

# ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2016. 65. 3.

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Az éheztetés hatása a halak élettani folyamataira

› Lovak örökletes betegségeinek molekuláris genetikai diagnózisa

› Ásványi anyag ellátottság értékelése szőranalízissel

› Növendék sertések rostellátottsága

## TARTALOM - CONTENTS

<i>Nagy Katalin – Fébel Hedvig – Tóth Tamás: A rostellátás jelentősége a növendék sertések takarmányozásában. Irodalmi összefoglaló (Importance of fiber supply in gower pigs. A review).....</i>	1
<i>Varju Milán – Mézes Miklós: Éhezés hatására bekövetkező élettani folyamatok halakban. Irodalmi áttekintés (Starvation induced physiological changes in fishes. A review).....</i>	23
<i>Bene Szabolcs – Deák Szilvia: Furioso-north star ménék és kancák testméretei különböző életkorban (Body measurements of Furioso-North Star stallions and mares in different ages) .....</i>	40
<i>Bene Szabolcs – Vigh Zoltán – Húth Balázs – Füller Imre – Wagenhoffer Zsombor – Polgár J. Péter: Magyar tarka hízóbikák hizlalási és vágási eredménye ivadék-teljesítmény-vizsgálat alapján. 2. közlemény. Populációgenetikai paraméterek, tenyészetérékek, trendek (Fattening and slaughter results of Hungarian simmental bulls based on progeny test. 2nd paper. Populatiom genetic parameters, breeding values and trends).....</i>	55
<i>Sziszkosz Nikolett – Jávor András – Kusza Szilvia: Development of horse molecular genetics and diagnostics of most important monogenic hereditary diaseases (A ló molekuláris genetika fejlődése és a jelentősebb egygénes betegségek diagnosztikája) .....</i>	71
<i>Szigeti Erika – Komlósi István – Kátai János – Szabó Csaba: Az ásványi anyag ellátottság értékelési lehetőségei szőr analízis alapján. Irodalmi áttekintés (Evaluation of mineral status on the basis of hair mineral analyses. A review).....</i>	82

**Címlap fotó (Frontpage photo),**

Major, Dés, Gábor Árpád, 1896

(A Magyar Mezőgazdasági Múzeum gyűjteményéből)

Visit to the farm, Dés, Árpád Gábor, 1896

(Collection of the Hungarian Agricultural Museum, Budapest)

## **A ROSTELLÁTÁS JELENTŐSÉGE A NÖVENDÉK SERTÉSEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN (Irodalmi összefoglaló)**

NAGY KATALIN – FÉBEL HEDVIG – TÓTH TAMÁS

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A nyersrost "elkerülhetetlen" szervesanyag-komponens a sertéstakarmányozásban, mivel a legtöbb takarmány-alapanyag tartalmaz rostszerű anyagokat, különösen a melléktermékek. A különböző rostforrások használata mellett számos negatív és pozitív tényező sorakozik fel, azonban az egészséges bélflóra takarmányozás útján történő kialakítását és fenntartását szolgáló új kihívásként megjelenő igény egyre inkább előtérbe kerül. A rostban gazdag alapanyagok fermentálható szénhidrát tartalmuk miatt potenciális energia- és fehérjeforrások lehetnek, így befolyásolhatják az állatok termelését, takarmányfelvételét és szerepük lehet az egészséges bélflóra kialakításában, azonban a pozitív hatás elérésének érdekében fontos a rostforrás kémiai és fizikai tulajdonságainak ismerete, és ennek megfelelően az ideális arány megválasztása a receptúrában. Ezen irodalmi összefoglaló célja, hogy a rostellátás pozitív és negatív hatásainak tényszerű ismertetésével és a rostforrással valamint az állattal összefüggő tényezők bemutatásával alátámassza az okszerű rosthaználót a növendéksertések takarmányozásában.

### **SUMMARY**

*Nagy, K. – Fébel, H. – Tóth, T.: IMPORTANCE OF FIBER SUPPLY IN GROWER PIGS. A REVIEW*

The crude fiber is "inevitable" organic material component in pig nutrition, because most of the components include fibrous materials, especially the by-products. In addition to the use of different fiber sources a number of negative and positive factors exist, but the need of the development and sustainability of healthy intestinal flora through nutrition appears as a new challenge. The fiber rich feed sources are potential energy and protein sources due to their fermentable carbohydrate content, as a result of these, they effect the production, the feed intake and the development of the healthy intestinal flora, however to achieve a positive effect of these fiber sources is important the know the chemical and physical properties and to find the ideal ratio of fiber source in the feed formulation. The aim of this review is to confirm the reasonable use of fiber sources in the nutrition of the grower pigs, through the real positive and negative effect of the use of fiber sources, and to show the factors related to fiber sources and the animals.

## BEVEZETÉS

Valamennyi takarmányalapanyag tartalmaz különböző eredetű és mennyiségű rostforrást, ennek megfelelően a sertések takarmányozásában használt alapanyagokban is jelen van a rost. A monogasztrikus állatok esetében, az emésztőrendszer számos élettani folyamatára hatással van, így a perisztaltikára, a különböző táplálóanyagok emésztésére és felszívódására. A takarmány nagyobb rosttartalma csökkenti a táplálóanyagok látszólagos és valódi ileális emészthetőségét, hatással van az emésztőrendszer egészségi állapotára, a vastagbélben zajló bakteriális fermentációra, az állatok viselkedésére és teljesítményére. A különböző rostforrások kémiaiailag rendkívül heterogén anyagok, ennél fogva hatásuk is számos esetben ellentmondásos. A rostos összetevők fizikai-kémiai tulajdonságai határozzák meg a különböző rostforrások hatékony felhasználását, illetve táplálóanyag-tartalmát és energiaértékét a monogasztrikus gazdasági állatok takarmányozásában. A rostban gazdag alapanyagok sertések takarmányába történő beillesztése a takarmányok energiaértékét csökkenti, mivel ezen anyagok használata a táplálóanyagok emészthetőségét negatívan befolyásolja. A különböző rostforrások ugyanakkor az emésztőrendszer megfelelő élettani funkcióinak fenntartásában fontos szerepet töltenek be, pl. a nyersrost fontos szubsztrátot jelent a bélbaktériumok számára. A rostos alapanyag használata ennek megfelelően alkalmas az egészséges bélfóra kialakítására és fenntartására, ami egyre nagyobb igényként jelentkezik a jövőben állategészségügyi és gazdasági szempontból egyaránt. A rostban gazdag alapanyagok sertéstakarmányozásban történő használatát további tényezők is indokolják, beszerzési árak alacsonyabb a többi alapanyagéhoz képest, illetve nagy mennyiségben állnak rendelkezésre. A nagyobb rosttartalmú melléktermékek szélesebb körű felhasználását még indokoltabbá teszi az a tény, hogy a gabonaféleségek iránti kereslet a humánfogyasztás és a bioüzemanyaggyártás miatt is egyre inkább növekszik.

Ezen irodalmi feldolgozás elsődleges célja, hogy ismertesse a rost szerepének fontosságát és tudatos használatának indokoltságát a különböző rostforrások kémiai jellemzőinek bemutatása és a sertéssel összefüggő tulajdonságok által a növendék sertések takarmányozásában. Továbbá bemutassa a különböző rostforrások takarmányozás útján történő felhasználásának pozitív és negatív hatásait és felhívja a figyelmet a helyesen megválasztott rostforrások előnyös tulajdonságainak érvényesülésére, amely befolyásolja az egyed termelését és egészségi állapotát.

## A ROST FOGALMA, ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE ÉS CSOPORTOSÍTÁSA

A rost fogalmának meghatározása történhet élettani, kémiai vagy botanikai szempontból egyaránt. Kémiai megközelítés szerint a nyersrost takarmányvizsgálati, módszertani fogalma: híg savban és lúgban való főzés után visszamaradó anyagok összessége. Pontosabb megfogalmazás szerint a növény híg (1,25 %) kénsavoldatban, majd híg (1,25 %) kálium-hidroxid-oldatban való roncsolása után visszamaradó szervesanyag-tartalma (Kakuk és Schmidt, 1988). A rost

meghatározás során alkalmazott módszer és a használt közeg jellege kiemelten fontos a pontos összetétel megállapítása érdekében (*Van Soest és Wine, 1967*). A *Van Soest-féle* vizsgálati módszer precízebb információt szolgáltat a sejtfal egyes alkotóiról. Ez alapján meghatározható a neutrális detergens rost (NDF), a savdetergens rost (ADF), a savdetergens lignin (ADL). A nem-specifikus meghatározási lehetőségekből adódóan, az előbbieken felsorolt rostfrakciók további számos komponenst tartalmazhatnak, melyek közül kiemelten fontos a nem keményítő-szerű poliszacharidok csoportja (NSP) (1. ábra).

Élettani szempontból felértékelődött a nyersrost meghatározásának jelentősége az emésztés folyamatában betöltött szerepe miatt (*Englyst és mtsai, 2007*). A különböző rostforrások élettani hatását és emészthetőségi tulajdonságait nehéz meghatározni csupán monomer összetételükből kiindulva, pontosabb értékelésükhöz szükséges oldhatóságuk, viszkozitásuk, fizikai szerkezetük és vízmegtartó képességük analízise is (*Asp, 1996*). A rostos összetevők fizikai-kémiai tulajdonságai meghatározzák a komponensek felhasználását, azok, táplálóanyag-tartalmát és energiaértékét. A nyersrost az együregű gyomrú állatok esetében általánosan olyan oligoszacharidok és szénhidrát polimerek csoportjaként definiálható, melyek nem emészthetők endogén enzimek által a vékonybélben. Más megfogalmazás szerint a rost strukturális és nem-strukturális poliszacharidok és lignin olyan heterogén keveréke, melyek nem emésztdnek az endogén szekréció eredményeként (*Soufrant, 2001*). E tekintetben még tovább pontosítva a fogalmat a nem-keményítőszerű poliszacharidok (NSP) tartoznak a szénhidrátok azon csoportjába, melyeket rostnak neveznek. Ezek olyan szénhidrátok, melyek nem, vagy csekély mértékben emésztdnek enzimek által a vékonybélben, de teljesen vagy részben fermentálódnak a bélben élő mikrobák által és a fermentáció eredményeként illó zsírsavak (volatile fatty acid, VFA) keletkeznek (*NRC, 2012*). Az NSP-t oldhatóságuk alapján oldható és oldhatatlan frakciókra oszthatjuk (*Asp, 1996*). Az oldhatóság nemcsak az alapszerkezet, hanem a különböző növényi sejtfalalkotók közötti kötések függvénye is (*Smits és Annison, 1996*). A különböző összetevők pontosabb elkülönítése érdekében a növényi eredetű szénhidrátokat sejtfal- és nem sejtfalalkotók csoportjába soroljuk, ezzel egyértelműen elhatárolhatóak a különböző rostalkotók (1. ábra).

A sejtfalat alkotó poliszacharidok közül a leggyakrabban előforduló szénhidrát a cellulóz és a hemicellulóz. A pektin, a  $\beta$ -glukánok keveréke, a hemicellulózokhoz sorolható arabinoxilánok, xiloglukánok, arabinogalaktánok, galaktánok is jelentősek a sejtfalalkotók között (*Bach Knudsen, 2001*). A rost hatásának jobb megértéséhez szükséges az összetevők (hemicellulóz, cellulóz, lignin) részletesebb elemzése (*Dégen és mtsai, 2007*). Ez azért ajánlott, mert a különböző frakciók eltérő hatást gyakorolnak a fermentációra (*Bach Knudsen és mtsai, 1993; Guillon és mtsai, 2007*), a vízmegkötő képességre (*Johansen és mtsai, 1996*) vagy a passzázsra (*Le Goff és mtsai, 2002; Wilfart és mtsai, 2007*).

A cellulóz egyenes, nem elágazó lánc, melyben a glükóz egységek  $\beta$ -(1-4)-glikozidos kötéssel kapcsolódnak össze mikrofibrillumok szoros kapcsolatát létrehozva, melyek a sejtfal és sejtalkotók strukturális integritását biztosítják (*Cummings és mtsai, 1997; Englyst és mtsai, 2007*). Ezeket a kötéseket a szomatikus enzimek nem bontják, de – ahogy korábban már említésre került – a sertés vékony- és vastagbélében élő mikrobák fermentálhatják (*NRC, 2012*). Így a cellu-

1. ábra A növényi szénhidrátok csoportosítása különböző analitikai módszerekre alapozva (NRC, 2012)

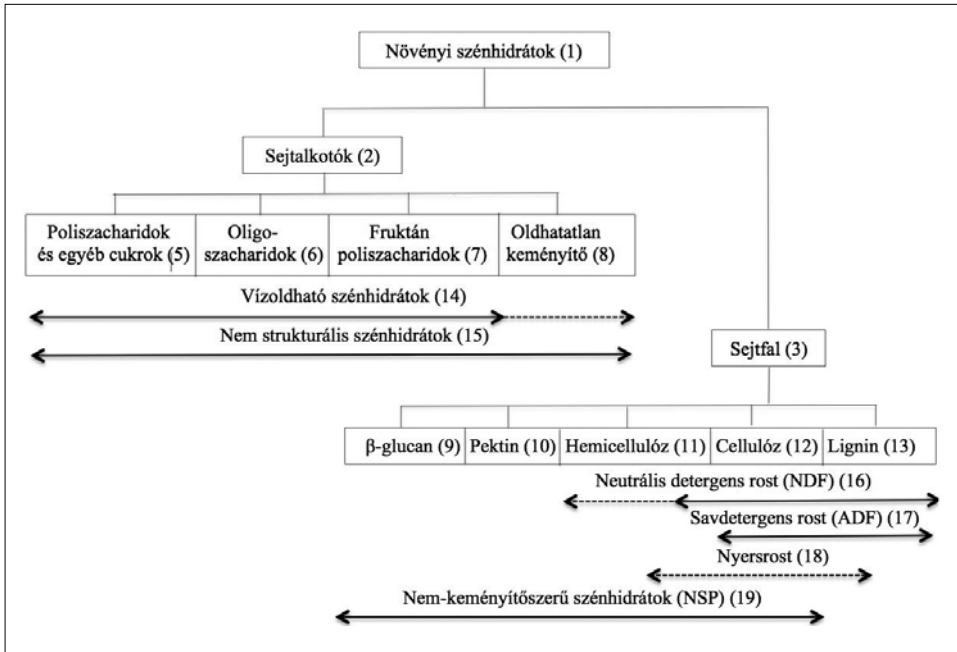


Figure 1. Categories of dietary carbohydrates based on current analytical methods (NRC, 2012)

plant carbohydrate (1); cell contents (2); cell wall (3); starch (4); disaccharides and other sugars (5); oligosaccharides—including other fructo-oligosaccharides (6); fructan, polysaccharides (7); resistant starch (8);  $\beta$ -glucan (9); pectin (10); hemicellulose (11); cellulose (12); lignin/phenolics (13); water-soluble carbohydrates (14); nonstructural carbohydrates (15); neutral detergent fiber (16); acid detergent fiber (17); crude fiber (18); nonstarch polysaccharides (19)

lóz olyan növényi eredetű strukturális poliszacharid, mely korlátozott mértékben fermentálható szubsztrát a sertés emésztőrendszerében.

A hemicellulóz különböző hexóz és pentóz egységekből felépülő elágazó láncú szénhidrát (Cumplings és mtsai, 1997). A leggyakoribb hemicellulóz az egynyári növényekben, gabonamagvakban előforduló xilán, amely a xilóz egységekből felépülő lineáris vagy elágazó molekula (BeMiller, 2007). A hemicellulózt nem bontják az endogén enzimek, de a sertés emésztőrendszerében élő baktériumok kismértékben képesek hasznosítani.

A pektin kémiailag mintegy 1000 galakturonsavból kondenzált polimer, amelyben a galakturonsav monomerek 75%-a metanollal észterezett (Kakuk és Schmidt, 1988). A pektin nagy vízmegkötő képességgel, viszkozitással és pufferkapacitással jellemezhető, fermentációja a vastagbélben történik. A pektin lebomlásának elsődleges terméke az ecetsav a monogasztrikus állatok esetében (Drochner és mtsai, 2004).

A lignin (fenol-propán származékokból kondenzálódott polimer) nem szénhidrát, de a növényi sejtfalalkotókhöz tartozik, így vizsgálata elengedhetetlen része a rost meghatározásnak (Lunn és Buttriss, 2007). A növény érésének előrehaladtával, a lignin beépül a növényi sejtfal poliszacharid mátrixába, és háromdimenziós

struktúrát alkot annak alkotóival (*Southgate*, 2001). Ismert, hogy a lignin nem emészthető a gazdasági állatok számára, ráadásul bakteriális úton sem értékesül az emésztőrendszerben, ami egyben a nagy lignintartalmú takarmányok gyenge emészthetőségét idézi elő (*Southgate*, 2001; *Wenk*, 2001).

## A KÜLÖNBÖZŐ ROSTFORRÁSOK FERMENTÁCIÓJA

A különböző rostforrások fermentációja monogasztrikus állatokban főleg a vastagbélben zajlik. A rostfrakciók kisebb része a csípőbél előtti bélszakaszban fermentálódik (*Graham és mtsai*, 1986; *Jørgensen és mtsai*, 1996), nagyobb hányada azonban a vakbélben és a remesebélben. A rost lebontása a vastagbélben található mikrobapopulációk enzimtermelésének (celluláz, hemicelluláz, pektináz) az aktivitásától függ. A bélben élő mikrobapopuláció fermentációs tevékenységének eredményeként illózsírsavak (propionsav, ecetsav, vajsav) keletkezik (*Robertroid*, 1993; *Noblet és Le Goff*, 2001). A fermentáció hatása-foka függ a rostforrás minőségétől, annak összetételétől, a jelenlévő nitrogén mennyiségétől, illetve a rendelkezésre álló ásványi anyagoktól és vitaminoktól. A nem-keményítőszerű poliszacharidok (NSP), és az emészthetetlen oligoszacharidok az oldhatatlan rostfrakciók csoportjába sorolhatók, melyekről ismert, hogy nem emészthetnek enzimek által a béltraktusban és szubsztrátot jelentenek ezáltal a bélbaktériumok számára (*Cummings és Stephen*, 2007).

*Pirman és mtsai* (2007) kutatásukban megfigyelték, hogy a takarmány nyersrosttartalmának növelésével, a béltraktus egyes szakaszaiban a mikrobiális fehérjeszintézis szignifikánsan nőtt.

*Jørgensen* (2007) kutatási eredménye szerint az illózsírsav szintézis termékeinek kevesebb, mint 1% ürül a bélsárral. Az illó zsírsavak közül a propionsav a májban a glikogén fontos szubsztrátja. Az ecetsav nehezen szívódik fel, így csak részben járul hozzá a májban zajló lipogenezishez. A vajsav nem jut be a vérkeringésbe, azonban közvetlenül hatással van a vastagbélben található baktériumtörzsek szaporodására (*Rémésy és mtsai*, 1995). Szabályozza továbbá az epithel sejtek növekedését, serkenti a differenciálódásukat, fokozza a vékonybélben a sejtek apoptózisát (programozott sejthalál, PCD). Növendék sertések esetében a bélhámsejtek burjánzását tapasztalták vajsav jelenlétében (*Kien*, 2007). Mindez azt eredményezi, hogy a béltraktus emésztési és abszorpciós kapacitása nő a sertésnél a vajsav jelenléte esetén (*Claus és mtsai*, 2007).

