül.

A süllőn végzett genomikai vizsgálatok jelentős része a génexpresszió szintjén fellelhető különbségeket kereste. A vizsgálatok egy részében egyes gének, illetve géncsoportok expresszióját vizsgálták, így *Teng és mtsai* (2020) a növekedési gének polimorfizmusait és expresszióját, *Schäfer és mtsai*, (2021) a korai ontogenezis fejlődési folyamatának nyomon követésére alkalmas molekuláris markerek expressziós mintázatát, *Imentai és mtsai* (2022) a bél fejlődésével és érésével kapcsolatos gének, valamint az emésztési enzimek génjeinek expresszióját a lárvannevelés alatt.

A génexpressziós vizsgálatok másik részében a teljes génexpressziós profilt (transzkriptomot) meghatározták a kutatás során. *Nguinkal és mtsai* (2021) egy több szövetre kiterjedő, kiváló minőségű referencia-transzkriptomot mutatott be a süllő életfontosságú szöveteiből, jellemezték a szövetspecifikus funkciót a szövetspecifikus génekkel összefüggő funkcionális útvonalak és biológiai folyamatok azonosításával. Ezen felül feltételezetten szelekciós nyomás alatt álló géneket azonosítottak, beleértve az ismert hipoxiával kapcsolatos géneket, az immunrendszerrel kapcsolatos géneket és a transzkripció faktorokat. A stressz hatása a süllőre kiemelt fontosságú téma, melyen belül *Wang és mtsai* (2019) a hőstressz hatását vizsgálta máj transzkriptóma segítségével és talált 403 differenciálisan expresszált gént (DEG), amelyek közül sok az endoplazmatikus retikulumban (ER) történő fehérjefeldolgozás, az inzulin jelátvitel és az immunrendszerrel kapcsolatos KEGG útvonalak eleme volt. *Chen és mtsai* (2021) szintén a hőstressz hatását vizsgálta csak kopoltyú transzkriptom segítségével. Esetükben 252 gén kifejeződése változott jelentősen: 191 gén szabályozódott felfelé, 61 gén pedig lefelé. A KEGG útvonalak közül leginkább a lipid-anyagcserét, majd az aminosav-anyagcserét, és a szénhidrát-anyagcserét érintette a stressz.

Lengyel kutatók (*Nyca és mtsai, 2020*) először proteomikai módszerrel vizsgálták, hogy a háziasítás milyen hatással van a süllő ikrájának fehérjeprofiljára. A vadon fogott nőstények ikráiban magasabb expressziós szintet mutattak az apoptotikus folyamatban, a purin metabolizmusban és az immunválaszban részt vevő fehérjék, míg a háziasított nőstények ikráiban a főként az anyagcserében részt vevő fehérjék, mely utóbbi tükrözheti a süllő alkalmazkodását a kereskedelmi célú táplálékhoz. Az immunválaszhoz kapcsolódó fehérjék mennyiségének csökkenése a háziasított populációból származó ikrákban arra utal, hogy a háziasítás vagy a védekezési mechanizmusok zavaraihoz vezethet, vagy (amit a hőszokkfehérjék alacsonyabb mennyisége is jelez a háziasított halak ikrájában), hogy már alkalmazkodtak a tenyésztési körülményekhez, illetve a tenyésztésből eredően jobb stressztűrésük van. *Zarski és mtsai (2020)* vadon élő és háziasított populációkból nyert ikrák transzkriptom-profilozását végezték el. Találtak 710 differenciálisan kifejeződő gént, amelyek főként az idegrendszer fejlődéséhez kapcsolódtak. Azt feltételezték, hogy az összes folyamatot a megtermékenyítetlen ikrákban található, anyai eredetű génkészlet előre meghatározza, így vélhetőleg a viselkedést is jelentősen befolyásolja. Ezt igazolandó következő vizsgálatukban (*Zarski és mtsai, 2021*) kimutatták, hogy az anyai úton öröklődő mRNS-ek alakítják az embrió idegfejlődését és az ovulációt közvetlenül megelőző folyamatok módosítják a megfelelő embrionális fejlődéshez létfontosságú gének expressziós szintjét.

5. Következtetések

A feldolgozott irodalmak alapján a süllő esetében a domesztikáció folyamata több területen is megváltoztatta a faj tulajdonságait közvetlen szelekció nélkül is. Ezek közül számos változás, mint például a növekedés felgyorsulása, az anyagcsere módosulása más intenzíven nevelt fajokra is jellemző. A süllő esetében a viselkedés változása azonban jelentős, és a stressz hatásának kezelése jelentős kihívásokat jelent még a további tenyésztési munka során. A háziasított fenotípus esetében az előnyös tulajdonságok (pl. pelletált táplálék fogyasztása) sokszor társulnak más nem minden környezetben előnyös tulajdonságokkal (pl. megváltozott exploráció), melyek a későbbi szelekciós munka során negatív hatással lehetnek az állományok teljesítményére.

6. Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) K143458 projektje, valamint a Magyar Agrártudományi és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Program és Kiemelt Kutatócsoportok Program támogatta.

7. Felhasznált irodalom

- Ahlbeck I. – Holliland P. B. (2012): Rearing environment affects important life skills in pikeperch (Sander lucioperca). Boreal. Environ. Res., 17. 291–304.*
- Arechavala – Lopez, P. – Cabrera – Álvarez, M. J. – Maia, C. M. – Saraiva, J. L. (2022): Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. Rev. Aquac., 14. 704–728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>*

- Benedek, I. – Molnár, T. (2023): Size preference of live fish prey in the pellet-consuming pikeperch. *Appl. Sci.*, 13: 2259. <https://doi.org/10.3390/app13042259>
- Benedek, I. – Urbányi, B. – Kovács, B. – Lehoczky, I. – Zsolnai, A. – Molnár, T. (2025): Genetic Variability Related Behavioral Plasticity in Pikeperch (*Sander lucioperca* L.) Fingerlings. *Animals*, 15: 2229. <https://doi.org/10.3390/ani15152229>
- Blecha, M. – Kristan, J. – Policar, T. (2016): Adaptation of intensively reared pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles to pond culture and subsequent re-adaptation to a recirculation aquaculture system. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 16: 15–18. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_02
- Caldentey, P. – Brennan, N. P. – Heimann, T. – Gardiner, J. M. (2021): Prey capture kinematics of wild and hatchery juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Bull. Mar. Sci.*, 97: 539–558. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0023>
- Chen, Y. – Liu, E. – Li, C. – Pan, C. – Zhao, X. – Wang, Y. – Ling, Q. (2021): Effects of heat stress on histopathology, antioxidant enzymes, and transcriptomic profiles in gills of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture*, 534: 736277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736277>
- Colchen, T. – Dias, A. – Gisbert, E. – Fontaine, P. – Pasquet, A. (2020): The onset of piscivory in a freshwater fish species: analysis of behavioural and physiological traits. *J. Fish. Biol.* 96: 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfb.14322>
- De los Ríos-Pérez, L. – Druet, T. – Goldammer, T. – Wittenburg, D. (2022): Analysis of autozygosity using whole-genome sequence data of full-sib families in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Front. Genet.*, 12: 786934. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.786934>
- De Los Rios-Pérez, L. – Nguinkal, J. A. – Verleih, M. – Rebl, A. – Brunner, R. M. – Klosa, J. – Wittenburg, D. (2020): An ultra-high density SNP-based linkage map for enhancing the pikeperch (*Sander lucioperca*) genome assembly to chromosome-scale. *Sci. Rep.*, 10: 22335. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79358-z>
- Dörner, H. – Hülsmann, S. – Hölker, F. – Skov, C. – Wagner, A. (2007): Size-dependent predator–prey relationships between pikeperch and their prey fish. *Ecol. Freshw. Fish.*, 16: 307–314. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00223.x>
- Dubut, V. – Grenier, R. – Meglécz, E. – Chappaz, R. – Costedoat, C. – Danancher, D. – Descloux, S. – Malausa, T. – Martin, J. F. – Pech, N. – Gilles, A. (2010): Development of 55 novel polymorphic microsatellite loci for the critically endangered *Zingel asper* L. (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) and cross-species amplification in five other percids, *Eur. J. Wildl. Res.*, 56: 931–938. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0421-x>
- Falahatkar, B. – Efatpanah, I. – Kargar, E. R. – Rahmati, M. – Fontaine, P. (2025): Domestication may affect spawning performance of F1 pikeperch (*Sander lucioperca*) during consecutive captive reproduction. *Aquac. Rep.*, 40: 102561. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102561>
- Falahatkar, B. – Poursaeid, S. – Ershad Langroudi, H. – Efatpanah, I. – Meknatkhah, B. (2024): Oocyte maturation and changes of plasma steroid levels in the wild and cultured pikeperch, *Sander lucioperca* following hormonal induction. *Casp. J. Environ. Sci.*, 22: 555–566.
- FAO. (2025): *Sander lucioperca*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Zakeš, Z. In Fisheries and Aquaculture; FAO: Rome, Italy, Available online: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/sander_lucioperca/en (accessed on 27 June 2025).
- Fontaine, P. – Teletchea, F. (2019): Domestication of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). In *Animal domestication*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85132>
- Froese, R. – Pauly, D. (Edit) (2024): FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2024).
- Gill, A. B. (2003): The dynamics of prey choice in fish: the importance of prey size and satiation. *J. Fish. Biol.*, 63: 105–116. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00214.x>
- Glasauer, S. M. – Neuhauss, S. C. (2014): Whole-genome duplication in teleost fishes and its evolutionary consequences. *Mol. Genet. Genomics.*, 289: 1045–1060. <https://doi.org/10.1007/s00438-014-0889-2>

- Guo, J. – Li, C. – Teng, T. – Shen, F. – Chen, Y. – Wang, Y. – Ling, Q. (2018): Construction of the first high-density genetic linkage map of pikeperch (*Sander lucioperca*) using specific length amplified fragment (SLAF) sequencing and QTL analysis of growth-related traits. *Aquaculture*, 497. 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.047>
- Han, X. – Ling, Q. – Li, C. – Wang, G. – Xu, Z. – Lu, G. (2016): Characterization of pikeperch (*Sander lucioperca*) transcriptome and development of SSR markers. *Biochem. Sys. Ecol.*, 66. 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.04.001>
- Imentai, A. – Gilannejad, N. – Martínez-Rodríguez, G. – López, F. J. M. – Martínez, F. P. – Pěnka, T. – Polícar, T. (2022): Effects of first feeding regime on gene expression and enzyme activity in pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Front. Mar. Sci.*, 9. 864536. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.864536>
- Jankowska, B. – Zakeš, Z. – Żmijewski, T. – Szczepkowski, M. (2003): A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Eur. Food. Res. Technol.*, 217. 401–405. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0757-5>
- Kánainé Sipos, D. – Kovács, G. – Buza, E. – Csenki-Bakos, K. – Ősz, Á. – Ljubobratović, U. – Cserveni-Szücs, R. – Bercsényi, M. – Lehoczky, I. – Urbányi, B. – Kovács, B. (2019): Comparative genetic analysis of natural and farmed populations of pike-perch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Int.*, 27. 991–1007. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00365-7>
- Khendek, A. – Chakraborty, A. – Roche, J. – Ledore, Y. – Personne, A. – Polícar, T. (2018): Rearing conditions and life history influence the progress of gametogenesis and reproduction performances in pikeperch males and females. *Animal*, 12. 2335–2346. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000010>
- Kohlmann, K. – Kersten, P. (2008): Isolation and characterization of nine microsatellite loci from the pike-perch, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), *Mol. Ecol. Resour.*, 8. 1085–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2008.02166.x>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. – Szczepkowska, B. (2021): Effect of feed pellet size and tank water level on growth performance in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), reared in a recirculating system. *Fish. Aquat. Life.*, 29. 88–99. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0011>
- Kozłowski, M. – Zakeš, Z. – Szczepkowski, M. – Wunderlich, K. – Piotrowska, I. – Szczepkowska, B. (2010): Impact of light intensity on the results of rearing juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in recirculating aquaculture systems. *Arch. Pol. Fish.*, 18. 77–84. <https://doi.org/10.2478/v10086-010-0009-9>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. (2024a): Effect of different feed rations on growth performance in various size classes of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca*. *Aquac. Int.*, 32. 6487–6499. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01475-7>
- Kozłowski, M. – Piotrowska, I. (2024b): Effect of stocking density on growth, survival and cannibalism of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in a recirculating aquaculture system. *Aquac. Int.*, 32. 3587–3595. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01339-6>
- Leclerc, D. – Wirth, T. – Bernatchez, L. (2000): Isolation and characterization of microsatellite loci in the yellow perch (*Perca flavescens*), and cross-species amplification within the family Percidae. *Mol. Ecol.*, 9. 995–997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.00939-3.x>
- Lepič, P. – Buřič, M. – Hajčec, J. – Kozák, P. (2017): Adaptation to pelleted feed in pikeperch fingerlings: learning from the trainer fish over gradual adaptation from natural food. *Aquat. Living. Resour.*, 30. 8. <https://doi.org/10.1051/alr/2017008>
- Ljubobratović, U. – Péter, G. – Horvath, Z. – Ristović, T. – Rónyai, A. (2018): Effect of parental origin on dry feed habituation and intensive on-growing results in pikeperch (*Sander lucioperca*) Offspring. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 18. 425–433. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_3_08
- Lorenzen, K. – Beveridge, M. C. – Mangel, M. (2012): Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. *Biol. Rev.*, 87. 639–660. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00215.x>

- Lu, C. – Sun, Z. – Xu, P. – Na, R. – Lv, W – Cao, D. – Liu, T. – Zheng, X. (2022): Novel microsatellites reveal wild populations genetic variance in pike-perch (*Sander lucioperca*) in China. *Aquac. Rep.*, 23. 101031. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101031>
- Luchiani, A. C. – de Morais Freire, F. A. – Koskela, J. – Pirhonen, J. (2006): Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquac. Res.* 37. 1572–1577. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01599.x>
- Malinovskyi, O. – Vesely, L. – Yanes-Roca, C. – Policar, T. (2022): The effect of water temperature, prey availability and presence of con-specifics on prey consumption of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Czech. J. Anim. Sci.*, 67. 465–473. <https://doi.org/10.17221/162/2022-CJAS>
- Mattila, J. – Koskela, J. (2017): Effect of feed pellet size on production parameters of pike-perch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Res.*, 49. 586–590. <https://doi.org/10.1111/are.13443>
- Milla, S. – Pasquet, A. – El Mohajer, L. – Fontaine, P. (2021): How domestication alters fish phenotypes. *Rev. Aquac.*, 13. 388–405. <https://doi.org/10.1111/raq.12480>
- Molnár, T. – Hancz, C. – Bódis, M. – Müller, T. – Bercsényi, M. – Horn, P. (2004): The effect of initial stocking density on growth and survival of pike-perch fingerlings reared under intensive conditions. *Aquac. Int.*, 12. 181–189. <https://doi.org/10.1023/B:AQUI.0000032079.62056.8c>
- Molnar, T. – Szabo, A. – Szabo, G. – Szabo, C. – Hancz, C. (2006): Effect of different dietary fat content and fat type on the growth and body composition of intensively reared pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquac. Nutr.*, 12. 173–182. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00398.x>
- Molnár, T. – Csuvár, A. – Benedek, I. – Molnár, M. – Kabai, P. (2018): Domestication affects exploratory behaviour of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) during the transition to pelleted food. *PLoS One*, 13. 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196118>
- Molnár, T. – Urbányi, B. – Benedek, I. (2023): Impact of exploration behavior, aptitude for pellet consumption, and the predation practice on the performance in consecutive live prey foraging tests in a piscivorous species. *Anim. Cogn.*, 26. 973–984. <https://doi.org/10.1007/s10071-023-01747-4>
- Näslund, J. (2021): Reared to become wild-like: addressing behavioral and cognitive deficits in cultured aquatic animals destined for stocking into natural environments - a critical review. *Bull. Mar. Sci.*, 97. 489–538. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0039>
- Nguinkal, J. – Brunner, R. – Verleih, M. – Rebl, A. – De Los Rios-Pérez, L. – Schäfer, N. – Hadlich, F. – Stüeken, M. – Wittenburg, D. – Goldammer, T. (2019): The First Highly Contiguous Genome Assembly of Pikeperch (*Sander lucioperca*), an Emerging Aquaculture Species in Europe. *Genes*, 10. 708. <https://doi.org/10.3390/genes10090708>
- Nguinkal, J. A. – Verleih, M. – De Los Rios-Perez, L. – Brunner, R. M. – Sahm, A. – Bej, S. – Goldammer, T. (2021): Comprehensive characterization of multitissue expression landscape, co-expression networks and positive selection in pikeperch. *Cells*, 10. 2289. <https://doi.org/10.3390/cells10092289>
- Nynca, J. – Źarski, D. – Bobe, J. – Cierieszko, A. (2020): Domestication is associated with differential expression of pikeperch egg proteins involved in metabolism, immune response and protein folding. *Animal*, 14. 2336–2350. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001184>
- Pěnka, T. – Malinovskyi, O. – Imentai, A. – Kolářová, J. – Kučera, V. – Policar, T. (2023): Evaluation of different feeding frequencies in RAS-based juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) aquaculture. *Aquaculture*, 562. 738815. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738815>
- Pěnka, T. – Malinovskyi, O. – Kolářová, J. – Kučera, V. – Policar, T. (2024): Influence of daily feed ration on growth and condition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared in a recirculating aquaculture system (RAS). *Czech. J. Anim. Sci.*, 69. <https://doi.org/10.17221/33/2024-CJAS>
- Péter, G. – Lukić, J. – Brlás-Molnár, Z. – Ardó, L. – Horváth, Z. – Rónyai, A. – Ljubobratović, U. (2023): Effect of single-generation domestication of pikeperch on the performance of the offspring in conventional and pond recirculation aquaculture system. *Aquac. Rep.*, 32. 101702. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101702>

- Polícar, T. – Schaefer, F. J. – Panana, E. – Meyer, S. – Teerlinck, S. – Toner, D. – Żarski, D. (2019): Recent progress in European percid fish culture production technology-Tackling bottlenecks. *Aquac. Int.*, 27. 1151–1174. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00433-y>
- Polícar, T. – Blecha, M. – Křišťan, J. – Mráz, J. – Velíšek, J. – Stará, A. – Stejskal, V. – Malinovskyi, O. – Svačina, P. – Samarin, A. M. (2016): Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquacult. Int.*, 24. 1607–1626. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0050-9>
- Polícar T. – Stejskal V. – Kristan J. – Podhorec P. – Svinger V. – Blaha M. (2013): The effect of fish size and stocking density on the weaning success of pond-cultured pikeperch *Sander lucioperca* L. juveniles. *Aquacult. Int.*, 21. 869–882. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9563-z>
- Price, E. O. (1999): Behavioral development in animals undergoing domestication. *Appl Anim Behav. Sci.*, 65. 245–71. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00087-8)
- Rónyai, A. – Csengeri, I. (2008): Effect of feeding regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquac. Res.*, 39. 820–827. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01935.x>
- Salena, M. G. – Turko, A. J. – Singh, A. – Pathak, A. – Hughes, E. – Brown, C. – Balshine, S. (2021): Understanding fish cognition: a review and appraisal of current practices. *Anim. Cogn.*, 24. 395–406. <https://doi.org/10.1007/s10071-021-01488-2>
- Schäfer, N. – Kaya, Y. – Rebl, H. – Stüeken, M. – Rebl, A. – Nguinkal, J. A. – Verleih, M. (2021): Insights into early ontogenesis: characterization of stress and development key genes of pikeperch (*Sander lucioperca*) in vivo and in vitro. *Fish. Physiol. Biochem.*, 47. 515–532. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-00929-6>
- Schram, E. – Roques, J. A. – van Kuijk, T. – Abbink, W. – van De Heul, J. – de Vries, P. – Flik, G. (2014): The impact of elevated water ammonia and nitrate concentrations on physiology, growth and feed intake of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 420. 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.10.027>
- Szkudlarek, M. – Zakęs, Z. (2007): Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquac. Int.*, 15. 67–81. <https://doi.org/10.1007/s10499-006-9069-7>
- Teletchea, F. (2021): Fish domestication in aquaculture: 10 unanswered questions. *Anim. Front.* 11. 87–91. <https://doi.org/10.1093/af/vfab012>
- Teletchea, F. – Fontaine, P. (2014): Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish. Fish.*, 15. 181–195. <https://doi.org/10.1111/faf.12006>
- Teng, T. – Zhao, X. – Li, C. – Guo, J. – Wang, Y. – Pan, C. – Ling, Q. (2020): Cloning and expression of IGF-I, IGF-II, and GHR genes and the role of their single-nucleotide polymorphisms in the growth of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquac. Int.*, 28. 1547–1561. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00542-z>
- Thomas, M. – Lecocq, T. – Abregal, C. – Nahon, S. – Aubin, J. – Jaeger, C. – Wilfart, A. – Schaeffer, L. – Ledoré, Y. – Puillet, L. – Pasquet, A. (2020): The effects of polyculture on behaviour and production of pikeperch in recirculation systems. *Aquac. Rep.*, 17. 100333. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100333>
- Thomas, M. – Reynaud, J. G. – Ledoré, Y. – Pasquet, A. – Lecocq, T. (2022): Enrichment in a Fish Polyculture: Does it Affect Fish Behaviour and Development of Only One Species or Both? *Appl. Sci.*, 12. 3674. <https://doi.org/10.3390/app12073674>
- Tönißen, K. – Franz, G. P. – Albrecht, E. – Lutze, P. – Bocher, R. – Grunow, B. (2024): Pikeperch muscle tissues: a comparative study of structure, enzymes, genes, and proteins in wild and farmed fish. *Fish. Physiol. Biochem.*, 50. 1527–1544. <https://doi.org/10.1007/s10695-024-01354-1>
- Turesson, H. – Brönmark, C. (2004): Foraging behaviour and capture success in perch, pikeperch and pike and the effects of prey density. *J. Fish. Biol.*, 65. 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00455.x>

- Turesson, H. – Persson, A. – Brönmark, C. (2002): Prey size selection in piscivorous pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) includes active prey choice. *Ecol. Freshw. Fish.*, 11., 223–233. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2002.00019.x>
- Wahl, D. H. – Einfalt, L. M. – Hooe, M. L. (1995): Effect of experience with piscivory on foraging behavior and growth of walleyes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 124. 756–763. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124%3c0756:EOEWPO%3e2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124%3c0756:EOEWPO%3e2.3.CO;2)
- Wang, N. – Xu, X. – Kestemont, P. (2009): Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289. 70–73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.002>
- Wang, Y. – Li, C. – Pan, C. – Liu, E. – Zhao, X. – Ling, Q. (2019): Alterations to transcriptomic profile, histopathology, and oxidative stress in liver of pikeperch (*Sander lucioperca*) under heat stress. *Fish. Shellfish. Immunol.*, 95. 659–669. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.014>
- Wintzer, A. P. – Motta, P. J. (2005): A comparison of prey capture kinematics in hatchery and wild *Micropterus salmoides floridanus*: effects of ontogeny and experience. *J. Fish Biol.*, 67. 409–427. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00748.x>
- Wirth, T. – Saint-Laurent, R. – Bernatchez, L. (1999): Isolation and characterization of microsatellite loci in the walleye (*Stizostedion vitreum*), and cross-species amplification within the family Percidae. *Mol. Ecol.*, 8. 1960–1962. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1999.00778-3.x>
- Zakęś, Z. – Kowalska, A. – Czerniak, S. – Demska-Zakęś, K. (2006): Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech J. Anim. Sci.*, 51. 85–91. <https://doi.org/10.17221/3914-CJAS>
- Zakęś, Z. – Szczepkowski, M. – Szczepkowska, B. – Kowalska, A. – Kapusta, A. – Jarmołowicz, S. – Piotrowska, I. – Kozłowski, M. – Partyka, K. – Wunderlich, K. – Hopko M. (2015): Effects of stocking earthen ponds with pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) fingerlings reared in recirculating aquaculture systems-effects of Fish size and the presence of predators. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 21(Supplement 1). 5–11.
- Żarski, D. – Le Cam, A. – Frohlich, T. – Kösters, M. – Klopp, C. – Nynca, J. – Ciesielski, S. – Sarosiek, B. – Dryl, K. – Montfort, J. – Król, J. – Fontaine, P. – Ciereszko, A. – Bobe, J. (2021): Neurodevelopment vs. the immune system: Complementary contributions of maternally-inherited gene transcripts and proteins to successful embryonic development in fish. *Genomics*, 113. 3811–3826. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.09.003>
- Żarski, D. – Le Cam, A. – Nynca, J. – Klopp, C. – Ciesielski, S. – Sarosiek, B. – Montfort, J. – Król, J. – Fontaine, P. – Ciereszko, A. – Bobe, J. (2020): Domestication modulates the expression of genes involved in neurogenesis in high-quality eggs of *Sander lucioperca*. *Mol. Reprod. Dev.*, 87. 934–951. <https://doi.org/10.1002/mrd.23414>

Érkezett: 2025. augusztus

Szerzők címe: Molnár, T.* - Benedek, I.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
 Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
 H-7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.
 *levelező szerző, e-mail: Molnar.Tamas.Gergely@uni-mate.hu

Marton, Cs.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
 Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Georgikon Campus
 H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

Urbányi, B.