A vékonybélben a rost bontása a különböző frakciók (hemicellulóz, cellulóz, lignin) arányától függ (*Graham és mtsai*, 1986). Az NSP-ben gazdag béltartalom növeli a vízretenciót, továbbá szubsztrátot képez a bélrendszer azon szakaszában, ahol a rostban gazdag táplálóanyagok lassú fermentációja történik a bélbaktériumok által (*Freire és mtsai*, 2000). A bélrendszer mikrobapopuláció összetétele attól függ, hogy milyen típusú emészthetetlen tápanyagok jutnak el a vastagbélbe, a fermentáció hatékonysága pedig a mikrobapopuláció összetételétől. *Molist és mtsai* (2009) az illózsírsavak koncentrációjának szignifikáns növekedését tapasztalták a vastagbélben, búzakorpa kiegészítés esetén a választást követő 10. és 15. nap közötti időszakban (rostforrás nélküli kontroll VFA: 96  $\mu\text{mol/g}$  szárazanyag vs. 80 g/kg búzakorpát tartalmazó kísérleti takarmány VFA: 252  $\mu\text{mol/szárazanyag}$ ). Az előbb említett szerzők szerint a fermentációhoz szükséges optimális mikro-

bapopuláció kialakulásának érdekében javasolt a választott sertések takarmányában a gyengén vagy nehezen fermentálható rostforrások beillesztése, hogy a mikrobák elszaporodásához elegendő szubsztrát álljon rendelkezésre. Abban az esetben, ha a sertések emésztőrendszere alkalmazkodott a takarmányadagban szereplő rostforráshoz, a jótékony hatású mikrobák szaporodása megindul, így az illózsírsavak képződése is fokozódik.

A rostban gazdag alapanyagok használata a takarmányban hatással van az egyed energiaellátására. Energetikai szempontból veszteséget jelentenek a különböző rostforrások fermentációja során keletkező gázok ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  és  $\text{CO}_2$ ), valamint az hogy az emészthetetlen, erjedésre alkalmatlan rostalkotók a bélsárral ürülnek (Noblet és mtsai, 2001). A fermentációs termékekből ugyanakkor energia is képződik, ami nem elhanyagolható mennyiség, a metabolizálható energia 15%-át teszi ki növendék sertések esetében, míg ez az érték kocáknál jelentősebb, megközelítőleg 30% (Varel és Yen, 1997). Az energiaellátáshoz történő ilyen arányú hozzájárulás a vastagbélben található baktériumok anyagcseréjével és az illózsírsavak szintézisével magyarázható. Angiuta és mtsai (2006) kutatásukban arról számolnak be, hogy a mikrobiális lebontás következtében képződött illózsírsavak felszívódó hányada a metabolizálható energia 7-17%-át teheti ki a rostforrás fermentálható szénhidrát tartalmától függően, ezzel többlet hozzáférhető energiát szolgáltatva az egyed számára.

A rost fermentációja fokozza a bélben élő baktériumok szaporodását, ennek következtében nagyobb a bélsárral ürülő fehérje mennyisége és így kisebb a nyersfehérje látszólagos emészthetőség értéke. Szójahéj, illetve szárított répaszelet etetésekor a fehérje látszólagos emészthetősége csökkent szójahéj esetén 85%-ról 80%-ra, répaszelet alkalmazásakor pedig 74%-ra (85% vs. 74%) (Zervas és mtsai, 2002). Huisman és mtsai (1985) eltérő rostforrás hatását vizsgálták a nyersfehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére malacokban. Eredményeik szerint az 50 g/kg mennyiségben etetett pektin illetve cellulóz nem befolyásolta a nyersfehérje ileális emészthetőségét. Ezzel szemben 50 g/kg szalma szignifikánsan csökkentette a fehérje ileális emészthetőségét. A fehérje emészthetőségének csökkenése rostban gazdag alapanyag etetése esetén függ a rost arányától a receptúrában és vízmegkötő képességétől (Wenk, 2001). A rost fehérjeemészthetőségre gyakorolt hatását még a rost fizikai és kémiai tulajdonságai is befolyásolják. A nagy rosttartalmú takarmányokról ismert, hogy növelik az endogén nitrogén veszteséget (Leterme és mtsai, 1996; Soufrant, 2001) és fokozzák a bél epitéliumának megújulását (Varel és mtsai, 1997), ezáltal hozzájárulnak a fehérjeemészthetőség csökkenéséhez.

## **A NAGY ROSTTARTALMÚ TAKARMÁNY ALAPANYAGOK ILLETVE MELLÉKTERMÉKEK FELHASZNÁLHATÓSÁGA A NÖVENDÉK SERTÉSEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

Fiatal egyedeknél, így malacok esetében is, az enzimekhiányos volt miatt a táplálóanyagok emészthetősége korlátozott. A nem megemésztett takarmány a vastagbélben élő patogén baktériumok számára kiváló táptalajul szolgál, majd a keletkező bomlástermékek felszívódnak és károsítják az állatok anyagforgalmát, májelfajulást idézhetnek elő (Lallès és mtsai, 2007). A malacok takarmányában



a nyersrost-tartalmat bizonyos szint (3%) fölé nem célszerű emelni, ugyanis a nagyobb nyersrostkoncentráció csökkenti a táplálóanyagok emészthetőségét.

Az idősebb egyedek fejlettebb és hosszabb emésztőtraktussal rendelkeznek, relatív kisebb a takarmányfelvétel (kg/testtömeg kg), lassúbb a béltartalom továbbhaladása, valamint a vastagbélben nagyobb a celluláz aktivitás, mint a fiatal egyedekben (*Shi és Noblet, 1993*). Ennek következtében az idősebb sertések, különösen a kocák összehasonlítva a növendék sertésekkel, nagyobb rost emésztesi kapacitással rendelkeznek (*Jørgensen és mtsai, 2007*). Választott malacoknál a kor alapvetően meghatározza az emésztőrendszer fejlettségét és az egyes táplálóanyagok emészthetőségét. Az NDF lebontása a választást követő 5. héten jelentősebb, mint választást követő 3. héten (*Ivarsson és mtsai, 2011*). A nyersrost emészthetősége szorosan összefügg az egyed korával és élősúlyával. Növendék sertésekben a nyersrost emészthetősége az élősúly növekedésével fokozatosan javul (*Fernandez és mtsai, 1986*). Az emésztőrendszer szerveinek mérete, és az emésztőenzimek retenciós ideje a takarmánykomponensek emészthetősége szempontjából nagy jelentőséggel bír (*Wenk, 2001*). Számos tanulmány kimutatta, hogy az emésztőtraktus tömege, térfogata és kapacitása párhuzamosan nő a takarmány fermentálható rosttartalmának növelésével (*Southgate, 1990*).

A gabonamagvak és a belőlük készült melléktermékek a sertések számára a legfontosabb energiaforrások, azonban ezen alapanyagok rosttartalmával is számolnunk kell. A gabonafélék legnagyobb arányban nem-keményítőszerű szénhidrátokat tartalmaznak (arabinoxilán, béta-glükán, cellulóz) és lignint (*Bach Knudsen, 2014*). A rosttartalmat még a gabona alapanyagok esetében tovább növeli a pektin (*Choct, 1997*). A rost fermentációja azonban függ az adott rostalkotó kémiai alkotóelemeitől, és azok arányától. A rozs, a búza, a kukorica és a cirok gazdag arabinoxilánban, míg az árpáról és a zabról ismert azok magas béta-glükán tartalma. Ezen rostforrások oldhatósága viszont eltérő: a rozsban található arabinoxilán, és az árpa vagy zab béta-glükán tartalmának oldhatósága jelentős, azonban a kukorica vagy a cirok arabinoxilán tartalma kevésbé oldható, mint más gabonák rosttartalma (*Bach Knudsen, 2014*). A kukorica és a kukorica eredetű melléktermékek oldhatatlan rosttartalma (cellulóz, arabinoxiláz és lignin) jól fermentálódik, közel 40%-ban fermentálódnak ezen rostalkotók a növendék sertések emésztőtraktusában (*Bach Knudsen, 1997*). A kukorica melléktermékek esetében azonban a keményítő és az olajtartalom módosulása a kémiai tulajdonságok változását eredményezik, mely a táplálóérték és az emészthetőség becslésének nehézségét eredményezi (*Gutierrez és mtsai, 2014*).

Választást követően a nem oldható rostforrást nagyobb mennyiségben tartalmazó takarmányok közül a lucernaliszt (*Freire és mtsai, 2000*), az árpakorpa (*Hedemann és Bach Knudsen, 2007; Gerritsen és mtsai, 2012*), a zabkorpa (*Bach Knudsen és mtsai, 1993; Mateos és mtsai, 2006; Kim és mtsai, 2008*), a gabonakorpa (*Freire és mtsai, 2000; Högberg és Lindberg, 2006; Carneiro és mtsai, 2007; Schedle és mtsai, 2008; Molist és mtsai, 2009; 2010; 2011*), a szalma (*Gerritsen és mtsai, 2012*) és a tisztított cellulóz (*Fonseca és mtsai, 2012*) alkalmazása meglehetősen gyakorinak számít. Ugyanakkor a répaszelet (*Freire és mtsai, 2000; Bikker és mtsai, 2006; Molist és mtsai, 2009; Montagne és mtsai, 2012*), a citrustörköly (*Fonseca és mtsai, 2012*), az árpagyöngy (*Hopwood és mtsai, 2004*) értékes oldható rostforrás lehet a malacok takarmányozásában. A szójáhéj nem

csak oldhatatlan NSP anyagokban gazdag, hanem jelentős mennyiségű fermentálható oligoszacharidokat és oldható NSP-t is tartalmaz (Rooke és mtsai, 1998). A hüvelyesek közül vizsgálták még potenciális rostforrásként a csillagfürt- és a borsóhéj takarmányozási felhasználását változó arányban (7,5%; 15%; 22,5% és 30%) (Stanogias és Pearce, 1985, a,b). Chabeauti és mtsai (1991) növendék sertésekkel végzett kutatásukban megállapították, hogy a nem-keményítőszerű szénhidrátok fermentálhatósága széles határok között változott a különböző rostforrásokat illetően. Búzaszalma esetében 16,3%, búzakorpánál 43,5 %, cukorrépa törkölynél 69,5% és szójahéjnál pedig 79,1%. A rossz fermentációs képesség a lignintartalommal hozható kapcsolatba, összehasonlítva a cukorrépa törköly vagy a szójahéj magas pektin tartalmával, melyről ismert, hogy nagy fermentációs képességgel jellemezhető (Karr-Lilienthal és mtsai, 2005).

Mindezek alapján látható, hogy takarmányozás útján, megfelelő alapanyagok felhasználásával, ideértve a nem-keményítőszerű szénhidrátokban gazdag rostforrásokat lehetséges olyan bélflóra kialakítása választott korban, mely a hasznos bélbaktériumok szaporodását támogatja. Ezen bélflóra növendék korban rostban gazdag takarmányozással fenntartható, továbbá kihatással van az állat termelésére és életkörülményeire egyaránt. Wellock és mtsai (2007) véleménye szerint azon rostforrások használata ajánlott a malacok és később a növendék sertések takarmányában, melyek nem növelik a béltartalom viszkozitását, viszont hozzájárulnak az egészséges bélflóra kialakításához.

A takarmányalapanyagok mellett napjainkban egyre inkább a kutatások előterébe kerül, hogy miként lehet a különböző melléktermékeket felhasználni a sertések takarmányozásában. Ezt az indokolja, hogy már az 1980-as évek végén jelezték, hogy az emberiség fehérjeigénye fokozatosan nő és a takarmányiparnak versenyeznie kell a rendelkezésre álló gabona alapanyagokért és a kiváló minőségű fehérjeforrásokért. Jelenleg ehhez még hozzáadódik az egyre intenzívebbé váló bioüzemanyag gyártás növekvő alapanyagigénye is (Wenk, 2001; Metzler és Mosenthin, 2008).

A különböző melléktermékek nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, folyamatos ellátásuk biztosított, ugyanakkor a keletkező melléktermékek felhasználásának problémájára is megoldási lehetőséget jelenthet a takarmányozási célú alkalmazás. Ezen melléktermékekről ismert, hogy az alapanyagoknál nagyobb nyersfehérje-tartalommal rendelkeznek, így jól beilleszthetők a gazdasági állataink takarmányozásába. Ugyanakkor, többnyire jelentős rosttartalmuk, illetve esetenként változó táplálóanyag-tartalmuk korlátozhatja felhasználhatóságukat (Zijlstra és Beltranena, 2013).

A rostban gazdag alapanyagok fermentálható szénhidrát-tartalmuk miatt potenciális energia- és fehérjeforrások lehetnek, így befolyásolhatják az állatok termelését, takarmányfelvételét és szerepük lehet az egészséges bélflóra kialakításában (Doppenberg és van der Aa, 2015).

## **A KÜLÖNBÖZŐ ROSTFORRÁSOK HATÁSA A NÖVENDÉK SERTÉSEK TERMELESI MUTATÓIRA**

A különböző rostforrások élettani hatását és emészthetőségi tulajdonságait nehéz meghatározni monomer összetételükből, így pontosabb minősítésükhöz szükséges oldhatóságuk, viszkozitásuk, fizikai szerkezetük és vízmegkötő ké-

pességük vizsgálata (*Asp és mtsai, 1996*). Az összetevők fizikai-kémiai tulajdonságainak értékelése meghatározza hatékony felhasználásukat és tápértéküket a monogasztrikus gazdasági állataink takarmányozásában. Az oldható rostforrások gyorsabban fermentálódnak, nagyobb mennyiségű illózsírsavat képesek termelni, mint az oldhatatlan rostalkotók, és a mikrobapopulációk szaporodását is jobban támogatják (*Jha és Berrocoso, 2015*).

A különböző takarmány-alapanyagok nyersrosttartalmát figyelembe vevő keverékek kialakításánál meghatározó az alapanyagok pontos, frakcióra lebontott rosttartalmának ismerete és azok emészthetőségének meghatározása. Jelenleg nincs konkrét rostfrakcióra lebontott ajánlás a különböző sertés korcsoportok részére.

Jelentős számú kutatás bizonyítja, hogy a különböző rostforrások növelése a takarmányban növendék, és hízó egyedek esetében egyaránt hatással van az egyed termelési mutatóira és teljesítményére: a napi takarmányfelvételre, a napi tömeggyarapodásra és a takarmányértékesítésre (*1. táblázat*). A rostban gazdag takarmány-alapanyagra jellemzői közül fontos annak emészthető energiataralma, az emésztőtraktust kitöltő hatása (terime), az ADF- és NDF-tartalma illetve a vízmegkötő képessége. Ezen tulajdonságok alapvetően meghatározzák a takarmányfelvétel gyakoriságát és mértékét, továbbá hatnak az egyed növekedési paramétereire.

*Wate és mtsai (2014)* kukorica melléktermékekkel végzett kutatásukban az átlagos napi takarmányfelvételt vizsgálva növendék sertéseknél szignifikáns növekedést tapasztaltak 80, 160, 240 g/kg extrahált kukoricacsutka és 320g/kg kukoricacsutka etetésének hatására, azonban 400 g/kg mennyiségben a kukoricacsutka etetésének hatására csökkent a napi takarmány felvétel, ami az átlagos napi tömeggyarapodás mutatóját is rontotta. A kutatás eredményeiből látható, hogy 236 g/kg szárazanyag ADF-tartalom felett szignifikánsan csökken az átlagos napi tömeggyarapodás, azonban ez nem minden esetben párosul csökkenő napi takarmányfelvétellel (*1. táblázat*). Szintén növendék sertésekkel végzett kísérletekben (*Gutierrez és mtsai, 2013*) a takarmányértékesítés mutatójának kedvező alakulását tapasztalták kukorica korpa oldható anyagokkal történő kiegészítése során (7,5 – 22,5 g/kg szárazanyag) (*1. táblázat*).

*Högberg és Lindberg (2006)*, valamint *Ndou és mtsai (2013)* megállapították, hogy a vízmegkötő képesség és az elfogyasztott takarmány kémiai tulajdonsága alapvetően befolyásolja a különböző komponensek emészthetőségét, és a táplálóanyagok abszorpcióját, mivel a passzázs felgyorsul és az elfogyasztott táplálék rövidebb idő alatt áthalad az emésztőtraktuson, ezáltal csökken az emésztés hatékonysága és a táplálóanyagok felszívódásának intenzitása. Ugyanakkor a nagy viszkozitású béltartalomról ismert, hogy kitölti a béltraktust, ezáltal fokozza a jóllakottság érzetet, valamint a passzázst lassítja.

A takarmány nyersrost-tartalmának növelésével csökken az etetett adag metabolizálható energiataralma (*Noblet és mtsai, 2001*). Az ilyenkor jelentkező energiahiányt a sertések több takarmány fogyasztásával próbálják kiegyenlíteni. A nagyobb takarmányfelvételkor a passzázs gyorsul és az emésztésre, illetve a fermentációra jutó idő csökken. A hazai ajánlások a nyersrost tartalmat jelölik, nem adnak tájékoztatást az ideális NDF, ADF, NSP arányról vagy pontosabb frakcióra lebontott ajánlott rost mennyiségről. Egyes ajánlások malacoknak 3–4%, hízó-

sertéseknek 4–6% és kocák esetében 7–8% nyersrostot javasolnak (DLG, 2008). A Magyar Takarmánykódex (2004) ajánlása szerint a takarmány nyersrosttartalma malacoknál 2,5-3,5%, növendék és hízósertéseknel 3-4%, vemhes és szoptató kocáknál 5,5%.

A rendelkezésre álló kutatások eredményei szerint bizonyos határig lehet növelni az adag rosttartalmát takarmányfelvételi depresszió nélkül. A nagy arányú rostkiegészítés azonban egyértelműen a takarmányfelvétel csökkenését, és ezáltal a napi tömeggyarapodás visszaesését idézi elő (1. táblázat).

Gutierrez és mtsai (2014) kanülözött sertésekben széleskörű emésztés-élettani vizsgálatot végeztek 9 kukorica melléktermék (kukoricakorpa oldható anyagokkal, kukoricakorpa, hőkezelt kukorica DDGS, csökkentett olajtartalmú DDGS, hőkezeletlen DDGS, nagy fehérjetartalmú DDG, hántolt csíramentes kukorica, extrahált kukoricacsíra és kukoricaglutén) ideális bekeverési arányának megállapítására. A kutatás célja az volt, hogy az általuk használt 9 kukorica melléktermék 30%-os arányban való szerepeltetésével a hagyományos szója-kukorica alapú takarmányban (70%) meg tudják becsülni az adott melléktermék energiaértékét és hatását az energia, nyersrost és aminosav emészthetőségre. A különböző rostforrásokat 11 tényező alapján osztályozták, melyek a következők voltak: ADF-, NDF-, összes nyersrost-, hemicellulóz-, összes NSP-, NSP arabinóz-, NSP xilóz-, NSP mannóz-, NSP glükóz-, NSP galaktóz- és arabinoxilán-tartalom. A melléktermékek bruttó energia- és szárazanyagtartalmának látszólagos ileális és fekális emészthetőségét, az NDF tartalmát, valamint az aminosavak látszólagos ileális emészthetőségét vizsgálták. Továbbá megállapították, hogy kukorica melléktermékek esetében a rostforrás monoszacharid komponenseinek pontos meghatározása eredményesebb, mint önmagában a nyersrost, az NDF, ADF és TDF (Total Dietary Fiber, összes étrendi/élelmi rost) vizsgálata. A kukorica és a belőle készült melléktermékeknel a nem-keményítő poliszacharidok (NSP) közül a glükóz polimerek és a xilóz fordulnak elő a legnagyobb mennyiségben, melyek cellulóz és arabinoxilán formájában vannak jelen (Bach Knudsen, 2001). Mivel a kukorica sejtfalában a cellulóz található meg legnagyobb arányban, így a neutrális detergens rost (NDF) látszólagos teljes emészthetőségét vizsgálva célszerű a cellulózfrakció pontos arányának és az emészthetőségre gyakorolt hatásának a meghatározása. Eredményeik alapján a különböző kukorica melléktermékek esetében arabinoxilán és a NSP xilóz tartalomból lehet a legjobban megbecsülni az adott melléktermék emészthető és metabolizálható energiaértékét és hatását az energia és nyersrost emészthetőségre.