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
 Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár
 H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

A muraközi ló szerepe és megőrzésének lehetőségei napjainkban

The role of the Muraközi horse and conservation options today

SZABÓ Kitti – KOVÁCS-MESTERHÁZY Zoltán – PONGRÁCZ László – TŐZSÉR János

ÖSZEFoglalás

A muraközi ló a Dráva és Mura folyó között elterülő Muraköz nevű tájegységhez köthető, ahol az 1800-as évek végén közel 9000 egyedtel szímláló állomány volt található. A második világháborút követően hazánkban a fajta tenyésztése a magyar hidegvérű fajta keretein belül történt, azonban a XXI. század elején már kérdéses volt, megmenthető-e még. A hagyományos genetikai értékeket felismerve végül az Őrségi Nemzeti Park vállalta a fajta megőrzésének, illetve rekonstrukciójának feladatát. A genetikai sokszínűség kulcsfontosságú az alkalmazkodóképesség és a szelekcióra adott válaszok tekintetében. A pedigreelemzés vagy a genetikai marker vizsgálatok lehetővé teszik a származási adatok ismeretében az állományok genetikai összetételének és hátterének megismerését. Mindez a kis egyedszámmal bíró fajták esetében létfontosságú, ugyanis a genetikai sokszínűség csökkenése szorosan kapcsolódik az effektív populációmérethez, melynek meghatározása segítséget nyújthat például a legmegfelelőbb tenyésztési módszer kiválasztásához, miközben a beltenyésztettség alacsony szinten tartható.

Kulcsszavak: muraközi, populáció, génmegőrzés, fajtarekonstrukció, típus

SUMMARY

Objective: The Muraközi horse is a traditional breed in Hungary connected to the area called Muraköz located between the Dráva and Mura river. These horses were transitory between the smaller/slim weight carrying and the bigger/heavy weight carrying horses. In the late 1800s the area with nearly 9000 horses in the Muraköz were the center of the Muraközi horse breeding. After the World War II the breeding of the Muraközi horse took place within the Hungarian Draft Horse Breed. The last decade of the XX. century almost wiped out the Muraközi horse to the point where in the early XXI. century it was questionable whether it can be saved.

Methods: Recognizing the traditional genetic values the Őrségi National Park's board of directors took on the role. Genetic diversity is essential in adaptability and in the reactions given to selection. Pedigree analyses and genetic marker tests with pedigree data gives an insight of the populations genetic content and background. All of this is essential in breeds with small population since the decline in genetic diversity is linked with the effective population size which is used to shape strategies for gene conservation. With the help of the determination of the effective population size we can choose the proper breeding method and we can keep the inbreeding low.

Results: The literature table collected a few breeds in similar situation to Muraközi horse. Pedigree analyses and genetic marker test were used to preserve these breeds allowing the breeders to keep inbreeding low and save rare alleles.

Conclusion: As we can see in the literature template the Muraközi horse was a popular breed. The Muraközi horse almost disappeared but the recognition of the traditional breeds values gave a chance to Muraközi horses. The article provide an insight of new genetic tests whereby the values held by the Muraközi horse can be saved. With the breeds shown in the article we can say that with the results of the modern genetic studies breeding programs can be set out that can save the given breed.

Keywords: Muraközi horse, population, gene conservation, breed reconstruction, type

1. A muraközi története

A muraközi ló a korabeli feljegyzések alapján rendkívül keresett fajtának számított. Átmenetet jelentett a kis testű/kis teher szállítására képes és nagy testű/nagy teher szállítására képes lovak között. A muraközi ló a Dráva- és Mura-folyó között elterülő Muraköz nevű tájegységhez köthető. Ezen a területen a XVIII. században élénk kereskedelem folyt. Az áruszállításhoz szekereket használtak, melyeket hosszú távokon kellett húzni. Mindehhez jó ügetőképességű, nagy teherbírású lovakra volt szükség. Így alakulhatott ki egy átmenetet képező típus, melyet kifejezetten erre a használatra tenyésztettek (*Mihók*, 2017).

A muraközi a magyar hidegvérű lónak tehát nem szinonimája, hanem egy az évszázadok alatt a muravidéken kialakult tájfajta, melynek nagyobb testű változata, a pinkafői, mára teljesen eltűnt (*Bodó*, 2011). A pinkafői ló az eltérő talaj- és takarmányozási viszonyok miatt lett testesebb, noha a muraközivel közös eredetű (*Bencze és mtsai*, 1957).

A feljegyzések alapján mind a tenyésztők, mind a fuvarosok nagy összegeket fizettek egy jó muraköziért és kimondottan keresték a muraközi típusú lovat. A muraközit elsősorban a horvátok és vendek tenyésztették. Ezeknek a kispapoknak 2-4 kanca állt rendelkezésükre, melyeket állami vagy engedélyezett magán ménnel fedeztethettek. A gazdák a kispapoknál kis területen nem tudtak sok állatot eltartani, így mindent hajlandóak voltak eladni, kivéve a jó kancákat, melyekkel a munkát el tudták végezni, csikóikat pedig értékesíthették. Így történt, hogy a rendkívül népszerű muraközi csak Vas- és Zala vármegyében tudott igazán elterjedni. Ennek nagy hátránya azonban, hogy a tenyészanyag nem tudott javulni, hiszen a csikók értékesítésével az új nemzedék, mely a jobb tenyészanyag alapja, elveszett (*Monostori*, 1894).

Az 1893-as gazdasági lap leírása szerint muraközit nagy mennyiségben a szentkereszti, szentannai, csáktornyai, perlaki és varsadi vásárokon lehetett az őszi időszakban beszerezni, hiszen nyáron a ló fenntartása nem esett nehezebbre a parasztembernek. A vásárra kivitt lovak kétharmadát olasz vásárló vitte el. A fiatal lovak ára (3 évesek) 250 és 300 forint között volt, de kiváló egyedek esetében lényegesen magasabb árat is fizettek (*Ócsag*, 1995).

1.1 A muraközi tartása és tenyésztése

A tenyésztést idősebb kancákkal folytatták. A gazdálkodó lovat és legbiztosabb haszna termelőjét minden fölé helyezte (*Monostori*, 1894). A ló 3 évesen már képes volt a teljes értékű munka végzésére, 4 évesen kifejlentnek számított. Teherszállításkor akár háromszor is megfordult 5-10 kilométeren 15-18 mázsa teherrel (*Mihók*, 2017). A fedeztetés 2-3 éves korban kézből történt. A kanca csikójával a legtöbb időt istállóban és a gazdaság körüli munkával töltötte. Közös legelőre kevés helyen hajthatták ki a gazdák állataikat, így a zöldtakarmányozást alkalmazták. A lovak csak ritkán legeltek, leginkább a tulajdonos saját földjén sarjúkaszálást követően, mindezt általában gyerekek segítségével oldották meg, akik a ló hátán ülve vagy kötőféken vezetve legeltették a lovakat. A gazda a lovat, ha tehette, nem koplaltatta. A csikó az anyja mellett ment munka közben és néhány hetes korától már a takarmányából is evett. Az istállókról úgy tartják, hogy

egyszerűek voltak, de nem rosszak. Más állatokkal, marhával vagy akár juhokkal is közös, de szellős, tágas és tisztán tartott volt. A jászol fából készült, a két ló között ritkán láthattunk választófát. A takarmányozást tekintve ahány tenyésztő, annyi féle módszerrel találkozhattunk (*Monostori*, 1894).

Küllemét tekintve a muraközi ló egységes képet soha nem mutatott. A korabeli feljegyzésekből kaphatunk közelebbi képet róla. Ezek alapján elmondhatjuk, hogy voltak kisebbek, melyek marmagassága bottal mérve 142 centiméter, megközelítőleg 400 kilogrammos mozgékonyabb lovak, és nagyobb termetű körülbelül 500 kilogrammos, lassabb mozgású egyedek, melyek 150 és 162 centiméter közötti marmagassági méreteket értek el. A rendkívül jelentős méretkülönbségek ellenére – mely a két végletet 350 és 700 kilogramm közé teszi – a muraközi egyedek mégis bizonyos szintű hasonlóságot mutattak. Ilyen hasonlóság volt az alacsony mar, a hajlott hát és a sekélyen barázdált, csapott far (farbúttól kezdve erősen lejtő), ezzel együtt a magasabb farbúb, mely a marmagasságot mindig meghaladja. Küllemét jellemzi az arányos fej (kisebбекnél kicsi és formás), a rövid, izmos nyak, mely mozgékony és nem terhelt. Marja olyan lapos volt, hogy a nyak szinte észrevétlenül ment át a széles, rövid, hajlott és mélyen fekvő hátba. Ágyéktája izmos és széles, általában hosszú (lehet rövid is). Lábairól elmondható, hogy hajlító inai gyengék és csüdben hajlottabbak az ideálisnál. Csánkja széles, a kardállás nem jellemző, bokaszőre dús (*Monostori*, 1894).

A Muraközben az 1800-as évek végén közel 9000 egyedet tartó terület volt a muraközi ló tenyésztésének központja. Az itt található muraközi ló egyértelműen a Salzburgból és Stiriából származó nóri típusú lovaktól származik. Zala vármegyében 60-70 mént tartottak, melyből 30 mén jutott a muraközi lovat tenyésztő, vagyis csáktornyai, lendvai és perlaki járások területére. Ezek a mének nemesebb külleműek voltak és az akkoriban zömök, csontos és durva muraközi kancák javítására használták őket. Az ebből a keresztezésből származó lovak nagy számban beváltak hintósnak is. Azonban a méntelep 1849-es feloszlásával Zala vármegyében nem maradtak fedezőmének, melyekkel folytathatták volna a tenyésztést. Így a tenyésztők nóri fajtájú méncsikókat hoztak, valamint saját nevelésű méncsikókkal fedeztették a nagy létszámú kancaanyagot. Valószínűleg ennek köszönhető, hogy a muraközi testességét megőrizte, mely népszerűségének fontos eleme volt. A muraközben csak a lótenyésztés volt említésre méltó állattenyésztési tevékenység, amely olyan jelentős volt, hogy az egész gazdasági rendszer alapjának tekintették. Az itteni gazdák ragaszkodtak a nóri jellegű lovakhoz, hiszen gazdasági és igásmunkára is kiválóan alkalmasak voltak. A perlaki járás területén tenyésztették a legzömökebb, legszívósabb muraközi lovakat. Pontosabban Szoboticza, Palovetz, Dekanovetz és Domasinecz községekben. A perlaki járás bizonyos részén (Kotori, Domború, Légárd) azonban csak alig volt tenyésztés, többnyire rossz, munkába belefáradt és legyengült lovakat találhattunk. A csáktornyai járásban a legjobb minőségű tenyészanyagot Csesztyanecz, Jurovecz, Szivicza, Belicza, Kralovecz, Paklenicza, valamint Krizsovecz községekben lelhattunk fel. Különösen zömök és szilárd szervezetű lovakat tartottak Lendva környékén. Ilyen község volt Petesháza, Banotán, Bedeháza, Radamos, Kapczán és Lakos. A Mura vonalán felfelé haladva pedig a vendek természetesebb, magasabb, de kisebb mélységű muraközi lovat használták. Ezen egyedekből a legjobbak Közép-Briszticzen,

Bellatinczen, Adriánczon, Teklezsinen, Melinczen, Lipahoczon és Baratonczon éltek (Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023).

Ezeken a vidékeken, ahogy már korábban is szó esett róla, a fedezőmének hiánya volt jellemző. A nagy kereslet miatt a méncsikók eladásra kerültek, a silányabb minőségű méncsikókat pedig már kétévesen fedeztetésre használták. A megyei bizottság kénytelen volt megadni ezen kétéves csikókra az alkalmatossági bizonylatot, máskülönb a kancák jórésze fedezetlen maradt volna. Elterjedt hiedelem volt a térségben, hogy a jó csikó minőségét nagyobb részt a kanca határozza meg, így jó kancától még a rossz mén után is jó csikó születik. Ez a meggyőződés probléma volt a tenyésztésben, azonban a gazdák azon törekvése, hogy jó kancát tartsanak, kedvezően hatott. Ezt jól mutatja, hogy 4000 kancából 1800 volt muraközi anyakanca. Ebből a perlaki járásban 650, a csáktornyai járásban 500, a lendvai járásban 650 db. Mindezt az 1. táblázat szemlélteti. A tenyésztőkkel folytatott megbeszélések során világossá vált, hogy a muraközi tenyésztés fellendítéséhez jó minőségű nőri jellegű apaállatok kellene. Ennek megfelelően 1881-ben 10 fedeztetési állomást létesített a Földművelési Minisztérium a Muraközben, ahol kizárólag nőri jellegű, 20 állami mén állt a tenyésztők rendelkezésére. Ezek a mének megfelelték a muraközi tenyésztőknek, és átlagosan 50 kancát fedeztek. Így az első lépés a tenyésztés felvirágoztatására sikeresnek bizonyult (Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023).

1. táblázat: Kancalétszám az 1880-as évek végén

Járások (1)	Kanca létszám (db) (2)
Perlaki járás (3)	650
Csáktornyai járás (4)	500
Lendvai járás (5)	650
Összesen (6)	1800

Forrás: Kovács-Mesterházy és mtsai (2023) (7)

Table 1: Number of mares in the late 1880s county (1); number of mares (2); Perlak county (3); Csáktornya county (4); Lendva county (5); total (6); source (7)

1.2. A muraközi hanyatlása

Az első világháború utáni zűrzavaros időszakban az ország felosztásával a Muravidék is feldarabolódott. Ennek következtében a muraközi lovak jövőjét négy ország kezébe helyezték. Egy rész Ausztriához került, egy rész Jugoszláviához (mai Szlovénia és Horvátország területei) és egy rész Magyarországhoz. A két világháború közötti időszakban gazdaságos tarthatósága adott lehetőséget a muraközinek. Kedveltsége ugyan megmaradt, de törzskönyvet nem vezettek, annak ellenére sem, hogy még egységes ménesek is voltak (Sztankovszky-féle ménes, Csapó-féle ménes, a ráksonyi ménes és a kisterenyei ménes). Az is bizonyossá vált, hogy a muraközi lovak nem csak kis- és nagygazdaságokban, de a háborúban is megállták a helyüket (Mihók, 2017).

Az 1942-es állatösszeírás szerint a trianoni Magyarországon 900 434 ló volt. A háborút követően a Földművelésügyi Minisztérium 1945 szeptemberi statisztikája

szerint a magyar lóállomány 58 százaléka veszett oda, mely a többi állatfajhoz képest középmezőnynek számított (2. táblázat). A jellemzés azonban kimondottan rossz képet fest a megmaradt lovakról. Rossz minőségűnek, rokkantnak, sebesültnek és rossz kondíciójúnak írták le az egyedeket. Az elveszett állomány bő háromnegyede három éven felüli volt. Az átvonuló katonai csapatok sérült, rokkant lovaikat kicserélték az egészséges, munkát jól bíró lovakkal így lovaink állapota és az állomány összetétele is igen vegyes volt. Mindezek a számadatok csak megközelítőleg fedik le a valóságot. Az adatokat elsősorban becsléssel tudták meghatározni, hiszen az állattartók többsége nem vallotta be pontosan javait, mert félt az elkobzástól (Dunai, 2024).

2. táblázat: Háborús veszteségek

1942-es összeírás (1)	1945-ös statisztika (2)
900 434 ló (3)	58% veszteség (5)
740 000 lószerszám (4)	148 000 lószerszám

Forrás: Dunai (2024) (6)

Table 2: War losses

census in 1942 (1); statistic in 1945 (2); horse (3); horse harness (4); loss (5); source (6)

A második világháborút követően a muraközi ló tenyésztése Magyarországon a magyar hidegvérű fajta keretein belül történt. A muraközi típusú ló tenyésztésére a Pakodi Állami Gazdaságot és a Mosonmagyaróvári Kísérleti Gazdaságot jelölték ki (Mihók, 2017). A háború után a hidegvérű tenyészállomány gyarapítására belga-ardenni méneket hoztak az országba, így a hivatalos tenyészirány is megváltozott. Ezzel párhuzamosan a muraközi ménék eltűntek a tenyésztésből, ezzel a muraközi sorsa eldőlt (Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023).

1.3. Törekvések a muraközi megmentésére

Minden genetikailag fontos állomány fenntartásának van létjogosultsága, hiszen a kihalt fajták már nem támaszthatók fel és nem tudhatjuk, milyen tulajdonságokra lesz szükség a jövőben. Mindent és mindenáron azonban nem lehet és nem is kell megmenteni, hiszen az anyagi korlátok mellett az új kitenyésztett fajtákra is gondolnunk kell. Ezért a szakembereknek ki kellett dolgozni olyan érveket és szempontokat, melyek alapján a géntartalékként védendő állományok kiválaszthatók. Ilyen például a kulturális és ökológiai érték, mely alatt azon fajtákat értjük, melyek adott országban alakultak ki. Szempont lehet továbbá a genetikai és biológiai érték, mely alatt a teljesítményt, alkalmazkodóképességet, ellenálló-képességet vagy éppen egyéb különleges tulajdonságokat értünk. Ezen felül szempontként jelen van a fajtatisztaság és az elkülöníthetőség a többi fajtától (Bodó, 2011).

A XX. század második felében lezajlott változások a hagyományos fajtáink fennmaradását veszélyeztették, közéjük tartozott a muraközi ló is. Ezzel párhuzamosan megjelent az igény mind szakmai, mind kulturális szempontból a hagyományos fajták megmentésére. Ugyan lassan terjedt el a mozgalom, de szerencsére elérte a hagyományos lófajtáinkat és azok típusait is. A típus, mely öröklött vagy szerzett

küllemi és termelési tulajdonságok összessége, génvédelmi szempontból igen fontos. A különböző fajtákon belüli típusok elvesztésével ugyanis kockáztatjuk az értékes gének végleges eltűnését. A muraközi ló megmentésének feladatát az Állattenyésztési Kutató Intézet Lótenyésztési Osztálya vette a kezébe. A program 1957-ben indult és egészen 1972-ig tartott (*Mihók, 2017*).

1957 nyarán Mosonmagyaróváron a Főiskola Tangazdaságában körülbelül 30, típusában a kívánatoshoz közel álló könnyű hidegvérű kanca állt rendelkezésre, melyekhez a keszthelyi méntelepen találtak 3 megfelelő jellegű mént (2763 Görösgal-1, 2159 Péterhida-1, 2766 Katádfa-4). További lovakat Tengelicről, az egykori muraközi ménes maradványaiból és az iregszemcsei Kísérleti Gazdaságból tudtak beszerezni, melyekkel az állományt kiegészítették, valamint a jellegükben kevésbé tenyésztésbe illőket kicserélték. 1964-ben két további állami gazdaságot kapcsoltak be a tenyésztésbe (a hőgyészi és iregszemcseit), ahol a Kutatóintézet által kiválasztott ménekkel fedeztették a hidegvérű kancákat. A három gazdaságban együttesen már volt olyan csikólétszám, hogy érdemes volt önálló méncsikótelepet szervezni, melyet a Hőgyészi Állami Gazdaság vállalt. A méncsikók betanítására a 2 éves kor betöltése után került sor. Az Országos Lótenyésztési Felügyelőség hidegvérű ménekre vonatkozó feltételei szerint vizsgáztatták a későbbiekben az egyedeket. Az itt nevelt 6 évjáratból végül 47 csikó került tenyésztésbe. Mivel a 3 mosonmagyaróvári mén csak két ménvonalat képviselt (2159 Péterhida-1 és 2766 Katádfa-4 apa-fia kapcsolata miatt), további ménekre volt szükség a szorosabb rokontenyésztés elkerülése és új értékes tulajdonságok bevitele érdekében. Ezért haflingi és fjord ménekkel történt cseppvérkeresztesítés, ezzel a fajta továbbvitelének feladatát igyekeztek megvalósítani (*Ócsag és Patay, 1974*).

1972-re a tenyésztői munka eredménye beérni látszott, hiszen a muraközit elismerték önálló fajtaként. Fajtamínősítő vizsgálatokkal egyértelmű igazolást nyert a fajta létjogosultsága. Kisebb termetükkel, kevesebb takarmány mellett azonos munkavégzésre képesek, fuvarozásban gyorsabbak, tanulékonyak, hosszú élettartamúak. A siker azonban nem tartott sokáig, a XX. század utolsó évtizede szinte végleg eltörölte a muraközit annyira, hogy a XXI. század elején már kérdéses volt megmenthető-e még. A törzstenyészetek megszűnése, a ménutánpótlás elmaradása és a meglévő mének tenyésztésből való kivonása kritikus létszámcsökkenést eredményezett. A tenyésztés a Magyar Hidegvérű Lótenyésztő Egyesület keretein belül folyt, ám a fajta megmentése nem volt cél. A hagyományos genetikai értékeket felismerve az Órségi Nemzeti Park Igazgatósága vállalta végül a feladatot. 2003-ban megkezdődött a muraközi regenerálása (*Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023*). Az első lépés a tenyésztési program kidolgozása volt, melyben rögzítették a regenerálás melletti érveket, a tenyészcél, a tartástechnológiát, valamint a tenyészállatok kiválogatásának szempontjait is (*Kovács, 2008*).

A megfelelő származási és küllemi szempontok szerinti egyedek megtalálása azonban nem volt egyszerű feladat. Végül 12 tenyészkancát sikerült kiválasztani, melyek megfeleltek a származási és küllemi elvárásoknak. A tenyészmen kiválasztás sem volt sokkal könnyebb feladat. A 2004-es évtől az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet tulajdonában lévő 4291 Hobol-141 ménnel fedeztettek, ám a nem kívánatos fejformáját örökölte, emiatt 2007-ben kizárták a tenyésztésből, másik

mént kellett keresni. A követelményeknek 3034 Veszprémvarsány-8 Robi felelt meg. A mének közti különbség jól látható, hiszen 4291 Hobol-141 utódai kevésbé voltak eredményesek, míg 3034 Veszprémvarsány-8 Robi utódai felülmúlták az elvárásokat. A 2015-ös évben már 26 tenyészkancával folyt a tenyésztés, 2012-től pedig két freibergeri ménnel is folyt fedeztetés (5392 Lorambo, 5393 Versace). A fedeztetés származás és küllem figyelembevételével készített párosítási terv alapján történt. A tenyésztésbe vont kancák származását felkutatták, majd kancacsaládokba osztották őket (*Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023*).

A fajta fenntartására tett törekvések részeként a horvátországi tenyésztő-egyesülettel is felvették a kapcsolatot, valamint tenyésztőket is meglátogattak 2004-ben. Megfelelő kancát találtak, megfelelő mént azonban nem, hiszen a horvát tenyészcél a vágoló előállítás. A 2005-ös évben történt egy látogatás a szlovákiai dobsinai ménesben is, ahol az 1960-as évek óta erdészeti munkára tenyésztik a murányi lónak nevezett fajtát. A fajta helyi kancák nőri ménekkel való párosztatásával alakult ki, ám küllemileg nem javított volna a magyar muraközi állományon, így tenyészállat behozatal nem történt (*Kovács, 2008*).

2. Populáció és molekuláris genetika

2.1. Megmenthető-e a muraközi fajta?

A ló házasítása kétségtelenül forradalmi változásokat hozott az emberiség történetében és a ló a civilizáció szerves részévé vált. Hazánk hagyományos lófajtái nemzeti identitásunk részévé váltak. Hagyományos fajtáink elvesztésével önbecsülésünk is odaveszne, valamint az Európában szinte példa nélküli nyilvántartásunk, melyet közel 200 éve vezetünk, szintén semmivé válna (*Mihók, 2008*).

A közelmúltban nagyobb figyelmet kapott a különböző fajták szelekciós programjainak hatékonysága és azok növelése. Ennek köszönhetően a molekuláris genetikai módszerek alkalmazása is gyakoribb lett. A génmegőrzés során a genetikai értékeket kívánjuk megmenteni a jelenlegi és későbbi kívánatos tulajdonságok megőrzéséhez (*Csizmár és mtsai, 2017*).

A génállomány megőrzése, mely egy veszélyeztetett (kis létszámú) populációt kíván változatlan formában megőrizni, egy speciális területe az állattenyésztésnek. Elsőre érthetetlennek tűnhet, hiszen a nemesítő munka alapja, hogy a nem megfelelő géneket megfelelőbbekkel helyettesítsük és tudatosan változtassunk a génfrekvencián. A géntartalékok átmentése rövidtávon nem gazdaságos, mégis kulturális és szakmai érvek szólnak mellette. Ilyen érv például, hogy háziállatfajtáink emberi munka eredményei, hasonlóan épületeinkhez. Továbbá esztétikai értéket hordoznak és az oktatásban is jelentős szerepet töltenek be. A természetvédelem és tájvédelem, valamint a turizmus fontos elemei. Szakmai szempontból pedig számolnunk kell vele, hogy nem tudhatjuk mi lesz az emberiség igénye a közeli vagy éppen a távoli jövőben. Lehet, hogy olyan hasznosítási módok kerülnek újra előtérbe, amik ma rég elveszettek vagy elavultnak számítanak. Szükség lehet a szélsőséges körülményekhez való jó alkalmazkodóképességre vagy szükség lehet adott tulajdonságokra keresztezésekben (*Bodó, 2011*).

Ilyenek a másodlagos értékmérő tulajdonságok vagy a ritka allélok. Jelenleg a géntartalékok megőrzését célzó molekuláris genetikai vizsgálatok alapegysége

a fajta, így a genetikai diverzitást feltérképezni kívánó munkák fajtákon belül és nem fajták között valósulnak meg. A filogenetikai vizsgálatok során az emlősöknél igen nagy jelentősége van a mitokondriális DNS vizsgálatának, mellyel megállapították például, hogy a háziasított lovak több anyai alapítóra vezethetők vissza. A genetikai markerek nem csak származásellenőrzésre használhatók, hanem populációk összehasonlítását is lehetővé teszik. Ilyen mitokondriális DNS vizsgálatot folytattak például a magyar hidegvérű fajta kancáin 2017-ben. A 195 minta (sörényből) különböző hazai tenyésztőktől származott, így egyedi azonosítók alapján származásuk is jól nyomon követhető volt. Az eredmények rámutattak, hogy a magyar hidegvérű fajta a tenyésztési programnak köszönheti fennmaradását. A talált 39 haplotípus gyakoriságát befolyásolja, hogy a kancák milyen mértékben kerülnek bevonásra a tenyésztésbe. Tehát génmegőrzés szempontjából kimondottan fontos, hogy az állomány genetikai hátterét feltérképezzük, hiszen másképp nem tudhatjuk, hogy melyik kancák hordozzák az alapítók genetikai jegeit (Csizmár és mtsai, 2017).