## A ROST HATÁSA A BÉL MIKROFLÓRA ÖSSZETÉTELÉRE

A bélmikrobiota baktériumösszetételét, annak csíraszámát, és ebből adódóan annak bakteriális fermentációs képességét a takarmány összetétele, és rosttartalma jelentősen befolyásolja (Orosz és mtsai, 2006). A bélben nagy mennyiségű és változatos baktériumflóra található, monogasztrikus állatok esetében a vastagbélben a *Bacteroides*, *Prevotella*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Fusobacterium*, *Peptostreptococcus*, *Selenomonas*, *Megasphaera*, *Veillonella* és *Streptococcus* nemzetségek dominálnak (Jensen, 1998). A bélfóra bakteriális összetétele fajspecifikus, továbbá függ az életkortól, a szervezet fiziológiai állapotától, valamint a táplálék

összetételétől. A rost fermentációját számos tényező befolyásolja köztük jelentős a rost forrása, lignintartalma, oldhatósága, feldolgozottsági állapota, aránya a takarmánykeverékben, a passzázs, az állat életkora és testtömege, valamint a bélrendszer mikrobiális állapota (*Macfarlane és Cummings, 1991; Mathers, 1991; Houdijk és mtsai, 1999; Rijnen és mtsai, 2001; Williams és mtsai, 2001; Högberg és mtsai, 2006; Owusu-Asiedu és mtsai, 2006; Schedle és mtsai, 2008; Bach Knudsen, és mtsai, 2012*).

Magas rosttartalmú alapanyagok etetése esetén javasolt a bélflóra adaptációja, mivel az aktív fermentációra képes mikrobapopuláció kialakulásához 17 hét folyamatos rostetetés szükséges (*Jha és Berrocoso, 2015*).

Nagyobb rostfelvétel esetén nő a bakteriális fermentáció intenzitása (*Jorgensen és mtsai, 1996*). Megfigyelték, hogy a takarmánykeverékben a nem-keményítőszerű poliszacharidok (NSP) arányának növekedésekor a patogén fehérjebontó baktérium populációk helyett a szénhidráthasznosító baktériumtörzsek szaporodnak el (*Williams és mtsai, 2001; Leser és mtsai, 2002; Le Goff és mtsai, 2003; Montagne és mtsai, 2003*). *Mateos és mtsai (2006)* a Coliform baktériumok számának szignifikáns csökkenését tapasztalták 2-4% zabhéj etetésekor.

Az elfogyasztott rostban gazdag takarmány hatására az emésztőtraktusban fokozódik a különböző bélbaktériumok szaporodása (*Williams és mtsai, 2005*), azonban ehhez számos korábban említett tényező együttes hatása szükséges (megfelelő arány a receptúrában, kémia szerkezet, oldhatóság, adaptációs idő). A cellulózbontó baktériumok számának növekedésével a vastagbélben megindul a rostban gazdag alapanyagok fermentációja és ennek eredményeként az illózsírsav szintézis, és a bél pH-ja megváltozik. A béltraktus pH értékének csökkenése a jótékony baktériumok szaporodásának kedvez (*Bifidobacteria spp., Lactobacilli spp*) ellensúlyozva ezzel a káros baktériumok szaporodását (*Clostridium spp., Salmonella spp*) (*May és mtsai, 1994; Hermes és mtsai, 2009*). Ezt a hatást az elfogyasztott rostforrás prebiotikus hatásának nevezik (*Gibson és Roberfroid, 1995*).

*Estrada és mtsai (2001)* *Bifidobacteria ssp.* fajok növekedését és az anaerob és *Clostridium* fajok számának csökkenését tapasztalták malacoknál fruktooligoszacharid (0,5 %/ szárazanyag kg) tartalmú takarmány fogyasztása esetén. Választott malacoknál a takarmányban található kukorica, búza és árpa hatását vizsgálták a bélflóra összetételére és megállapították, hogy a baktériumflóra összetétele szignifikánsan függ a takarmányalapanyag ADF- és NDF-tartalmától (*Drew és mtsai, 2002*). Az árpát fogyasztó malacoknál nőtt a *Lactobacilli spp.* aránya és csökkent az *Enterobacteria spp.* fajok száma, a kukoricát fogyasztó malacok béltraktusában található baktérium törzsekkel összehasonlítva (kukorica ADF 4,31% szárazanyag, NDF 11,66% szárazanyag vs. árpa 7,61% szárazanyag, 21,31% szárazanyag) (*Drew és mtsai, 2002*). A kukorica hatását tovább vizsgálva megállapították, hogy az árpát fogyasztó malacok esetében a vakbélben nőtt a *Lactobacilli spp.* és *Bifidobacterium spp.* fajok száma (*Drew és mtsai, 2002*). *Pieper és mtsai (2008)* szintén az árpára alapozott takarmány esetében a *Lactobacilli spp.* és *Bifidobacterium spp.* fajok számának növekedését tapasztalta növendék sertések esetében, továbbá a butirát termelő fajok szaporodását is. A különböző alapanyagok bélflóra összetételre kifejtett hatását vizsgálva megállapítható, hogy malacok, növendéksertések esetében az arabinoxilánban gazdag takarmány fogyasztásának hatására nő a bélsárral ürülő *Bifidobacterium spp.* fajok száma és csökken a *Clostridium spp.* törzsek aránya (*Nielsen és mtsai, 2014*).

1. táblázat  
A különböző rostforrást tartalmazó takarmányok NDF, ADF, ADL tartalma és a különböző sertés korcsoportok teljesítményére gyakorolt hatása

Rostforrás (1)	NDF (g/kg szárazanyag) (2)	ADF (g/kg szárazanyag) (3)	ADL (g/kg szárazanyag) (4)	Átlagos napi takarmányfelvétel (g/nap) (5)	Átlagos súlygyarapodás (g/nap) (6)	Takaromány-értékesítés (kg/kg) (7)	Szerzők (8)
Növendék (25-60 kg) (9)							
Extrahált repcedara (10)		3,70-5,90		=	=	=	Zijlstra és Beltranena (2014)
Préselt repceogácsa (11)		3,30-6,00		=	=	=	Zijlstra és Beltranena (2014)
Extrahált mustármag dara (12)		3,40-4,90		↓	↓	↓	Zijlstra és Beltranena (2014)
Gabona DDGS (13)		4,20-4,90		↓	↓	↓	Zijlstra és Beltranena (2014)
Alacsony rosttartalmú extrahált repcedara (14)		4,70-7,40		=	=	↑	Zijlstra és Beltranena (2014)
Extrahált kukoricacsutka (15) 80 g/kg	454	171,00		↑*	↑*	↑*	Wate és mtsai (2014)
Extrahált kukoricacsutka (15) 160 g/kg	470	186,00		↑*	↑*	↓*	Wate és mtsai (2014)
Extrahált kukoricacsutka (15) 240 g/kg	477	236,00		↑*	↓*	↓*	Wate és mtsai (2014)
Kukoricacsutka (16) 320 g/kg	505	257,00		↑*	↓*	↑*	Wate és mtsai (2014)
Kukoricacsutka (16) 400 g/kg	507	326,00		↓*	↓*	↓*	Wate és mtsai (2014)
Kukoricakorpa oldható anyagokkal (17) 7,5 g/kg	10,54	3,67		↑	↓	↓**	Gutierrez és mtsai (2013)
Kukoricakorpa oldható anyagokkal (17) 15 g/kg	11,71	3,78		↑	↓	↓**	Gutierrez és mtsai (2013)

Rostforrás (1)	NDF (g/kg szárazanyag) (2)	ADF (g/kg szárazanyag) (3)	ADL (g/kg szárazanyag) (4)	Átlagos napi takarmányfelvétel (g/nap) (5)	Átlagos napi súlygyarapodás (g/nap) (6)	Takaromány-éltékesítés (kg/kg) (7)	Szerzők (8)
Kukoricakorpa oldható anyagokkal (17) 22,5 g/kg	12,89	3,91		↓	↓	↓**	Gutierrez és mtsai (2013)
Kukoricacsíra (18) 12,55 g/kg	14,57	4,56		↑		↓	Weber és mtsai (2009)
Kukoricacsíra (18) 25,60 g/kg	19,67	5,67		↓	↑	↑	Weber és mtsai (2009)
Kukoricacsíra (18) 38,69 g/kg	24,79	6,78		↓	=	↑	Weber és mtsai (2009)
Hízó (70-110 kg) (19)							
Kukoricarost (20)	60,93	16,46	4,24	↓	↓	↑	Chen és mtsai (2014)
Szójababrost (21)	40,73	15,33	5,16	↓*	↓	↑	Chen és mtsai (2014)
Búzakorparost (22)	68,14	20,74	5,29	↓	↓	↑	Chen és mtsai (2014)
Borsórost (23)	48,17	30,12	7,18	↓	↓	↑*	Chen és mtsai (2014)

\*:  $p < 0,05$  \*\*:  $p < 0,01$

↓: A kontrollhoz képest csökkent az adott termelési mutató (24), ↑: A kontrollhoz képest nőtt az adott termelési mutató (25), =: A kontrollhoz képest nem tapasztaltak változást (26).

Table 1. The content of NDF, ADF and ADL of different fiber containing feed, and their effects on the performances of different age of pigs fiber source (1); NDF g/kg DM (2); ADF g/kg DM (3); ADL g/kg DM (4); average daily feed intake g/day (5); average daily weight gain g/day (6); feed conversion ratio kg/kg (7); authors (8); growing pigs (25-60 kg) (9); solvent-extracted canola meal (10); expeller-pressed canola meal (11); Brassica juncea canola meal (12); wheat DDGS (13); low fiber canola meal (14); extracted corn cob (15); corn cob (16); corn barn with solubles (17); corn germ meal (18); fattening pigs (70-110 kg) (19); corn fiber (20); soybean fiber (21); wheat bran fiber (22); pea fiber (23); decreased compared to the control (24); increased compared to the control (25); no changes were detected compared to the control (26)

A rostban gazdag takarmány etetése a választás időszakában jelentkező állategészségügyi problémákra is megoldást jelenthet. *Fonseca és mtsainak* (2012) eredményei szerint a 15 g/kg cellulóz kiegészítés növendéksertéseknél csökkenti a választás utáni hasmenés előfordulását (PWD, post weaning diarrhea), a kontroll (hagyományos kukorica-szójadara alapú takarmány) illetve a 30 g/kg szójahéjat, valamint a 90 g/kg citrustörkölyt tartalmazó takarmánnyal összehasonlítva, melyek esetében nem tapasztalták a hasmenés előfordulásának csökkenését.

Az eltérő rosttartalmú takarmány sertések növekedésére gyakorolt hatását az istálló higiéniai állapota módosíthatja. Erre példa *Montagne és mtsainak* (2012) kísérleti eredménye, melyben a szárított répaszeletet (60 g/kg, 90g/kg) és szójahéjdarát tartalmazó takarmányok (20 g/kg, 30 g/kg) etetését vizsgálták kiváló higiéniai, valamint kedvezőtlenebb (kórokozó baktériumok intenzív jelenléte) tartási körülmények között. A magas infekciós veszéllyel jellemezhető elhelyezés esetén az első két hétben csökkent a takarmányfelvétel és nőtt a PWD előfordulása. Ez utóbbi jelenséget azzal magyarázták a kutatók, hogy kedvezőtlenebb körülmények között a takarmányba kevert könnyen fermentálható rostforrások (szárított répaszelet és szójahéj dara) potenciális rizikó faktornak számítottak a PWD előfordulását illetően.

A különböző rostforrások fermentációjakor keletkező illózsírsavak közül a vajsav szelektív antimikrobiális hatással rendelkezik. Kiemelt szerepe van a vastagbél mikrobapopulációjának fejlődésében és fenntartásában (*Montagne és mtsai, 2004; Hedemann és Bach Knudsen, 2012*). Számos tanulmány (*Awati és mtsai, 2005; Bhandari és mtsai, 2008; Molist és mtsai, 2010, 2011*) bizonyítja a rostforrások fermentációja és a vajsav termelődése közötti pozitív kapcsolatot, mely az egészséges bélfóra kialakulását eredményezi malacok esetében.

## A ROST HATÁSA A NÖVENDÉK SERTÉSEK ÁLLATJÓLÉTI KÖRÜLMÉNYEIRE

A terimés alapanyagok közül, a különböző rostforrások széleskörű használata nem újdonság a sertéstakarmányozásban (*Kambashi és mtsai, 2014*). Az utóbbi években a sertéstakarmányokba alternatív energiaforrásként illesztették be ezeket az alapanyagokat, különösen a vágást megelőző hizlalási szakaszban (*Gomes és mtsai, 2006*). A gyomorban található érzékelő receptorok folyamatos stimulálás alatt állnak az emésztőtraktus teltsége miatt, ami a jólakottság érzés folyamatos fenntartását eredményezi (*Lepionka és mtsai 1997; De Leeuw, 2004*). Ez az állapot befolyásolja az állatok étkezési viselkedését, illetve a takarmányfelvétel intenzitását és gyakoriságát is (*Ndou és mtsai, 2013*). Így befolyásolható az éhségérzetből származó stresszfaktor mértéke, illetve annak hosszantartó fennállása is (*Che és mtsai, 2011*).

A takarmányadagok rosttal történő kiegészítése fokozza az emésztőrendszer telítettségét, ezáltal a jólakottság érzetet, viszont ebből adódóan a takarmányfelvételt csökkentheti. Az emésztőtraktus által befogadható és azon áthaladó béltartalom mennyisége, függ az emésztőtraktus befogadó képességétől, ami az életkor függvényében változik (*Kyriazakis és Emmans, 1995*). A jelentős teltségérzetet adó, terimés takarmányadagokhoz való alkalmazkodás az állat életkorának előrehaladtával fokozódik, melynek eredménye a növekvő testsúly, így a béltraktus gyarapodása is, mely az emésztőrendszer kapacitásának változását is eredményezi (*Whittemore és mtsai, 2002*).



Számos kutatás javasolja a terimés takarmányok etetését sertésekkel a jobb állatjóléti körülmények megteremtése érdekében (Robert és mtsai, 1993, 1997, 2002; Matte és mtsai, 1994). A különböző rostforrások etetése az alkalmazott mennyiség függvényében úgy növeli az egyed egészségi állapotát, hogy közben csökken a krónikus bélgyulladás, a dizentéria és a székrekedés előfordulása (Filer és mtsai, 1986; Day és mtsai, 1996; Metzler és Mosenthin, 2008; Thomhson, 2009).

Bakera és mtsai (2013) kutatásukban 80, 160, 240, 320, 400 g/kg mennyiségben a lucernaliszt, a napraforgóhéj, a fűszéna, a kukoricacsődara és a kukoricaszár-dara etetésének hatását vizsgálták a növedék sertések viselkedésére. A kísérletbe vont növedék sertéseket folyamatosan kamerával figyelték meg. Az értékelés alapján a sertések a legtöbb időt fekvéssel töltötték (71,4 %) a megfigyelt időszak 23%-a evéssel, közel 3,2%-a ivással és a fennmaradó idő ülésel illetve állással telt (2,4%). A takarmány emészthető energia- és NDF-tartalma, az emésztőtraktust kitöltő hatása, vízmegkötő képessége a sertések különböző viselkedési tulajdonságait meghatározó paraméterek. Az etetett takarmányok ADF-tartalma és az emésztőtraktust kitöltő hatás és az evéssel, illetve ivással töltött idő között pozitív korrelációt tapasztaltak ( $p < 0,001$ ), valamint az ADF-tartalom a fekvéssel töltött időt is szignifikánsan befolyásolta ( $p < 0,001$ ). Az összes viselkedésforma esetében (evés, ivás, fekvés, ülés) a vizsgált alapanyagok ADF-tartalma volt a legmeghatározóbb. Az elfogyasztott takarmány ADF-tartalmának növekedésével az egyedek gyakrabban keresték fel az etetőket ( $p < 0,001$ ) és ez idő alatt több takarmányt vettek fel. Bakera és mtsai (2013) megállapították továbbá, hogy a takarmány vízmegkötő képessége és az etető és itató felkeresése között pozitív korreláció van ( $p < 0,05$ ). A kis vízmegkötő képességű takarmány hatására nőtt az etető és itató felkeresésének száma, míg nagy vízmegkötő képesség esetén ez az érték csökkent, az állatok aktivitása pozitívan változott, nyugodtabbak lettek.

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az összegyűjtött szakirodalmi adatok alapján az alábbi következtetések vonhatók le, és javaslatok fogalmazhatók meg:

Sertés esetében a rostban gazdag alapanyagok fermentációja kiemelten fontos szereppel bír, hiszen a fermentáció eredményeként létrejövő illózsírsavak hozzájárulnak a metabolizálható energia értékhez, továbbá a jótékony bélbaktériumok szaporodását növelik.

Az ideális fermentációt számos tényező befolyásolja, függ az adott rostalkotó kémiai alkotóelemeitől, és azok arányától, oldhatóságától, vízmegkötő és fermentációs képességétől, továbbá az egyed kora is jelentős szereppel bír.

A különböző takarmány-alapanyagok nyersrosttartalmát figyelembe vevő keverékek kialakításánál meghatározó az alapanyagok pontos, frakcióra lebontott rosttartalmának ismerete és azok emészthetőségének meghatározása. Jelentős probléma, hogy jelenleg nincs konkrét rostfrakcióra lebontott ajánlás a különböző sertéskorcsoportok részére.

A rostban gazdag alapanyagok fermentálható szénhidrát tartalmuk miatt potenciális energia- és fehérjeforrások lehetnek, így befolyásolhatják az állatok termelését, takarmányfelvételét és szerepük lehet az egészséges bélfloóra kiala-

kításában, azonban a pozitív hatás elérésének érdekében fontos a rostforrás kémiai és fizikai tulajdonságainak ismerete, és ennek megfelelően az ideális arány megválasztása a receptúrában.

*A kutatási munkát a GOP-1.1.1.-11-2012-0344 azonosító számú pályázat támogatja.*

## IRODALOMJEGYZÉK

- Anguita M. – Canibe N. – Pérez J.F. – Jensen B. B.* (2006): Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs: use of cannulated pigs and in vitro fermentation. *J. Anim. Sci.* 84., 2766-2778.
- Asp, N. G.* (1996): Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology. *Food Chem.*, 57. 9–14.
- Awati, A. – Konstantinov, S.R. – Williams, B.A. – Akkermans, A.D.L. – Bosch, M.V. – Smidt, H. – Versteegen, M.W.A.* (2005): Effect of substrate adaptation on the microbial fermentation and microbial composition of faecal microbiota of weaning piglets studied in vitro. *J. Sci. Food Agric.*, 85. 1765- 1772.
- Bach Knudsen, K. E. – Jensen, B.B. – Hansen, I.* (1993): Oat bran but not a beta-glucan-enriched oat fraction enhances butyrate production in the large intestine of pigs. *J Nutr.*, 123. 1235–1247.
- Bach Knudsen, K. E.* (1997): Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 67. 319–338.
- Bach Knudsen, K. E.* (2001): Influence of feed and feed structure on disease and welfare of pigs, In: Hovi, M. – T. Baars, T. (Eds.): *Breeding and feeding for animal health and welfare in organic livestock systems. Proc. 4th NAHWOA Workshop Wageningen.* 169-183.
- Bach Knudsen, K. E. – Hedemann, M.S. – Laerke, H. N.* (2012): The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 173. 41–53.
- Bach Knudsen, K. E.* (2014): Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poult. Sci.*, 93. 2380–2393.
- Bakera, A.G. – Ndou, S. P. – Chimonyo, M.* (2013): Influence of physicochemical properties of fibrous diets on behavioral reactions of individually housed pigs. *Livest. Sci.*, 157. 527-534.
- BeMiller, J.* (2007): *Carbohydrate Chemistry for Food Scientist*, 2<sup>nd</sup> Ed. St. Paul, MN: AACC, International, Inc.
- Bhandari, S. K. – Nyachoti, Xu, B. – Giesting, C.M. – Krause, D.W.* (2008): Evaluation of alternatives to antibiotics using an *Escherichia coli* K88+ model of piglet diarrhea: effect on gut microbial ecology. *J. Anim. Sci.*, 86. 836–847.
- Bikker, P. – Dirkzwager, A. – Fledderus, J. – Trevisi, P. – le Huerou-Luron, I. – Lalles, J. P. – Awati, A.* (2006): The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *J. Anim. Sci.*, 84. 3337–3345.
- Carneiro, M. – Lordelo, M. – Cunha, L.F. – Freire, J.* (2007): Microbial activity in the gut of piglets: II. Effect of fibre source and enzyme supplementation. *Livest. Sci.*, 108. 262–265.
- Chabeauti, E. – Noblet, J. – Carre, B.* (1991): Digestion of plant cell walls from four different sources in growing pigs. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 32. 207–213.
- Che, L. – Feng, D. – Wu, D. – Fang, Z. – Lin, Y. – Yan, T.* (2011): Effect of dietary fibre on reproductive performance of sows during the first two parities. *Reprod. Domest. Anim.*, 46. 1061–1066.
- Chen, H. – Mao, X.B. – Che, L.Q. – Yu, B. – He, J. – Yu, J. – Han, G.Q. – Huang, Z. Q. – Zheng, P. – Chen, D.W.* (2014): Impact of fiber types on gut microbiota, gut environment and gut function in fattening pigs. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 195. 101-111.
- Choct, M.* (1997): Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Mill. Int.*, 6. 13–26.