A pedigréelemzés vagy a genetikai marker vizsgálatok lehetővé teszik a származási adatok ismeretében az állományok genetikai összetételének és hátterének megismerését. Pedigréanalízissel számított mutatók használatával a gazdasági állatfajokban a beltenyésztettség alacsony szinten tartható. Beltenyésztésről egy állományon belüli rokon egyedek párosításakor beszélünk (Klein és mtsai, 2022). A beltenyésztettség mértékére oda kell figyelni a tenyésztéskor, különösen az intenzív szelekciót követően vagy azoknál a fajtáknál, melyeknél évszázadok óta zárt a törzskönyv.

A populációk genetikai szerkezetének minél pontosabb ismerete nagy jelentőségű. Mindez a muraközihez hasonló helyzetben lévő kis egyedszámú fajták esetében is létfontosságú (Klein és mtsai, 2022). Ilyen fajta például a kladrubi, sziléziai nóri, czech-moravian belgian és a hucul. A kis populáció a genetikai diverzitás elvesztésének veszélyével járhat. A génmegőrzés fő feladata a genetikai sokszínűség megmentése a haszonállatok körében. A FAO (Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet) három kategóriába sorolja a fajtákat a veszélyeztetettség foka szerint attól függően, hogy a populáció mérete növekszik, csökken vagy változatlan marad. A genetikai sokszínűség csökkenése szorosan kapcsolódik az effektív populációmérethez, melyet a génmegőrzési stratégiák kialakításához használnak a génmegőrzésben. Vostrá-Vydrová és mtsai (2016) a korábban említett négy cseh lófajta esetében határozta meg az effektív populációméretet, különböző szempontok alapján. Ennek segítségével pedig kiválasztható a legmegfelelőbb tenyésztési módszer. A négy fajta pedigré adatait elemezték. Az egyedek 1996 és 2010 között születtek (minden egyed, mely a tenyésztésben részt vett). Összesen 498 sziléziai nóri, 956 cseh-morva belga ló, 297 kladrubi és 501 hucul egyed vett részt a vizsgálatban. A beltenyésztési együttható kis eltérést mutatott a sziléziai nórinál, cseh-morva belgánál és huculnál. Ez 4-5 % körüli eredményt jelentett. A kladrubi esetében 2 színváltozat volt (szürke és fekete), melyeknél magasabb beltenyésztési együttható látszott (11 % és 14 %). A magas beltenyésztési együtthatók a genetikai változatosság csökkenését jelzik a vizsgált fajták esetében. A vizsgálatban az effektív populációméret 40 és 101 közötti értéket adott (Vostrá-Vydrová és mtsai, 2016).

Az effektív populáció létszám azt az állomány nagyságot fejezi ki, mellyel ro-

kontenyésztés során számolnunk kell. Az effektív populáció létszám a tenyésztésben lévő hím és nőivarú egyedek számát korrigálja 1:1 ivararányra, random párosításra. Ha a homozigotizást 1 % körül kívánjuk tartani generációnként, akkor 40-50 egyedből álló effektív populációméretre van szükség. Azonban hatékony szelekcióhoz legalább 100-as effektív populációméretet állapítottak meg. A kis létszámú populációknál megállapították, hogy legalább 25, egymással nem rokon egyed párosításával (legalább 10-10 egyed) egy-egy populáció átmentése lehetséges. Kérdés azonban, hogy kis létszámú populációk esetében ez mennyire megoldható a valóságban (Bodó, 2011).

A pedigrek, vagyis a feljegyzett származási adatok rendkívül fontos információkat szolgáltatnak a genetikai becslésekhez (Klein és mtsai, 2022). Ennek megfelelően a muraközi kutatási program induló állományának 77 lovát részletes származáselemzésnek vetették alá. A származási adatok 4 ősi sorig nyúltak vissza, melyekből az egyes ősókat külön vizsgálták és megállapították a vérhányadukat. Amelyik egyed származási lapján „mura” jelölés szerepelt, az 100 %-ban muraközinek, amelyik egyed származási lapján „hv.” (hidegvérű), az pedig 100 %-ban hidegvérűnek számított. Voltak olyan lovak is, ahol a negyedik ősi sorban szerepelt muraközi mén, ez esetben 25 %-ban számított muraközinek az egyed (Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023).

2.2. A genetikai sokszínűség jelentősége

A biológiai sokféleség részét képezik háziállatfajtáink is, melyek genetikai erőforrásként kiemelkedően fontos szerepet játszanak az emberi tevékenységekben és a biológiai egyensúly megőrzésében (Bögréné Bodrogi, 2008).

A rokontenyésztés okozta esetleges kedvezőtlen hatásokra figyelniük kell a veszélyeztetett fajok megmentése során is. Abban azonban nincs egyetértés, hogy mi a legjobb módszer ezek számszerűsítésére. A klasszikus felfogás szerint ez a pedigre adatok alapján történt. A technológia fejlődése azonban lehetővé tette a genomok alapján történő beltenyésztési együtthatók kiszámítását, melyhez nem kellene a pedigre adatok. Nagy előnyt jelet, hogy nincs szükség a teljes genomra, elegendő néhány ezer SNP (egy pontos nukleotid polimorfizmus) a megbízható eredményhez (Lavanchy és mtsai, 2024).

Beltenyésztéskor hosszabb időn keresztül adott állományból választjuk ki a hím- és nőivarú egyedeket. Rokontenyésztés során közelebbi rokonokat párosítunk. Ez lehet igen szoros (közös ős az 1-2. ősi sorban), szoros (közös ős a 3-4. ősi sorban) és mérsékelt (közös ős az 5-6. ősi sorban). Több lófajta is rokontenyésztés alkalmazásával jött létre vagy vált egyöntetűvé, remek példa erre az angol telivér, aminek a tenyésztésébe az 1700-as évek óta nem került be idegen vér. Rokontenyésztéssel nem jelennek meg olyan pozitív, új tulajdonságok, melyek a kiinduló egyed genotípusában nincsenek jelen, ám rögzülnek a meglévők. Helyes alkalmazásával az állatok tenyészértéke növekszik a fokozódó homozigotizációnak köszönhetően. Ez a homozigotizáció azonban a nem additív tulajdonságok esetében a minőség csökkenésével jár. A rokontenyésztett egyedek gyakran kisebb vitalitásúak. Ez a rokontenyésztési depresszió (Pongrácz, 2005).

A genetikai sokszínűség kulcsfontosságú az alkalmazkodóképesség és a szelekcióra adott válaszok tekintetében. Ennek csökkenése az egyed fittségének

csökkenésével jár és hosszabb távon a populáció élettartamára is kedvezőtlen hatást gyakorol. A hagyományos olasz bardigiano lófajta vizsgálata során *Ablondi és mtsai* (2018) a fajta genetikai sokszínűségét vizsgálták a fajta megőrzését szolgáló stratégiák kialakításának érdekében. Ez a fajta hasonlóan a muraközihez fontos szerepet töltött be a fuvarozásban, mezőgazdasági munkákban és hústermelésben. A XX. század elején a fajta introgresszió (hibridizációs leromlás) esett át, elsősorban a haflingi és maremmano fajtákkal történő keresztezés során. A második világháborút követően a bardigiano fajta alig 5 mént és 150 kancát számlált. A populáció ilyen drasztikus csökkenésére válaszul megkezdték a törzskönyvezést, mely során a cél a fajta különleges tulajdonságainak megőrzése és a lovagolhatóság, valamint a munkaalkalmasság javítása. A tenyésztői munkának köszönhetően ma már nem veszélyezteti a kihalás. A tenyésztési stratégia azonban a kis létszám miatt kiemelkedően fontos bizonyos gének eltűnésének megelőzése érdekében. A pedigreanalízis hatékony módja a genetikai sokszínűség meghatározásának, különösen a kis létszámú fajták esetében, melyeknél a drágább technológia nem elérhető. A becslések felhasználhatók a tenyésztési módszerek optimalizálásához. A vizsgálat során a regisztrált egyedek száma fokozatos növekedést mutatott az 1970-es évektől. A regisztrált kancák száma a vizsgált időszakban jelentősen nagyobb volt, mint a méneké. A regisztrált mének száma 1 és 178 között volt (62 vizsgált év). A törzskönyvezés kezdete (1977) óta csökkent a tenyésztésbe vett mének száma. A 2009-es évben született és regisztrált mének mindössze 4,24%-ának született ivadéka (a legnépszerűbbnek 222 egyed). A különböző területeken különböző tenyésztési módokat alkalmaztak. Volt terület (Parma megye), ahol 64 %-ban helyi méneket használtak, míg Piacenza, Genova és La Spezia területén főként idegen méneket alkalmaztak (*Ablondi és mtsai*, 2018).

A genetikai diverzitás megőrzése rendkívül fontos a populációk alkalmazkodóképességének megtartásához, hiszen csak így képesek a változásokra megfelelően reagálni. A diverzitást magát a genetikai variációk összessége alkotja. A genetikai diverzitás mértékének monitorozását érdemes genetikai markerekkel végezni. Technikailag DNS szekvenálással is megtehetjük mindezt, de ennek magas költségeivel számolnunk kell. Genetikai markerként használható minden olyan jelleg (pl. fehérjemolekula, nukleinsav szekvencia), amely jelöl vagy nyomon követ egy részt (lókuszt) a kromoszómán. A genetikai variációk feltérképezése során a kutatók elsőként fenotípusos tulajdonságokat használtak (*Kánainé Sipos*, 2019).

Ilyen tulajdonság a mozgás vagy a gyorsaság, mely tulajdonságok nagy módosuláson estek át a domesztikáció és alkalmazkodás következtében. A modern kor kihívásai azonban olyan változásokat hoztak, melyek a lovak számának csökkenését eredményezték és genetikai erózióhoz vezethetnek. Ennek elkerülése érdekében a lovak genetikai sokszínűségét meg kell őrizni. Jó példa a kínai chakouyi, melyről történelmi feljegyzések nagy számban állnak rendelkezésre. A fajta jelentős a különleges mozgása miatt. Jól alkalmazkodott a zord körülményekhez. A magashegyi környezet olyan egyedi kihívások elé állította a lovakat, mint a kevés oxigén és extrém hőmérsékletváltozások, melyekhez a túlélés érdekében alkalmazkodniuk kellett. Hasonló körülményekhez a tibeti lovak genetikailag úgy alkalmazkodtak (EPAS1 gén), hogy az oxigénhasznosításuk javult, míg az andean lovak a hemoglobin oxigénmegkötő képességének javulásával

tudtak akklimatizálódni. A történelmi vándorlások és a tea- és lovas út (Tea-Horse trade) (Ganshu tartomány és Tibeti-fennsík között) hozzájárulhattak a genetikai sokszínűséghez a chakouyi lovakban. Ez a környezeti hatások és a génsodródás közötti összetett kölcsönhatást feltételezi. A genomikai tanulmányok egyértelműen mutatják, hogy a szelekció jelentősen befolyásolja a lovak mozgását. Jól látható ez a sportra tenyésztett fajtáknál. Ezen fajtáknál a mozgással kapcsolatos tulajdonságok örökölhetőségét nézve közepes, jó értékeket láthatunk ($h^2 = 0,25-0,71$). *Yang-Kai Liu és mtsai* (2024) 199 ló genetikai anyagát vizsgálták meg, melyeket 18 házasított (különböző területekről) és egy vad populációból gyűjtöttek be. Így lehetőség volt 24 919 150 két allélos SNP azonosítására a genomokon. Ezen SNP-k nagyobb része intergenikus (51,4%) régiókon vagy intronokon (39,4 %) és kisebbik része exonokon (0,9%) helyezkedett el. A 195 házasított ló három nagyobb csoportba volt sorolható. Az eredmények rámutattak, hogy a tenyészcél és a használat befolyásolta a lovak különböző genetikai hátterének alakulását. Arra is rámutatott a tanulmány, hogy a chakouyi, lovak genetikai diverzitása igen kicsi. A fajta megőrzésére irányuló törekvések azonban sikeresnek bizonyultak és a heterozigóitítás növekedését láthatjuk (*Liu, és mtsai, 2024*).

Másik fenotípusos tulajdonság, mely fajtákat egymástól történő megkülönböztetésre is használatos, a színeződés. A lovak alapszínei leírhatók molekuláris szinten. Ennek genetikai háttere még nem teljesen ismert, ám több új információ került nyilvánosságra az elmúlt évtizedekben. Mérföldkőnek számított a kutatók során egy misszensz variáns kimutatása az MC1R génen, mely a sárga szín kialakulásáért felelős. Az ASIP génen azonosított deléció pedig a fekete szín kialakulásával hozható összefüggésbe. A deres szín genetikai háttere azonban még nem ismert pontosan. *Marklud és mtsai* (1999) összefüggéseket találtak a KIT gén variánsai és a deres szín között belga hidegvérű lovaknál, ám ezek a variánsok más fajtáknál nem voltak megtalálhatóak. Ez arra utal, hogy a deres szín kialakulásának genetikai háttere heterogén a fajták között. Továbbá bizonyítást nyert, hogy a deres színért felelős gén dominánsan öröklődik. A nóri lovakon végzett genetikai vizsgálatok során találtak egy SNP-t az egyik intronon (17) a korábban említett KIT génen, mely a G-alléllal a deres szín kialakulásáért felelős. Pedigréanalízis és az ivadékok száma homozigóta G/G deres lovak jelenlétét mutatta. Az ilyen homozigóta nóri mének referencia egyedekként használhatóak további genetikai vizsgálatok során. Sokáig a deres színért felelős domináns gén homozigóta formában történő megjelenését letálisnak (az anyaméhben) gondolták az utódszámok alapján. A vizsgálatok azonban bebizonyították, hogy vannak élő homozigóta deres lovak (*Grilz-Seger és mtsai, 2020*).

2.3. A muraközi ló jelenlegi helyzete

A muraközi ló napjainkban Szlovénia, Horvátország és Magyarország területén szinte eltűnt, Ausztria területén pedig már teljesen kihalt. A Szlovénia területén található populációt új pontozási rendszerrel pontozták, melyet a 2008-ban indult nemzetközi együttműködési program keretein belül alakítottak ki. A pontozás alapján legkívánatosabb kancáktól vérmintákat gyűjtöttek, melyeken mtDNS (mitochondriális DNS) vizsgálatokat végeztek. A tanulmány célja az volt, hogy betekintést nyerjenek a Szlovénia területén található muraközi populációba

fenotípusos és genetikai szempontból. 15 egyeden végeztek DNS analízist, mely során 11 különböző haplotípust találtak. A muraköziben talált haplotípusok egyeztek vagy nagyon hasonlítottak más házasított lófajtákban talált haplotípusokhoz. A Mur-8 haplotípus például megegyezik a lipicaiban (A haplotípus) találhatóval és arab haplotípussal (21). Összesen 33 egyezést találtak. A talált 11 haplotípus 4 csoportba sorolható. Az ősi fajták védelmének tehát nemzeti, nemzetközi és kulturális jelentőségé is van (*Potočnik és mtsai, 2011*).

A muraközi ló megmentésére irányuló törekvések 14 év után mutattak jelentős eredményeket. 2016-ban Óriszentpéteren elindult a muraközi kutatási program, melynek egyértelmű célja a muraközi önálló fajtává válása. A 2003-as induló állomány ekkorra már többszörösére nőtt, mely teret adott a szelekciónak. A program kezdetekor mindössze 7 magántenyésztő volt. Ez 17 kancát és 2 mént jelentett. A program sikerességének alapja a magántenyésztők kezében lévő kancák létszámának növelése, mely a nehézségek ellenére igen pozitív eredményeket mutat. A 2020-as évben, ahogy az a 3. táblázatban látható, nagy számban jelentkeztek tenyésztők, akik csatlakozni kívántak a fajtarekonstrukciós programhoz (*Kovács-Mesterházy és mtsai, 2023*).

3. Következtetések

A feldolgozott téma specialitását jól szemlélteti, hogy a szakirodalom felkutatása során a cikk szerzőinek sajnálatos módon azzal kellett szembesülnie, hogy még a hazai szakirodalom is igen szegényes, a nemzetköziről nem is beszélve. Ugyanakkor igenis van jelentősége a muraközi fajta megmentésére irányuló kutatásoknak, vizsgálatoknak, akár a génmegőrzésről, akár a hagyományos fajták megmentéséről legyen szó.

3. táblázat: Az egyesületi tagok és az állomány létszámának alakulása 2018-2023 között

Év (1)	Egyesületi tagok (fő) (2)	Ebből ló tartók (fő) (3)	Tenyészkanca (db) (4)	Tenyészmén (db) (5)	Választott csikó (db) (6)
2018	17	11	46	7	21
2019	23	13	46	5	22
2020	50	49	76	7	21
2021	76	62	115	15	49
2022	90	75	128	16	74
2023	100	81	133	17	61

Forrás: Kovács-Várhelyi (2024) (7)

Table 3: Development of the number of association members and horse population between 2018-2023 year (1); association member (2); of which horse owner (3); broodmare (4); breeding stallion (5); loss (5); weaned foal (6); source (7)

A szakirodalmi feldolgozás alapján elmondhatjuk, hogy a muraközi ló igen népszerűnek számított a maga idejében. A Mura vidékhez köthető fajta ideális volt a fuvarosok számára. Tenyésztők igen nagy becsben tartották lovaikat, minden más elé helyezve kancáik igényeit. A nagy kereslet miatt azonban a fiatal

egyedek eladásra kerültek, ménhiány volt jellemző a területen. Ez negatív hatást gyakorolt a muraközi típusú lovakra. A történelem viharában szinte teljesen elvesztett a muraközi ló. A felismerés, hogy a hagyományos fajtáinkra szükség van és védenünk kell őket, megadta az esélyt, hogy a muraközi ló ismét erőre kapjon. A szemlecikk fő következtetése az, hogy az új genetikai kutatások eredményeinek segítségével megmenthetők azon értékek, amelyeket a muraközi ló képvisel. Láthatjuk, hogy a szinte a kihalás széléről mentett fajták esetében a modern genetikai módszerek segítségével történő tenyésztési program kidolgozása megmentheti az adott fajtát. Hazai szinten a szakemberek sajnálatos módon a muraközi megmentésére igen kevés figyelmet fordítanak. Napjainkra jelentősebb létszámban Őrszentpéteren található a fajtát képviselő egyed, de szerencsére a magántenyésztők ismét kezdik felismerni ennek a fajtának az értékeit. Mivel azt látjuk, hogy a lólétszám és a tenyésztők számának növekedése folyamatos, így joggal következtethetünk arra, hogy a mai modern világban is megállja a helyét. Azok a genetikai értékek, melyeket a muraközi képvisel nem csak azért fontosak, mert a történelmünk részét képezik, hanem a későbbiekben a lótenyésztésben felhasználhatók a jelenlegi és későbbi kívánatos tulajdonságok megőrzéséhez.

4. Felhasznált irodalom

- Ablondi, M. – Vasini, M. – Beretti, V. – Superchi, P. – Sabbioni, A.* (2018): Exploring genetic diversity in an Italian horse native breed to develop strategies for preservation and management. *J. Anim. Breed. Genet.*, 135. 450–459. <https://doi.org/10.1111/jbg.12357>
- Becze, J. – Lukáts, K. – Zilahy, A.* (1957): A hidegvérű ló tenyésztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 87–90.
- Bodó, I.* (2011): Háziállatok génvédelme. Debreceni Egyetem Kiadó, Debrecen, 22 – 24.; 27 – 29.; 36 – 39.; 93 – 94.
- Bögréné Bodrogi, G.* (2008): A veszélyeztetett háziállatfajták védelmének nemzetközi és hazai szempontjai. In: A veszélyeztetett háziállatfajták fenntartása, hasznosítása az Európai Unióban és Magyarországon. Szerk. *Tibay, Gy.*, Szent István Egyetemi Kiadó, Budapest, 7 – 14.
- Csizmár, N. – Mihók, S. – Jávora, A. – Kusza, Sz.* (2017): A magyar hidegvérű lovak genetikai diverzitás vizsgálata. *Agrártudományi Közlemények*, 73. 29–34. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/73/1622>
- Dunai, A.* (2024): Lovak sorsa. Napvilág kiadó, Budapest, 73–74.
- Grizl-Seger, G. – Reiter, S. – Neuditschko, M. – Wallner, B. – Reider, S. – Leeb, T. – Jagannathan, V. – Mesarič, M. – Cotman, M. – Pausch, H. – Lindgren, G. – Viele, B. – Horna, M. – Brem, G. – Druml, T.* (2020): A genome-wide association analysis in Nóri horses identifies a SNP associated with roan coat color. *J. Equine Vet. Sci.*, 88. 102950. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102950>
- Kánainé Sipos, D. I.* (2019): Mikroszatellit markerek izolálása hal populációk genetikai variabilitás vizsgálatának és nemesítésének megalapozásához. *Gödöllő*, 14–15.
- Klein R. – Mihók S. – Oláh J. – Posta J.* (2022): A mezőhegyesi őshonos lófajták parciális beltenyésztettségének vizsgálata. *Acta Agr. Kaposvariensis*, 26. 7–15. <https://doi.org/10.31914/aak.3442>
- Kovács-Mesterházy, Z. – Kovács-Várhelyi, V. K. – Monostory, K. – Tanfi, G.* (2023): A muraközi ló régén és ma. *Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság, Őrszentpéter*, 9–11.; 18–20.; 55–62.; 75–76.
- Kovács Z.* (2008): A muraközi ló regenerálása az Őrségi Nemzeti Parkban. In: *Tibay, Gy.* (szerk.): A veszélyeztetett háziállatfajták fenntartása, hasznosítása az Európai Unióban és Magyarországon. Szent István Egyetemi Kiadó, Budapest, 79–90.

- Kovács-Várhelyi, V. (2024): A muraközi lóállomány és a fajta alakulása az elmúlt 20 esztendőben. *Magy. Állatteny. L.*, 29. 26–28.
- Lavanchy, E. – Weir, B. S. – Goudet, J. (2024): Detecting inbreeding depression in structured populations. National Human Genome Research Institute, <https://doi.org/10.1073/pnas.2315780121>
- Liu, Y. – Fu, W. – Wang, Z. – Pei, S. – Li, K. – Wu, W. – Le, M. – Yue, X. (2024): Genomic insights into the genetic diversity, lateral gaits and high-altitude adaptation of Chakouyi (CKY) horses. *J. Genet. Genom.*, 52. 1001–1010. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2024.11.008>
- Mihók, S. (2008): Génmegőrzés a magyar lófajtáknál, használatuk a megváltozott értékrendben. In: *Tibay, Gy. (szerk.): A veszélyeztetett háziállatfajták fenntartása, hasznosítása az Európai Unióban és Magyarországon. Szent István Egyetemi Kiadó, Budapest, 43–44.*
- Mihók, S. (2017): A magyar hidegvérű ló. *Mezőgazda kiadó, Budapest, 57–67.*
- Monostori, K. (1894): A muraközi ló. *Köztelek, Budapest, 6–24.*
- Ócsag, I. – Patay, S. (1974): A muraközi fajta kitenyésztése. *Agrártudományi Egyetem közleményei, 77–94.*
- Ócsag, I. (1995): A gazdasági ló. a *Gazda Kistermelő Lap – és Könyvkiadó Kft, Budapest, 128–137.*
- Pongrácz, L. (2005): A ló tenyésztése és genetikája. *Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 32–34.*
- Potočnik, K. – Simičič, M. – Cividini, A. – Šalehar, A. – Mesarič, M. – Rus, J. – Kavár, T. – Dovč, P. (2011): Medžimurje horse population in Slovenia. *Acta Agr. Slovenica, 98. 111–117.* <https://doi.org/10.2478/v10014-011-0027-3>
- Vostrá-Vydrová, H. – Vostrý, L. – Hofmanová, B. – Veselá, Z. – Schmidová, J. – Novotná, A. (2016): Estimation of effective population size by different methods for Czech endangered horse breeds based on genealogical information. *Acta Fyt. Zootechn.*, 19. 41–44. <http://dx.doi.org/10.15414/afz.2016.19.si.41-44>

Érkezett: 2025. május

Szerzők címe: Szabó K.* – Pongrácz L. – Tózsér J.
Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Authors' address: Széchenyi István University Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
*levelező szerző, e-mail: szabo.kitti.1@hallgato.sze.hu

Kovács-Mesterházy, Z.
Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület
Muraközi Horse Breeding Association
H-9933 Órimagyarósd, Petőfi Sándor utca 15.

A növendék húsmarhák takarmányhasznosítását befolyásoló biológiai sajátosságok, és szelekciós lehetőségek

Biological characteristics influencing feed efficiency in growing beef cattle and selection possibilities

DEMÉNY Márton János – SZÚCS Márton – TŐZSÉR János

ÖSSZEFOGLALÁS

Az állat takarmányhasznosítása a fejlődésben lévő szarvasmarhák esetében (azaz az állat képessége, hogy a legkevesebb takarmányfelvétellel elérje a piaci vagy felnőttkori testtömegét), kulcsfontosságú tényező a húsmarha ágazatban. A takarmányozás tudományterületein hatalmas előrelépést tettek, az állatok átlagos takarmányhasznosítását befolyásoló emésztési sajátosságok megértése terén. A hasonló körülmények között nevelt húsmarháknál a takarmányhasznosítás esetében azonban jelentős az egyedek közötti eltérés, melynek oka még mindig nem teljesen ismert. A tanulmány célja bemutatni a takarmányhasznosításban tapasztalható különbségek biológiai és genetikai hátterét, különös tekintettel a maradék takarmányfelvételt (Residual Feed Intake, RFI) szempontjából fenotipizált növésben lévő húsmarhák esetében.

Kulcsszavak: növendék húsmarha, takarmányhasznosítás, RFI, biológiai sajátosságok

SUMMARY

Feed conversion in growing cattle (i.e., the animal's ability to reach market or adult body weight with the least amount of feed intake) is a key factor in the beef cattle industry. Huge advances have been made in the field of animal nutrition, particularly in understanding the digestive characteristics that influence average feed conversion in animals. However, there are significant differences in feed conversion between individuals raised under similar conditions, the reasons for which are still not fully understood. The aim of this study is to present the biological and genetic background of differences in feed conversion, with particular emphasis on beef cattle phenotyped for residual feed intake (RFI) during growth.

Keywords: growing beef cattle, feed conversion, RFI, biological characteristics

1. Bevezetés

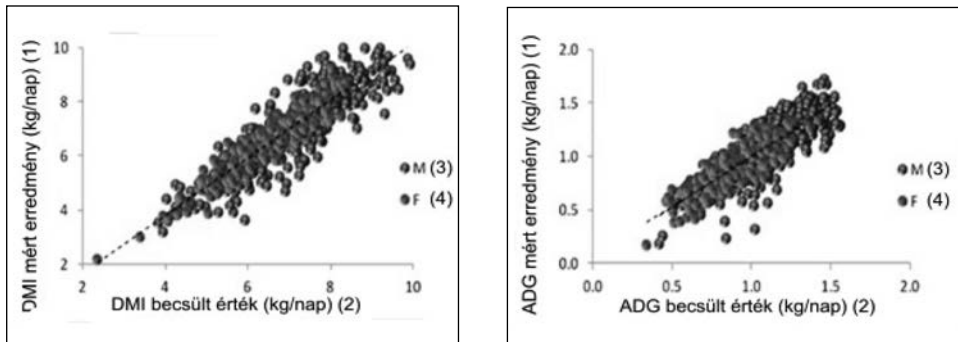
A húsmarha ágazat számára fontos kérdés, hogy azonos körülmények között nevelt állatok miért különböznek ilyen mértékben a takarmányhasznosítás szempontjából. Az eddigi kutatások alapján arra lehet következtetni, hogy a takarmányhasznosítás és az azt befolyásoló tényezők egyaránt a szárazanyag-bevitellel (Dry Matter Intake, DMI) együtt változnak, ami arra utal, hogy az anyagcsere energiaigényes folyamatai lehetnek a takarmányhasznosítást befolyásoló tényezők hátterében.

A kérődzők képesek az ember számára nem fogyasztható takarmányt (pl. fűfélék, cellulózban gazdag melléktermékek) kiváló minőségű, ember számára fogyasztható élelmiszerré (pl. hús, tej) alakítani. A kérődzők ezen egyedülálló képessége azonban - különösen a növésben lévő szarvasmarhák esetében - alacsony konverziós hatékonyságú, továbbá N-szennyezéssel és az üvegházhatású gázok kibocsátásával jár. Az állatifehére-tartalmú élelmiszerek iránti növekvő emberi igény, a természeti erőforrások szűkössége és a környezetünk megővésének szükségessége miatt egyre nagyobb kihívást jelent a takarmányforrások állati termékekké történő átalakításának folyamata.

A takarmányhasznosítás egy összetett és több tényező által befolyásolt értékmérő tulajdonság. Jelenleg két különböző mérőszámot használnak a takarmányhasznosítás mérésére, növendék húsmarhák esetében. A marhahúsipar hagyományosan a felhasznált takarmány mennyisége és az állat súlygyarapodása közötti arányt, az úgynevezett takarmányértékesítő képesség (Feed Conversion Ratio, FCR) használja. Annak ellenére azonban, hogy az FCR hasznos mutató a termelési hatékonyságot befolyásoló gazdálkodási gyakorlatok értékelésére, ma már megkérdőjelezhető tulajdonság a genetikai szelekcióban, mivel az arányosított tulajdonságokra történő szelekció, mint amilyen az FCR is, eltérő és előre nem látható eredményeket hozhat a származtatott, mért tulajdonságok változásában (Zetouni és mtsai, 2017), mely kiszámíthatatlan összefüggéshez vezethet a takarmányfelvétellel kapcsolatban (Arthur és Herd, 2012).

A második mérőszám a tényleges takarmányfelvétel, és az életfenntartáshoz és súlygyarapodáshoz szükséges várható takarmányszükséglet közötti különbség, amelyet maradék takarmányfelvételnek (Residual Feed Intake, RFI) nevezünk. A maradék takarmányfelvétel olyan istállórendszerekben vizsgálható, ahol egyedi azonosítás mellett mérleggel ellátott etetővályú segítségével mérhető az egyedek pontos takarmányfelvétele. A takarmányösszetétel pontos ismeretében kiszámítható a vizsgálati időszakban az állatokra vonatkozó DMI, melyből az RFI számítás során kivonják a számított vagy várt DMI értékét. A várt értéknél alacsonyabb DMI bevittel rendelkező állatok hatékonyabbnak tekinthetők, mivel a számítások szerinti várható értéknél kevesebb takarmányt vesznek fel. A maradék takarmányfelvétel az utóbbi években egyre népszerűbb mérőszámmá vált, főként a szarvasmarha nemesítők körében, mivel fenotípusos korrelációja nem mutat összefüggést a testtömeggyarapodással és az állat méretével. Mivel a takarmányhasznosítás az állat végsúlyától független mérőszám, az a meggyőződés alakult ki, hogy az RFI eltérései a termelés hatékonyságát meghatározó alapvető anyagcsere folyamatok eredendő eltéréseit jelenthetik (Archer és mtsai, 1999). Az RFI-t azonban a szakma általánosságban kevésbé fogadta el, főként

1. ábra: A szárazanyagfelvétel és a napi testtömeggyarapodás mért, és becsült értékei közötti különbségek Nellore húsmarhák esetében (Ceacero és mtsai, 2016)



M = hímivar (3); F = nőivar (4)

Figure 1: Differences between observed and predicted values for dry matter intake and average daily gain in Nellore beef cattle (Ceacero et al, 2016)

observed DMI (1); predicted DMI (2); male (3); female (4)

azért, mert az RFI szempontjából kiválóan minősített állatok, esetenként lassú növekedésűek is lehetnek (Berry és Crowley, 2013).

A takarmányhasznosítás állatok közötti eltéréseinek biológiai meghatározói még feltárás alatt vannak, de több okból is szükséges megérteni az RFI-t befolyásoló tényezőket (Richardson és mtsai, 2004). Egyfelől megismerhetjük a takarmányhasznosításra való szelekció mellékhatásait az értékmérő tulajdonságokra, (pl. szaporaság, ellenálló-képesség; Rauw és mtsai, 1998), mely segíthet a tenyésztési programok tervezésében. Másfelől új gazdálkodási stratégiákat alakíthatunk ki, melyek célja a takarmányhasznosítás szempontjából nem hatékony állatok teljesítményének javítása és a takarmányadagok összeállításának összehangolása az állatok egyedi igényeivel. Továbbá lehetőség nyílna olcsó és gyors módszerekkel (pl.: biomarkerek), az egyedek genetikai és gazdálkodási célú rangsorolására, a takarmányhasznosítás mérése nélkül. A takarmányhasznosítás egyedek közötti eltéréseinek hátterében álló biológiai folyamatok tanulmányozása az elmúlt 15 évben intenzívebbé vált. A legtöbb ilyen vizsgálat célja azoknak a meghatározó tényezőknek és molekuláris alapoknak a vizsgálata volt, amelyek megmagyarázzák, hogy hasonló körülmények között nevelt, összehasonlítható állatok takarmányhasznosítása miért különbözik egymástól. Más vizsgálatok pedig a fenotípus előrejelzésére szolgáló biomarkerek felfedezését tűzték ki célul.

2. Takarmányfelvételi szokások és fizikai aktivitás

A takarmányfelvételt a felvett takarmány mennyisége és a felvétel gyakorisága határozza meg, amit fizikai és metabolikus mechanizmusok szabályoznak, a meghatározó táplálkozási és takarmányozási szokásoktól függően (Fitzsimons és mtsai, 2017).

Az RFI szempontjából hatékony és kevésbé hatékony húsmarhák között jelentős fenotípusos különbségek figyelhetők meg a szárazanyag felvételben (Kelly

és *mtsai*, 2010; *Fitzsimons és mtsai*, 2013, 2014), ami a táplálkozási viselkedés takarmányhasznosításban betöltött szerepét jelzi. Ugyanakkor a táplálkozással járó aktivitás jelentős energiafelhasználást jelent (*Fitzsimons és mtsai*, 2017). A táplálkozás időtartama és sebessége az RFI függvényében változik. Például nagy RFI-értékű szarvasmarhák arányosan 12%-al több időt töltöttek evéssel, és 17%-al nagyobb szárazanyag bevitelük volt, mint az alacsony RFI-vel rendelkező társaiknak (*Kenny és mtsai*, 2018). Az RFI és a táplálkozási események közötti kapcsolatot befolyásolhatja a takarmány típusa is.

A fizikai aktivitás szintén befolyásolja az energiafelhasználást. A magas RFI-vel rendelkező állatok gyakrabban álltak takarmányfogyasztás nélkül a vályúnál, mint alacsony RFI-értékű társaik (*Kelly és mtsai*, 2010). Az RFI-fenotípusok közötti viselkedési különbségek istállózott és legeltetési körülmények között egyaránt megfigyelhetők, de ellentmondásos eredményeket mutatnak (*Lawrence és mtsai*, 2012; *Kenny és mtsai*, 2018).

A legtöbb kutatás istállózott állatokon történt, ahol a takarmányfelvételt könnyebben lehetett mérni az automatizált rendszerek segítségével. Legeltetési körülmények között viszont kevés adat áll rendelkezésre (*Lawrence és mtsai*, 2012). Ugyanakkor, a genotípus és a környezet közötti kölcsönhatás befolyásolja az RFI értékelését. Például különböző takarmányok mellett, azonos RFI-vel rendelkező állatok, különböző takarmányfelvételi mintázatot mutathatnak (*Oliveira és mtsai*, 2016; *Manafiazar és mtsai*, 2015).

Egyes kutatások szerint zárt tartásban a kis és nagy RFI értékű szarvasmarhák közötti különbségek főként a takarmányfelvételt tükrözik, míg legeltetési körülmények között ezek a hatások kevésbé ismertek. A pontosabb mérések érdekében olyan rendszerek alkalmazhatók, amelyekben lehetséges az első növedékből származó réti széna takarmányozása mellett a takarmányhasznosítást és a takarmányfogyasztást vizsgálni (*Coyle és mtsai*, 2016, 2017).

3. Emészthetőség és metánkibocsátás

A takarmány állati terméké történő alakítása során az emészthetőség és a metánkibocsátás korlátozó tényezői az emésztés során felszabadult energia hasznosításának. Mivel a metántermelés (g CH₄/nap) lineárisan összefügg a szárazanyag-felvétellel (DM-bevitel), a szarvasmarhák alacsony RFI-re történő szelekciója csökkentheti a metántermelést anélkül, hogy az állatok növekedési erélye csökkenne (*Basarab és mtsai*, 2013).

Ugyanakkor az alacsonyabb RFI-vel rendelkező állatok esetében nem mindig figyelhető meg kisebb metántermelés. Ennek lehetséges okai: 1. Az eltérő RFI-vel rendelkező szarvasmarhák között nincs mindig különbség a DM-bevitelben, amikor az emészthetőséget az RFI-vizsgálati időszakon kívül mérik (*Jones és mtsai*, 2011). 2. Az alacsony RFI értékkel rendelkező állatoknak akár 4%-kal is jobb lehet a szárazanyag (DM) emésztő képessége, ami növeli a fermentációhoz és a metanogenezishez rendelkezésre álló szubsztrát mennyiségét takarmány egységenként (*Bonilha és mtsai*, 2017).

Richardson és Herd (2004) szerint az emésztési folyamatok az RFI varianciájá-

2. ábra: A metánkibocsátás csökkentése a takarmányhasznosítás javításával (Grainger és mtsai, 2007)

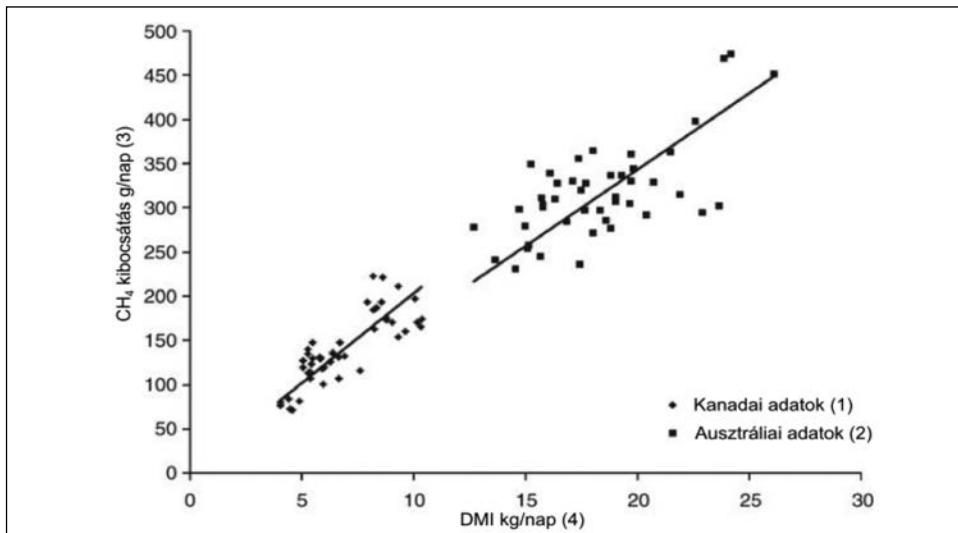


Figure 1: Reducing methane through improved feed efficiency (Grainger et al, 2007)
Canadian data (1); Australian data (2); CH₄ emission g/day (3); dry matter intake kg/nap (4)

nek legalább 10%-áért felelősek. Meta-análízis során, amely az eltérő RFI értékkel rendelkező szarvasmarhák takarmányfelvételi és emészthetőségi adatait értékelte, negatív korrelációt mutattak ki a DM emészthetőség és a DM bevitel között (Sauvant és Nozière, 2016). Ez arra utal, hogy a kisebb RFI-értékhez kapcsolódó nagyobb DM emészthetőség leginkább az alacsonyabb DM bevitel következménye lehet.

Az alacsony RFI-vel rendelkező szarvasmarhák esetében nem mutathatók ki következetes eltérések a metántermelésben (MY: methane yield), melynek mértékegysége: CH₄(g)/DMI(kg). Ez azért lehet, mert az alacsonyabb metánkibocsátás ellenére a MY nem feltétlenül csökken. Sőt, az alacsonyabb takarmányfelvétel szintje gyakran növeli a MY-t, ahogyan azt szélsőséges RFI-értékkel rendelkező húsmarháknál megfigyelték (Herd és mtsai, 2016). Bár az alacsony RFI-értékű állatok esetében kisebb bendőméretet és rövidebb bendőemésztési időt mutattak ki (Fitzsimons és mtsai, 2014; Rius és mtsai, 2012), a metántermelés és a takarmányhasznosítás közötti kapcsolat nem teljesen egyértelmű.

4. Metántermelés és genetikai szelekció

A metántermelés (MY) genetikai szabályozottsága lehetőséget ad arra, hogy a MY csökkentésére irányuló szelekcióval növeljük az energiafelvétel hatékonyságát. Egy adott állományon belül az alacsony RFI-vel és alacsony MY-val rendelkező egyedek kiválasztása célzott tenyésztési stratégiákhoz vezethet (Donoghue és mtsai, 2016). Az ilyen szelekció ugyanakkor kihívásokkal is jár, például a MY és más tulajdonságok közötti esetleges kedvezőtlen genetikai összefüggések miatt.

A reziduális metán (az egyed metántermelése az előre jelzett kibocsátáshoz

képest) mint szelekciós cél jelentős előrelépést kínálhat a metánkibocsátás csökkentésére. Ez az érték erősen korrelál a metántermeléssel ($r = 0,82-0,95$), de független a DM-beviteltől, és csak gyenge kapcsolatot mutat a termelési tulajdonságokkal (*Herd és mtsai, 2014*).

Az állatok közötti genetikailag meghatározott eltérések, szelekció révén, lehetőséget nyújtanak a metánkibocsátás csökkentésére. Az RFI-re és a reziduális metánra történő szelekció együttes alkalmazása csökkentheti a kibocsátás mértékét mind egyedenként, mind teljes állományok esetében. Az emészthetőség javítása ugyanakkor kompromisszumokat eredményezhet a metántermelés (MY) növekedése révén, ami óvatos egyensúlyozást igényel a tenyésztési és környezetvédelmi célkitűzések között.

5. Bendő mikrobiom

A takarmányhasznosítás és a bendő mikrobiom közötti kapcsolatot vizsgálva a kutatások azt igazolták, hogy az állatok azonos takarmányozási és környezeti feltételek mellett is egyedi mikrobiális összetétellel rendelkeznek (*Jami és Mizrahi, 2012*). *Guan és mtsai (2008)* elsők között kezdték el a bendő mikrobiális összetétele és a takarmányhasznosítás közötti összefüggések vizsgálatát. Azóta további vizsgálatok igazolták, hogy bizonyos mikrobiális változások összefüggésbe hozhatók az eltérő takarmányhasznosítási fenotípusokkal. Például bizonyos bakteriális fajok, mint a *Succinivibrio sp.*, *Eubacterium sp.* és *Robinsoniella sp.*, kapcsolatba hozhatók a maradék takarmányfelvétellel, bár ez az összefüggés éntrendfüggő (*Pope és mtsai, 2011*).

A jobb takarmányhasznosítással rendelkező állatok bendőjében kevésbé változatos metanogén baktérium flóra található, ami arra utal, hogy a mikrobák kevesebb szubsztrátot használnak fel saját szaporodásukhoz, így több tápanyag áll a gazdaszervezet rendelkezésére. Ez a megfigyelés megkérdőjelezi azt az általános feltételezést, hogy a nagyobb mikrobiális diverzitás mindig előnyös (*Zhou és mtsai, 2010; Carberry és mtsai, 2012*).

A bendőmikrobiom genetikai alapjainak vizsgálata során kiderült, hogy annak bizonyos elemei örökölhetők, különösen a *Firmicutes* törzsbe tartozó baktériumok, amelyek jelentős szerepet játszanak a rostok lebontásában és a szénhidrát anyagcserében. Ez a felismerés új tenyésztési stratégiák kialakításához vezethet, amelyek célja a takarmányhasznosítás javítása lehet a bendőmikrobiom optimalizálásán keresztül (*Li és mtsai, 2017*).

Az állatok közötti genetikai eltérések és a bendőmikrobiom individualizált összetétele együttesen hatással vannak a takarmányhasznosításra. Bár a mikrobiális összetétel és a takarmányhasznosítás közötti kapcsolat még nem teljesen tisztázott, a kutatások azt mutatják, hogy a mikrobiális diverzitás csökkentése és a „felesleges” mikrobiális aktivitás mérséklése hozzájárulhat az energiahatékonyság növeléséhez. A jövőbeni vizsgálatok célja ennek a kapcsolatnak a pontosabb feltárása, nagyobb állományméret és reprezentatív mintavétel mellett, figyelembe véve a gazdaszervezet genetikai és fiziológiai jellemzőit is.

6. Energiaforgalom

6.1. Az állat szervezete szintjén

Richardson és Herd (2004), valamint *Herd és Arthur* (2009) vizsgálataik következtetéseként az alacsony RFI értékkel rendelkező vonalak életfenntartásra fordított energiaszükségletének csökkentését hangsúlyozták. Azonban kevés adat áll rendelkezésre az eltérő RFI-vonalak energiahatékonyságáról. Húsmarháknál csupán néhány tanulmány mérte az oxigénfogyasztás alapján a hőtermelést (*Nkrumah és mtsai*, 2006; *Chaves és mtsai*, 2015), miközben az emésztés és egyéb kulcsfontosságú mechanizmusok vizsgálata gyakran elmaradt. A kísérletek korlátait tovább növelik a kis statisztikai különbségek és módszertani pontatlanságok. Mindezek ellenére bizonyították, hogy az alacsony RFI-vel rendelkező állatok életfenntartásra fordított energiaszükséglete alacsonyabb, és a metabolizálható energia (ME) felhasználásuk hatékonyabb.

Az életfenntartáshoz szükséges ME felhasználást sertések esetében vizsgálták, ahol az alacsony RFI-vel rendelkező malacoknál 10%-os életfenntartáshoz szükséges ME szükséglet csökkenést állapítottak meg (*Barea és mtsai*, 2010). Ezek az eredmények hasonlóak a húsmarháknál végzett megfigyelésekkel, amelyek szintén alacsonyabb ME szükségletet és magasabb metabolikus energiahatékonyságot mutattak (*Castro Bulle és mtsai*, 2007; *Fitzsimons és mtsai*, 2013).

Nkrumah és mtsai (2006) kimutatták, hogy az alacsony RFI értékű ökrök ME felhasználása a növekedés során hatékonyabb. Az alacsony RFI-vel rendelkező állatok nemcsak kevesebb energiát igényelnek életfenntartásukhoz, hanem hatékonyabban hasznosítják a takarmányt a növekedéshez. Ezzel az energia-takarékossággal kisebb metánkibocsátás (24% - 28%-kal kevesebb) és jobb takarmányértékesítés is együtt jár.

6.2. Sejtszinten

Az energiafelhasználás állatok közötti eltérései több sejtszintű folyamat működéséből erednek, mint például az ionpumpálás, a mitokondriális protonszivárgás, a pajzsmirigy (T3, T4) hormonok hatása, és a fehérjeforgalom (*Johnson és mtsai*, 2003). A mitokondriumok szerepe kiemelkedő az ATP-termelésben, ahol az oxidatív foszforiláció során a protonáramlás hőtermelést és ATP-szintézist eredményez. *Bottje és Carstens* (2009) hatékonyabb mitokondriális működést találtak brojler csirkék esetében, ahol az alacsony RFI-vel rendelkező állatoknál, kisebb mértékű elektronszivárgást és reaktív oxigéngyök (ROS) képződését figyelték meg sejten belül.

Az alacsony RFI-vel rendelkező állatok izomrosttípus eloszlásának és oxidatív aktivitásának változásai is hozzájárulnak az energiahatékonysághoz (*Gilbert és mtsai*, 2007). *Kong és mtsai* (2016) kimutatták, hogy az alacsony RFI-vel rendelkező állatok bendőhámjában magasabb az oxidatív foszforilációval összefüggő gének expressziója, bár sejtenként a mitokondriális genom transzkripció 26%-kal alacsonyabb volt. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a hatékonyabb energiafelhasználás sejtszinten jelentősen befolyásolja az állatok RFI-vel kapcsolatos fenotípusait.

7. Fehérjeforgalom

A fehérjeforgalom a fehérjék lebomlásának és szintézisének folyamatos egyensúlyát jelenti, amely biztosítja a sejtműködéshez szükséges aminosav ellátást. Növendék állatoknál a fehérjeszintézis mértéke meghaladja a fehérjebontást, így a fehérjeforgalom közvetlenül a bontás intenzitásával jellemezhető. *Lobley és mtsai* (2000) kimutatták, hogy fiatal hízbikáknál a teljes test fehérjeszintézisének 94%-a a fehérjebontás kompenzálására szolgál.

A fehérjeforgalom jelentős energiaszükségletet igényel, amely a teljes energiafelhasználás 23%-a is lehet (*Caton és mtsai*, 2000). A fehérje turnover, a fehérjék pótlására vonatkozó mutató, amely a szabad aminosavakból képződő (FRS – frakcionális szintézis), és az aminosavakra bomló testfehérjék (FRD – frakcionális degradáció) mennyiségének összegéből számolható, mértékegysége pedig a naponta kicserélődött fehérjetömeg %-ban kifejezve (*Halas*, 2011). A fehérje turnover ezért általában az életfenntartáshoz szükséges energiaszükséglet egyénenként eltérő általános mutatójának tekintik (*Hawkins*, 1991). Ez a fehérjeforgalom az életfenntartás energiaszükségletének és az RFI értéknek (*Richardson és Herd*, 2004) meghatározó mutatója.

A takarmányértékesítő képesség javításának leghatékonyabb módja a fehérjebontás mértékének csökkentése lenne, ezt azonban a szakirodalom nem minden esetben támasztja alá. Egyes vizsgálatok szerint a takarmányértékesítésben hatékony állatok alacsonyabb fehérjeforgalmú „stratégiát” alkalmaznak, míg más tanulmányok növekedést jeleztek a fehérjebontási rátában. Ez a különböző módszerek, takarmányértékesítést jelző indexek és fajspecifikus különbségek eredménye lehet (*Oddy és mtsai*, 1998; *McDonagh és mtsai*, 2001).

Az állatok energiafelhasználására és takarmányértékesítésére a fehérjeforgalom eltérései komoly hatással lehetnek, amelyeket genetikai és hormonális szabályozás is befolyásol. A jövőbeli vizsgálatok hozzájárulhatnak a fehérjeforgalom és a takarmányértékesítés közötti összefüggések részletesebb megértéséhez.

8. Testösszetétel

A szarvasmarhák testösszetétele jelentősen befolyásolja a tápanyagszükségletet és az energia hatékonyságot. Az életkor és a vágósúly növekedésével a zsír mennyisége nő, míg az izom és csont aránya csökken (*Moloney és McGee*, 2017). Az olyan szervek, mint a gyomor, bélrendszer és a máj, nagy anyagcsere energiaigénnyel jellemezhetőek, és e szervek méretének és funkcionalitásának eltérései befolyásolhatják az energiaszükségletet (*Fitzsimons és mtsai*, 2017).