- Claus, R. – Günthner, D. – Letzguß, H. (2007): Effects of feeding fat-coated butyrate on mucosal morphology and function in the small intestine of the pig. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 91. 312-318.
- Cummings, J. H – Stephen, A. M. (2007): Carbohydrate terminology and classification. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 61. 5–18.
- Cummings, J. H. – Roberfroid, M.B. – Andersson, H. – Bath, C. – Ferro-Luzzi, A – Ghoos, J. – Gibney, M. – Hermansen, K. – James, W.P.T. Korver, O. – Lairon, D. – Pascal, G. – Voragen, A. G. S. (1997): A new look at dietary carbohydrate: Chemistry, physiology and health. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 51. 417-423.
- Day, J. E. L. – Kyriazakis, I. – Lawrence, A. B. (1996): The use of a second-order schedule to assess the effect of foodbulk on the feeding motivation of growing pigs. *Anim. Sci.*, 63. 447-455.
- Dégen L. – Halas V. – Babinszky L. (2007): Effect of dietary fibre on protein and fat digestibility and its consequences on diet formulation for growing and fattening pigs. *A review. Acta Agric. Scand Section A*. 57. 1–9.
- De Leeuw, J. A. (2004): Stimulation of Behavioural and Nutritional Satiety in Sows (Ph.D. thesis). Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- DLG (2008): Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: Empfehlungen zur Sauen-und Ferkelfütterung, DLG Information database
- Doppenberg, J. – van der Aar, P. J. (2015): The use of alternative protein and energy sources in practical swine and poultry feed formulations: Opportunities and Pitfalls. WIANF conference, Budapest, 2015. 10. 15-17.
- Drew, M. D. – Van Kessel, A. G. – Estrada, A. E. – Ekpe, E. D. – Zijlstra, R. T. (2002): Effect of dietary cereal on intestinal bacterial populations in weaned pigs. *Can. Jour. Anim. Sci.*, 2. 607-609.
- Drochner, W. – Kerler, A. – Zacharias, B. (2004): Pectin in pig nutrition, a comparative review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 88. 367-380.
- Englyst, K. N. – Liu, S. – Englyst, H. N. (2007): Nutritional characterization and measure of dietary carbohydrates. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 61. S19-S39.
- Estrada, A. – Drew, M. D. – Van Kessel, A. G. (2001): Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharides and *Bifidobacterium longum* to early weaned pigs on performance and fecal bacterial populations. *Can. Jour. Anim. Sci.*, 81. 141-148.
- Fernandez, J. A. – Jorgensen, H. – Just, A. (1986): Comparative digestibility experiments with growing pigs and adult sows. *Anim Prod.*, 43. 127-132.
- Filer, Jr. J. L. – Anderson, D.W. – Cotton, R. H. – Tumbleson, M. E. (1986): Effect of dietary fiber on growing pigs. *Swine. Biomed. Res.*, 2. 701-708.
- Fonseca, L. A. – Thomaz, M.C. – Watanabe, P.H. – dos Santos, U. – Bertocco, J. M. – Borges, A. – Daniel, E. – Iselda, G. C. (2012): Fiber sources in diets for newly weaned piglets. *Rev. Bras. Zootec.*, 41. 636-642.
- Freire, J. P. B. – Guerreiro, A. J. G. – Cunha, L. F. – Aumaitre, A. (2000): Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 87. 71-83.
- Gerritsen, R. – van der Aar, P. – Molist, F. (2012): Insoluble non-starch polysaccharides in diets for weaned piglets. *J. Anim. Sci.*, 90. 318-320.
- Gibson, G. R. – Roberfroid, M. B. (1995): Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125. 1401-1412.
- Gomes, J. D. F. – Fukushima, R. S. – Putrino, S. M. – Grossklaus, C. – Lima, G. J. M. M. (2006): Effects of increasing neutral detergent fiber in swine diets on the morphology of digestive and non-digestive organs. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 43. 202-209.
- Graham, H. – Hesselman, K. – A'man, P. (1986): The influence of wheat bran and sugar beet pulp on the digestibility of dietary components in a cereal-based pig diet. *J. Nutr.*, 116. 242.
- Gutierrez, N. – Kerr, B. J. – Patience, J. F. (2013): Effect of insoluble-low fermentable fiber from corn-ethanol distillation origin on energy, fiber, and amino acid digestibility, hindgut degradability of fiber, and growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.*, 91. 5314-5325.

- Gutierrez, N. – Serão, N. V. L. – Kerr, B. J. – Zijlstra, R. T. – Patience, J. F.* (2014): Relationships among dietary fiber components and the digestibility of energy, dietary fiber, and amino acids, and energy content of 9 corn co-products fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 92. 4505-4517.
- Hedemann, M.S. – Bach Knudsen, K. E.* (2007): Resistant starch for weaning pigs—effect on concentration of short chain fatty acids in digesta and intestinal morphology. *Livest. Sci.*, 108. 175–177.
- Hermes, R. G. – Molist, F. – Ywazaki, M. – Nofrarias, M. – Gómez de Segura, A. – Gasa, J. – Pérez, J. F.* (2009): Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. *J. Anim. Sci.*, 87. 3569–3577.
- Hopwood, D.E. – Pethick, D.W. – Pluske, J. R. – Hampson, D.J.* (2004): Addition of pearl barley to a rice-based diet for newly weaned piglets increases the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post-weaning colibacillosis. *Br. J. Nutr.*, 92. 419–427.
- Högberg, A. – Lindberg, J. E.* (2006): The effect of level and type of cereal non-starch polysaccharides on the performance, nutrient utilization and gut environment of pigs around weaning. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 127. 200–219.
- Houdijk, J. G. M. – Bosch, M.W. – Tamminga, S. – Verstegen, M.W.A – Berenpas, E. B – Knoop, H.* (1999): Apparent ileal and total-tract nutrient digestion by pigs as affected by dietary nondigestible oligosaccharides. *J. Anim. Sci.*, 77. 148–158.
- Huisman, J. – den Hartog, L. A. – Boer, H. – van Weerden, E. J. – Thielen, W. J. G.* (1985): The effect of various carbohydrate sources on the ileal and faecal digestibility of protein and amino acids in pigs. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Seminar on Digestive Physiology in the Pigs. Copenhagen, 207-210.
- Ivarsson, E. – Frankow-Lindberg, B.E. – Andersson, K. – Lindberg, J. E.* (2011): Growth performance, digestibility and faecal coliform bacteria in weaned piglets fed a cereal-based diet including either chicory (*Cichorium intybus* L) or ribwort (*Plantago lanceolata* L) forage. *Anim.*, 5. 558–564.
- Jensen, B.B.* (1998): The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 7. 45–64.
- Jha, R. – Berrocoso, J. D.* (2015): Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Anim.*, 9. 1441-1452.
- Johansen, H. N. – Bach Knudsen, H. E – Sandström, B.* (1996): Effect of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *Br. J. Nutr.*, 75. 339–351.
- Jørgensen, H. – Serena, A. – Hedemann, M.S. – Bach Knudsen, K. E.* (2007): The fermentative capacity of growing pigs and adult sows fed diets with contrasting type and level of dietary fibre. *Livest. Sci.*, 109. 111–114.
- Jørgensen, H.* (2007): Methane emission by growing pigs and adult sows as influenced by fermentation. *Livest. Sci.*, 109. 216-219.
- Jørgensen, H. – Zhao, X.Q. – Eggum, B.O.* (1996): The influence of dietary fiber and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hindgut and energy metabolism in pigs. *Br. J. Nutr.* 75., 365–378.
- Kakuk T. – Schmidt J.* (1988): Takarmányozás. A nyersrost szerepe a gazdasági állatok takarmányozásában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Kambashi, B. – Boudry, C. – Picron, P. – Bindelle, J.* (2014): Forage plants as an alternative feed resource for sustainable pig production in the tropics: a review. *Anim.* 1.1-14. doi:10.1017/S1751731114000561.
- Karr-Lilienthal, L. K. – Kadzere, C. T. – Grieshop, C. M. – Fahey, G. C.* (2005): Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: a review. *Lives. Prod. Sci.*, 97. 1–12.
- Kien C. L.* (2007): Cecal infusion of butyrate increases intestinal cell proliferation in piglets. *J. Nutr.*, 137. 916-922.

- Kim, J. C. – Mullan, B.P. – Hampson, D.J. – Pluske, J.R. (2008): Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. *Br. J. Nutr.*, 99. 1217–1225.
- Kyriazakis, I. – Emmans, G. C. (1995): The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk. *Br. J. Nutr.*, 73. 191–207.
- Lallès, J. P. – Bosi, P. – Smidt, H. – Stokes, C.R. (2007): Weaning—a challenge to gut physiologists. *Livest. Sci.*, 108. 82–93.
- Le Goff, G. – Le Groumellec, L. – van Milgen, J. – Dubois, S. – Noblet, J. (2002): Digestibility and metabolic utilisation of dietary energy in adult sows: influence of addition and origin of dietary fibre. *Brit. J. Nutr.*, 87. 325–335.
- Le Goff, G. – Noblet, J. – Cherbut, C. (2003): Intrinsic ability of the faecal microbial flora to ferment dietary fibre at different growth stages of pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 81. 75–87.
- Lepionka, L. – Malbert, C. H. – Laplace, J. P. (1997): Proximal gastric distension modifies ingestion rate in pigs. *Reprod. Nutr. Dev.*, 37. 449–457.
- Leser, T. D. – Amenuvor, J. Z. – Jensen, T. K. – Lindecrona, R. H. – Boye, M. – Möller, K. (2002): Culture-independent analysis of gut bacteria: the pig gastrointestinal tract microbiota revisited. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68. 673–690.
- Leterme, P. – van Leeuwen, P. – Théwis, A. – Huisman, J. (1996): Chemical composition of pea fibre isolates and their effect on the endogenous amino acid flow at the ileum of the pig. *J. Sci. Food Agric.*, 72. 127–134.
- Lunn, J. – Buttriss, J. L. (2007): Carbohydrates and dietary fibre. *Nutr. Bul.*, 32. 21–64.
- Macfarlane, G. T. – Cummings, J. H. (1991): The colonic flora, fermentation, and large bowel digestive function. In: Phillips, S. F., Pemberton, J. H., Shorter, R. G. (Eds.), *The Large Intestine: Physiology, Pathophysiology and Disease*. Raven Press, New York, 51–92.
- Mateos, G. G. – Martín, F. – Latorre, M. A. – Vicente, B. – Lazaro, R. (2006): Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim. Sci.*, 82. 57–63.
- Mathers, J. C. (1991): Digestion of non-starch polysaccharides by non-ruminant omnivores. *Proc. Nutr. Soc.*, 50. 161–172.
- Matte, J. J. – Robert, S. – Girard, C. L. – Farmer, C. – Martineau, G. P. (1994): Effect of bulky diets based on wheat bran or oat hulls on reproductive performance of sows during their first two parities. *J. Anim. Sci.*, 72. 1754–1760.
- May, T. – Mackie, R. I. – Fahey, G. C. – Cremin, J. C. – Garleb, K. A. (1994): Effect of fiber soured on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by *Clostridium difficile*. *Scand. J. Gastroenterol.*, 29. 916–922.
- Metzler, B. – Mosenthin, R. (2008): A review of interactions between dietary fiber and the gastrointestinal microbiota and their consequences on intestinal phosphorus metabolism in growing pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 21. 603–615.
- Molist, F. – Gómez de Segura, A. – Gasa, J. – Hermes, R. G. – Manzanilla, E. G. – Anguita, M. – Pérez, J. F. (2009): Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 149. 346–353.
- Molist, F. – Ywazaki, M. – Gómez de Segura, A. – Hermes, R. G. – Gasa, J. – Pérez, J. F. (2010): Administration of loperamide and addition of wheat bran to the diets of weaner pigs decrease the incidence of diarrhoea and enhance their gut maturation. *Br. J. Nutr.*, 103. 879–885.
- Molist, F. – Hermes, R. G. – Gómez de Segura, A. – Martín-Orúe, S. M. – Gasa, J. – Manzanilla, E. G. – Pérez, J. F. (2011): Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive performance and intestinal health in post-weaning piglets. *Br. J. Nutr.*, 105. 1592–1600.
- Montagne L. – Pluske J. R. – Hampson, D.J. (2003): A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 108. 95–117.

- Montagne, L. – Cavaney, F. S. – Hampson, D.J. – Lallès, J. P. – Pluske, J. R. (2004): Effect of diet composition on postweaning colibacillosis in piglets. *J. Anim. Sci.*, 82. 2364–2374.
- Montagne, L. – Le Floc'h, N. – Arturo-Schaan, M. – Foret, R. – Urdaci, M. C. – Le Gall, M. (2012): Comparative effects of level of dietary fiber and sanitary conditions on the growth and health of weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, 90. 2556–2569.
- Ndou, S. P. – Bakare, A. G. – Chimonyo, M. (2013): Prediction of voluntary feed intake from physicochemical properties of bulky feeds in finishing pigs. *Livest. Sci.*, 155. 277–284.
- Nielsen, T. S. – Lærke, H. N. – Theil, P. K. – Sørensen, J. F. – Saarinen, M. – Forssten, S. – Bach Knudsen, K. E. (2014): Diets high in resistant starch and arabinoxylan modulate digestion processes and SCFA pool size in the large intestine and faecal microbial composition in pigs. *Brit. Jour. Nutr.*, 112. 1837–1849.
- Noblet, J. – Le Goff, G. (2001): Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 90. 35–52.
- NRC (2012): Nutrient requirement of swine. National Academy Press, Washington D.C.
- Owusu-Asiedu, A. – Patience, J. F. – Laarveld, B. – Van Kessel, A. G. – Simmins, P. H. – Zijlstra, R. T. (2006): Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 84. 843–852.
- Pieper, R. – Jha, R. – Rossnagel, B. – Van Kessel, A. G. – Souffrant, W. B. – Leterme, P. (2008): Effect of barley and oat cultivars with different carbohydrate compositions on the intestinal bacterial communities in weaned piglets. *FEMS Microb. Eco.*, 66. 556–566.
- Pirman, T. – Ribeyre, M. C. – Mosoni, L. – Rémond, D. – Vrecl, M. – Salobir, J. – Mirand, P. P. (2007): Dietary pectin stimulates protein metabolism in the digestive tract. *Nutrition*, 23. 69–75.
- Rémésy, C. – Demigné, C. – Morand, C. (1995): Metabolism of short-chain fatty acids in the liver. In: Cummings J.H., Rombeau J.L. & Sakata T. *Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 171–190.
- Rijnen, M. M. J. A. – Dekker, R. A. – Bakker, G. C. M. – Verstegen, M. W. A. – Schrama, J. W. (2001): Effects of dietary fermentable carbohydrates on the empty weights of the gastrointestinal tract in growing pigs. Page 17 in *Digestive Physiology of Pigs*. J. E. Lindberg and B. Ogle, Eds. CABI Publishing, New York.
- Roberfroid, M. (1993): Dietary fibre, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Food Sci. Technol.*, 33. 103–148.
- Robert, S. – Matte, J. J. – Farmer, C. – Girard, C. L. – Martineau, G. P. (1993): High fiber diets for sows: Effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 37. 297–309.
- Robert, S. – Rushen, J. – Farmer, C. (1997): Both energy content and bulk of food affect stereotypic behavior, heart rate and feeding motivation of female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 54. 161–171.
- Robert, S. – Bergeron, R. – Farmer, C. – Meunier-Salaun, M. C. (2002): Does the number of daily meals affect feeding motivation and behavior of gilts fed high-fibre diets? *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 76.105–117.
- Rooke, J. A. – Slessor, M. – Fraser, H. – Thomson, J. R. (1998): Growth performance and gut function of piglets weaned at four weeks of age and fed protease-treated soya-bean meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 70. 175–190.
- Schedle, K. – Pnitzner, C. – Ettle, T. – Zhao, L. – Domig, K. J. – Windisch, W. (2008): Effects of insoluble dietary fibre differing in lignin on performance, gut microbiology, and digestibility in weanling piglets. *Arch. Anim. Nutr.*, 62. 141–151.
- Shi, X. S. – Noblet, J. (1993): Digestible and metabolizable energy values of 10 feed ingredients in growing pigs fed ad-libitum and sows fed at maintenance level - comparative contribution of the hindgut. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 42. 223–236.
- Smits, C. H. M. – Annison, G. (1996): Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poult. Sci. J.*, 52. 203–22.
- Souffrant, W. B. (2001): Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in pig. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 90. 93–102.

- Southgate, D. A. T.* (1990): Dietary fiber and health. In: D.A.T. Southgate (Ed.) Dietary Fiber: Chemical and Biochemical Aspects. Royal Soc. Chem., 10. Cambridge, U.K.
- Southgate, D. A. T.* (2001): Food components associated with dietary fibre. Handbook of Dietary Fibre in Human Nutrition, 3<sup>rd</sup> Ed. G. A Spiller, ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Stanogias, G. – Pearce, G. R.* (1985a): The digestion of fibre by pigs. 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. Br. J. Nutr., 53. 513.
- Stanogias, G. – Pearce, G. R.* (1985b): The digestion of fibre by pigs. 2. The effects of the amount and type of fibre on physical characteristics of segments of the gastrointestinal tract. Br. J. Nutr., 53.548.
- Thomson, J.* (2009): Feed-associated colitis of growing pigs and its interaction with enteric infections. Acta Sci. Vet., 37. 1–9.
- Van Soest, P.J. – Wine, R. H.* (1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constitutions. J. Ass. Off. Analyt. Chem., 50. 50-55.
- Varel, V.H. – Yen, J. T.* (1997): Microbial perspective on fiber utilization by swine. J. Anim. Sci., 75. 2715-2722.
- Wate, A. – Zindove, T. J. – Chimonyo, M.* (2014): Effects of feeding incremental levels of maize cob meal on physicochemical properties of bulkiness in digesta in growing pigs. Lives. Sci., 170. 124-130.
- Weber, T. E. – Traube, S. L. – Ziemer, C.J. – Kerr, B. J.* (2009): Evaluation of elevated corn fiber from corn germ meal in growing female pigs. J. Anim. Sci., 88. 192-201.
- Wellock, I. J. – Houdijk, J. G. M. – Kyriazakis, I.* (2007): Effect of dietary non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on gut health and the risk of post weaning enteric disorders in newly weaned piglets. Livest. Sci., 108. 186–189.
- Wenk, C.* (2001): The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Anim. Feed Sci. Technol., 90. 21–33.
- Whittemore, E. C. – Kyriazakis, I. – Tolkamp, B.J. – Emmans, G. C.* (2002): The short-term feeding behaviour of growing pigs fed foods differing in bulk content. Physiol. Behav., 76. 131–141.
- Willfart, A. – Montagne, L. – Simmins, H. – Noblet, J. – van Milgen, J.* (2007): Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. Livest. Sci., 109. 27–29.
- Williams, B. A. – Bosch, M. W. – Awati, A. – Konstantinov, S. R. – Smidt, H. – Akkermans, A. D. L. – Versteegen, M. W. A. – Tamminga, S.* (2005): In vitro assessment of gastrointestinal tract (GIT) fermentation in pigs: Fermentable substrates and microbial activity. Anim. Res., 54. 191–201.
- Williams, B. A. – Versteegen, M. W. A. – Tamminga, S.* (2001): Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. Nutr. Res. Rev., 14. 207-227.
- Zervas, S. – Zijlstra, R. T.* (2002): Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. J. Anim. Sci., 80. 3247-3256.
- Zijlstra, R. T. – Beltranena, E.* (2013): Swine convert co-products from food and biofuel industries into animal protein for food. Anim. Frontiers, 3. 2. 48-53.
- Zijlstra, R. T. – Beltranena, E.* (2014): High fiber swine diets. London Swine Conference: Positioning For Success, London

Érkezett: 2015. november

Szerzők címe: Nagy K.

Kaposvári Egyetem

Agrár- és Környezettudományi Kar, Táplálkozástudományi

és Termelésfejlesztési Intézet

Authors' address: Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

Department of Animal Nutrition

H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

kata.nagy@icloud.com

*Fébel H.*

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ  
Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet  
National Agricultural Research and Innovation Centre  
Research Institute for Animal Breeding, Nutrition and Meat Science  
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

*Tóth, T.*

Kaposvári Egyetem  
Agrár- és Környezettudományi Kar, Táplálkozástudományi és Termelésfejlesztési  
Intézet  
Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
Department of Animal Nutrition  
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

## GRATULÁLUNK

A Magyar Állattenyésztők Szövetsége elnöksége döntése alapján 2016. évben, több évtizedes oktatói és kutatói tevékenysége elismeréseként **Steffler József** *Horn Artúr díj* elismerésben részesült. **Kovácsné Dr. Gaál Katalin** a baromfitenyésztés területén végzett kiemel-

kedő oktatási, kutatási, továbbá fajta nemesítési és fajta fenntartási tevékenységének elismeréseként elnyerte a *Sófalvi Ferenc Vándordíjat*. Nemzeti ünnepünk alkalmából **Horn Péter** „**Magyar Érdemrend középkeresztje a csillaggal**” kitüntetést kapott.



# ÉHEZÉS HATÁSÁRA BEKÖVETKEZŐ ÉLETTANI FOLYAMATOK HALAKBAN (Irodalmi áttekintés)

VARJU MILÁN- MÉZES MIKLÓS

## ÖSSZEFOGLALÁS

A természetben minden élőlény szembesülhet a limitált táplálék ellátottsággal, amely egy adott populációban akár az egyedek egy részének elhullásához is vezethet. Minden állatnak szüksége van ugyanis folyamatos táplálóanyag ellátásra a szervezet dinamikus egyensúlyának fenntartásához, azaz a túléléshez és a reprodukcióhoz. Éhezés hatására viszont ez az egyensúly megbomlik. A takarmánnyal felvett energia mellett az egyes táplálóanyagok mennyisége is lényeges, mert a szervezet az esszenciális aminosavakat és zsírsavakat, továbbá a vitaminok jelentős részét és az ásványi anyagokat sem képes előállítani. Az éhező szervezet pedig táplálék hiányában mindezekből hiányt szenved. Jelen irodalmi áttekintésben összefoglaljuk azokat az élettani folyamatokat, melyek táplálék hiányában a halak szervezetében végbe mennek.

## SUMMARY

*Varju, M. – Mézes, M.:* STARVATION INDUCED PHYSIOLOGICAL CHANGES IN FISHES – A REVIEW

All animals face the possibility of limitations in feed resources that could ultimately lead to starvation induced mortality. Animals have requirement of nutrient and energy intake to survive and reproduction, besides to maintain the dynamic equilibrium of the physiological processes, but starvation causes the split of this balance. Besides energy, the amount of nutrients is also important, because animals unable to synthesise essential amino- and fatty acids, most of the vitamins or even minerals. Animals in starvation suffers from the deficiency all of these components. This review attempts to summarize all those physiological processes which are happened in the body of fishes in a period of withdraw from feed.

## BEVEZETÉS

A legtöbb nem-ragadozó halfaj a téli hónapok, illetve az ívási időszak alatt, csökkeneti, sőt akár teljesen be is szünteti, táplálékfelvételét, a vándorló halfajok pedig az ívóhelyre történő útjuk során nem táplálkoznak, amelynek hatására csökken az alapanyagcsere intenzitása, azaz a szervezet energia felhasználásának mértéke. A táplálékfelvétel neuroendokrin kontroll alatt áll (*Burkhardt-Holm és Holmgren, 1989*), amelyet - más tényezők mellett - a táplálékkal felvett tápanyagok is befolyásolnak. Így például az aminosavak, vagy a glükóz nagy mennyisége, továbbá a test nagy zsírtartalma egyaránt csökkentik a táplálékfelvételt (*Volkoff, 2011*).

Az időszakos táplálékmegevonásnak azonban kedvező hatásai is lehetnek a termelésre, mivel ezzel a módszerrel kihasználhatók az ún. „kompenzációs” növekedésből származó előnyök (*Shepherd és Bromage, 1992*). Emiatt rövidebb-hosszabb idejű részleges vagy teljes takarmánymegevonást még intenzív rendszerekben is alkalmaznak (*Eroldogan és mtsai, 2006*). *Small és mtsai, (2002)* csíkos sügéreken (*Morone saxatilis*) 4 hetes éhezést követően 33%-kal nagyobb növekedési hormon (GH) szintet mértek a hipofízisben folyamatosan etetett halakhoz képest, amely élettani magyarázatát adhatja a kompenzációs növekedésnek. *Paul és mtsai, (1995)* pedig alaszakai sárgaúszójú nyelvhalaknál (*Pleuronectes asper*) tapasztaltak 2 hetes takarmánymegevonás után nagyobb specifikus növekedési erélyt (SGR) a folyamatosan táplált kontroll csoporthoz viszonyítva.

A halgazdálkodás gyakorlatában általánosan elterjedt, hogy a nevelés utolsó fázisában, a béltraktus kiürülése és a test zsírtartalmának csökkentése érdekében, néhány hétig koplaltatják az értékesítésre szánt halakat (*McCue, 2010*). A táplálékmegevonás, azaz az időszakos táplálóanyag hiány ugyanakkor, kedvezőtlen hatást gyakorol a halak immunrendszerére, azaz ilyen időszakban fokozottan érzékenyekké válnak a betegségekkel szemben (*Kiron, 2012*).

## ÉHEZÉS HATÁSA AZ ENERGIAFORGALOMRA

Az élőlények folyamatos táplálkozással biztosítják a túléléshez, illetve a reprodukcióhoz szükséges energiamennyiséget. Egyes rákfajok (pl. *Artemia salina*) pete állapotban ugyanakkor képesek akár évekig is túlélni táplálkozás nélkül. Ennek révén képesek szervezetük dinamikus egyensúlyát fenntartani, azaz az energiabevitel egyensúlyban van a szervezet aktuális energiaigényével. Éhezés hatására azonban ez az egyensúly természetesen megbomlik (*Kleiber, 1975*).

Az energiaegyensúly megbomlása számos változást idéz elő a szervezetben, amelynek leggyakrabban dokumentált jele a testsúly csökkenése. Egyes halfajok között jelentős különbség van a testsúlycsökkenés mértékében (*1. táblázat*), amely függ a kiindulási testsúlytól, a testhőmérséklettől, valamint az evolúció során kialakult adaptációs mechanizmusoktól. A testsúly csökkenésének hatására a halak kondíciófaktora, illetve egyéb számított testarányai, így például a visceroszomatikus index (VSI), vagy a hepato-szomatikus index (HSI) értéke is változik (*Hung és mtsai, 1997*).

A gerincesek között jelentős különbség van az éhezés toleranciájában. Így például néhány kistestű madár és emlős faj csak mindössze egy napig képes elviselni az éhezést, számos kigyó- és békafaj viszont akár két éves koplalást is túléli. Az éhezési tolerancia „rekordot”, 1594 nap nem-hibernált állapotban, az európai

1. táblázat

**Egyes halfajok testtömeg veszteségének mértéke éhezés hatására**  
(McCue, 2010 nyomán)

Halfaj (1)	Idő (nap) (2) Hőfok (3)	Testsúly veszteség (%) (4)	Napi veszteség (% /nap) (5)	Forrás (6)
Csikos fűrészes sügér (7)	30	17	0,6	<i>Small és mtsai, (2002)</i>
Ponty (8)	56	24	0,4	<i>Blasco és mtsai, (1992)</i>
Atlanti tőkehal (9)	30	14	0,5	<i>Kamra (1966)</i>
Kínai harcsa (10)	28	14	0,5	<i>Fu és mtsai, (2011)</i>
Pontyfélék (11)	28	13	0,5	<i>Wieser és mtsai, (1992)</i>
Európai angolna (12)	90 (12C°)	37	0,4	<i>Inui és Oshima (1966)</i>
Európai angolna (13)	90 (28C°)	19	0,2	<i>Inui és Oshima (1966)</i>
Aranyhal (14)	12	5	0,4	<i>Stimpson (1965)</i>
Hering (15)	129	37	0,3	<i>Wilkins (1967)</i>
Afrikai tüdőshal (16)	180	11	0,1	<i>Janssens (1964)</i>
Csapósügér (17)	13 (15C°)	12	0,9	<i>Mehner és Wieser (1994)</i>
Csapósügér (18)	13 (20C°)	14	1,1	<i>Mehner és Wieser (1994)</i>
Csuka (19)	120 (6C°)	5	0,0	<i>Kristoffersson és Broberg (1971)</i>
Csuka (20)	120 (16C°)	10	0,1	<i>Kristoffersson és Broberg (1971)</i>
Rózsaszínű durbincs (21)	28	12	0,4	<i>Rueda és mtsai, (1998)</i>
Kóreai sziklahal (22)	31	8	0,2	<i>Yi és Chang (1994)</i>
Lazac (23)	42	2	0,1	<i>Soengas és mtsai, (1996)</i>
Farkassügér (24)	60	20	0,3	<i>Stirling (1976)</i>
Foltos kígyófejűhal (25)	142	32	0,2	<i>Woo és Cheung (1980)</i>
Tavi tok (26)	60	20	0,3	<i>Gillis és Ballantyne (1996)</i>
Nílusi tilápia (♀) (27)	45	16	0,3	<i>De Silva és mtsai, (1997)</i>
Szivárványos pisztráng (28)	120	23	0,2	<i>Pottinger és mtsai, (2003)</i>
Walleye	42	25	0,6	<i>Czesny és mtsai, (2003)</i>

Table 1. Effect of starvation on body weight loss of different fish species

species (1); period (day) (2); temperature (3); body weight loss (%) (4); daily weight loss (%/day) (5); reference (6); striped bass (7); carp (8); cod (9); chinese catfish (10); Cyprinid spp. (11); eel (12); eel (13); goldfish (14); herring (15); African lungfish (16); European perch (17); European perch (18); pike (19); pike (20); porgy (21); Korean rockfish (22); salmon (23); sea bass (24); snakehead (25); lake sturgeon (26); nile tilapia (27); rainbow trout (29)

angolna (*Anguilla anguilla*) tartja (Boëtius és Boëtius, 1985). Az éhezés toleranciája függ a testhőmérséklettől, azaz poikiloterm élőlényeknél a környezet, halak esetében a víz hőmérsékletétől. Az ún. hidegvérű fajok lassabb súlycsökkenéssel hosszabb idejű éhezést képesek elviselni, mint a melegvérűek. Számos halfajról leírták, hogy képesek akár több mint 100 napos éhezést is túlélni (McCue, 2010).

Éhezés során az energia felvétel csökkenésére először a tápcsatorna szöveteiben következik be kimutatható mértékű csökkenés (Ostaszewska és mtsai, 2006). Ezt követően a májban és a zsírszövetben megy végbe lassabb, de jelentős mértékű súlycsökkenés (Cook és mtsai, 2000). A zsigerek súlyának csökkenése főképp a zsírtartalom csökkenéséből ered, míg a vázizomzat súlyának csökkenése fehérje tartalmának csökkenésére vezethető vissza, az izomzat ugyanis fehérjetartalékként szolgál az éhezés alatt. Egyes létfontosságú szervek, így például a szív, a vese, az agy, illetve a szaporítószervek súlya általában nem változik, emiatt a teljes testsúlyhoz viszonyított arányuk nő. Ez a jelenség arra utal, hogy a szervezet védi ezeket a szerveket az energiahányos állapot hatására bekövetkező katabolikus folyamatoktól, azokban az csak lassabban, és főképp később következik be (McCue, 2010).

Éhezés során csökken az ATP szintézis intenzitása is, ami arra utal, hogy a szervezet sejtszintű és molekuláris adaptációval egyaránt igyekszik energiafelhasználását csökkenteni. Az éhezés hatással van a halak viselkedésére is, amellyel a szervezet energiafelhasználása szintén csökkenthető. Megfigyelték, hogy

1. ábra A vérplazma glükóz és keton test koncentrációjának változása éhezés hatására (McCue, 2010 nyomán)

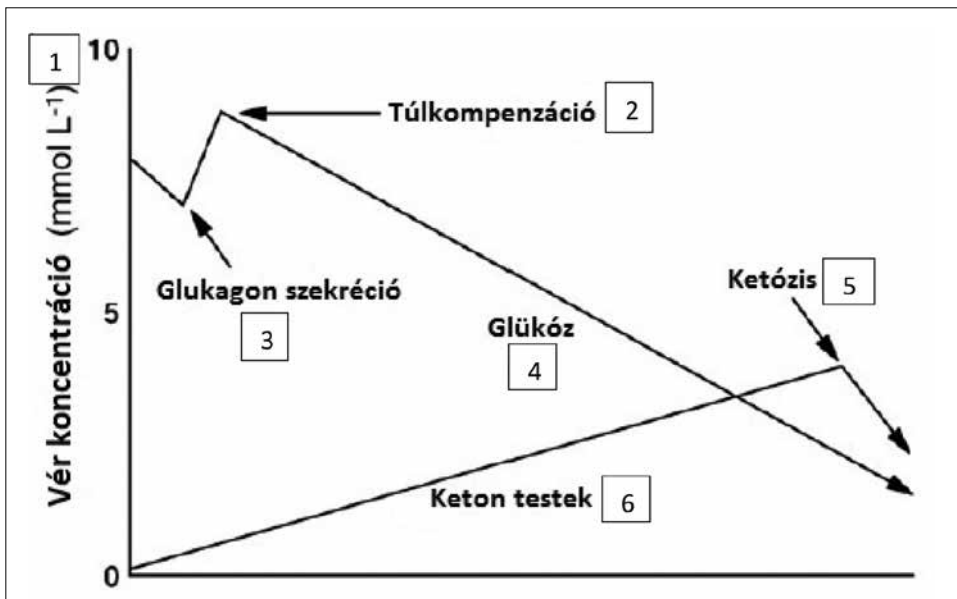


Figure 1. Changes of the blood plasma concentration of glucose and ketone bodies during starvation blood concentration (1); over-compensation (2); glucagon release (3); glucose (4); ketosis (5); ketone bodies (6)

a legtöbb éhező állat mérsékelt, lassabb helyváltoztatást és mozgási intenzitást mutat (*Hogendoorn*, 1983).

Bodorkánál azt is megfigyelték (*van Dijk és mtsai*, 2002), hogy ilyenkor ösztönösen hidegebb mikrokörnyezetet választ. Ennek hatására ugyanis csökken a testhőmérséklet, így a szervezet energiaigénye is. Ez viszont olyan 'kompromisszum-helyzetet' idéz elő, amelyben az egyed, bár hosszabb ideig képes tolerálni a táplálékhiányos állapotot, de ennek kedvezőtlen hatása lesz a fejlődésre, a ragadozók elkerülésének képességére, valamint az immunrendszerre egyaránt (*McCue*, 2010).

Az éhezést, valamint a szervezet energiafelhasználását egyaránt jelezheti a légzési hányados (RQ) és a légzési gázcsere arányszámának (RER) változása is. Az afrikai rövidfarkú angolnánál (*Synbranchus marmoratus*) megfigyelték - bár ez a faj az atmoszferikus levegőből is képes hasznosítani az oxigént - hogy a vizes közeg eltűnésével az iszapba ágyazódva várja a következő esős évszakot. Ebben az időszakban táplálékot nem fogyaszt, oxigénfelvétele viszont az átlagos érték  $\frac{1}{4}$ -ére csökken (*Eduardo és mtsai*, 1979). Az élettani tulajdonságaiban hasonló ausztrál 'szalamandrahal' (*Lepidogalaxias salamandroides*) oxigénfogyasztására viszont az éhezés nem volt hatással (*Pusey*, 1986). Trópusi farkaslazacokban (*Hoplias malabaricus*) az átlagosnál 36,4 %-kal alacsonyabb oxigén felvételt mértek 240 napos - extrém hosszúságú - éheztetés után (*Rios és mtsai*, 2002). Egyes kutatók szerint a hosszan tartó éhezés során a csökkent oxigénfelvétel oka, hogy a táplálékhiányos környezetnek általában velejárója a víz alacsony oldott oxigéntartalma. Egyes fajok jobban, míg mások kevésbé adaptálódtak ezekhez a környezeti tényezőkhöz, így csökkent anyagcseréjük mellett alacsonyabb légzési igényeik is vannak (*McCue*, 2010).

## ÉHEZÉS HATÁSA A SZÉNHYDRÁT ANYAGFORGALOMRA

Táplálkozás hiányában a vérben keringő glükóz mennyisége, elsősorban annak csökkenése, az egyik legtöbbet vizsgált paraméter. A hipoglikémiára a szervezet a glukagon elválasztás növelésével reagál (1. ábra), ami fokozza a májban a glikogénolízist és a glükoneogenezist (*Husvéth*, 2000). Ennek hatására nő továbbá a májsejtek membránjának aminosav-permeabilitása, és az aminosavak glükózzá történő transzformációja, annak érdekében, hogy a szervezet visszaállítsa éhezés előtti glükóz szintjét.

A folyamat hatékonyságát jelzi, hogy a vérplazma glükóz szintje tavi tokban (*Acipenser fulvescens*) még 60 napos éhezés során is közel azonos szinten maradt (*Gillis és Ballantyne*, 1996). Figyelemreméltó továbbá, hogy néhány halfajban, így például aranyhalban (*Carassius auratus*); foltos kígyófejű halban (*Ophiocephalus maculatus*); Brycon-pontylazacban (*Brycon cephalus*) vagy az északi durbincsbán (*Pagellus bogaraveo*) az éhezés hatására bekövetkező hipoglikémiára a szervezet „túlkompenzációval” reagál, azaz a vér glükóz szintjét az éhezés előtti állapot meghaladó szintre emeli (*Chavin és Young*, 1970; *Sakamoto és Yone*, 1978; *Woo és Cheung*, 1980; *Figueiredo-Garutti és mtsai*, 2002). A szénhidrátok, ezen belül a glükóz, energetikai szempontból halaknál egyébként kisebb jelentőségű, mint más gerincesekben, mert a glükóz oxidációjának mértéke általában kisebb. Ezt a tényt feltétlenül figyelembe kell venni az éhezés során bekövetkező folyamatok

tárgyalása során, mivel arra utal, hogy a hiányzó energiát a halak nem elsősorban a glikogén lebontásából és a glükóz oxidációjából nyerik (Krogdahl és Sundby, 2010).