A fehérje és zsír raktározásának különbözőségei is befolyásolják a testtömeggyarapodást. A zsír raktározáshoz több metabolizálható energiára (ME) van szükség, de a fenntartása kevesebb energiát igényel, mint a fehérjéé (*Moloney és McGee*, 2017). *Kenny és mtsai* (2018) metaanalízist végezve megállapították, hogy a testösszetétel és az RFI státusz közötti kapcsolat nem egyértelmű. Az ultrahanggal mért ágyéki faggyú vastagságban sem találtak szignifikáns különbséget az RFI-ben eltérő állatok között.

Az RFI és a testösszetétel metabolikus indikátorai közötti kapcsolatok vegyes eredményeket mutatnak. Egyes tanulmányok szerint az RFI pozitívan korrelál a

testzsírral, míg másokban nincs kapcsolat (*Berry és Crowley, 2013*). Az összefüggések tisztázásához további kutatásokra van szükség, amelyek figyelembe veszik a genotípus-környezet interakciókat is.

Összefoglalva, a testösszetétel kismértékben befolyásolja a takarmányértékesítő képesség mérhető különbségeit, de kulcsszerepet játszik bizonyos termelési tulajdonságokban, így további vizsgálatok szükségesek a pontosabb megértéshez.

9. Endokrin rendszer

Az endokrin rendszer szabályozza a takarmányfelvételt és a tápanyag felhasználást, ezáltal befolyásolja a takarmányértékesítést is. Bár számos kísérlet vizsgálta a hormonok és neuropeptidok szerepét, ezek többsége nem az ok-okozati összefüggéseket célozta, hanem csak korrelációkat állapított meg. A hasnyálmirigy, a máj és a gyomor-bélrendszer hormonjai, mint az inzulin, ghrelin és IGF-1, fontos szerepet játszanak a tápanyagok hasznosításában. A táplálék összetétele és energiakonzentrációja befolyásolja a hormonok szintjét, szabályozva az energiafelvételt és felhasználást (*Relling és mtsai, 2014*).

A ghrelin hormon mennyiségét összefüggésbe hozták az energiafelvétellel, de a pontos szabályozási mechanizmusok még nem egyértelműek (*Footo és mtsai, 2014*). Az IGF-1, amely a fehérjeszintézist serkenti, potenciális biomarkerként szerepelhet az RFI szempontjából. Azonban az IGF-1 koncentrációjának és az RFI-nek az összefüggése eltérő takarmányozási körülmények között változhat. Hasonlóképpen, a leptin és kortizol hormonok szerepe is vegyes eredményeket mutatott, az állatok fiziológiai állapotától és a mintavétel idejétől függően (*Davis és mtsai, 2012*).

Az eddigi eredmények arra utalnak, hogy az endokrin rendszer hormonjai jelentős, de nem egyértelmű hatást gyakorolnak a takarmányhasznosításra. További kutatásokra van szükség az összefüggések pontos meghatározásához, valamint a hormonális szabályozás és a takarmányhasznosítás közötti kapcsolatok teljese megértéséhez.

10. A takarmányhasznosítás, egyedek közötti eltéréseinek molekuláris alapja

A takarmányhasznosítást számos gén szabályozza, amelyek különböző molekuláris mechanizmusokon és biológiai folyamatokon keresztül okoznak genetikai eltéréseket az állatok között. Bár az RFI fenotípusosan független a növekedéstől és a testmérettől, genetikai szempontból bizonyos összefüggések mégis fennállnak (*Saatchi és mtsai, 2014; Ceacero és mtsai, 2016*). Egyes gének pleiotróp hatásai és komplex génhálózatok működése tovább bonyolítja a takarmányhasznosítás genetikai alapjainak megértését.

A sejtek működését és összetevőit kutató tudományterületek (összefoglaló néven omika) és bioinformatikai eszközök révén új ismeretek tárultak fel a takarmányhasznosítás molekuláris alapjaival kapcsolatban. A komplex omikai adatok modellezéséhez, analizálásához és megértéséhez szolgáló rendszer az Ingenuity Pathway Analysis (IPA) segítségével elvégzett vizsgálatok, 334 gén, fehérje és metabolit azonosítását segítették, amelyek 24 biológiai rendszert alkotnak a ta-

1. táblázat: Fenotípusos és genetikai korreláció a takarmányhasznosítás, a testméretek és a vágási paraméterek között Nellore húsmarhák esetében (Ceacero és mtsai, 2016)

Tulajdon- ság (1)	DMI	ADG	WS	HH	CC	BF	RF
Fenotípusos korreláció (2)							
FCR	-0,28	0,58	0,10	-0,03	0,07	-0,02	0,01
RFI	0,73	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06
RF _b	0,71	0,02	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04
RFI _{sf}	0,70	0,02	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03
RG	-0,10	0,68	0,17	0,00	0,09	-0,03	0,01
RIG	-0,44	0,34	0,04	-0,03	0,00	-0,08	-0,05
RIG _b	-0,41	0,35	0,05	-0,03	0,01	-0,04	-0,04
RI _{gsf}	-0,41	0,35	0,05	-0,04	0,01	-0,05	-0,02
Genetikai korreláció (3)							
FCR	-0,11±0,18	0,39±0,15	0,09±0,15	0,08±0,15	0,15±0,20	-0,22±0,20	-0,23±0,20
RFI	0,68±0,08	0,33±0,16	0,17±0,14	0,06±0,13	0,14±0,17	0,37±0,17	0,30±0,16
RFI _b	0,73±0,09	0,40±0,17	0,23±0,16	0,06±0,14	0,14±0,18	0,33±0,19	0,31±0,17
RFI _{sf}	0,71±0,09	0,38±0,17	0,22±0,15	0,08±0,14	0,14±0,18	0,33±0,18	0,32±0,17
RG	0,21±0,17	0,66±0,09	0,34±0,14	0,25±0,14	0,34±0,18	-0,17±0,17	-0,18±0,17
RIG	-0,27±0,16	0,19±0,17	0,10±0,15	0,13±0,14	0,17±0,19	-0,38±0,20	-0,31±0,20
RIG _b	-0,27±0,19	0,14±0,20	0,08±0,17	0,13±0,14	0,22±0,22	-0,45±0,26	-0,42±0,25
RIG _{sf}	-0,28±0,18	0,12±0,20	0,07±0,17	0,15±0,16	0,20±0,22	-0,45±0,26	-0,43±0,25

WS = választási súly (4); HH = választáskori üsző és bika borjak farmagassága (5); CC = választáskori üsző és bika borjak övmérete (6); BF = háti faggyúvastagság (7); RF = fartájéki faggyúvastagság (8); RFI_b = maradék takarmányfelvétel háti faggyúvastagságra korrigálva (9); RFI_{sf} = maradék takarmányfelvétel háti és fartájéki faggyúvastagságra korrigálva (10); RIG_b = maradék takarmányfelvétel és gyarapodás az RFI_b értékkel számolva (11); RIG_{sf} = maradék takarmányfelvétel és gyarapodás az RFI_{sf} értékkel számolva (12)

Table 4: Phenotypic and genetic correlations between the feed efficiency traits and the growth and carcass traits in Nellore beef cattle (Ceacero et al, 2016)

traits (1); phenotypic correlations (2); genetic correlations (3); weight at selection (4); hip height of males and females at selection (5); chest circumference of males and females at selection (6); backfat thickness (7); rump fat thickness (8); residual feed intake adjusted for backfat thickness (9); residual feed intake adjusted for backfat and rump thickness (10); residual intake and gain using RFI_b (11); residual intake and gain using RFI_{sf} (12)

karmányhasznosítás molekuláris bázisán belül. Ezek a rendszerek öt fő biológiai funkcióra oszthatók: (1) növekedés és sejtciklus, szénhidrát-anyagcsere, (2) energiatermelés és lipidanyagcsere, (3) sejtlejek és transzport, (4) szervfejlődés, sejt- és szervmorfológia, (5) rendellenességek és betegségek (pl.: anyagcserében és immunválaszban). Az energiatermelés és lipidanyagcsere hálózatai például fontos gének, mint az ACSL6 és az UCP2, működését érintik (Richardson és Herd, 2004).

A Database for Annotation, Visualization and Integrated Discovery (DAVID) adatbázisa a génlisták funkcionális részleteivel látja el a kutatókat, segítve a génfunkciók megértését. Az adatbázis elemzése szerint a PI3K-Akt és MAPK jelátviteli biológiai útvonalak kiemelten fontosak a takarmányhasznosítás szempontjából. Ezek az útvonalak befolyásolják a fehérjeszintézist, a sejtnövekedést és az apoptózist, de további kutatások szükségesek az egyes útvonalak relatív jelentőségének tisztázásához. Az eredmények alapján a takarmányhasznosítás genetikai és molekuláris alapjainak megértése lehetővé teszi a jövőbeli szelekciós stratégiák finomhangolását.

11. A molekuláris útvonalak és a biomarkerek

A takarmányhasznosítást meghatározó biomarkerek, mint az IGF-I, β -hidroxibutirát, leptin és kortizol, potenciális eszközként használhatók genetikai szelekcióban. Bár ezek a biomarkerek ígéretesek, egyikük sem magyarázta meg teljesen az RFI egyedek közötti varianciáját, így rutinszerű alkalmazásuk korlátozott (*Huang és mtsai, 2006*). További potencionális biomarkerek, mint például a kreatin és hipurát, szintén a tudományos vizsgálatok középpontjában állnak (*Karisa és mtsai, 2014*).

Az omikai adatokra alapozott genetikai markerpanelek fejlesztése javíthatja a tenyészték előrejelzést, és a különböző fajták közötti különbségek feltárásában is segíthet. Ezek az eszközök költséghatékonyabbá tehetik a keresztezett állatok szelekcióját. Ugyanakkor a takarmányhasznosításra történő szelekció, pleiotróp hatások révén más tulajdonságokra, például a növekedésre, húsminőségre vagy termékenységre is hatással lehet. Például az RFI és a szubkután faggyúvastagság közötti pozitív korreláció ($r = 0,37$) azt mutatja, hogy a zsíryanagcserében részt vevő gének szabályozása befolyásolhatja a testösszetételt és a termékenységet (*Weber és mtsai, 2016*).

A jó takarmányértékesítő állatok szelekciója késleltetett ivarérettséget eredményezhet, mivel az RFI és a tenyészerettség kezdete között szoros kapcsolat áll fenn (*Huang és mtsai, 2006*). Az RFI alapú szelekció hatásai a termékenységi tulajdonságokra, például az ellésig eltelt napok számára, szintén kedvezőtlenek lehetnek (*Mu és mtsai, 2016*). Ezeket a lehetséges negatív hatásokat megfelelő szelekciós indexekkel lehet minimalizálni, amelyek figyelembe veszik a takarmányértékesítő képességet, és más gazdaságilag fontos tulajdonságokat is. A genetikai stratégiák finomhangolása hosszú távon hozzájárulhat a fenntartható és hatékony állattenyésztéshez.

12. A maradék takarmányfelvétel (RFI) értékének tenyésztésben betöltött szerepe

A maradék takarmányfelvétel fontos tulajdonság lehet a szarvasmarhák szelekciója és tenyésztése során. A kutatások azt mutatják, hogy az RFI-t tartalmazó tenyésztési programok jelentős előnyöket biztosítanak, mind gazdasági, mind a környezeti erőforrások felhasználásának hatékonysága terén, a különböző szarvasmarha tenyésztési rendszerekben (*Lawrence és mtsai, 2011, Foroutan és mtsai, 2020*).

Az RFI szelekciós lehetőségei közé elsősorban a közvetlen fenotípusos mérések és a genomikai szelekciók tartoznak. Az RFI érték örökölhetősége (h^2) a különböző irodalmak szerint 0,26 és 0,46 közé becsülhető, tehát közepes a tulajdonság genetikai meghatározottsága, ami lehetővé teszi, hogy szelekcióval érdemi eredményt érjünk el a tulajdonság javításában (*Foroutan és mtsai*, 2020, *Basarab és mtsai*, 2013). Míg az egyéni takarmányfelvétel mérése gyakran költséges és munkaigényes, a genomikai szelekcióban elért eredmények lehetővé teszik a tenyésztők számára, hogy az RFI értéket a takarmányhasznosítással összefüggő genetikai markerek segítségével lehetséges legyen előre jelezni (*Higgins és mtsai*, 2018; *Weber és mtsai*, 2016). Ez lehetővé teszi az RFI bevonását a genomikai tenyésztési programokba, ami végső soron felgyorsítja a genetikai előrehaladást (*Higgins és mtsai*, 2019).

Emellett más tanulmányok azt is leírták, hogy az alacsony RFI értékkel rendelkező szarvasmarhák jobb takarmánykonverziós arányokat mutatnak, és gyakran korrelálnak olyan kívánatos tulajdonságokkal, mint a kedvezőbb testösszetétel és a jobb anyagcsere-profil (*Kenny és mtsai*, 2018; *Kelly és mtsai*, 2011). A kutatások kimutatták, hogy az alacsonyabb RFI-re szelektált szarvasmarhák gyakran jobb általános egészségi állapotot és nagyobb metabolikus hatékonyságot mutatnak (*Taiwo és mtsai*, 2024). Mindazonáltal az RFI-re történő szelekció során feltétlenül figyelembe kell venni a másodlagos értékmérő tulajdonságokat, mint például a kondícióromlással járó csökkent termékenység kockázatát (*Williams és mtsai*, 2011; *Fitzsimons és mtsai*, 2013).

Az RFI-t alkalmazó tenyésztési eljárásoknak több tulajdonságot, köztük a növekedési erélyt, a termékenységet és a hasított test minőségét is egyensúlyba kell hozniuk az állomány teljes termelékenységének optimalizálása érdekében (*Pryce és mtsai*, 2015; *Berry és Crowley*, 2012). A több tulajdonságot tartalmazó szelekciós megközelítésnek súlyoznia kell a különböző teljesítménymérők összefüggéseit, szem előtt tartva az egyéb értékmérő tulajdonságokat az RFI-ra történő szelekció során. Emellett fontos tudni, hogy a környezeti tényezők, mint például a takarmány milyensége, befolyásolhatják az RFI rangsorokat, ami jól mutatja a tenyésztési programok összetettségét (*Jorge-Smeding és mtsai*, 2021).

Hazai kutatások is vizsgálták az RFI-t befolyásoló tényezőket. *Holló és mtsai* (2022) azt találták Charolaise fiatal bikák esetében, hogy a takarmányfogyasztást befolyásoló paraméterek főként a maradék takarmányfelvételtől függenek. Ugyanakkor az RFI nem volt bizonyítható hatással a fenotípusos megjelenésre, és a teljesítmény vizsgálat eredményeire (kivéve a takarmányfelvételt/száranyagfelvételt és G/F arányt). A testfelépítés jellemzői, beleértve a hát- és farhosszúságot, valamint a rámát és a szutyak szélességét, negatív összefüggést mutattak az RFI értékkel, ami azt jelzi, hogy a hosszabb, magasabb, nagyobb testfelépítésű bikák hatékonyabbak voltak. Ugyanakkor a jobb RFI értékekkel rendelkező bikáknál az elülső/hátsó lábak gyengesége volt megfigyelhető. A száranyag-felvétel és a takarmányhasznosítás szoros kapcsolata a Charolaise tenyészbika jelölteknél arra utal, hogy ezek a mérőszámok relevánsak és alkalmazhatók a teljesítménytesztben. Az egyedi száranyag-felvételi adatokból származó teljesítmény lehet a legköltséghatékonyabb módszer az évente növekvő számú állatok vizsgálatára.

Összefoglalva, az RFI integrálása a szarvasmarha tenyésztési gyakorlatba ígéretes utat jelent a takarmányhasznosítás és az általános termelékenység fo-

kozására a húsmarha tenyésztésben. A genetikai eszközök folyamatos kutatása és fejlesztése tovább fogja finomítani a szelekciós folyamatokat, lehetővé téve a hatékonyabb és fenntarthatóbb szarvasmarhatartást.

13. Következtetések

A takarmányhasznosítás egyedek közötti eltéréseiben számos tényező játszhat szerepet, melyek esetenként összefüggnek egymással. A takarmányozással és az emésztéssel kapcsolatos mechanizmusok (azaz a takarmányfogyasztási szokások, az emésztés, a metán kibocsátás és a bendő mikrobiom) összefüggésbe hozhatók a RFI-vel, főként azért, mert a DM-bevitellel együtt változnak. A takarmányhasznosítás állatok közötti variációjának valódi meghatározásában betöltött szerepük feltételezhetően kisebb lehet. Ez azonban még megerősítésre vár a jövőbeni kutatások során, melyet a 1) DM bevitel szabályozása mellett a biológiai tényezők vizsgálatával (az állatok rangsorolása az átlag feletti növekedés alapján), vagy a 2) különböző fiziológiai mérések kombinálásával ugyanabban a vizsgálatban, és a 3) takarmányozás és RFI közötti összefüggések, mint a legeltetett állatok (vagy frissen kaszált szénával etetett) és a takarmánykeverékkel etetett állatok RFI eltéréseinek további vizsgálatával lehetne folytatni. Ami az anyagcserével kapcsolatos mechanizmusokat illeti, a különböző módszereket alkalmazó tanulmányok szűkössége ellenére úgy tűnik, hogy a hatékony (alacsony RFI-vel rendelkező) állatok energiaforgalma jelentősen alacsonyabb, függetlenül a takarmány és energia bevitel csökkentéstől. Az energia metabolizmus tehát a takarmányhasznosítás egyedek közötti eltéréseinek valódi meghatározója lehet. A hatékony (alacsony RFI-vel rendelkező) állatok alacsonyabb hőtermelése (fenntartásból és termelésből), a csökkent fehérjeforgalomból és mitokondriumok ATP-termelésének nagyobb hatékonyságából egyaránt eredhet, mely eredményeket molekuláris hálózatelemzéssel is alátámasztottak. Ezzel szemben a hormonok és a testösszetétel nem mutattak meggyőző összefüggést az RFI fenotípusos variációjával kapcsolatban. A RFI-variancia hátterében álló biológiai hálózatok elemzése néhány biológiai útvonal jelentőségét emelte ki, mint például a lipidanyagcsere, az immunitás és a stresszválasz. Ezeknek a biológiai útvonalaknak a szerepét további vizsgálatokban kell megerősíteni, amelyekben különböző molekuláris szinteken (gének, RNS, fehérjék és metabolitok) gyűjtött információkat szükséges összevetni. Végezetül, az eddigi kutatások azt sugallják, hogy a takarmányhasznosító képesség hátterében húzódozó metabolikus funkciók genetikai variációjára (fehérjeforgalom, lipidek anyagcseréje, immunitás), összefüggésbe hozható az állattenyésztés más fontos tulajdonságaival. Fontos tehát az állattenyésztést meghatározó tulajdonságok biológiai alapjainak megértése, mely hozzájárul a természetközelibb és hatékonyabb tenyésztési programok létrehozásához.

14. Felhasznált irodalom

- Archer, J. A. – Richardson, E. C. – Herd, R. M. – Arthur, P. F. (1999): Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. *Australian J. Agric. Res.*, 50. 147–162. <https://doi.org/10.1071/A98075>
- Arthur, P. F. – Herd, R. M. (2012): Genetic improvement of feed efficiency. In *Feed efficiency in the beef industry* (ed. RA Hill), Wiley-Blackwell, Ames, IA, USA, pp. 93–103.
- Barea, R. – Dubois, S. – Gilbert, H. – Sellier, P. – Van Milgen, J. – Noblet, J. (2010): Energy utilization in pigs selected for high and low residual feed intake. *J. Anim. Sci.*, 88. 2062–2072. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2395>
- Basarab, J. A. – Beauchemin, K. A. – Baron, V. S. – Ominski, K. H. – Guan, L. L. – Miller, S. P. – Crowley, J. J. (2013): Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: Effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal*, 303–315. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000888>
- Berry, D. – Crowley, J. (2012): Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. *J. Anim. Sci.*, 90. 109–115. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4245>
- Berry, D. P. – Crowley, J. J. (2013): Cell biology symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 91. 1594–1613. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5862>
- Bonilha, S. F. M. – Branco, R. H. – Mercadante, M. E. Z. – Cyrillo, J. N. D. S. – Monteiro, F. M. – Ribeiro, E. G. (2017): Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nellore bulls. *Trop. Anim. Health Prod.*, 49. 529–535. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1224-9>
- Bottje, W. G. – Carstens, G. E. (2009): Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. *J. Anim. Sci.*, 87.(14 Suppl) E48–E63.
- Carberry, C. A. – Kenny, D. A. – Han, S. – McCabe, M. S. – Waters, S. M. (2012): Effect of phenotypic residual feed intake and dietary forage content on the rumen microbial community of beef cattle. *Appl. Environ. Microbiol.*, 78. 4948–4958. <https://doi.org/10.1128/AEM.07759-11>
- Castro Bulle, F. C. P. – Paulino, P. V. – Sanches, A. C. – Sainz, R. D. (2007): Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J. Anim. Sci.*, 85. 928–936. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-373>
- Caton, J. S. – Bauer, M. L. – Hidari, H. (2000): Metabolic components of energy expenditure in growing beef cattle – Review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 13. 702–710. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.702>
- Ceacero, T. M. – Mercadante, M. E. Z. – Cyrillo, J. N. D. S. G. – Canesin, R. C. – Bonilha, S. F. M. – de Albuquerque, L. G. (2016): Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. *PLOS One*, 11. e0161366. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161366>
- Coyle, S. – Fitzsimons, C. – Kenny, D. A. – Kelly, A. K. – McGee, M. (2016): Repeatability of feed efficiency in beef cattle offered grass silage and zero-grazed grass. *J. Anim. Sci.*, 94(Suppl 2), 719 (Abstract).
- Coyle, S. – Fitzsimons, C. – Kenny, D. A. – Kelly, A. K. – McGee, M. (2017): Feed efficiency correlations in beef cattle offered zero-grazed grass and a high-concentrate diet. *Adv. Anim. Biosci.*, 8. 121.
- Chaves, A. S. – Nascimento, M. L. – Tullio, R. R. – Rosa, A. N. – Alencar, M. M. – Lanna, D. P. (2015): Relationship of efficiency indices with performance, heart rate, oxygen consumption, blood parameters, and estimated heat production in Nellore steers. *J. Anim. Sci.*, 93. 5036–5046. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9066>
- Davis, M. E. – Wick, M. P. – Maquivar, M. G. (2012): Hormonal regulation of feed efficiency. In R. A. Hill (Ed.), *Feed efficiency in the beef industry* (pp. 175–198). Wiley-Blackwell.
- Fitzsimons, C. – Kenny, D. A. – Fahey, A. G. – McGee, M. (2013): Methane emissions, body composition, and rumen fermentation traits of beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. *J. Anim. Sci.*, 91. 5789–5800. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6956>

- Fitzsimons, C. – Kenny, D. A. – McGee, M. (2014):* Visceral organ weights, digestion, and carcass characteristics of beef bulls differing in residual feed intake offered a high-concentrate diet. *Animal*, 8, 949–959. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000652>
- Fitzsimons, C. – McGee, M. – Keogh, K. – Waters, S. M. – Kenny, D. A. (2017):* Molecular physiology of feed efficiency in beef cattle. In C. G. Scanes & R. A. Hill (Eds.), *Biology of domestic animals* (pp. 120–163). CRC Press.
- Foote, A. P. – Hales, K. E. – Lents, C. A. – Freetly, H. C. (2014):* Association of circulating active and total ghrelin concentrations with dry matter intake, growth, and carcass characteristics of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 92, 5651–5658. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8291>
- Foroutan, A. – Fitzsimmons, C. – Mandal, R. – Berjanskii, M. – Wishart, D. (2020):* Serum metabolite biomarkers for predicting residual feed intake (rfi) of young angus bulls. *Metabolites*, 10, 491. <https://doi.org/10.3390/metabo10120491>
- Grainger, C. – Clarke, T. – McGinn, S. M. – Auldish, M. J. – Beauchemin, K. A. – Hannah, M. C. – Waghorn, G. C. – Clark, H. – Eckard, R. J. (2007):* Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF6) tracer and chamber techniques. *J. Dairy Sci.*, 90, 2755–2766. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-697>
- Gilbert, H. – Bidanel, J. P. – Gruand, J. – Caritez, J. C. – Billon, Y. – Guillouet, P. – Lagant, H., Noblet, J. – Sellier, P. (2007):* Genetic parameters for residual feed intake in growing pigs, with emphasis on genetic relationships with carcass and meat quality traits. *J. Anim. Sci.*, 85, 3182–3188. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-590>
- Guan, L. L. – Nkrumah, J. D. – Basarab, J. A. – Moore, S. S. (2008):* Linkage of microbial ecology to phenotype: Correlation of rumen microbial ecology to cattle's feed efficiency. *FEMS Microbiol. Lett.*, 288, 85–91.
- Halas V. (2011):* A takarmányértékelés alapjai. Kaposvári Egyetem. <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/12983>
- Hawkins, A. J. S. (1991):* Protein turnover: A functional appraisal. *Func. Ecol.*, 5, 222–233. <https://doi.org/10.2307/2389260>
- Herd, R. M. – Arthur, P. F. (2009):* Physiological basis for residual feed intake. *J. Anim. Sci.*, 87(14 Suppl), E64–E71.
- Herd, R. M. – Velazco, J. I. – Arthur, P. F. – Hegarty, R. F. (2016):* Associations among methane emission traits measured in the feedlot and in respiration chambers in Angus cattle bred to vary in feed efficiency. *J. Anim. Sci.*, 94, 4882–4891. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0613>
- Higgins, M. – Fitzsimons, C. – McClure, M. – McKenna, C. – Conroy, S. – Kenny, D. – McGee, M. – Waters, S. – Morris, D. (2018):* Gwas and eqtl analysis identifies a snp associated with both residual feed intake and gfra2 expression in beef cattle. *Sci. Rep.*, 8, 14301. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32374-6>
- Higgins, M. – Kenny, D. – Fitzsimons, C. – Blackshields, G. – Coyle, S. – McKenna, C. – McGee, M. – Morris, D. – Waters, S. (2019):* The effect of breed and diet type on the global transcriptome of hepatic tissue in beef cattle divergent for feed efficiency. *BMC Genomics*, 20, 525. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5906-8>
- Holló, G. – Nagy-Kiszlínger H. – Tossenberger, J. – Török, M. – Húth, B. (2022):* Individual feed efficiency monitoring of Charolaise candidate young bulls in relation to feeding behavior and self-performance test results. *Animals*, 12, 35. <https://doi.org/10.3390/ani12010035>
- Huang, W. – Hines, H. – Davis, M. (2006):* Estimation of genetic trend in IGF-I concentration and correlated response in growth traits in lines of Angus beef cattle divergently selected for serum IGF-I concentration. *J. Anim. Sci.*, 84(Suppl 1), 109–110.
- Jami, E. – Mizrahi, I. (2012):* Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals. *PLOS One*, 7, e33306. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033306>
- Johnson, D. E. – Ferrell, C. L. – Jenkins, T. G. (2003):* The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we going? *J. Anim. Sci.*, 81(14 Suppl), E27–E39.

- Jones, F. M. – Phillips, F. A. – Naylor, T. – Mercer, N. B. (2011): Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166. 302–307. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.020>
- Jorge-Smeding, E. – Bonnet, M. – Renand, G. – Taussat, S. – Graulet, B. – Marty, I. – Cantalapiedra-Hijar, G. (2021): Common and diet-specific metabolic pathways underlying residual feed intake in fattening charolais yearling bulls. *Scientific Reports*, 11. 24346. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03678-x>
- Karisa, B. K. – Thomson, J. – Wang, Z. – Li, C. – Montanholi, Y. R. – Miller, S. P. – Moore, S. S. – Plastow, G. S. (2014): Plasma metabolites associated with residual feed intake and other productivity performance traits in beef cattle. *Liv. Sci.*, 165. 200–211. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.002>
- Kelly, A. K. – McGee, M. – Crews, D. H. – Fahey, A. G. – Wylie, A. R. – Kenny, D. A. (2010): Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 88., 109–123. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2196>
- Kelly, A. – McGee, M. – Crews, D. – Lynch, C. – Wylie, A. – Evans, R. – Kenny, D. (2011): Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. *Livestock Science*, 135. 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.05.018>
- Kenny, D. A. – Fitzsimons, C. – Waters, S. M. – McGee, M. (2018): Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle: Current state of the art and future challenges. *Animal*, 12. 1815–1826. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000976>
- Kong, R. S. G. – Guanxiang, L. – Chen, Y. – Stothard, P. – Guan, L. L. (2016): Transcriptome profiling of the rumen epithelium of beef cattle differing in residual feed intake. *BMC Genomics*, 17. 592. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2935-4>
- Lawrence, P. – Kenny, D. – Earley, B. – Crews, D. – McGee, M. (2011): Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior, and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake1. *J. Anim. Sci.*, 89. 3248–3261. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3774>
- Lawrence, P. – Kenny, D. A. – Earley, B. – McGee, M. (2012): Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. *Animal*, 6. 1648–1661. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000559>
- Li, F. (2017): Rumen microbiome associated with feed efficiency and host genetics in beef cattle (Doctoral dissertation). University of Alberta, Edmonton, AB, Canada.
- Lobley, G. E. – Sinclair, K. D. – Grant, C. M. – Miller, L. – Mantle, D. – Calder, A. G. – Warkup, C. C. – Maltin, C. A. (2000): The effects of breed and level of nutrition on whole-body and muscle protein metabolism in pure-bred Aberdeen Angus and Charolais beef steers. *British J. Nutr.*, 84. 275–284.
- Manafiazar, G. – Basarab, J. A. – Baron, V. S. – McKeown, L. – Doce, R. R. – Swift, M. – Undi, M. – Wittenberg, K. – Ominski, K. (2015): Effect of post-weaning residual feed intake classification on grazed grass intake and performance in pregnant beef heifers. *Canadian J. Anim. Sci.*, 95. 369–381. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-184>
- McDonagh, M. B. – Herd, R. M. – Richardson, E. C. – Oddy, V. H. – Archer, J. A. – Arthur, P. F. (2001): Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. *Aust. J. Experimental Agric.*, 41. 1013–1021. <https://doi.org/10.1071/EA00024>
- Moloney, A. P. – McGee, M. (2017): Factors influencing the growth of meat animals. In F. Toldrá (Ed.), *Lawrie's meat science* (8th ed., pp. 19–47). Elsevier Woodhead Publishing.
- Mu, Y. – Vander Voort, G. – Abo-Ismael, M. – Ventura, M. – Jamrozik, J. – Miller, S. P. (2016): Genetic correlations between female fertility and postweaning growth and feed efficiency traits in multibreed beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 96. 448–455. <https://doi.org/10.1139/cjas-2015-0175>

- Nkrumah, J. D. – Okine, E. K. – Mathison, G. W. – Schmid, K. – Li, C. – Basarab, J. A. – Price, M. A. – Wang, Z. – Moore, S. S.* (2006): Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 84. 145–153. <https://doi.org/10.2527/2006.841145x>
- Oddy, V. H. – Herd, R. M. – McDonagh, M. B. – Woodgate, R. – Quinn, C. A. – Zirkler, K.* (1998): Effect of divergent selection for yearling growth rate on protein metabolism in hind-limb muscle and whole body of Angus cattle. *Liv. Prod. Sci.*, 56. 225–231. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00153-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00153-5)
- Oliveira, L. F. – Ruggieri, A. C. – Branco, R. H. – Cota, O. – Canesin, R. C. – Costa, H. J. U. – Mercadante, M. E. Z.* (2016): Feed efficiency and enteric methane production of Nelore cattle in the feedlot and on pasture. *Anim. Prod. Sci.*, 58. 886–893. <https://doi.org/10.1071/AN16303>
- Pope, P. B. – Smith, W. – Denman, S. E. – Tringe, S. G. – Barry, K. – Hugenholtz, P. – McSweeney, C. S. – McHardy, A. C. – Morrison, M.* (2011): Isolation of Succinivibrionaceae implicated in low methane emissions from Tammar wallabies. *Science*, 333. 646–648. <https://doi.org/10.1126/science.1205760>
- Pryce, J. – González-Recio, Ó. – Nieuwhof, G. – Wales, W. – Coffey, M. – Hayes, B. – Goddard, M.* (2015): Hot topic: definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 98. 7340–7350. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9621>
- Rauw, W. M. – Kanis, E. – Noordhuizen-Stassen, E. N. – Grommers, F. J.* (1998): Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: A review. *Liv. Prod. Sci.*, 56. 15–33. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00147-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00147-X)
- Relling, A. E. – Crompton, L. A. – Loerch, S. C. – Reynolds, C. K.* (2014): Short communication: Plasma concentration of glucose-dependent insulinotropic polypeptide may regulate milk energy production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97. 2440–2443. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7574>
- Richardson, E. C. – Herd, R. M.* (2004): Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. *Aust. J. Experimental Agric.*, 44. 431–440. <https://doi.org/10.1071/EA02221>
- Saatchi, M. – Schnabel, R. D. – Taylor, J. F. – Garrick, D. J.* (2014): Large-effect pleiotropic or closely linked QTL segregate within and across ten US cattle breeds. *BMC Genomics*, 15. 442. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-442>
- Sauvant, D. – Nozière, P.* (2016): Quantification of the main digestive processes in ruminants: The equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal*, 10. 755–770. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002670>
- Taiwo, G. – Idowu, M. – Sidney, T. – Treon, E. – Ologunagba, D. – Leal, Y. – Ogunade, I.* (2024): 1h-nmr-based plasma metabolomic profiling of crossbred beef cattle with divergent rfi phenotype. *Ruminants*, 4. 182–191. <https://doi.org/10.3390/ruminants4020012>
- Weber, K. L. – Welly, B. T. – Van Eenennaam, A. L. – Young, A. E. – Porto-Neto, L. R. – Reverter, A. – Rincon, G.* (2016): Identification of gene networks for residual feed intake in Angus cattle using genomic prediction and RNA-seq. *PLOS One*, 11. e0152274. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152274>
- Williams, Y. – Pryce, J. – Grainger, C. – Wales, W. – Linden, N. – Parker, M. – Hayes, B.* (2011): Variation in residual feed intake in holstein-friesian dairy heifers in southern australia. *J. Dairy Sci.*, 94. 4715–4725. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4015>
- Zetouni, L. – Henryon, M. – Kargo, M. – Lassen, J.* (2017): Direct multitrait selection realizes the highest genetic response for ratio traits. *J. Anim. Sci.*, 95. 1921–1925. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1324>
- Zhou, M. – Hernandez-Sanabria, E. – Guan, L. L.* (2010): Characterization of variation in rumen methanogenic communities under different dietary and host feed efficiency conditions, as determined by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76. 3776–3786. <https://doi.org/10.1128/AEM.00010-10>

Érkezett: 2025. június

Szerzők címe: Demény, M. J.*
Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete és
Széchenyi István Egyetem, Wittmann Antal Növény-, Állat- és
Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola
Authors' address: Association of Hungarian Limousin & Blonde d'Aquitaine Breeders
H-1134 Budapest, Lőportár utca 16.
Széchenyi István University, Wittmann Antal Plant-, Animal- and Food Sciences
Multidisciplinary Doctoral School
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
*levelező szerző, e-mail: demenymarton@gmail.com

Szűcs M.
Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete
Association of Hungarian Limousin & Blonde d'Aquitaine Breeders
H-1134 Budapest, Lőportár utca 16.

Tózsér J.
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Állattudományi Tanszék
Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István
University. Department of Animal Science
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Borjúnevelési teljesítmény vizsgálata angus állományban

Examination of calf rearing performance in Angus herd

GALAMBOS Petra – ASBÓTH Zoé Orsolya – SZAKÁCS Attila –
BENE Szabolcs – POLGÁR J. Péter

ÖSSZEFOGLALÁS

A munka során a 2020-ban született 357 angus borjú adata került feldolgozásra, amelyből 202 vörös színű (107 bika és 95 üsző) és 155 fekete színű (66 bika és 89 üsző) volt. A borjakat születésüktől a választásig egységes tartási és takarmányozási körülmények között, szakaszos legeltetés mellett tartották. Az adatok kiértékeléséhez leíró statisztikát, valamint egytényezős varianciaanalízist alkalmaztak. A leíró statisztikai adatokból kiderült, hogy az átlagos értékek a születési súlynál 31,63 kg, a választási életkornál 217,30 nap, választási súlynál 200,79 kg és a napi súlygyarapodásnál 780,17 g/nap voltak. Ezek az értékek hasonlóak voltak a hazai és nemzetközi irodalmi adatokkal, és megerősítették az angus fajta jó borjúnevelő-képességét. A szín hatása az mutatta, hogy a vörös színű borjak szignifikánsan jobb eredményeket értek el a választási súly, súlygyarapodás és a 205 napra korrigált választási súlyok esetében, mint a feketék. A bika borjak átlagosan 33,03 kg-mal születtek, míg az üszők 2,72 kg-mal kisebb súllyal jöttek a világra. Súlygyarapodásukat tekintve a bikák 810,34 g/napos súlygyarapodást mutattak, addig az üszők csupán 751,80 g/napot gyarapodtak. A vizsgálat rámutatott arra, hogy a borjak növekedési erélyét nem kizárólag a genetikai tényezők határozzák meg, hanem jelentős hatással bírnak a különböző környezeti feltételek (takarmány, tartás, időjárás), a tehének tejtermelése és életkora, valamint a felső vezetés szakmai döntései is.

Kulcsszavak: angus, szín, ivar, választási súly, súlygyarapodás

SUMMARY

Objective: The work involved processing data from 357 Angus calves born in 2020, of which 202 were red (107 bulls and 95 heifers) and 155 were black (66 bulls and 89 heifers). The calves were kept under uniform housing and feeding conditions, with intermittent grazing, from birth to weaning.

Methods: Descriptive statistics and one-way analysis of variance were used to evaluate the data.

Results: Descriptive statistics showed that the average values for birth weight were 31.63 kg, weaning age was 217.30 days, weaning weight was 200.79 kg and daily weight gain was 780.17 g/day. These values were similar to domestic and international literature data and confirmed the good calf-rearing ability of the Angus breed. The effect of color was shown by the fact that red calves achieved significantly better results in terms of weaning weight, weight gain and corrected weaning weight at 205 days than black calves. Bull calves were born with an average of 33.03 kg, while heifers were born with a weight 2.72 kg lower. In terms of weight gain, bulls showed a weight gain of 810.34 g/day, while heifers only gained 751.80 g/day.

Conclusions: The study showed that the growth potential of calves is not determined exclusively by genetic factors, but is also significantly influenced by various environmental conditions (feed, housing and weather), the milk production and age of the cows, and the professional decisions of top management.

Keywords: Angus, color, sex, weaning weight, preweaning daily gain

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az egyre nagyobb mértékben növekvő globális felmelegedés hatására világszerte egyre kiszámíthatatlanabbá válik az egész éves időjárás. Hazánkban egyre forróbbak és szárazok a nyarak, a teleink pedig egyre enyhébbek, ami egyaránt megnehezíti a legeltetési állattartást és a szántóföldi növénytermesztést. Számos tanulmány vizsgálta a környezeti tényezők, földrajzi elhelyezkedések, klíma és talajadottságok különbözőségét, amely jelentősen befolyásolja az állatok teljesítményét (Horn és Stefler, 2017). Az azonos fajtába, típusba tartozó állatok termelési mutatói (pl. reprodukció, növekedés) nagy eltérést mutathatnak a különböző környezeti feltételek mellett (Berger és mtsai, 1992). Ezért is fontos azonos körülmények között tartott állatállományokat vizsgálni. Azonos környezet mellett a fajták, genotípusok miatti különbözőséget tudjuk meghatározni, a környezet minden úgyre ugyan úgy hat.

A szarvasmarha-tenyésztésben a hústermelés gazdaságosságát és minőségét számos tényező befolyásolja (Márton és mtsai, 2024). A különböző termelési fázisokban lévő fontosabb értékmérő tulajdonságok egymáshoz képest negatív korrelációban állnak, tehát ami az egyik termelési fázisban előnyös tulajdonság volt, a következő fázisban hátrányos lehet. A különböző értékmérő tulajdonságoknak az ismerete segít, hogy egy egyedről vagy akár egy állományról meg tudjuk állapítani azok gazdasági és genetikai értékét. Ezeknek a tulajdonságoknak az ismeretében vagyunk képesek kiválasztani a megfelelő módszereket a tulajdonságok javítása érdekében (Horn és mtsai, 1959). Egy jól öröklődő tulajdonság esetében (pl. hizlalási végsúly; Polgár és mtsai, 2005) genetikai és tenyésztői módszerek alkalmazása a leghasznosabb, míg a kevésbé jól öröklődő tulajdonságok esetén (pl. termékenység, ellések lefolyása) a külső környezeti feltételeknek a javításával tudjuk elérni a legoptimálisabb eredményeket (Holló, 2011).

A borjúnevelő-képesség az anyaállat azon tulajdonsága, amely meghatározza, milyen mértékben képes biztosítani borja számára a megfelelő fejlődést és növekedést a választási korig. Ennek számos tényezője van, amelyeket genetikai és környezeti hatások is befolyásolnak. A választási súly öröklődhetősége (h^2) a borjú növekedési erélyét és az anya borjúnevelő képességét tükrözi, és különböző tanulmányokban változó értékeket mutatnak.

A borjak fejlődését és növekedését a genetikai alapok mellett számtalan tényező befolyásolja, mint a fajta, az anya életkora és tejtermelése, a születés évjárata és évszaka, valamint a borjú ivara (Nelsen és Kress, 1981; Gregory és mtsai, 1994).

Tózsér és mtsai (2002) limousin állományokban 0,14-es, míg Lengyel és mtsai (2003) 0,22-es örökölhetőségi értéket találtak. Bene és mtsai (2006) magyar tarka borjak esetében 0,37-0,42 közötti örökölhetőségi értéket kaptak, ami szinte megegyezi Szabó (1998) által meghatározott értékkel ($h^2 = 0,3$). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a választási súly örökölhetősége gyenge vagy közepes mértékű, ami arra utal, hogy a genetikai szelekcióval elérhető előrehaladás korlátozott lehet, és a környezeti tényezők, valamint a menedzsment is jelentős szerepet játszanak a borjak növekedésében.

A választási súly értéke önmagában nem elegendő ahhoz, hogy meghatározzuk a tehének borjúnevelő-képességét, mivel a választás általában nem egyszerre történik, így a borjak életkora eltérhet egymástól. Az összehasonlíthatóság miatt

azonos életkorra kell vetíteni a választási súlyokat. Magyarországon 205 napos korra vetítjük, de országonként eltérő lehet ennek az értéke (180, 200, 210 napos kor).

Szabó (1995) vizsgálata az angus és hereford tehének vemhességi idejét, az ellésük lefolyását, valamint a reciprok keresztezéséből származó F_1 borjak 205 napos súlyát elemezte. A borjak születési súlya és a tehének vemhességi ideje nem mutatott szignifikáns eltérést. Az angus tehének borjai azonban 205 napos korra 10,76-15,07 kg-mal nagyobb súlyt értek el, mint a hereford tehének borjai. Gregory és mtsai (1965) vizsgálatában a keresztezett angus borjak választási eredményei nagyobbak voltak a fajtatiszta társaikénál, ami feltehetően a heterózis hatásnak volt köszönhető. Kovács (2017) fekete és vörös genotípusú angus szarvasmarha növekedésének befolyásoló tényezőit és a két színváltozat közötti különbségeket vizsgálta. Az évek hatását vizsgálva megállapította, hogy a születési súlyokban nem volt jelentős eltérés a vizsgált évek között, azonban a választási súlyban és a STV adataiban szignifikáns különbségek találtak. A vizsgált időszak alatt a legnagyobb választási súly 243 kg, míg a legmagasabb átlagos napi súlygyarapodás 1902 g/nap volt. Az ivar hatás miatt is változik a borjak választási tömege. A bika borjak nagyobb növekedési eréllyel rendelkeznek, ami nagyobb választási súlyt eredményez az üszökhöz képest. A bikák és üszők teljesítményét vizsgálva az találta, hogy a születési súlyokban nem volt különbség, viszont a választási súly tekintetében a bikák értékei meghaladták az üsző borjakét.

A borjak megfelelő növekedését a tehének tejtermelése nagyban befolyásolja. Szabó (1998) szerint a tehének tejtermelése és a borjak választáskori tömege közötti összefüggések mértéke 0,4-0,8 közötti értékű. Sok tényező befolyásolja annak a mértékét, hogy egy tehén mennyi tejet képes termelni. A húshasznú tehének tejtermelését elsősorban a fajt határozza meg, továbbá az állatok takarmányozása, egyéb környezeti tényezők is befolyásolják.

Munkánk célja a fekete és vörös színű angus borjak egyes értékmérő tulajdonságának összehasonlítása volt. Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a választási súlyra milyen hatással vannak olyan tényezők, mint a borjak színe, ivara és születési hónapjuk. Emellett elemeztük a súlygyarapodás és a 205 napra korrigált választási súly alakulását is. Ezek az eredmények hozzájárulhatnak a hatékonyabb tenyésztési és tartási stratégiák kialakításához.

2. Anyag és módszer

2.1. A vizsgált állomány

A kutatásokat az Adonyban található Angus Kft.-nél végeztük. A törzsállományt 1987-ben Skóciából importálták, 26 db vemhes üszőt, 26 db növendék üszőt és 5 db tenyészbikát. A tenyészbikák a Debrecenben lévő mesterséges termékenyítő állomásra kerültek spermatermelés céljából. Az első években a tenyésztők kizárólag mesterséges termékenyítést alkalmaztak, ma már az állomány 90%-a természetes fedeztetésből születik.

Május 1.-től 20.-ig mesterséges termékenyítést végeznek azokon a teheneken, akik ivarzást mutatnak, majd ez követően hajtják ki őket a legelőkre. Háremszerrű fedeztetést alkalmaznak, így genetikailag ismert lesz a borjak apasága. Egy tenyészbika mellé 20-30 tehenet tesznek, a fedeztetés vége pedig július 20.-ig

tart. Minden évben körülbelül 30 db növendék üszőt tartanak meg, ami a kiesett állomány pótlására alkalmas.

Évjárat és szín szerint vannak meghatározva a kisebb gulyák, ami azt jelenti, hogy az állományt az állatok születési éve alapján csoportosítják. Az idősebb tehének esetében a selejtezés és elhullás miatt szükséges évjáratokat összevonni.

Május végétől megkezdődik az állatok legeltetése, az összes hasznos legelőterület körülbelül 320 ha. Ezek a területek nem egybefüggő legelők, főként kisebb 20-30 ha-os területekből tevődik össze. A legeltetési időszak végén a tehének visszakerülnek a központi telepre, ahol az ellési szezon zajlik.

A vizsgálatban összesen 357 borjú választási eredményeit értékeltük, amelyből 155 fekete (66 bika és 89 üsző) és 202 vörös (107 bika és 95 üsző) színű volt. A borjak születésüktől a választásig egységes tartási és takarmányozási körülmények között, szakaszos legeltetéssel nevelték.

A vizsgálatához a következő adatok álltak rendelkezésünkre: a borja színe, ivara, születési ideje és súlya, valamint a választás ideje és a választási súly.

Az vizsgált tulajdonságok a következők voltak: születési súly (kg), választási életkor (nap), választási súly (kg), választás előtti napi súlygyarapodás (g/nap), 205-napra korigált választási súly (kg).

2.2. Az adatok feldolgoása

Az adatok előkészítését Microsoft Excel programmal végeztük, majd a további elemzéseket az IBM SPSS 29.0 statisztikai szoftver segítségével futtattuk le. Az eredmények értékeléséhez leíró statisztikát használtunk (átlag, szórás és cv%), majd ANOVA egytényezős varianciaanalízis segítségével értékeltük a szín, ivar és a születési hónap hatásait, ezek szignifikanciáját 5%-os hiba valószínűség mellett teszteltük. A vizsgálatomban – az SPSS 29.0 adatfeldolgozó statisztikai rendszerben – Tukey-próbát állítottuk be az adott hatás bizonyítottságának megállapítására.

3. Eredmények és értékelésük

A leíró statisztika eredményei (1. táblázat) alapján megállapítható, hogy a vizsgált populációban jelentős eltérések vannak az egyes paraméterek tekintetében, különösen a súlygyarapodás és a borjak választáskor mért súlya és a 205 napra korigált választási súlyának a különbözőzeti értékeiben.

1. táblázat: Leíró statisztika angus borjak adatairól

Tulajdonság (1)	Létszám (2)	Min.	Max.	Átlag (3)	s	CV%
Születési súly (kg) (4)	357	15,00	49,00	31,63	6,50	20,55%
Választási életkor (nap) (5)	357	164,00	257,00	217,30	21,23	9,77%
Választási súly (kg) (6)	357	102,00	300,00	200,79	33,93	16,90%
Súlygyarapodás (g/nap) (7)	357	392,52	1135,00	780,17	137,87	17,67%
205 napra korigált választási súly (kg) (8)	357	98,47	271,86	191,56	30,18	15,75%

Table 1: Basic statistic of the examined traits

traits (1); number of calves (2); mean (3); birth weight (4); age of calf at weaning (day) (5); weaning weight (6); preweaning daily gain (g/day) (7); 205-day weight (8)

A borjak születési súlya viszonylag homogén eloszlást mutat, a variációs koeficiens értéke (20,55%) arra utal, hogy az populációban az eltérések mérsékeltek. A szórás értékéből (6,50 kg) következtethetünk arra, hogy az egyedek között természetes variáció figyelhető meg, ami a genetikai és környezeti hatásokból (anya kondíciója, vemhességi idő hossza, ikerelés) adódhat.

A 780,17 g/nap átlagos súlygyarapodás megfelelő lehet egy húsmarha-állományban, de a minimum (392,52 g/nap) és a maximum (1135,00 g/nap) értékek közötti jelentős különbség felvet néhány kérdést. Számtalan oka lehet annak, hogy ekkora különbségek adódtak. Befolyásoló tényező lehet a tehének tejhozama, az erősebb, nagyobb tejtermelésű tehének borjai valószínűleg jobb növekedési erélyt tudtak mutatni a kevesebb tejet termelő tehének borjaihoz képest. Meghatározó a borja ivara is, hiszen a hím ivarú egyedek erőteljesebb növekedésre és jobb takarmányhasznosításra képesek az üsző borjakhoz képest. Nem elhanyagolható tény még a borjak születési ideje sem, hiszen nem mindegy, hogy mennyi takarmányt tud elfogyasztani a borjú a választásig, és annak milyen beltartalmi paraméterei vannak.

A borjak átlagos 205 napra korrigált választási súlya 191,56 kg volt. Az egyedek közötti eltérések nagyok voltak, 30,18 kg-os szórás értéket mutattak. Ezt az értéket minden bizonnyal a születési idő, valamint a választási idő befolyásolta.

A 2. táblázatban az angus borjak két színváltozatának az eredményeit mutatjuk be a vizsgált tulajdonságok tekintetében.