Ennek ellenére az is ismert, hogy néhány halfaj, így például a foltos afrikai tündőshal (*Protopterus dolloi*) kivételével a legtöbb halfaj képes csökkenteni, sőt akár teljes mértékben felhasználni az izom és a máj glikogéntartalékait (Frick és mtsai, 2008a,b). Az egyes halfajok között különbségek vannak az éhezés előrehaladtával a tartalékok visszaépítésének képességében is, mivel néhány csak részben, míg mások, glükoneogenezis útján, akár teljes mértékben képesek visszaépíteni az izom és a máj glikogén tartalékait (McCue, 2010). A szervezet az éhezésre, mint stresszhatásra reagálva ugyanakkor katekolaminokat (adrenalin, noradrenalin) szabadít fel, amelyek a szimpatoadrenális rendszeren keresztül serkentik a glikogenolízist, majd az ACTH hatására megindul a kortizol szintézise és elválasztása, amely szintén fokozza a szervezet glükogenetikus aminosavainak és lipidjeinek glükózzá alakítását (Janssens és Waterman, 1988).

Az állati szervezet szénhidrát anyagcseréjét alapvetően befolyásoló két hormont, az inzulint és a glukagont, a pancreas folyamatosan termeli, ezért az éhezés hatásának vizsgálata során ennek a két hormonnak csak egyidejű vizsgálata jelzőértékű. Hosszabb idejű éhezéskor, amikor a fehérjék, pontosabban a glükogenetikus aminosavak lesznek az elsődleges metabolikus energiaforrások, illetve amikor az éhezés során a szervezet igyekszik glikogéntartalékait folyamatosan visszatermelni, az inzulin és a glukagon elválasztás egyaránt megnövekedhet. Ezekben az esetekben a glükoneogenezist a glukagon stimulálja, míg az inzulin az ily módon képződött glükózból történő glükogenezist. A glükózfelhasználás és a glükoneogenezis mértékét kizárólag a vér glükózsztídjének mérésével nem lehet meghatározni, egyes enzimek aktivitásának monitorozása viszont pontos becslést tesz lehetővé. Halakban a glikolitikus enzimek közül a hexokináz, a glükokináz és a foszfofruktokináz (Moon, 1983; Mendez és Wieser, 1993, Soengas és mtsai, 1996,1998), a glükoneogenetikus enzimek közül pedig a glükóz-6-foszfóriláz, a fruktóz-1,6-biszfoszfátáz, a foszfoenolpurivát karboxikináz, a glicerol-3-foszfát dehidrogenáz, továbbá egyes transzaminázok aktivitásának változása lehet jelzőértékű (Moon, 1983; Foster és Moon, 1991; Segner és mtsai, 1997). Éhezés során a glikolitikus enzimek aktivitásának csökkenését és a glükogenetikus enzimek aktivitásának egyidejű növekedését számos halfajban leírták, a különbségek mértékében azonban jelentős fajok közötti eltérések mutatkoztak (McCue, 2010).

## ÉHEZÉS HATÁSA A LIPID ANYAGFORGALOMRA

A szervezet energiaforrásai közül a lipidek, trigliceridek formájában, a hasüregben és a bőr alatti szövetekben, továbbá az izomban lévő zsírszövetben tárolódnak.

Éhezés során a különböző halfajok a zsírokat, szabad zsírsavak formájában, eltérő zsírdépből mobilizálják. Vizában (*Huso huso*), fehér tokban (*Acipenser transmontanus*), és rózsaszínű durbincsban (*Pagrus pagrus*) főképp a hasúri zsír mennyisége csökkent (Falahatkar, 2012; Caruso és mtsai, 2012; Hung és mtsai, 1997). Az atlanti lazac (*Salmo salar*) viszont főképp az izom zsírtartalmát mobilizálja (Einen és Thomassen, 1998; Einen és mtsai, 1998). Az európai angolna (*Anguilla anguilla*), vándorlási és ivaréresi sajátosságai miatt, hasúri zsírtartalékait szinte

teljes mértékben feléli. Ez egyfelől fedezi a spermiogenezis, illetve az oogenezis energiaigényét, másfelől a hasúri zsír mozgósítása után annak a hátizomban való felhalmozódását idézi elő, amely összefüggést mutat az angolna vándorlása során szükséges energiaigényével (Müller és mtsai, 2004b,2012). Emiatt az angolna húsában az éhezés alatt akár kétszeresére is nő a lipid tartalom (Moon, 1983). Ikrásoknál, a spermánál jóval energiaigényesebb ikra érésének hatására, viszont már a hátizomban lévő zsírraktárakban is jelentős csökkenést lehetett kimutatni (Müller és mtsai, 2004a).

Jelentős különbségek mutatkoznak egyes halfajok között az éhezés hatására a szervezet zsírdépőiben bekövetkező mennyiségi változásokban is. A legtöbb halfaj képes elviselni a test teljes zsírtartalmának akár 20-70 %-os csökkenését is (Satoh és mtsai, 1984; Shoemaker és mtsai, 2003; Simpkins és Hubert, 2003). Az izomzat zsírtartalmában bekövetkezett változások azonban fajonként jelentős eltérést mutatnak. Jundiában (*Rhamdia hilarii*) és koreai-sziklahalban (*Sebastes schlegelii*) 50%-os intramuszkuláris zsírtartalom csökkenést is mértek (Machado és mtsai, 1988; Yi és Chang, 1994).

Éhezés során, a hormon-szenzitív lipáz hatására fokozódik a glicerinnel és a nem-észterifikált zsírsavaknak (NEFA) a triglicerid raktárakból történő mozgósítása, majd a NEFA, a máj és részben az izom mitokondriumokban,  $\beta$ -oxidációval energiatermelésre használandó fel (Clarenburg, 1992).

A vérben keringő lipid-metabolitok (trigliceridek, glicerinnel, zsírsavak és lipoproteinek) mérését gyakran használják annak megállapítására, hogy mely lipidek mobilizálódnak az éhezés ideje alatt. A vérplazmában mérhető lipid metabolitok mennyisége azonban jelentős mértékben változik az éhezés során, annak értéke azonban önmagában nem ad információt arról, hogy ezt a változást azok mobilizációja, vagy éppen oxidációja idézte-e elő. A vérben lévő trigliceridek megnövekedett szintjét például éppúgy előidézhetheti a fokozott lipid mobilizáció, mint a fokozott katabolizmus. A triglicerid szint szintén eltérő lehet éhező állatoknál (csökkenés vagy növekedés), míg a glicerinnel és a szabad zsírsavak (NEFA) szintje sokkal kiszámíthatóbb eltérést mutat éhezés során. A vér növekvő glicerinnel szintjét számos halfajnál leírták, mint az éhezés egyik paraméterét. A glicerinnel ugyanis fontos glükogenetikus perkurzor, így mennyiségének változása a glükogenezis mértékére is utal. Számos halfajnál (európai angolna, vörös durbincs, brycon-pontylazac, szivárványos pisztráng) bizonyították, hogy éhezés során a vérplazma NEFA koncentrációja először nő, később mérsékelten csökken, majd hosszú idejű éhezés során ismét növekszik, amely változások feltehetően összefüggésben vannak a zsírdépők aktuális méretével (Larsson és Lewander, 1973; Woo és Murat, 1981; Figueiredo-Garutti és mtsai, 2002; Leatherland és Nuti, 1981).

A zsírok mobilizációja során megváltozik a zsírdépők zsírsav összetétele is. Ponty (*Cyprinus carpio*) hosszan tartó éhezése során (pl. a téli időszakban) elsősorban telített zsírsavait mobilizálja (Zajic és mtsai, 2012). Csengeri (1996) viszont azt figyelte meg, hogy éhezés során a ponty főképp az egyszerűen telítetlen zsírsavakat, így az olajsavat használja fel energiatermelésre, miközben a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége nem változott. Lazacban is először a telített zsírsavak aránya csökkent, míg az egyszerűen (MUFA) és többszörösen (PUFA) telítetlen zsírsavak részaránya nőtt (Einen és mtsai, 1998). Éhező hibrid

tilápia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) májában is nőtt a PUFA részaránya (De Silva és mtsai, 1997).

A zsírsavak oxidációja során, amennyiben az  $\beta$ -oxidációval zajlik, a keletkező acetát acetyl-coenzim-A-vá alakul, amely a citrátkörben energiatermelésre fordítódik. A májban (és részben a vesékben) zajló folyamat során viszont, megfelelő szubsztrát (oxálecetsav) hiányában, az acetyl-KoA nem képes bekapcsolódni a citrátkörbe. Ez glükózhányos állapotokban következhet be és ennek során a szabad, kémiaiilag reaktív acetyl-KoA molekulák egymással reagálnak és acetoacetyl-KoA-vá alakulnak, amelyből további metabolikus lépések során ketontestek, így acetecetsav, aceton vagy D- $\beta$ -hidroxivajsav keletkeznek (Wunderlich és Szarka, 2014).

Hosszú idejű éhezés során a glikogén raktárak kimerülése miatt a vérben keringő glükóz mennyisége kritikus érték alá csökken, emiatt a ketontestek válnak a szervezet fő energia forrásává. Ez elsősorban azoknál a szöveteknél fontos, amelyek nem képesek a zsírsavakat közvetlenül felhasználni, így például az idegszövet (a zsírsavak nagy része nem jut át a vér-agy gáton), vagy a szívizomzat. A ketolízis fontosságáról az éhezés alatt bekövetkező folyamatokban megoszlanak ugyan a vélemények, de azt halaknál kevésbé tartják jelentősnek. Black és Love (1986) szerint például atlanti tőkehalnál (*Gadus morhua*) a ketontesteknek nincs jelentősége az éhezés során bekövetkező energiahány pótlásában. Zammit és Newsholme (1979) szerint viszont a valódi csontoshalaknál (*Teleostei*) kevésbé, míg a porcoshalaknál, így például a cápáknál és rájáknál, éhezés során a ketontestek az izomzat fő tápanyagforrásai. Ezt a megállapítást De Roos (1994) is alátámasztotta, mivel éheztetett tuskécápák (*Squalus acanthias*) vérében megfelelő tápláltsági állapot esetében a D- $\beta$ -hidroxivajsav és az acetecetsav aránya 4:1 volt, az éhezés előrehaladtával viszont mindkét ketontest szintje nőtt, de az arány nem változott. Singer és mtsai, (1990) a tavi tok (*Acipenser fulvescens*) egyes szöveteiben mért jelentős  $\beta$ -hidroxivajsav dehidrogenáz, azaz ketolízisre utaló, aktivitást.

A ketontestek hatását leírták továbbá atlanti lazacban (*Salmo salar*), valamint a D- $\beta$ -hidroxivajsav mérsékelt emelkedését szívárványos pisztrángban (*Oncorhynchus mykiss*) (Soengas és mtsai, 1996, 1998) is. Éhező pontyokban (*Cyprinus carpio*), bár a vérplazmában és a májban is kimutattak acetecetsavat, annak koncentrációja az éhezés során nem változott. (Segner és mtsai, 1997). Afrikai tüdőshalban (*Protopterus dolloi*) pedig azt találták, hogy bár képes hasznosítani a D- $\beta$ -hidroxivajsavat, de éhezéskor annak mennyisége nem változott (Frick és mtsai, 2008b). Rózsás tengeri durbincsban (*Chrysophrys major*) ugyanakkor a vérplazma csökkenő szabad zsírsav és egyidejűleg csökkenő D- $\beta$ -hidroxivajsav szintjét mérték, miközben a glükóz és laktát szint nem változott (Woo és Murat, 1981).

## ÉHEZÉS HATÁSA A FEHÉRJE ANYAGFORGALOMRA

Számos kutató vizsgálta éhezés során a fehérjéknek, mint a szervezet potenciális energiaforrásainak lebontását, továbbá azt az élettani folyamatot, amelynek hatására a szervezet zsírlélebontásból átvált a fehérjék lebontására. Azt figyelték meg, hogy ez csak akkor következik be, ha a test teljes zsírtartalma egy kritikus érték alá csökken. Farkaslazacokban (*Hoplias malabaricus*) például azt találták,



hogy hosszú távú éhezés során csak az egyéb energiaraktárak teljes kimerülése után kezdett a halak szervezete izomfehérjét is mobilizálni (*Rios és mtsai*, 2002). A fehérje mobilizáció vándorló halak esetében viszont jelentős mértékű lehet, így például a lazacok teljes izomfehérje mennyiségük akár felét is elveszíthetik, amennyiben az út hossza meghaladja az 1000 km-t (*Volkoff*, 2011).

Folyamatos táplálkozás mellett az állati szervezetben neutrális fehérjeegyensúly áll fenn, azaz a fehérjeszintézis és -lebontás/felhasználás közel azonos mértékű. A különböző fehérjék szintézisének és lebontásának mértéke azonban eltérő, mivel az részben függ a szervezetben betöltött funkciójuktól. Hosszútávú éhezés során viszont ez az egyensúly felborul, mert ilyenkor a szervezet több fehérjét bont le, mint amennyit egyidejűleg szintetizálni képes. A fehérje lebontási folyamatok hatására megváltozik a vérben keringő fehérje metabolitok mennyisége, a szövetekben mérhető enzimek aktivitása, továbbá a szövetek fehérjetartalma és a nitrogén kiválasztás mértéke is (*Shimeno és mtsai*, 1990; *Foster és Moon*, 1991). A vérplazma összes fehérje és szabad aminosav szintjének mérését régóta használják annak megállapítására, hogy mely fehérjék, és milyen mértékben mobilizálódnak éhezés hatására. Ezek az értékek azonban - akárcsak a zsírmolekulák esetében - nem adnak információt arról, hogy az adott fehérjemolekula mobilizációja, vagy oxidációja zajlik-e (*McCue*, 2010).

Halakban a vérplazma összes fehérje és szabad aminosav tartalma éhezés alatt általában csökken. *Shimeno és mtsai*, (1990) pontyban (*Cyprinus carpio*), *Woo és Murat* (1981) rózsás tengeri durbincsban (*Chrysophrys major*), *Shoemaker és mtsai*, (2003) pedig csatornaharcsában (*Ictalurus punctatus*) mutattak ki éhezés hatására jelentős mértékű csökkenést.

A fehérjék lebomlása során felszabaduló aminosavak közül az ún. glükogenetikus aminosavak alkalmas szubsztrátok a glükoneogenezishez. A test fehérjéinek (vázizomzat) legnagyobb hányadát alkotó fehérjék döntően alanin és a glutamin aminosavakból állnak, emiatt ennek a két aminosavnak a mennyiségi mérése alkalmasnak tűnik az éhezés alatt bekövetkező fehérje lebontási folyamatok monitorozásához (*Felig és Pozefsky*, 1970; *Ruderman és Berger*, 1974).

A halak nitrogén anyagcseréjének végterméke elsősorban az ammónia, de emellett karbamid is keletkezik. Éhezés során a vér karbamid-nitrogén (BUN) szintjének mérése tehát szintén alkalmas lehet a fehérje bomlás mérésére, amint azt *Kristoffersson és Broberg* (1971) éheztetett csukában (*Esox lucius*) kimutatták. Az egyes halfajok között azonban jelentős eltérések vannak a BUN értékében, akárcsak nem éheztetett állatok véreinek ammónia és karbamid tartalmában (*McCue*, 2010).

Annak ellenére, hogy jól ismert miszerint az állati szervezet először a szénhidrátokat bontja, ezt követően a zsírokat, és csak végül a fehérjéket, a nitrogén kiválasztás mértéke az éhezés előrehaladtával, fajonként eltérő mértékben ugyan, de folyamatosan nő (*Pusey*, 1986). Ugyanakkor például *Inui és Oshima* (1966) angolnában szignifikáns mértékű csökkenést mértek éhezés hatására. Az eltérések oka az lehet, hogy a fehérjék és aminosavak éhezés alatti dinamikájának vizsgálatára nem a nitrogén tartalmú anyagok mennyiségének mérése, hanem inkább a komponens-specifikus stabil izotóp-analízis (CSIA) vizsgálat alkalmas, amint azt *Martinez del Rio és mtsai*, (2009) kimutatták.

## ÉHEZÉS HATÁSA A NUKLEOTID ANYAGFORGALOMRA

A DNS és RNS szintek jelzőértékűek lehetnek az éhező szervezet szöveteiben bekövetkező változások felmérésére is. A sejtek DNS tartalma ugyanis viszonylag állandó, így ha annak mennyisége csökken, például éhezés hatására, akkor ez az arra utal, hogy vagy csökkent a sejtek száma, vagy azok mérete (*Black és Love*, 1986). A sejtek RNS szintjének mérését az állati szövetekben általában a fehérjeszintézis vizsgálatára használják (*Lyndon és mtsai*, 1992), de *McMillan és Houlihan* (1988) éheztetett szivárványos pisztrággal végzett vizsgálataik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az RNS mennyiségi mérése nem tekinthető jelzőértékűnek a fehérje szintézis vizsgálatához.

## ÉHEZÉS HATÁSA A VÍZFORGALOMRA

Éhezés következtében az egyes szervek tömege csökken, amellyel egyidejűleg azok víztartalma is megváltozik. A víz ugyan nem szolgáltat energiát, viszont a sejtek szénhidrát, zsír vagy fehérje tartalmának csökkenésével annak relatív mennyisége nő. Számos halfajban, így például *Moon* (1983) amerikai angolnában (*Anguilla rostrata*), *Frick és mtsai*, (2008a) afrikai tüdőshalban (*Protopterus dolloi*), *Woo és Cheung* (1980) foltos kígyófejű halban (*Ophiocephalus maculatus*), *Yi és Chang* (1994) pedig koreai-sziklahalban (*Sebastes schlegeli*) leírták, hogy éhezés hatására nőtt egyes szervek víztartalma. *Black és Love* (1986) például atlanti tőkehalban (*Gadus morhua*) azt észlelték, hogy ha a szöveti víztartalom 81% fölé emelkedik, akkor az egyértelmű jele az éhezésnek. Az egyes izomtípusok között viszont eltérést tapasztaltak a megnövekedett víztartalomban, míg ugyanis a vörös izomban 85%, addig a fehér izomban 88% víztartalmat mértek 155 napos éhezést követően.

A víztartalom ilyen jelentős mértékű növekedésének lehetséges magyarázata az, hogy az éhezés során nagy mennyiségben keletkező metabolitok hatására megnő a sejtekben az ozmotikus nyomás és ez idézi elő a víz beáramlását. Egy másik magyarázat szerint viszont a sejtek azért helyettesítik az éhezés során lebomló, illetve mobilizálódó vegyületeket vízzel, hogy ennek révén megőrizték állandó méretüket és így zavartalanul működhessenek az éhezés során (*McCue*, 2010).

A vízforgalommal összefüggésben utalni kell a hematokrit érték változására is, mivel a vérben ez jelzi a víztartalom változását. *Kamra* (1966) atlanti tőkehalban (*Gadus morhua*), *Woo és Cheung* (1980) foltos kígyófejű halban (*Ophiocephalus maculatus*) talált csökkenést a hematokrit értékben éhezés hatására. *Gillis és Ballantyne* (1996) pedig tavi tokban (*Acipenser fulvescens*) mértek jelentősen alacsonyabb hematokrit értéket 60 nap takarmánymegvonást követően. *Rios és mtsai*. (2002) hosszú időn keresztül éheztetett farkaslazacokban (*Hoplias malabaricus*) hasonló változást észleltek, de emellett a vörösvérsejt szám is csökkent, amely utóbbi még az újraetétést követően sem állt vissza a kiindulási értékre. *Shoemaker és mtsai*, (2003) a vér hemoglobin tartalmából következtetett a vér víztartalmának csökkenésére, és azt találták, hogy csatornaharcsában (*Ictalurus punctatus*) 4 hetes éheztetés után szignifikáns mértékben csökkent annak értéke.

A változás irányától függetlenül a vér hemoglobin koncentrációja éhezés során általában egyirányban változik a hematokrit értékkel, amit *Sakamoto és Yone* (1978)

rózsás tengeri durbincsban (*Chrysophrys major*), Rios és mtsai, (2002) pedig farkaslazacban (*Hoplias malabaricus*) tapasztalt. Ince és Thorpe (1976) csukákkal (*Esox lucius*) végzett éheztetési kísérlete során szintén csökkent hematokrit és hemoglobin koncentrációt talált, amelyet az éhezés hatására bekövetkező csökkent mértékű vörösvérsejt-képződéssel magyaráztak.

## ÉHEZÉS HATÁSA AZ ÁSVÁNYIANYAG FORGALOMRA

A szöveti víztartalomhoz hasonlóan az ásványianyag tartalom relatív növekedését is számos vizsgálat során leírták éhezés hatására. Wilkins (1967) négy hónapi éheztetett heringekben (*Clupea harengus*), Stirling (1976) farkassügréekben (*Dicentrarchus labrax*), Cook és mtsai, (2000) pedig transzgénikus atlanti lazacban (*Salmo salar*) mértek az éhezést követően nagyobb hamutartalmat. A legtöbb vizsgálat során csak a halhús, vagy a teljes test hamutartalmát mérték, Czesny és mtsai, (2003) azonban észak-amerikai süllőben (*Sander vitreum*) 6 hetes táplálék-megvonás után az egyes ásványi anyagokat külön is vizsgálva, szignifikánsan nagyobb P, Ca, Mg, Zn és Na szinteket találtak. A megnövekedett ásványi anyag tartalmat a testtömegben bekövetkezett csökkenéssel hozták összefüggésbe.

Az ásványi anyag ellátottság zavara, így például éhezés, során jelentős mértékű mobilizációra is lehetőség van, így például számos halfajban ilyenkor a szálkák szolgálnak elsődleges kalcium forrásként. A szervezet teljes ásványi anyag mennyiségének folyamatos fenntartása különösen fiatal állatokban jelentős, ahol gyorsabb és nagyobb arányú a nagy ásványi anyag tartalmú szövetek (pl. csont és vér) fejlődése. Ezt támasztja alá az a megfigyelés is, hogy extrém hosszú időtartamú (1594 nap) éhezés hatására európai angolnában (*Anguilla anguilla*) jelentős mértékű csonttömeg veszteséget írtak le (Boëtius és Boëtius, 1985).

## ÉHEZÉS HATÁSA A HÚSMINÓSÉGRE

Halaknál az éhezés következtében megváltozott húsminőségre vonatkozóan kevés adat áll rendelkezésre. Ezek szerint a takarmánymegvonás, közvetett módon, befolyásolja az eltarthatóságot, a halhús állagát és annak textúráját is. A halhús zsírtartalmának csökkenésével párhuzamosan ugyanis nő annak víztartalma, ennek hatására nő a baktérium szám és a bakteriális bontási folyamatok intenzitása, emiatt gyorsabban bekövetkezik a halhús romlása. Energiahiányos állapotban, így például éhezéskor, emellett a glikogén raktárak gyorsan kiürülnek, emiatt csökken a *post mortem* termelődő tejsav mennyisége, így nem csökken, hanem esetleg nő a hús pH értéke, ami tovább növeli a bakteriális szennyeződés mértékét, így a hús eltarthatóságát csökkenti. Az éheztetett halak húsa emellett puhább állagú és lazább szerkezetű is, ami rontja azok fogyasztói minőségét (Álvarez és mtsai, 2008).

## ÉHEZÉS HATÁSA A LIPIDPEROXIDÁCIÓS FOLYAMATOKRA

Az éhezés, mint stressz faktor hatására fokozódik a lipidperoxidáció is, amelynek kiváltó oka, hogy a telítetlen kettőskötéseket tartalmazó zsírsavak szabadgyök-állapotba kerülnek. Az így kialakuló szabadgyökök más zsírsav molekulák mellett károsíthatják a fehérjéket és a nukleinsavakat is, ami egyes sejtszervecskék

károsodása mellett olyan jelátviteli utak aktiválásához is vezet, amelyek hatására apoptotikus vagy nekrotikus sejthalál következik be (Halliwell és Gutteridge, 2000). A szabadgyökök káros hatásai ellen viszont egy hatékony védelmi mechanizmus alakult ki, amelyet az antioxidáns enzimek és a táplálékból felvett, valamint a szervezetben képződő, antioxidáns molekulák biztosítanak (Mézes és Matkovic, 1988). Az enzimatis védelemet a szuperoxid-dizmutáz (SOD), a glutation peroxidáz (GPx), a kataláz (CAT), a glutation S-transzferáz (GST) és a glutation reduktáz (GR) biztosítják. Ezek mellett a kis molekulású antioxidánsok, így a redukált glutation (GSH), az  $\alpha$ -tokoferol (E-vitamin) és az L-aszorbinsav (C-vitamin) is fontos tagjai a biológiai antioxidáns védelmi rendszernek.

Morales és mtsai, (2004) fogasdurbincsökön (*Dentex dentex*) végzett vizsgálatai alapján megnövekedett lipidperoxidációs folyamatokat és az antioxidáns védelem növekvő mértékét mérték, amely az újraetetés során visszatért a kiindulási szintre, Bayir és mtsai, (2011) sebes pisztrángban (*Salmo trutta*) viszont éheztetés hatására visszafordíthatatlan oxidatív károsodást tapasztaltak a májban. Az antioxidáns enzimek közül a SOD és a GPx aktivitása éhezés során viszonylag gyorsan nő, amint azt Zhang és mtsai, (2008) kimutatták sárga árnyékhalak (*Pseudosciaena crocea*) májában már három napos éheztetés után. Egyesek szerint a glükóz-6-foszfát dehidrogenáz szintén fontos a halak antioxidáns védelmében (Vigano és mtsai, 1993; Barroso és mtsai, 1998; Metón és mtsai, 2003), amelynek biokémiai magyarázata az, hogy főképp ez biztosítja az oxidálódott GSH redukciójához szükséges hidrogént a NADPH termelés révén.

A GPx aktivitása ugyanakkor hosszan tartó éhezés során folyamatosan csökken, amely növeli az oxigén szabad gyökök által kiváltott lipidperoxidációs folyamatok intenzitását (Pascual és mtsai, 2003; Zhang és mtsai, 2008), amelyre a lipidperoxidációs folyamatok metastabil végtermékének, a malondialdehid (MDA), koncentrációjának szignifikáns mértékű növekedése is utal. Ezt a hatást minden éheztetés vizsgálat során kimutatták, de ilyen változásokat találtak a téli éhezési időszakban is ponty (*Cyprinus carpio*) májában (Mézes és Ling, 1986).

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az éhezéssel kapcsolatban eddig megjelent nagyszámú közlemény alapján levonható az a következtetés, hogy az jelentős változásokat idéz elő a halak élettani folyamataiban, mivel az anyagcsere építőőről lebontóra módosul, a szervezet mozgósítja energiaraktárait (szénhidrátok, zsírok, fehérjék), továbbá számos egyéb olyan biokémiai változás következik be, amelyek a szervezet egyre fokozódó energia- és táplálóanyag hiányát jelzik. A takarmánymegvonás gazdasági jelentőségét ugyanakkor az adhatja, hogy annak révén csökkenthető az intenzíven takarmányozott, azaz abrakon vagy keveréktakarmányon nevelt hal hújának zsírtartalma, illetve befolyásolható a filé zsírsavösszetétele. Éhezés során ugyanis a halhúsban megnő a humán táplálkozás-élettani szempontból kedvezőbb, többszörösen telítetlen zsírsavak aránya, sőt esetenként azok mennyisége is. Hosszú távú éhezés viszont már negatív hatást gyakorol a halhús eltarthatóságára, textúrájára és konzisztenciájára is.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Álvarez, A.-García, B.G.- Garrido, M.D.- Hernández, M. D. (2008): The influence of starvation time prior to slaughter on the quality of commercial-sized gillthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. *Aquaculture*, 284. 106-114.
- Bayir, A.-Sirkecioglu, A.N.-Bayir, M.-Haliloglu, H.I.-Kocaman, E.M.-Aras, N.M.(2011): Metabolic responses to prolonged starvation, food restriction, and refeeding in the brown trout, *Salmo trutta*: Oxidative stress and antioxidant defenses. *Comp. Biochem. Physiol.* 159B, 191-196.
- Black, D.-Love, R.M. (1986): The sequential mobilization and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *J. Comp. Physiol.*, 156B. 469-479.
- Blasco, J.-Fernandez, J.-Gutierrez, J. (1992): Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormone variations. *J. Comp. Physiol.*, 162B. 539–546.
- Boëtius, I.-Boëtius, J. (1985): Lipid and protein content in *Anguilla anguilla* during growth and starvation. *Dana*, 4 (Special Issue). 1-17.
- Burkhardt-Holm, P.-Holmgren, S. (1989): A comparative study of neuropeptides in the intestine of two stomachless teleosts (*Poecilia reticulata*, *Leuciscus idus melanotus*) under conditions of feeding and starvation. *Cell Tissue Res.*, 255. 245–254.
- Caruso, G.-Denaro, M.G.-Caruso, R.-Genovese, L.-Mancari, F.-Maricchiolo, G. (2012): Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and nonspecific immune parameters. *Marine Environ. Res.*, 81. 18-25.
- Chavin, W.-Young, J.E. (1970): Factors in the determination of normal serum glucose levels of goldfish, *Carassius auratus* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 33. 629–653.
- Clarenburg, R. (1992): *Physiological chemistry of domestic animals*. Mosby, St. Louis.
- Cook, J.T.-Sutterlin, A.M.-McNiven, M.A. (2000): Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 188. 47–63.
- Csengeri I. (1996): Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Arch. Anim. Nutr.*, 49. 73–92.
- Czesny, S.-Richard, J.-Garcia Abiado, M.A.-Dabowski, K. (2003): The effect of fasting, prolonged swimming, and predator presence on energy utilization and stress in juvenile walleye (*Stizostedion vitreum*). *Physiol. Behav.*, 79. 597–603.
- De Roos, R. (1994): Plasma ketone, glucose, lactate, and alanine levels in the vascular supply to and from brain of the spiny dogfish shark (*Squalus acanthias*). *J. Exp. Zool.*, 268. 354–363.
- De Silva, S.S.-Gunasekera, R.M.-Austin, C.M.(1997): Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short term starvation, and a comparison with changes in seawater raised fish. *Aquaculture.*, 153. 273-290.
- Eduardo, J.-Bicudo, P.W.-Johansen, K. (1979): Respiratory gas exchange in the airbreathing fish, *Synbranchus marmoratus*. *Environ. Biol. Fish.*, 4. 55-64.
- Einen, O.-Thomassen M.S. (1998): Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*, 169. 37-53.
- Einen, O.- Waagan, B.- Thomassen M.S. (1998): Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166. 85-104.
- Eroldogan, O.T.- Kumlu, M.- Kiris, G.A.- Sezer, B. (2006): Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. *Aquacult. Nutr.*, 12. 203-210.
- Falahatkar, B. (2012): The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine Environ. Res.*, 82. 69-75.

- Felig, P.- Pozefsky, T. (1970): Alanine: key role in gluconeogenesis. *Science*, 167. 1003–1004.
- Figueiredo-Garutti, M.L.- Navarro, I.- Capilla, E.- Souza, R.H.S.- Moraes, G.- Gutiérrez, J.- Vicentini-Paulino, M.L.M. (2002): Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. *Comp. Biochem. Physiol.*, 132A. 467-476.
- Foster, G.D.-Moon, T.W. (1991): Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca flavescens*): a study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiol. Zool.*, 64. 259–275.
- Frick, N.T.- Bystriansky, J.S.- Ip, Y.K.- Chew, S.F.- Ballantyne, J.S. (2008a): Carbohydrate and amino acid metabolism in fasting and aestivating African lungfish (*Protopterus dolloi*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 151A. 85–92.
- Frick, N.T.- Bystriansky, J.S.- Ip, Y.K.- Chew, S.F.- Ballantyne, J.S. (2008b): Lipid, ketone body and oxidative metabolism in the African lungfish, *Protopterus dolloi* following 60 days of fasting and aestivation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 151A. 93–101.
- Fu, S.-J.- Pang X.- Cao, Z.-D.- Peng, J.-L.- Yan G.J. (2011): The effects of fasting on the metabolic interaction between digestion and locomotion in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen) *Comp. Biochem. Physiol.*, 158A. 498-505.
- Gillis, T.E.- Ballantyne, J.S. (1996): The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *J. Fish. Biol.*, 49. 1306–1316.
- Halliwel, B.- Gutteridge, J.M.C. (2000): *Free Radicals in Biology and Medicine*, 3rd ed. Oxford University Press, Oxford.
- Hogendoorn, H. (1983): Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.): III. Bioenergetic relations of body weight and feeding level. *Aquaculture*, 35. 1–17.
- Hung, S.S.O.- Liu, W.- Li, H.- Storebakken, T.- Cui, Y. (1997): Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*, 151. 357-363.
- Húsvéth F. szerk. (2000): *A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Ince, B.W.- Thorpe, A. (1976): The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L. *J. Fish. Biol.*, 8. 79–88.
- Inui, Y.- Oshima, Y. (1966): Effect of starvation on metabolism and chemical composition of eels. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 32. 492–501.
- Janssens, P.A. (1964) The metabolism of the aestivating African lungfish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 11. 105–117.
- Janssens, P.A.- Waterman J. (1988): Hormonal regulation of gluconeogenesis and glycogenolysis in carp (*Cyprinus carpio*) liver pieces cultured in vitro. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91A. 451-457.
- Kamra, S. K. (1966): Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *J. Fish. Res. Board Can.*, 23. 975-982.
- Kiron, V. (2012): Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 173. 111– 133.
- Kleiber, M. (1975): *The fire of life: An introduction to animal energetics*. Krieger, Huntington, N.Y
- Kristoffersson, R.- Broberg, S. (1971): Effect of temperature acclimation on some blood constituents of the pike (*Esox lucius* L.). *Ann. Zool. Fennici*, 8. 427–433.
- Larsson, A.- Lewander, K. (1973): Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 44A. 367-374.
- Leatherland, J.F.-Nuti, R.N. (1981): Effects of bovine growth hormone on plasma FFA concentrations and liver, muscle and carcass lipid content in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 19. 487-498.
- Lyndon, A. R.- Houlihan, D. F.- Hall, S. J. (1992): The effect of short-term fasting and a single meal on protein synthesis and oxygen consumption in cod, *Gadus morhua*. *J. Comp. Physiol.*, 162B. 209-215.
- Machado, C.R.- Garofalo, M.A.R.- Roselino, J.E.S.- Kettelhut, I.C.- Migliorini, R.H. (1988): Effects of starvation, refeeding, and insulin on energy-linked metabolic processes in catfish (*Rhamdia hilarii*) adapted to a carbohydrate-rich diet. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 71. 429–437.

- Martinez del Rio, C.- Wolf, N.- Carleton, S.A.- Gannes, L.Z. (2009): Isotopic ecology tenyears after a call for more laboratory experiments. *Biol. Rev.*, 84. 91–111.
- McCue, M. D. (2010): Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comp. Biochem. Physiol.*, 156A. 1–18.
- McMillan, D.- Houlihan, D. F. (1988): The effect of refeeding on tissue protein synthesis in rainbow trout. *Physiol. Zool.*, 61. 429-441.
- Mehner, T.- Wieser, W. (1994): Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Fish. Biol.*, 45. 325–333.
- Mendez, G.- Wieser, W. (1993): Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostie: Cyprinidae). *Environ. Biol. Fish.* 36. 73–81.
- Mézes M., Ling F. (1986): Changes in lipid peroxidation and in activities of some peroxide metabolism enzymes of blood and certain tissues of common carp during the wintering period. *Aquacult. Hung.*, 5. 91-96.
- Mézes M.- Matkovichs B. (1988): A lipid peroxidáció molekuláris mechanizmusa és mennyiségi mérése. In: Csaba Gy. szerk.: A biológia aktuális problémái 33. köt. 64-109. Medicina, Budapest,
- Moon, T.W. (1983): Metabolic reserves and enzyme activities with food deprivation in immature Am eels, *Anguilla rostrata* (LeSuer). *Can. J. Zool.*, 61. 802–811.
- Morales, A. E.- Pérez-Jiménez, A.- Hidalgo, M. C.- Abellán, E.- Cardenete, G. (2004): Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, 139C. 153-161.
- Müller T.- Molnár T.- Szabó A.- Yamaha E.- Járási É.Zs.- Bercsényi M.- Specziár A.- Urbányi, B.- Romvári R. (2012): In vivo tracking of testes development and related changes in external morphological traits in European eel *Anguilla anguilla* (L.) by using computer tomography. *Acta Biol. Hung.*, 63. 180-188.
- Müller, T.- Molnár, T.- Szabó, A.- Romvári, R.- Hancz, C.- Bercsényi M.-, Horn P. (2004a): Tracking the hormonally-induced female eel maturation by means of computer tomography. *Acta Vet. Hung.*, 52. 235-243.
- Müller, T.- Romvári, R.- Bercsényi, M.- Hancz, C.- Molnár, T.- Szabó A.- Horn P. (2004b): Following the artificially induced eel maturation process by means of in vivo CT scanning. *J. W. Aquacult. Soc.*, 35. 217-224.
- Ostaszewska, T.- Korwin-Kossakowski, M.- Wolnicki, J. (2006): Morphological changes of digestive structures in starved tench *Tinca tinca* (L.) juveniles. *Aquacult. Internat.*, 14. 113-126.
- Pottinger, T. G.- Rand-Weaver, M.- Sumpter, J.P. (2003): Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilisation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 136B. 403-417.
- Pusey, B. J. (1986): The effect of starvation on oxygen consumption and nitrogen excretion in *Lepidogalaxias salamandroides* (Mees). *J. Comp. Biochem. Physiol.*, 156B. 701-705.
- Rios, F.S.- Kalinin, A.L.- Rantin, F.T. (2002): The effects of long-term food deprivation on respiration and haematology of the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. *J. Fish. Biol.*, 61. 85–95.
- Ruderman, N.B.- Berger, M. (1974): The formation of glutamine and alanine in skeletal muscle. *J. Biol. Chem.*, 249. 5500–5506.
- Rueda, F.M.- Martinez, F.J.- Zamora, S.- Kentouri, M.- Divanach, P. (1998): Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquacult. Res.*, 29. 447–452.
- Sakamoto, S.- Yone, Y. (1978): Effect of starvation on hematological characteristics, and the contents of chemical components and activities of enzymes in blood serum of red sea bream. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, 23. 63–69.
- Satoh, S.- Takeuchi, T.- Watanabe, T. (1984): Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of *Tilapia nilotica*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 50. 79–84.
- Segner, H.- Dolle, A.- Bohm, R. (1997): Ketone body metabolism in the carp *Cyprinus carpio*: biochemical and <sup>1</sup>H NMR spectroscopical analysis. *Comp. Biochem. Physiol.*, 116B. 257–262.