2. táblázat: A szín hatása az angus borjak választási tulajdonságaira

Tulajdonság (1)	Fekete (2)	Vörös (3)	p
Létszám (N) (4)	155	202	-
Születési súly (kg) (5)	31,35	31,85	NS (0,47)
Választási életkor (nap) (6)	218,92	216,06	NS (0,21)
Választási súly (kg) (7)	191,44	207,96	<0,01
Súlygyarapodás (g/nap) (8)	732,46	816,78	<0,01
205 napra korrigált választási súly (9)	181,50	199,29	<0,01

Table 2: The effect of color of calf on the weaning traits

traits (1); black (2); red (3); number of calves (4); birth weight (5); age of calf at weaning (day) (6); weaning weight (7); preweaning daily gain (g/day) (8); 205-day weight (9)

Látható, hogy Zándoki és mtsai (2003) vizsgálatához hasonlóan a két színváltozat között voltak termelésbeli különbségek. A születési súly esetében az eltérés minimális volt, mindkét színváltozat esetében közel azonos születési súlyokat tapasztaltunk (fekete borjak 31,35 kg, vörös borjak 31,85 kg). A választási életkorban szintén nem tapasztalható jelentős eltérés, a két csoport életkora szinte azonos volt. A választási súly, a súlygyarapodás és a 205 napra korrigált választási súly tekintetében már jelentősebb eltéréseket figyeltünk meg. A vörös borjak átlagos választási súlya 207,96 kg, míg a fekete színváltozat esetében ez az érték csupán 191,44 kg. A vörös borjak átlagosan 16,52 kg-mal voltak nehezebbek a választáskor. A súlygyarapodás tekintetében is a vörös színű borjaknak volt jobb

eredményük. A fekete borjak napi súlygyarapodása 780,13 g/nap, a vörös borjaké pedig 816,78 g/ nap volt. A vörös borjak naponta 36,65 grammal gyarapodtak többet a fekete borjakhoz képest. Ebből adódóan a 205 napra korrigált választási súly esetében is várható volt, hogy a vörös borjak teljesítenek jobban. A fekete színváltozat átlagosan 181,50 kg míg a vörösek 199,29 kg-os korrigált súly érték el, így a színváltozatok között az átlagos eltérés 17,79 kg volt.

A választási súly, a súlygyarapodás, valamint a 205 napra korrigált választási súly esetében a szín statisztikailag szignifikáns hatást gyakorolt az értékekre (mindhárom esetben a szignifikancia szint $p < 0,01$ volt). Ezek alapján kijelenthető, hogy a vörös borjak növekedési teljesítménye a vizsgált populációban nemcsak átlagosan jobb, hanem megbízhatóan eltért a fekete borjakétól. Azonban a születési súlyban és választási életkorban nem volt kimutatható szignifikáns különbség a két színváltozat között. A szín tehát nem csupán esztétikai vagy fajtajelleg, hanem a termelési eredményekkel is összefüggést mutató tényező lehet (Simon, 2002).

A vizsgált populációban az ivar szerinti elemzések jelentős különbségeket mutattak (3. táblázat). A bika borjak általános születési súlya 2,72 kg-mal nagyobb volt, mint az üsző borjaké. A bikák nagyobb születési súlya részben genetikai adottságoknak, valamint a méhen belüli fejlődés során eltérő hormonhatásoknak köszönhető. A hímivarú magzatok tesztoszteron szintje magasabb lehetett, ami serkentette a fehérjeszintézist és elősegíthette az izomtömeg növekedését már a magzati korban.

A választási életkor tekintetében a bika borjakat átlagosan 205,52 napos, míg az üsző borjakat 228,38 napos korban választották le. Látható, hogy az üsző

3. táblázat: Az ivar hatása az angus borjak választási tulajdonságaira

Tulajdonság (1)	Ivar (2)	Létszám (3)	Átlag (4)	s	Min.	Max.	p
Születési súly (kg) (5)	Bika (10)	173	33,03	6,19	17	49	<0,01
	Üsző (11)	184	30,31	6,53	15	46	
	Össz. (12)	357	31,63	6,50	15	49	
Választási életkor (nap) (6)	Bika	173	205,52	17,60	164	242	<0,01
	Üsző	184	228,38	18,19	176	257	
	Össz.	357	217,30	21,23	164	257	
Választási súly (kg) (7)	Bika	173	199,50	31,53	118	282	NS (0,49)
	Üsző	184	202,00	36,08	102	300	
	Össz.	357	200,79	33,93	102	300	
Súlygyarapodás (g/nap) (8)	Bika	173	810,34	133,15	445,54	1135,00	<0,01
	Üsző	184	751,80	136,54	392,52	1007,78	
	Össz.	357	780,17	137,87	392,52	1135,00	
205 napra korrigált választási súly (kg) (9)	Bika	173	199,15	27,99	124,60	271,86	<0,01
	Üsző	184	184,43	30,49	98,47	247,60	
	Össz.	357	191,56	30,18	98,47	271,86	

Table 3: The effect of sex of calf on the weaning traits

traits (1); sex of calf (2); number of calves (3); mean (4); birth weight (5); age of calf at weaning (day) (6); weaning weight (7); preweaning daily gain (g/day) (8); 205-day weight (9); bull (10); heifer (11); total (12)

borjak 22 nappal később lettek leválasztva az anyjuktól, ami menedzsmenti döntésből adódhatott. A telepen a bika borjak jelentős részét hizlalásra értékesítik, míg az üszöket elsősorban tenyészállatként adják el. Ennek megfelelően a választás időpontját főként a piaci igények, valamint a gazdaság működésének szervezhetősége határozta meg.

A választási súly adataiból látható, hogy az üsző borjak enyhén nagyobb választási súlyt (átlag 202,0 kg) értek el a bikákhoz (199,5 kg) képest, annak ellenére, hogy hosszabb ideig voltak együtt az anyjukkal a legelőn. Ez csupán a választási idő hosszával magyarázható, mintsem a fejlődési erélyükkel, ezt alá is támasztják a napi súlygyarapodás értékei. Az üsző borjak esetében a napi súlygyarapodás 751,80 g/nap, míg a bikák esetében 810,34 g/nap volt. Ez is azt bizonyítja, hogy a bika borjaknak nagyobb a növekedési erélye az üszökkel szemben, nem csak az embrionális fejlődéskor, hanem születés után is jobb eredményeket képesek elérni. A 205 napra korrigált választási súly értékeiben is a bika borjak mutattak nagyobb eredményt (199,15 kg bikák, 184,43 kg üszők).

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítható, hogy az ivar szignifikáns hatást gyakorolt majdnem minden vizsgált tulajdonságra. A születési súly, a választási életkor, a súlygyarapodás és a 205 napra korrigált választási súly esetében szignifikáns ($p < 0,01$) különbséget tapasztaltunk a két ivar között. Érdekes módon a választási súlynál nem volt kimutatható statisztikailag igazolható eltérés a bikák és az üszők között. Ez arra utal, hogy bár a születési súly különbözött, valamint az üszők több időt tudtak fejlődni és növekedni a választásig, még is a bika borjak jobb napi súlygyarapodásnak köszönhetően képesek voltak a választás idejére szinte azonos súlyt elérni, mint az üszők.

A születési hónap hatását a vizsgált tulajdonságokra a 4. táblázatban mutatjuk be. A születési hónap hatása jelentős volt az angus borjak fejlődésére. A februárban született borjak születési súlya volt a legnagyobb (33,54 kg), míg a másik két hónapban született borjak ennél kisebbek voltak és egymáshoz képest közel azonos súlyban születtek. Ez azzal magyarázható, hogy a februárban ellő tehének esetében feltételezhetően hosszabb volt a vemhesség ideje, ami hozzájárulhatott a nagyobb születési súlyhoz. Mivel azonban a vemhességi időtartamáról nem áll rendelkezésünkre mért adat, ezért ez utóbbi megállapítást nem tudjuk számszerű eredményekkel alátámasztani.

Számottevő különbségeket találtunk a választási életkor és a választási súly hónaponkénti alakulásában. Úgy gondoljuk, a választás időpontja miatt volt tapasztalható nagyobb különbség a választási életkorban. A választási súly tekintetében láthatjuk, hogy a februárban született borjak 216,11 kg ténylegesen mért súllyal választódtak le, míg a márciusi borjak 10,07 kg-mal, az áprilisi borjak pedig 31,9 kg-mal kevesebb súlyt tudtak elérni a választás időpontjáig. Ezek alapján úgy gondoljuk, hogy azoknak a borjaknak lett nagyobb a súlygyarapodása, amelyek februárban születtek. Ezek a borjak 3-4 hónapos korban már nagyobb részt fogyasztanak legelő füvet, ami megnövelheti a napi súlygyarapodás értékét. Eredményül pedig azt kaptam, hogy a februári borjak súlygyarapodása (750,89 g/nap) kicsit alacsonyabb volt a másik két hónaphoz képest (márciusban 782,11 g/nap, áprilisban 786,60 g/nap), azonban a szignifikancia vizsgálat nem mutatott szignifikáns eltérést a három hónap adatai között. A februárban született borjak sokkal több időt töltöttek a téli szálláson a tehennel, mint az áprilisban született

4. táblázat: A születési hónap hatása az angus borjak választási tulajdonságaira

Tulajdonság (1)	Születési hónap (2)	Létszám (3)	Átlag (4)	s	Min.	Max.	p
Születési súly (kg) (5)	Február (10)	37	33,54	6,90	23	45	NS (0,16)
	Március (11)	217	31,33	6,22	15	49	
	Április (12)	103	31,58	6,87	17	46	
	Össz. (13)	357	31,63	6,50	15	49	
Választási életkor (nap) (6)	Február	37	243,70	10,89	228	257	<0,01
	Március	217	223,78	14,40	197	249	
	Április	103	194,17	14,45	164	218	
	Össz.	357	217,30	21,23	164	257	
Választási súly (kg) (7)	Február	37	216,11	35,34	140	300	<0,01
	Március	217	206,04	32,04	111	282	
	Április	103	184,21	31,33	102	251	
	Össz.	357	200,79	33,93	102	300	
Súlygyarapodás (g/nap) (8)	Február	37	750,89	150,82	418,97	1007,78	NS (0,38)
	Március	217	782,11	135,85	409,28	1135,00	
	Április	103	786,60	137,35	392,52	1054,64	
	Össz.	357	780,17	137,87	392,52	1135,00	
205 napra korigált választási súly (kg) (9)	Február	37	187,47	30,87	119,89	247,60	NS (0,65)
	Március	217	191,66	29,68	103,20	271,86	
	Április	103	192,84	31,13	98,47	247,20	
	Össz.	357	191,56	30,18	98,47	271,86	

Table 4: The effect of birth month of calves on the weaning traits

traits (1); birth month of the calves (2); number of calves (3); mean (4); birth weight (5); age of calf at weaning (day) (6); weaning weight (7); preweaning daily gain (g/day) (8); 205-day weight (9); February (10); March (11); April (12); total (13)

borjak, ami befolyásolhatta a tehének tejtermelését. A későbbi jobb takarmány-ellátáskor pedig feltehetően magasabb volt a növekedési ütemük a februári borjaknak, viszont átlagos értékben kisebb eredményt tudtak elérni, vagy is nem volt kiegyensúlyozott a növekedésük a másik két hónaphoz képest.

Az 1. táblázatban láthattuk, hogy a borjak átlagos választási kora 217,30 nap volt. Az eredményekből megállapítható, hogy a fiatalabb, áprilisban született borjak kevesebb időt tudnak az anyjuk mellett és a legelőn tölteni, mivel az ő esetükben nem várták meg az átlagos 217,30 napos választási kort, hanem egyszerre, a többi borjúval együtt egy-két időpontban választották le őket. Ezek alapján kijelenthető, hogy az egyidejű leválasztás hatása negatív hatású lehet a választási súlyra.

4. Következtetések javaslatok

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a borjak teljesítményét több tényező is befolyásolta.

Legtöbb tulajdonságra az ivarnak volt statisztikailag igazolható hatása. A bika borjak szignifikánsan nagyobb eredményeket értek el az üsző borjakhoz képest. A szakirodalommal megegyező eredményeket tapasztaltam a születési súly, súlygyarapodás és 205 napra korrigált választási súlyok esetében, a bika borjak jobb növekedési és fejlődési képességeiknek köszönhetően.

A szín tekintetében megállapítható volt a genotípusok közötti különbség, a vörös borjak jobb növekedési eredményeket mutattak a fekete színváltozathoz képest, főként a választási súly, a súlygyarapodás és a 205 napra korrigált választási súly tekintetében. A szín tehát nem csupán esztétikai, vagy fajtajelleg, hanem a termelési mutatókra is lehet befolyása a fekete egyedekhez képest. Ez a tenyésztésszervezés szempontjából fontos információ lehet, hiszen a vörös színváltozat használata jobb eredményeket hozhat. Fontos ugyanakkor elmondani, hogy ezek az eredmények kizárólag a vizsgált tenyésztetre igazak, általános következtetésként nem célszerű más populációkban alkalmazni.

A választási életkorra és a választási súlyra kapott eredmények alapján a 3 vizsgált hónap között számottevő eltéréseket tapasztaltunk. Ezek értékeit főként a választás időpontja határozta meg, mivel a februári borjak idősebb korban voltak leválasztva az áprilisi borjakhoz képest. Ha a születési időszakot optimalizáljuk, jobb növekedési eredményeket lehetne elérni ebben a tenyésztetben. Ha ez nem lehetséges - mert adott a fedezetési idő és így az ellési szezon is -, akkor talán több választási időpontban történő választás használatával talán növelni lehetne a borjak választási súlyát. A jobb növekedés erély elérése végett alkalmazható lenne borjú óvoda is, amiben lévő többlettakarmány a legelőfü mellett plusz energiaforrásként szolgálhat a borjaknak. Ezen lehetőségek megvalósítása elsősorban a gazdaság vezetésének döntésein, valamint a rendelkezésre álló pénzügyi és humán erőforrások mértékén múlik.

A pontosabb borjúnevelési teljesítmények megítéléséhez célszerű lenne a későbbi vizsgálatok során kiegészíteni a kutatást más tulajdonságokkal. Fontos kiegészítő paraméter lehet az anyaállatok tejtermelésének mennyisége és összetételének vizsgálata, hiszen az ellést követő hetekben, hónapokban a tej szolgál fő táplálékul a borjaknak.

Ilyen tulajdonság lehet még a tehének elléskori életkora is. A tehének életkoruk előrehaladtával eltérő mennyiségű tejet termelnek (Kovács, 1997), ami miatt a különböző életkorú tehének borjúnevelő-képességét összehasonlítani csak akkor lehet, ha a borjak választási súlyát az anya életkora szerint is korrigáljuk. Ez alapján pontosabb választási eredményeket kapunk.

5. Felhasznált irodalom

Bene Sz. – Füller I. – Lengyel Z. – Nagy B. – Fördős A. – Szabó F. (2006): Húshasznú magyar tarka borjak választási eredménye. 2. Közlemény: Genetikai paraméterek, tenyésztéértékek. Állattenyésztés és Takarmányozás, 55. 505–519.

- Berger, P. J. – Cubas, A. C. – Koehlert, K. J. – Healey, M. H. (1992): Factors affecting dystrocia and early calf mortality in Angus cows and heifers. *J. Anim. Sci.* 70. 1775–1786. <https://doi.org/10.2527/1992.7061775x>
- Gregory, K. E. – Swiger, L. A. – Koch, R. M. – Sumption, L. J. – Rowden, W. W. – Ingalls, J. E. (1965): Heterosis is preweaning traits of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 24. 21–28. <https://doi.org/10.2527/jas1965.24121x>
- Gregory, K. E. – Cundiff, L. V. – Koch, R. M. (1994): Breed effects and retained heterosis for growth, carcass, and meat traits in advanced generations of composite populations of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 72. 833–850. <https://doi.org/10.2527/1994.724833x>
- Holló I. (szerk.) (2011): Szarvasmarhatenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Horn A. – Szmodits T. – Bodó L. (1959): Kísérletek az angus és magyartarka szarvasmarha haszonállat-előállító keresztezésére I. *Állatteny.*, 8. 15–30.
- Horn P. – Stefler J. (2017): A világ állati fehérje ellátása, annak humán-egészségügyi szerepe, figyelemmel a húsmarha tenyésztésre. *Állatteny. Tak.*, 66. 261–275.
- Kovács A. Z. (1997): Magyarországon tartott néhány húshasznosítású szarvasmarhafajta tejének összetétele. *Állatteny. Tak.*, 46. 175–187.
- Kovács, D. P. (2017): A fekete és a vörös angus húsmarha növekedésének elemzése. *Hallgatói dolgozat, MÉK.*
- Lengyel Z. – Zsuppán ZS. – Nagy L. – Szabó F. (2003): Húshasznú tehének küllemi bírálata és kapcsolatok a választási súllyal. *Állatteny. Tak.*, 52. 551–562.
- Márton J. – Szabó F. – Zsolnai A. – Anton I. (2024): A magyarországi angus állományok populáció genetikai vizsgálata, értékmerő tulajdonságaik elemzése. *Állatteny. Tak.*, 73. 219–232.
- Nelsen, T. C. – Kress, D. D. (1981): Additive and multiplicative correction factors for sex and age od dam in beef cattle weaning weight. *J. Anim. Sci.*, 53. 1217–1224. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5351217x>
- Polgár J. P. – Wagenhoffer ZS. – Grubics ZS. – Hornyák Z. – Török M. – Lengyel Z. – Szabó F. (2005): Red Angus F₁ és R₁ hízómarhák vágási és csontozási eredményeinek értékelése. *Állatteny. Tak.*, 54. 109–120.
- Simon B. (2002): Vörös és fekete színváltozatú angus tehének termelésének összehasonlítása. *Szakkolgozat, Keszthely.*
- Szabó F. (1995): Hereford és Angus szarvasmarhafajták reciprok keresztezésének néhány tapasztalata. *Állatteny. Tak.*, 44. 17–24.
- Szabó F. (szerk.) (1998): Húsmarhatenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Zándoki R. – Balázs F. – Márton I. – Tózsér J. (2003): Az angus fekete és vörös színváltozatának választási teljesítményei egy tehenészetben. *Állatteny. Tak.*, 52. 203–213.

Érkezett: 2025. szeptember

Szerzők címe: Galambos, P. - Asbóth, Z. O. - Bene, Sz.* - Polgár, J. P.
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

Szakács, A.
Angus Húsmarhatenyésztő és Forgalmazó Kft.
Angus Beef Cattle Breeder and Distributor Ltd
H-2457 Adony, Ady Endre utca 82/1.

A nagy amerikai májmételey (*Fascioloides magna*) előfordulása a Dél-Dunántúlon

Occurrence of the large American liver fluke (*Fascioloides magna*) in South Transdanubia

HALÁSZ Tibor

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
(Hungarian University of Agriculture and Life Sciences)
Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola
(Doctoral School of Animal Science)

Kaposvár, 2024.

Témavezető (supervisor): CSIVINCSIK Ágnes PhD

ÖSSZEFOGLALÁS

A nagy amerikai májmételey (*F. magna*) parazitikus életmódot folytató Trematoda, amely fejlődése során patás, jellemzően a szarvasfélékhez tartozó végleges gazdafajokban és a Lymnaeidae családba tartozó köztigazda csigafajokban képes fejlődni. A faj észak-amerikai eredetű, Európába fertőzött szarvasfélékkel hurcolták be, valószínűleg a XIX. század során. Az európai szarvasfélékhez történő adaptációja viszonylag gyorsan történt, köszönhetően a faj nagyfokú alkalmazkodóképességének, mely általában jellemző a Fasciolidae családra, amelybe tartozik.

Hazánkban az 1990-es évek óta van jelen és jellemzően a Duna völgyéhez kötődik a terjedése. A Dunától távoli területen történő megjelenését 2016-ban sikerült megfigyelni a Zselic tájegységben. Ez a felfedezés ráirányította a figyelmet az emberi tevékenységhez köthető behurcolás jelentőségére, ezért az új endémiás területen végzett vizsgálsorozat célja az volt, hogy feltérképezze a parazita terjedésének jellemzőit és az egyes szarvasfélék járványtani szerepét. Az új elterjedési terület jelentőségét az adja, hogy a parazita környezeti igényei szempontjából egyáltalán nem optimális környezetben történt a fertőzés felfedezése, amely egyúttal hazánk egyik legfontosabb gímszarvas-élőhelye.

A terepi vizsgálatok megkezdése előtt végzett irodalomkutatás során határoztuk meg azokat a vizsgálati irányokat, amelyek a rendelkezésre álló kutatási infrastruktúra felhasználásával megfelelő adatokat szolgáltatathat az új endémia járványtani sajátosságainak feltérképezéséhez.

Az elsődleges célunk olyan surveillance módszer kialakítása volt, amellyel folyamatosan nyomon követhető a parazita terjedése. Ennek érdekében fotósorozatot készítettünk a különböző mértékben fertőzött májakról, majd ennek segítségével oktattuk a vizsgálatba bekapcsolódó vadászati szakembereket. A vadászati szakemberek által minősített máj mintákat azután részletes kórbonctani vizsgálatnak vetettük alá, illetve elvégeztük az ugyanazon állati testből származó bélsárminta ülepítésező vizsgálatát. A részletes kórbonctani vizsgálatot arany standardnak tekintve számítottuk ki a fényképes útmutatóra és a peteürítés vizsgálatára alapozott surveillance érzékenységet.

A gímszarvas és az őz járványtani szerepének tisztázása érdekében az endé-

miás terület centrumából származó gímszarvas és őz májminták kórbonctani és kórszövettani vizsgálatát végeztük el, a mintákban megszámoztuk a mételyek számát, megfigyeltük a pszeudociszta- képzés mértékét, az egyes pszeudocisztákból nyerhető mételyek számát, illetve keltetési kísérletet végeztünk csoportosan élő és szoliter mételyekből származó peték keltetésével. A keltetés során meghatároztuk az egyes fajokból, illetve a csoportosan és szoliter módon élő férgekől származó peték keltethetőségét és túlélését. A fenti adatok alapján hasonlítottuk össze a két faj szerepét a nagy amerikai májmétely fenntartásában és terjesztésében.

A parazita terjedési területének változását a korábban ismertté vált esetektől különböző távolságokban elejtett egyedek részletes kórbonctani vizsgálatával, a fertőzési prevalencia megállapításával határoztuk meg.

A különböző mértékben fertőzött gímszarvasok májáról készített fényképes útmutatóval oktatott vadászati szakemberek terepi minősítésére alapozott surveillance hatékonysága megfelelőnek bizonyult: az érzékenysége 100%-nak (CI95% = 97,2–100%), specifikussága pedig 96,3%-nak (CI95% = 92,5–98,5%) bizonyult az arany standardnak tekinthető részletes kórbonctani vizsgálattal szemben. A bélsárminták ülepítéses vizsgálatára alapozott surveillance azonban nem adott megfelelő eredményt. A vizsgálati módszer érzékenysége csupán 38,5%-nak (CI95% = 30,1–47,4%), míg specifikussága 100%-nak (CI95% = 98,1–100%) bizonyult a gold standarddal összehasonlítva. A vizsgálattal nyert tapasztalatok alapján legalább 5 kifejlett métely májbeli előfordulása esetén lehet számítani a peték bélsárban való megjelenésére.

A gímszarvas és az őz máj mintákban egyaránt sikerült detektálnunk a valódi gazdákra jellemző szerkezetű pszeudociszták előfordulását, bár a gímszarvas egyedekben nagyobb arányban. Mind a gímszarvasokból, mind az őzekből származó pszeudociszta-tartalmakból kinyerhető peték keltethetőek voltak. A gímszarvasokból származó peték keltethetősége és túlélési képessége azonban szignifikánsan jobbnak bizonyult. Mindkét fajban megfigyelhető volt a szoliter mételyek petetermelése is, a közönséges májmételyre jellemző aránynál jelentősen nagyobb mértékben. Az ilyen mételyektől származó peték keltethetősége és túlélése enyhe, nem szignifikáns mértékben elmaradt a csoportosan élő mételyek utódaiétól.

A négy évig tartó vizsgálatsorozat idején egyértelműen megfigyelhető volt az endémiás terület növekedése nyugati és északi irányban, a Dráva vízgyűjtő területén belül, a folyásiránnyal ellentétesen. A vizsgálati időszakban a hazánkban legfontosabbnak tekintett gazdafajban, a gímszarvasban tapasztalt prevalencia 46,2% (CI95%: 40,9–51,4%), amely nagyon hasonló a cseh-lengyel endémiában (*Filip-Hutsch és mtsai*, 2022) és a Duna völgyében (*Bazsálovicsová és mtsai*, 2016) történő terjedés során leírtakhoz. Ez a tény azért bír járványtani jelentőséggel, mert a vizsgált terület jelentős része - a jelenlegi ismereteink szerint - nem ideális élőhely a nagy amerikai májmétely terjedése szempontjából.

A vizsgálatainkkal igazolt északi és nyugati irányú terjedés alapján feltételezhető, hogy az endémia néhány éven belül eléri a zalai gímszarvas-élőhelyeket. Ugyanakkor, mivel egyértelműen megállapítható, hogy a folyásiránnyal ellentétes terjedés akadálytalanul zajlik a köztigazda csigák számára alkalmas élőhely hálózatok mentén, így nem kizárható, hogy a Dél- Dunántúlon, a Dráva vízgyűjtő területén megfigyelhető terjedéshez hasonló folyamat észrevétlenül zajlik a Duna felső folyásán is. Ez felveti annak lehetőségét, hogy a dél-dunántúli és a Szigetközéből a Duna mellékfolyóin terjedő alpopulációk elterjedési területe idővel összeér. Ez abban az esetben okozhat

jelentős járványtani kockázatot, ha a két alpopuláció olyan mértékben különbözik egymástól genetikailag, hogy a keveredésükkel létrejövő hibrid populációban kialakuló heterózishatás nagyobb mértékű virulencia növekedést is okoz majd.

Fentiek alapján a következő további vizsgálatok javasolhatók a hazai szarvasféléket érintő járványtani kockázat felmérése érdekében: a *F. magna* egyes alpopulációinak populációgenetikai vizsgálata a genetikai elkülönülés és a genetikai diverzitás meghatározása érdekében, az egyes gazdapopulációk genetikailag meghatározott ellenálló-képességének becslése az MHC génkomplex vizsgálatával, a parazita terjedése szempontjából alkalmas élőhelyek feltérképezése, a klímaváltozás és az inváziós növény- és csigafajok kockázattnövelő hatásainak becslése, a gazda-parazita interakció változásának vizsgálata a vaddisznó esetében.

Summary

The large American liver fluke (*Fascioloides magna*) is a parasitic Trematode that develops in ungulates. It has an indirect life-cycle with definitive host species (typically cervids) and intermediate host snails, which belong to the family Lymnaeidae. The species originated in North America and was introduced to Europe by different infected deer specimens, probably during the nineteenth century. Its adaptation to European cervids occurred relatively quickly due to the high adaptability of the species, which is generally characteristic of the family Fasciolidae to which it belongs. The species has been present in Hungary since the 1990s and is typically associated with the Danube Valley. Its appearance in areas distant from the Danube was observed in the Zselic region in 2016. This discovery drew attention to the importance of human-mediated introduction. Therefore, the aim of the study conducted in the new endemic area was to map the spread characteristics of the parasite and the epidemiological role of certain deer species. The importance of the new distribution area lies in the fact that the infection was discovered in an environment, which is one of Hungary's most important red deer habitats and it is not optimal for the parasite's development cycle.

During the literature search before the start of field studies, we defined the research directions that can provide adequate data for mapping the epidemiological features of the new endemic using the available research infrastructure. Our primary goal was to develop a surveillance method that could continuously monitor the spread of the parasite. To this end, we took photographs of livers infected to varying degrees and used them to train the hunting professionals involved in the study. The liver samples qualified by the hunters were then subjected to detailed pathological examination, and the sedimentation method of the faecal samples from the same animal was performed. The surveillance sensitivity based on the detailed pathological examination considered as the gold standard, was calculated based on the illustrated guide and the examination of egg excretion.

To clarify the potential epidemiological role of the red and roe deer, pathological and histological examinations of liver samples were performed, and the number of flukes was counted in them. The degree of pseudocyst formation, the number of flukes that could be obtained from individual pseudocysts, and hatching experiments were also performed. The hatchability capacity and survival of eggs derived from different host species and pseudocysts (e.g. gregarious and solitary) living flukes

were determined during hatching. Based on the above data, we compared the role of the two species in the maintenance and spread of the large American liver fluke.

The change in the parasite's distribution area was determined by detailed pathological examination of individuals hunted at distances different from the previously known cases and by determining the prevalence of infection.

The surveillance effectiveness based on the field assessment of hunters trained using the illustrated guide of livers infected to varying degrees was found to be adequate: sensitivity proved 100% (CI95% = 97.2–100%), and specificity was 96.3% (CI95% = 92.5–98.5%) compared to the gold standard of detailed pathological examination. However, surveillance of sedimentation techniques did not yield satisfactory results. The sensitivity of the examination was only 38.5% (CI95% = 30.1–47.4%), while the specificity was 100% (CI95% = 98.1–100%) compared to the gold standard. Based on the experience gained during the study, eggs in faeces can be expected when at least five mature flukes are present in the liver.

The presence of pseudocysts with a characteristic structure for definitive hosts was detected in liver samples from red and roe deer, although with a greater proportion in red deer specimens. Eggs extracted from pseudocysts from both species hatched successfully. However, the hatchability and survival of eggs derived from red deer were significantly better. In both species, the egg production of solitary flukes was also significantly higher than as previously observed in the common liver fluke (*Fasciola hepatica*). The hatchability and survival of eggs derived from two-fluked pseudocysts lagged slightly and not significantly behind those from solitary flukes.

During the four-year study, the expansion of the endemic area was observed in westward and northward directions within the Drava catchment area, in the opposite direction of the flow. For the study period, the period prevalence proved 46.2% (CI95%: 40.9–51.4%) in the most important native host species, the red deer. This value is very similar to those, which were determined in the Polish-Czech endemic area (*Filip-Hutsch et al*, 2022), and in the Danube Valley (*Bazsálovicsová et al*, 2016). This fact has epidemiological relevance because the vast majority of our study site cannot provide ideal circumstances for the maintenance of the large American liver fluke.

Based on the northward and westward spread confirmed by our studies, it can be assumed that the endemic will reach the red deer habitats of Zala within a few years. At the same time, since it can be established that upstream propagation takes place unhindered along habitat networks suitable for intermediate host snails, it cannot be ruled out that a process similar to the spread observed in South Transdanubia in the catchment area of the Drava also takes place unnoticed in the upper stream of Danube. This may pose a significant epidemiological risk if the two subpopulations differ genetically to such an extent that the heterosis effect in the hybrid population will also cause a greater increase in virulence.

Based on the above, the following further studies may be proposed to assess the epidemiological risk to indigenous cervids: population genetic analysis of certain subpopulations of *F. magna* to determine genetic separation and diversity, estimation of genetically determined resistance of individual host populations by MHC gene complex analysis, mapping of habitats suitable for parasite spread, estimation of risk-increasing effects of climate change, invasive plant, and snail species, investigation of changes in host-parasite interaction in wild boars.

https://phd.mater.uni-mate.hu/383/1/Hal%C3%A1sz%20Tibor%20-%20disszert%C3%A1ci%C3%B3_DOI.pdf

Lovak viselkedésének etológiai kockázat-elemzése és annak egyes kórtani vonatkozásai

Ethological risk assessment of the behavior of horses and its pathological aspects

KÁDÁR Róbert

Széchenyi István Egyetem
(*Széchenyi István University*)

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

(*Wittmann Antal Crop-, Animal- and Food Sciences Multidisciplinary Doctoral
School*)

Mosonmagyaróvár, 2024.

Témavezető (supervisor): EGRI Borisz DSc

ÖSSZEFOGLALÁS

A tudományos kutatások eredményeképpen a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely jelentősége és feladat már leírásra került lovak esetében is. Aktívan versenyző lovak és lovasok bevonásával végzett kísérletekben megállapították, hogy vér és nyál kortizol szintjének, valamint a szívfrekvencia változásának (heart rate variability = HRV) elemzése fontos információk lehetnek a ló és a lovas stressz-állapotának meghatározásában. Kísérletek bizonyították a ló nyálából nyert kortizol szintje és az eredmény, valamint a lovas nyálából nyert kortizol szintje és az eredmény közötti összefüggéseket. Nemcsak a ló élettani adatai változnak a stressz-helyzettel párhuzamosan, de ló viselkedésében is meghatározó szerepe lehet a stressznek. A ló tartás és lóhasznosítás mindennapi gyakorlatában fontos az olyan abnormálisnak tartott viselkedésformák, mint pl. a sztereotípiák ismerete, amelyek mind a gyakorló állatorvosok, mind pedig állatvédelmi szempontból is szem előtt tartandók.

Kutatásaink eredményeihez Magyarországon a 2018 és 2020 között, majd a 2023. évben kiküldött és/vagy személyesen ló tartókhoz és ló tulajdonosokhoz eljuttatott, s általuk önkéntesen kitöltött kérdőívek adatainak elemzésével jutottunk.

A kérdőíveket 60 lovas szakember (istálló tulajdonos, lovas szakember) töltötte ki a 2018 és 2020 közötti időszakban, majd 2023. évben további 69 lovas szakember (istálló tulajdonos, lovas szakember) vett részt az adatok szolgáltatásában.

Összességében, így 20 galopp tréner által gondozott 486 angol telivér és 13 ügető tréner által gondozott 265 ügető fajtájú ló kényszermozgásainak előfordulása került felmérésre, valamint további 27 ló tartó helyen gondozott 1895 egyéb fajtájú egyedről sikerült adatokat gyűjteni a 2018 és 2020 közötti időszakban. Így mindösszesen 60 ló állomány 2646 egyede került elemzésre, mely a mai hazai nyilvántartott ló állomány 5,29%-át jelenti. A 2023. év során további 1585 egyedről gyűjtöttünk információkat, ami a mai hazai nyilvántartott ló állomány 3,17%-át jelentette. A Magyarországon 2018 és 2020 között és 2023. évben végzett kérdőíves felmérés során összesen 4231 (2646+1585) egyed került elemzésre, mely a mai hazai nyilvántartott ló állomány 8,46%-át jelentette.

A 2018-2020 között készített felmérésünk 29 különböző típusú kényszermozgást mutatott ki a 217 észlelt esetben a 2646 lovat számláló populációban. A kimutatott különböző típusú kényszermozgások közül 8 sztereotípa volt a takarmányozási gyakorlathoz köthető. A többi abnormális viselkedés más, 21 különböző típusú kompulzív magatartástípusokba esik.

A takarmányozással összefüggő kényszermozgások közül a hangadás és a "kaparás" voltak a leggyakrabban előforduló sztereotípiák (24,88%), ezt követte a "szitálás" (7,38%), a fal rúgása (5,99%), az ágaskodás és a karórágás (5,07%), majd legvégül a boxjárás (4,61%).

A 2023. évben megismételt felmérés során az összesen előfordult kényszermozgásból (134) összesen 50 alkalommal kerültek rögzítésre 6 különböző, az etetéshez kapcsolódó sztereotípa, mely 37,31%-át tette ki az összes rögzített kényszermozgásnak. Ezen adatokból a „kaparás” emelkedett ki 36 alkalommal (26,87%), majd a „fogköszörülés” következett (10 eset, 7,46%). A maradék 12 különböző típusú rögzített kényszermozgás az egyéb sztereotípiák kategóriában volt sorolható.

Az angol telivérek populációi 90%-ban az istálló és a karám kombinációjában töltötték az életüket és csak 10%-nak volt lehetősége a legelő adta előnyöket is élvezni. Az ügető fajta állományai 93%-ban szintén az istálló és a karám kombinációjában töltötték az életüket és csak 7%-uknak volt lehetősége a legelő adta előnyöket is élvezni. Az egyéb fajták esetében az állomány 19%-a élt csak legelőn, istálló és karám nélkül, 48%-uk pedig az istálló, legelő és karám kombinációjában élte életét, míg 11%-uknak az istálló és legelő jelentette az életteret. Az egyéb fajták 15%-nak az istálló és karám volt az otthona, míg 7%-nak legelő és karám jutott. Eredményeink rámutattak a legelő alapú állattartás (szabad legelési lehetőség) fontosságára.

A 2023. évben megismételt felmérés megerősítette a legelő alapú állattartás fontosságát a lovak jóllétének javításban istállózó tartási mód mellett, amikor a karámozási időtartam nem elegendő. A mi eredményeink szerint is az angol telivérek a legérzékenyebbek a stresszre, mind az előfordulás száma, mind pedig annak aránya tekintetében (75 eset, 34,56%). A sztereotípiák elfordulása ügető fajtánál 60 (27,65%). A vegyes fajtáknál 35 (16,13%), esetben fordult elő kényszermozgás. Az arab fajtánál 15 (6,91%) esetet találtunk, míg a hucul fajta esetében a kompulzív mozgások 11 (5,07%) alkalommal fordultak elő. A gidrán és a magyar félvérek esetében 6 (2,76%) eset került rögzítésre. A furioso-north star esetében 5 (2,30%) alkalommal, míg a lipicai fajtánál 4-szer (1,84%) tapasztaltunk kóros viselkedési sztereotípiákat.

Eredményeink elemzése során két értékelési módot is létrehoztunk. A kényszeres mozgásformák előfordulási gyakoriságát a vizsgált populációk számára vonatkoztatva a populáció stressz iránti érzékenységének (populáció stressz-érzékenységi index = PSÉI) leírásához juthattunk közelebb populáció szinten.

A kényszermozgás-formák fajtánkénti előfordulási gyakoriságát az adott fajta populációjának teljes egyedszámra vonatkoztattuk (fajta stressz-érzékenységi index = FSÉI) a fajta stressz iránti érzékenységének leírásához juthatunk közel fajta szinten. A két – és háromdimenziós technológia már jelen van a lótenyésztésben, de egyelőre nem a lovak 7 stressz-állapotának diagnosztizálására használják. Mind a kétdimenziós (2D) és háromdimenziós (3D) technológia potenciálisan alkalmas lehet a további fejlesztésekkel a stressz-állapotának folyamatos megfigyelésére és az adatok elemzésére. A 2D technológia műszakilag egyszerűbb, beszerzése, karbantartása és alkatrészeinek a cseréje is olcsóbb, mint a 3D technológiára épülő

rendszerek. A jelenleg használt 2D technológia azonban szerényebb eredményt tud nyújtani, mint a 3D technológiával működő megoldások.

A lovak körében előforduló kompulzív viselkedésminták előfordulási arányának csökkentése elérhető lenne a lovak tartási környezetének a fejlesztésével, valamint a legeltetéses ló tartás újbóli kiterjedtebb bevezetésével. A karámozás szélesebb körű alkalmazása (csoportos tartás; folyamatos és kisadagokban való etetés szétszórta; jelentősen hosszú karámozási időszak naponta...) átgondoltabb tenyésztési célok és ehhez igazodó kiválasztás sikeresen küszöbölheti ki a sztereotípiákra fogékony egyedeket a tenyésztésre szánt populációból.

Summary

The scientific efforts discovered the significance and the role of the hypothalamus–pituitary–adrenal gland axle in stress.

Horses actively involved in sports (show jumping, dressage, and three-day events) it is established that the level of cortisol in saliva and blood as well as the analysis of change in heart rate variability (HRV) can be important information for determining the stress condition of the horse and the rider. A significant relationship has been established between the level of cortisol in the saliva of a horse and the result and the level of cortisol in the saliva of a rider and the result. It is not only the physiological parameters of horses that change parallel to the stress situation, but the behavior of the horse also responds to the stress. It is useful to be aware of the complete portfolio of stereotyped behavior patterns of horses both for everyday life, veterinary practice, and animal welfare.

We developed and carried out an email questionnaire from 2018 to 2020 and in the year 2023 that was voluntarily completed and returned by equestrian experts. Data was collected by a questionnaire from 60 participants (stables, owners, equine experts) between 2018 and 2020 and an additional 69 participants (stables owners, equine experts) in 2023.

Finally, we covered 486 Thoroughbreds managed by 20 gallop trainers, 265 Trotting horses managed by 13 trotting trainers, and 1895 individuals of other breeds, totaling 2646 equine individuals which is 5.29% of the total equine population in Hungary from 2018 to 2020. In the year 2023 additional 1585 horses were found in the questionnaire of 69 equestrian experts meaning 3.17% of the equine population falls in the category of miscellaneous breed. Together the questionnaire surveyed 4231 (2646+1585) equines that amount is 8.46% of the total population of Hungary.

The survey delivered a total of 29 different types of compulsive behaviors with a total of 217 cases of stereotypies observed between 2018-2020 covering 2646 equines. Of the 29 different types, 8 stereotypies are attached to feeding management. The rest falls in the category of other compulsive behaviors and defective activities with 21 different types of compulsive behaviors.

Stereotypies of intonation and “pawing” are leading the list prevalence with 24.88% from feeding- attached behavioral disorders, followed by weaving (7.38%), wall-kicking (5.99%), prancing and crib-biting (5.07%) and stall-walking (4.61%) from the other group.

The repeated survey identified a total of 134 cases of stereotypies observed with 50 cases in 6 different stereotypies attached to feeding management covering

(37.31%) of the total cases in the year 2023. These data show that pawing is the most dominant stereotypy with 36 cases (26.87%) and tooth-whetting with 10 cases (7.46%). The rest falls in the category of other compulsive behaviors and defective activities with 12 different types of compulsive behaviors.

Based on our survey data, 90% of Thoroughbreds spent their time in the combination of a stable and corral, and only 10% of them had access to pasture.

For the Trotting population, 93% of trotting horses lived in a combination of a stable and corral, and only 7% of them had access to a pasture.

For other breeds, just 19% of them lived exclusively in a pasture without a stable or corral, 48% spent their life in a combination of a stable, pasture, and corral, 11% shuttled between a stable and pasture, 15 % were housed in a stable and corral and 7% commuted between a pasture and corral. The results of our survey emphasized the importance of pasture-based husbandry (free grazing). The results of the repeated survey in the year 2023 reinforced the importance of pasture-based husbandry (free grazing).

Based on our survey data, Thoroughbreds exhibited the highest prevalence of compulsive behaviors with 75 cases and 34.56%, followed by the Trotting breed with 60 cases and 27.65%. Miscellaneous breeds with 35 cases and 16.13%. Arabian breeds represent 15 cases with a prevalence of 6.91%. There are 11 Hucul cases with a prevalence of 5.07%, as well as Gidrán and Hungarian warmblood breeds both have 6 cases with a prevalence of 2.76%. The Furioso-North Star breed has 5 cases with a prevalence of 2.30% and the Lipizzaner exhibited 4 cases with a prevalence of 1.84%.

Based on our practical experiences, we developed two ratios. The ratio of Stress-Sensitivity of the Population (SSP) can be obtained by comparing the prevalence of compulsive behaviors of a given population to the number of populations of the same herd.

The Stress-Sensitivity of the Breed (SSB) is calculated by comparing the prevalence of compulsive behaviors of a given breed to the total number of horses of the same breed.

The technology of 2D and 3D has already taken place in the equine industry, however, these technologies are not used for obtaining a diagnosis of the stress-status of the horse. Both technology of 2D and 3D potentially acquired the capability – with further innovation – to continuously collect and analyze data derived from monitoring the stress status of the horse. The 2D technology is simpler to operate, and cheaper to purchase, maintain, and replace spare parts than the solutions based on 3D technologies. However, the 2D technology currently in use provides moderate quality results, compared to 3D technologies.

The most common stereotypes are attached to the equine management system. The housing technology is responsible for different types of stereotypes. By introducing pasture, the occurrence of stereotypies can be significantly decreased. Better and wider application of corrals (more time with herd mates daily, continuous feeding in small portions, etc.) can bring relief to equids under the pressure of stereotypes. In light of the results, the components of due professional care for 10 equids can be redefined.

<https://wamdi.sze.hu/images/2024/K%C3%A1d%C3%A1r%20R%C3%B3bert%20disszert%C3%A1ci%C3%B3.pdf>

A mechanikai hatás vizsgálata a keltethetőségre

Investigation of mechanical impact on hatchability

TORMA Tímea Ágnes

Széchenyi István Egyetem
(*Széchenyi István University*)

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

(*Wittmann Antal Crop-, Animal- and Food Sciences Multidisciplinary Doctoral
School*)

Mosonmagyaróvár, 2024.

Témavezető (supervisor): KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin CSc

ÖSSZEFOGLALÁS

A szülőpártartás eredményességét a beolazott tojótyúkra vetített keltetőtojás és naposcsibe kibocsátás határozza meg. Ennek ellenére a tojásszállítás és tojáskezelés technológiai lépései szinte ellenőrizetlenül folynak, míg a mechanikai hatások nem csak tojástörést, hanem keléscsökkenést is okozhatnak. A széles körben elérhető mechanikai hatást mérő eszközökhöz nem tartozik ajánlás, hogy milyen érték fölött okoz veszteséget a behatás mértéke.

A dolgozat az üzemi és kísérleti körülmények között végrehajtott méréseket, számításokat és a mechanikai hatás különböző kártételét mutatja be.

Az adatokból számított RMS (négyzetes középérték) és RSS (négyzetgyökösszeg) a különböző technológiai lépéseket és a beállított kísérletek alatt mért hatásokat is összehasonlíthatóvá teszi.

A kísérletek során megerősítést nyert, hogy a kutatásban használt vibrációs modellező eszköz alkalmas a szállítási és tojáskezelési körülmények szimulálására. Alkalmazásával a mechanikai hatások kontrolláltak és ismételhetők voltak.

A keléscsökkenést főként a keltetés korai szakaszában elhalt embriók arányának emelkedése okozta. Ez az arány a mechanikai hatás mértékével nőtt, szoros, szignifikáns kapcsolatot mutatott ($r = 0,72$).

A különböző tojástálcák összehasonlítása során a legkíméletesebb csomagolóanyag (papírtálcán) végrehajtott 5 perces vibráció is megemelte a korai elhalt embriók arányát ($p < 0,05$). Ezért megállapításra került, hogy a mechanikai hatás mértékének nagyobb a jelentősége, mint a tojástálca anyagának vagy a behatás időtartamának. Ugyanakkor a műanyag tálcán végzett kezelés szignifikánsan rontotta a tojások keltethetőségét, a papírtálcához viszonyítva, amikor ugyanolyan szintű vibrációs kezelésben részesültek. 5 perc kezelés 20 Hz-en, műanyag tálcán szignifikánsan emelte a törött tojások arányát és az épen maradt tojások keltethetőségét. Ebben a kísérletben is a korai elhalt embriók aránya nőtt, mint az üzemi megfigyelésben és a korábbi kísérletekben.

Mivel a tárolás alatti előzetes keltetés (SPIDES) bizonyítottan csökkenti a korai elhalt embriók arányát, a következő kísérletsorozatban ez is a vizsgálat tárgyát képezte.

Az eredmények azt mutatták, hogy a SPIDES ellensúlyozhatja a mechanikai hatás negatív következményét, amennyiben a mechanikai hatást követően végezzük a SPIDES kezelést, majd a keltetés beindításával legalább 24 órát várunk. Várakozási idő nélkül a Vibráció x SPIDES interakció a keltetés középső szakaszában az elhalt embriók és a torzképződmények tekintetében szignifikánsan ($p < 0,05$) negatív hatású. A torzképződmények nem a keléscsökkenés fő oka, de megjelenésük jelzés értékű. Több kísérletben szignifikánsabb magasabb arányt mutattak a torzképződmények, amikor a vibráció és a keltetés beindítása között kevesebb, mint 24 óra telt el.

A vizsgálatok során az is bizonyítást nyert, hogy különböző genetikai háttérrel rendelkező húshibrid szülőpár vonalak szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérő érzékenységgel reagálnak a mechanikai hatásra (rázkódás), és szoros interakciót mutatnak mind a mechanikai, mind a SPIDES kezeléssel.

A dolgozatban szereplő előzetes mérések támpontot nyújthatnak a közúti szállítások és mechanikai behatással járó technológiai lépések sarkalatos pontjaira és információt ad a gyakorlati szakembereknek, hogy az általuk mért üzemi eredmények mellett milyen szintű veszteségre számíthatnak. A jelen munkában megállapításra került, hogy $10,85 \text{ m/s}^2$ számított RSS értékű mechanikai hatás szignifikánsan emelte a törött és hajszálrepedt tojások arányát, míg $13,58 \text{ m/s}^2$ RSS értékű mechanikai hatás szignifikáns negatív hatással van a termékeny tojásra vetített keltethetőségre. Ezek az eredmények fiatal, eltérő genetikai háttérű állományok tojásaira gyakorolt hatásra vonatkoznak.

A leírt mérőeszközök alkalmazására vonatkozó módszerek és vizuális technikák – mint a pókhálós tojáshéj töréskép nyomon követése – már létező monitoring rendszerekbe is beépíthetők.

Summary

The profitability of broiler breeder farming is measured by the number of hatching eggs and day-old chicks produced. However, the technological processes of egg transport and egg handling are largely unmonitored, leading to mechanical impacts that can cause egg breakage and reduced hatchability. Currently, widely available devices for measuring mechanical impact lack recommendations for thresholds at which damage occurs.

This thesis presents measurements, calculations, and the various damages caused by mechanical impacts in both field and experimental conditions. RMS (root mean square) and RSS (root sum of squares) values derived from the data enable comparisons of different technological steps and the effects observed during experiments.

Experiments confirmed that the vibration modeling equipment used is effective for simulating transport and egg handling conditions, allowing for controlled and repeatable mechanical impacts. The decrease in hatchability was primarily due to an increase in the proportion of embryos died early phase of incubation, which correlated strongly with the degree of mechanical impact/vibration ($r = 0.72$).

Comparing different egg trays, even the gentlest packaging material (paper tray) subjected to a 5-minute vibration increased the proportion of early dead embryos ($p < 0.05$). This finding underscores that the degree of mechanical impact is more critical than the material of the egg tray or the duration of the impact.

However, plastic trays significantly worsened hatchability compared to paper trays under identical vibration conditions. Five minutes of vibration 161 at 20 Hz on plastic trays notably increased egg breakage and reduced hatchability of intact eggs, also by raising the proportion of early dead embryos.

SPIDES (short periods of incubation during storage) method, proven to reduce early dead embryo rates, and subsequent experiments investigated its mitigating effects on mechanical impact. Results indicated that SPIDES could counteract mechanical damage if applied post-impact, with a 24-hour wait before launching the incubation. Without this waiting period, the combined effects of vibration and SPIDES were significantly negative ($p < 0.05$) for mid-stage embryo mortality and deformities. Deformities were not the primary cause of reduced hatchability but served as an indicator. Malformed embryos were more prevalent when less than 24 hours elapsed between vibration and starting the incubation.

Tests also showed that different broiler breeder parent lines with varying genetic backgrounds responded significantly differently ($p < 0.05$) to mechanical impact/vibration and showed significant interactions with both mechanical and SPIDES treatments ($p < 0.05$). Preliminary measurements in the thesis provide insights into the critical points of road transport and technological steps involving mechanical impacts, informing practitioners about expected losses beyond operational results.

The study found that an RSS value of 10.85 m/s² significantly increased egg breakage, while an RSS of 13.58 m/s² had a severe negative effect on hatchability in young flocks with different genetic backgrounds. The methods and visual techniques described, such as tracking the refraction image (“spider web”) of an eggshell, can be integrated into existing monitoring systems.

https://wamdi.sze.hu/images/2024/Torma%20Timea%20Agnes_disszertacio.pdf



- › 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), HULLÁR István (Budapest),	NAGY Szabolcs (Keszthely), POLGÁR J. Péter (Keszthely),
MANABE, Noboru (Osaka, Japán),	HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),	POSTA János (Debrecen),
ANTON István (Budapest),	KOMLÓSI István (Debrecen),	RÁTKY József (Budapest),
DUBLECZ Károly (Keszthely),	KOVÁCSNÉ Gaál Katalin (Mosonmagyaróvár),	SZABÓ Ferenc (Mosonmagyaróvár),
FÉBEL Hedvig (Budapest),	KUSZA Szilvia (Debrecen),	URBÁNYI Béla (Mosonmagyaróvár)

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: Zemplén-Vektor Nyomda