- Simpkins, D.G.- Hubert, W.A. (2003): Physiological responses of juvenile rainbow trout to fasting and swimming activity: effects on body composition and condition indices. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 132. 576–589.
- Singer, T.D.- Mahadevappa, V.G.- Ballantyne, J.S. (1990): Aspects of the energy metabolism of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, with special emphasis on lipid and ketone body metabolism. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47. 873–881.
- Shepherd, J.- Bromage, N. (eds.) (1992): Intensive fish farming. Blackwell Science, Oxford. 27.
- Shimeno, S.- Kheyyali, D.- Takeda, M. (1990): Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56. 35–41.
- Shoemaker, C.A.- Klesius, P.H.- Lim, C.- Yildirim, M. (2003): Feed deprivation of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), influences organosomatic indices, chemical composition and susceptibility to *Flavobacterium columnare*. *J. Fish Dis.*, 26. 553–561.
- Small, B.C.- Soares, J.H.- Woods, L.C.- Dahl, G.E. (2002): Effect of fasting on pituitary growth hormone expression and circulating growth hormone levels in striped bass. *N. Am. J. Aquac.*, 64. 278–283.
- Soengas, J.L.- Strong, E.F.- Fuentes, J.- Veira, J.A.R.- Andres, M.D. (1996): Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, *Salmo salar*: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. *Fish Physiol. Biochem.*, 15. 491–511.
- Soengas, J.L.- Strong, E.F.- Andres, M.D. (1998): Glucose, lactate, and  $\beta$ -hydroxybutyrate utilization by rainbow trout brain: changes during food deprivation. *Physiol. Zool.*, 71. 285–293.
- Stimpson, J.H. (1965): Comparative aspects of the control of glycogen utilization in vertebrate liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, 15. 187–197.
- Stirling, H.P. (1976): Effects of experimental feeding and starvation on the proximate composition of the European bass *Dicentrarchus labrax*. *Marine Biol.*, 34. 85–91.
- van Dijk, P.A.H.- Staaks, G.- Hardewig, I. (2002): The effect of fasting and refeeding on temperature preference, activity and growth of roach, *Rutilus rutilus*. *Oecologia*, 130. 496–504.
- Volkoff, H. (2011): Control of appetite in fish. In: Farrell, A.P., Cech, J.J. Jr., Richards, J.G., Stevens, E.D., Island, E. eds.: *Encyclopedia of fish physiology: From genome to environment*. Vol. 1. Elsevier, Amsterdam
- Wieser, W.- Krumschnabel, G.- Ojwang-Okwor, J.P. (1992): The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. *Environ. Biol. Fish.*, 33. 63–71.
- Wilkins, N.P. (1967): Starvation of the herring, *Clupea harengus* L.: survival and some gross biochemical changes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 23. 503–518.
- Woo, N.Y.S.- Cheung, S.I. (1980): Metabolic effects of starvation in the snakehead, *Ophiocephalus maculatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 67A. 623–627.
- Woo, N.Y.S.- Murat, J.C. (1981): Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major* Ill. Metabolic response to starvation in different salinities. *Mar. Biol.*, 61. 255–260.
- Wunderlich L. - Szarka A. (2014): *A biokémia alapjai*. Typotex Kiadó, Budapest
- Yi, Y.H.- Chang, Y.J. (1994): Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27. 69–82.
- Zajic, T.- Mraz, J.- Kozak, P.- Pickova, J. (2012): Effect of purging on lipid quality of common carp *Cyprinus carpio* L. flesh. *AQUA 2012 Global Aquaculture*. Prague. 1197.
- Zammit, V. A.- Newsholme, E.A. (1979): Activities of enzymes of fat and ketone-body metabolism and effects of starvation on blood concentrations of glucose and fat fuels in teleost and elasmobranch fish. *Biochem. J.*, 184. 313–322.
- Zhang, X.- Zhu, Y.- Cai, L.- Wu, T. (2008): Effects of fasting on the meat quality and antioxidant defenses of market-size farmed large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Aquaculture*, 280. 136–139.



*A szerzők címe:* *Varju M.*

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási tanszék

*Author's address:* Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Science,  
Institute of Aquaculture and Environmental Safety, Department of Aquaculture  
H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

*Mézes M.*

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Állattudományi Alapok Intézet, Takarmányozástani Tanszék  
Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Science,  
Institute of Basic Animal Sciences,  
Department of Nutrition Mezes.Miklos@mkk.szie.hu

# FURIOSO-NORTH STAR MÉNEK ÉS KANCÁK TESTMÉRETEI KÜLÖNBÖZŐ ÉLETKORBAN

BENE SZABOLCS - DEÁK SZILVIA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők nyolc hazai furioso-north star tenyészetben 13 választáskorú csikó és 63 kifejlett ló 13 testméretét vették fel, majd értékelték. Meghatározták a relatív testméreteket és néhány testarány indexet is. A mén és a kanca csikók testméretei egy kivétellel egymáshoz hasonlóak voltak. A t-próba eredményei alapján statisztikailag igazolható ( $p < 0,05$ ) különbséget az ivarok között csak a törzshosszúság esetén (103,0, ill. 112,9 cm) találtak. A kifejlett állatok esetén arra keresték a választ, hogy bottal és szalaggal mért marmagasságát (MMB, MMSZ), farbúbmagasságát (FM), mellkasmélységét (MEM), törzshosszúságát (TH), ferde törzshosszúságát (FTH), váll- és mellkasszélességét (VSZ, MESZ), far I. és II. szélességét (F1, F2), övméretét (ÖM), valamint bal mellső és hátsó lábon mért szárkörméret (SZBE, SZBH) hogyan befolyásolja az apának, az ivarnak és az életkornak hatása. Az adatok kiértékelése többtényezős varianciaanalízissel történt. A kifejlett lovak testméreteinek főátlaga a következő volt: MMB 161±1 cm, MMSZ 172±1 cm, FM 158±1 cm, MEM 75±1 cm, TH 165±3 cm, FTH 174±2 cm, VSZ 41±1 cm, MESZ 42±1 cm, F1 55±1 cm, F2 52±1 cm, ÖM 188±1 cm, SZBE 20±0 cm, SZBH 23±0 cm. Az apák között a szélességi méretek esetén kismértékben nagyobb, a többi testméret esetén kisebb eltéréseket tapasztaltak. A két ivar között egyetlen testméret esetén sem találtak statisztikailag megbízható különbséget. Az életkor kategóriák között viszont néhány tulajdonságban szignifikáns eltéréseket figyeltek meg. Az eredmények alapján úgy tűnik, a furioso-north star lóállomány legalább annyira homogén a testméretek tekintetében, mint a korábban vizsgált melegvérű fajták egyedei.

## SUMMARY

*Bene, Sz. - Deák, Sz.:* BODY MEASUREMENTS OF FURIOSO-NORTH STAR STALLIONS AND MARES IN DIFFERENT AGES

Body measurements of 13 weaning foal and 63 adult horses from Furioso-North Star breed in 8 studs were evaluated. Relative body measurements and some body measure indices were determined. The body measurements of male and female foals were similar with one exception. The length of body of female foals was significantly ( $p < 0.05$ ) higher (112.9 cm), than the male foals (103.0 cm). In case of adult horses is aimed to answer, how affect the sire, sex and age on height at withers measured with stick and tape (MMB, MMSZ), height of rump (FM), depth of chest (MEM), length of body (TH), diagonal length of body (FTH), width of breast (VSZ), width of chest (MESZ), 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> width of rump (F1, F2), hearth girth (ÖM) and cannon girth (front and rear left) (SZBE, SZBH). The grand mean of the evaluated 13 traits of the adult horses were as follows: MMB 161±1 cm, MMSZ 172±1 cm, FM 158±1 cm, MEM 75±1 cm, TH 165±3 cm, FTH 174±2 cm, VSZ 41±1 cm, MESZ 42±1 cm, F1 55±1 cm, F2 52±1 cm, ÖM 188±1 cm, SZBE 20±0 cm, SZBH 23±0 cm. In case of width measurements higher, in case of other body measurements smaller differences were found between the sires. No significant differences were found between the two sexes for a single body measurement. In some traits significant differences were observed between the age categories. According the results it appears, that the Furioso-North Star breed at least as a homogeneous in respect body measurements, as a previously studied warm-blooded breeds.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A furioso-north star fajta kialakulása az 1785-ben alapított Császári és Királyi Ménesintézet megalakulását követően 1841-ben kezdődött el. Ez idő tájt a hadászathoz szükséges, megfelelően nagy rámájú, csontos, tömeges, jó munka készségű egyedek előállítására volt a legfontosabb cél (*Tenyésztési Program*, 2008). E tenyésztői munka eredményeként számos apaállat került Mezőhegyesre, melyek közül két angol telivér mén (*Furioso Senior* és *North Star Senior*) meghatározó hatásúnak bizonyult. Ezek ivadékaiból alakult ki furioso-north star fajta, melyet mezőhegyesi félvérként is ismerünk (*Deák*, 2015).

A fajta 1867-től kezdve rendkívül kedvelt volt a katonaság körében, majd később a mezőgazdasági hasznosításban is. Teljesítményében és küllemében azonban előfordultak hiányosságok, melyek javítása céljából szinte folyamatosan alkalmaztak cseppvér-keresztéseket. Ehhez elsősorban angol telivér, ritkábban más fajtájú méneket használtak és használnak napjainkban is. A furioso-north star fajtát ezért, illetve a fentiek következtében egy nemes, tömeges angol félvérnek tekinthetjük.

A fajta napjainkban meglehetősen kis létszámú, így tenyésztésében a sportra való alkalmasság javítására irányuló elképzelések mellett szerepet kap a génmegőrzés is. Sajnos ezek következtében meglehetősen kevés teljesítmény adatot törzskönyveznek, az azokból számított eredmények pedig csak ritkán jutnak el tudományos folyóiratokba (*Mihók és Jónás*, 2005; *Mihók és mtsai*, 2009; *Bene és mtsai*, 2012a,b; *Rudiné és mtsai*, 2013).

A furioso-north star külleméről is meglehetősen kevés számszerű adatot és információt találunk a szakirodalomban. A fellelhető források döntő többsége magyar nyelvű, a külföldi szakirodalmi hivatkozások száma rendkívül kevés a fajtáról. A különböző szerzők által közölt élősúly és testméreti adatokat az 1. táblázatban mutatjuk be.

A Furioso-North Star Lótenyésztő Országos Egyesület *Tenyésztési Programjában* (2008) is találunk adatokat a testméreteket illetően. Ezek szerint a kifejlett ménék és kancák standard méretei a következők: a bottal mért marmagasság 164-172 cm, ill. 160-168 cm, az övméret 180-203 cm, ill. 180-205 cm, a szárkörméret pedig 21-22 cm, ill. 20,5-21 cm. Kancák esetében az övméretnél  $\pm 2-3$  cm eltérés megengedett.

Ugyan a nemzetközi szakirodalomban nagyon ritkán találkozhatunk a furioso-north star küllemével és teljesítményével, de a kialakulásában jelentős szerepet játszó fajták értékmérő tulajdonságaival számos forrásmunka foglalkozik (*Hintz és mtsai*, 1978, 1979; *Preisinger és mtsai*, 1991; *Thompson és Smith*, 1994; *Thompson*, 1995; *Kavazis és Ott*, 2003; *Sadek és mtsai*, 2006; *Smith és mtsai*, 2006; *Wolc és mtsai*, 2006; *Posta és Komlósi*, 2007; *Ringler és Lawrence*, 2008 stb.). Ezek közül a küllemmel kapcsolatos munkák eredményeit egy korábbi dolgozatunkban (*Bene és mtsai*, 2009a) összefoglaltuk, így azokat itt nem részletezzük.

A furioso-north star jelenleg a tenyésztésben tartott egyedek létszámát tekintve a veszélyeztetett fajták közé sorolható. A tenyésztők fő feladata a jövőben a létszám szinten tartása és növelése, a minőség javítása, ill. a fajta megismertetése és elfogadtatása lenne a mai lóhasználókkal (*Tenyésztési Program*, 2008). Ehhez viszont okvetlenül szükséges az, hogy a ma élő állományról a lehető legtöbb

## A furioso-north star fajtájú lovak testméretei a szakirodalomban

Testméret (1)	Érték (2)	Szerző (3)
Bottal mért marmagasság (4)	150 - 165 cm	Schandl (1955); Bodó és Hecker (1992)
	160 - 165 cm	Mihók és mtsai (2001)
	160 - 170 cm	Ócsag és Fehér (1976); Edwards (1995)
	170 cm	Döhrmann (1926); Hámori (1946)
Övméret (5)	179 - 196 cm	Schandl (1955); Mihók és mtsai (2001)
	188 cm	Hámori (1946); Ócsag és Fehér (1976)
	202 - 204 cm	Döhrmann (1926); Bodó és Hecker (1992)
Szárkörméret (6)	20 - 21 cm	Schandl (1955); Ócsag és Fehér (1976)
	20,7 cm	Bodó és Hecker (1992)
	21 cm	Döhrmann (1926); Hámori (1946)
	21 - 22 cm	Mihók és mtsai (2001)
Törzshosszúság (7)	151 - 166 cm	Schandl (1955)
	162 cm	Ócsag és Fehér (1976)
Mellkasmélység (8)	63 - 69 cm	Schandl (1955)
Élő súly (9)	550 kg	Ócsag és Fehér (1976)

Table 1. The body measurements of Furioso-North Star horses in literature  
body measurement (1); value (2); author (3); height at withers measured with stick (4); hearth girth (5); cannon girth (6); length of body (7); depth of chest (8); live weight (9)

információt összegyűjtjük, a fajta származása és teljesítménye mellett a küllemi adatbázisát is bővítjük. Ez különösen fontos feladat lenne, hiszen a meglévő (elsősorban küllemi) adatok jelentős része 50 éve (Hámori, 1946; Schandl, 1955), vagy még régebben (Kovácsy és Monostori, 1892) íródott szakkönyvekből származik.

A fentiek tükrében vizsgálatunk célja újabb adatok és információk gyűjtése volt a furioso-north star fajtájú lovak objektíven mérhető küllemi paramétereiről. Dolgozatunkban a választáskorú csikók és a kifejlett állatok testméreteit, a különböző ivarú és korú lovak testméreteinek különbözőségét, a relatív testméreteket, a testarány indexeket, valamint a testméretek között számított fenotípusos korrelációs értékeket mutatjuk be. Hangsúlyozni szeretnénk, hogy jelen munkánkban elsődlegesen az adatközlésre, az adatok „nyers”, objektív bemutatására és összevetésére koncentráltuk.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során 8 hazai ménesben 76 furioso-north star fajtájú ló testméreteit vettük fel, majd értékeltük ki. A mért lovak közül 13 választáskorú (5-6 hónapos kor közötti) csikó, 63 pedig 3 évnél idősebb, kifejlett egyed volt. A ménék és a kancák aránya a csikóknál 6:7, a kifejlett lovaknál 22:41 volt. A mérések 2013 szeptembere és 2015 áprilisa között zajlottak. A kifejlett lovak életkora széles határok (3,0-21,7 év) között változott, ezért azokat koruk alapján három csoportba (3-6 év közöttiek, 6-12 év közöttiek, ill. 12 év feletti) osztottuk. A vizsgálatban részt vevő 76 állat 42 apa ivadéka volt.

A testméret-felvételzés hagyományos eszközökkel (mérőbottal és mérőszalaggal) történt. A mérések a csikók esetén 0,5 cm-es, a kifejlett lovak esetén pedig 1 cm-es pontossággal történtek. A testméreteket, azok felvételének módját, a mérés menetét, valamint a mérési pontokat korábbi munkáinkban (*Bene és mtsai, 2009a; Nagy és mtsai, 2009*) részletesen bemutattuk, így azokat itt nem részletezzük.

A felvett 13 testméret a következő volt: marmagasság bottal (MMB), marmagasság szalaggal (MMSZ), farbúb-magasság (FM), mellkasmélység (MEM), törzshosszúság (TH), ferde törzshosszúság (FTH), vállszélesség (VSZ), mellkasszélesség (MESZ), far I. szélesség (F1), far II. szélesség (F2), övméret (ÖM), bal mellső lábon mért szárkörméret (SZBE), illetve bal hátsó lábon mért szárkörméret (SZBH).

A kiértékelés megkezdése előtt az előzőek szerint összeállított adatbázist két részre osztottuk. A fiatal, 5-6 hónapos csikók, illetve a kifejlett (3 évnél idősebb) lovak adatait a munka során végig egymástól külön kezeltük.

A csikók mind a 13 választás időszakában mért testméretét ivaronként egyszerű *t-próbával* hasonlítottuk össze.

A vizsgált 13 testméretet a kifejlett lovak esetén többtényezős varianciaanalízissel (*General Linear Model*) értékeltük. A modellek összeállítása során az apát véletlen (random), a többi vizsgált tényezőt - azaz a lovak ivarát, valamint az életkor kategóriát (a fentiek szerint) - fix hatásként vettük figyelembe. A munka során mind a 13 tulajdonságot egymástól külön kezeltük és külön-külön modellszámítást (futtatást) végeztünk. Az alkalmazott becslő modellek általános alakját (az övméretet példaként használva) a következőképp írtuk fel:

$$\hat{y}_{hij} = \mu + A_h + I_i + K_j + e_{hij}$$

(Ahol  $\hat{y}_{hij}$  = „h” apától, „i” ivarú, „j” korú ló övmérete (ill. a fentiek szerint - értelemszerűen - a többi vizsgált értékmérő tulajdonsága);  $\mu$  = az összes megfigyelés átlaga;  $A_h$  = az apa hatása;  $I_i$  = az ivar hatása;  $K_j$  = a mérés kori életkor hatása;  $e_{hij}$  = véletlen hiba).

Valamennyi testméret esetén az előbb említett hatások szignifikancia vizsgálatát is elvégeztük. Azokban az esetekben, ahol az *F-próba* szignifikáns különbséget mutatott, a csoportok közti különbségek kimutatására homogén variancia esetén *Tukey* tesztet, nem homogén variancia esetén *Tamhene* tesztet használtunk. Táblázatos formában csak a legtöbb ivadékkal rendelkező apák eredményeit mutatjuk be.

A kifejlett lovak esetén az adatbázis normál eloszlásának ellenőrzésére *Kolmogorov-Smirnov* tesztet használtunk. A varianciák homogenitásának vizsgálata *Levene* teszttel történt. Dolgozatunkban ezek eredményeinek táblázatos bemutatásától eltekintünk.

A kifejlett lovak testmérési adatai között fenotípusos korrelációs együtthatókat határoztunk meg.

Munkánk utolsó részében mind a csikók, mind pedig a kifejlett lovak esetén kiszámítottuk a bottal mért marmagasság százalékos arányában megadott relatív testméreteket, valamint meghatároztunk néhány testarány indexet is (*Bodó és Hecker, 1992; Zechner és mtsai, 2001; Cabral és mtsai, 2004; Druml és mtsai, 2008*). Ezek számítási módját szintén korábbi dolgozatunkban (*Bene és mtsai, 2009a*) mutattuk be.

Az adatok előkészítése Microsoft Excel 2003 és Word 2003 programokkal történt. A kifejlett lovak adatbázisának kiértékelését - azaz a többtényezős varian-

ciaanalízis futtatását - *Harvey* (1990) „*Least Square Maximum Likelihood*” eljárása szerint, „*Harvey*” programmal végeztük. A fenotípusos korrelációs számításához, valamint a csikók testméreteinek összehasonlítására használt t-próbához a MS Excel statisztikai csomagját alkalmaztuk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### A választáskorú csikók eredményei

A legfiatalabb korcsoport testméreteit ivaronkénti bontásban a 2. táblázatban foglaltuk össze. A furioso-north star fajtájú csikók választáskorú testméretei összesítve a következők voltak: marmagasság bottal  $127,4 \pm 5,8$  cm, marmagasság szalaggal  $136,5 \pm 7,1$  cm, farbúbmagasság  $130,6 \pm 5,5$  cm, mellkasmélység  $52,8 \pm 3,6$  cm, törzshosszúság  $107,7 \pm 18,8$  cm, ferde törzshosszúság  $115,6 \pm 5,3$

2. táblázat

A furioso-north star fajtájú csikók választáskorú testméretei

Ivar (1)	Ménccsikók (2)			Kancacsikók (3)			Összesen (4)			p
N	6			7			13			
Tul. (5)	Á	s	cv%	Á	s	cv%	Á	s	cv%	
MMB	127,3	6,1	4,8	127,4	6,1	4,7	127,4	5,8	4,6	NS
MMSZ	137,0	6,8	5,0	136,0	7,9	5,8	136,5	7,1	5,2	NS
FM	130,3	4,2	3,2	130,9	6,7	5,1	130,6	5,5	4,2	NS
MEM	53,3	2,9	5,5	52,4	4,3	8,2	52,8	3,6	6,9	NS
TH	<sup>a</sup> 103,0	5,3	5,1	<sup>b</sup> 112,9	21,6	19,2	107,7	18,8	17,4	<0,05
FTH	113,5	6,5	5,7	117,7	1,4	1,2	115,6	5,3	4,6	NS
VSZ	29,0	3,3	11,3	27,0	3,9	14,3	27,9	3,6	13,0	NS
MESZ	27,7	4,0	14,4	26,9	3,8	14,2	27,2	3,7	13,8	NS
F1	37,3	5,5	14,7	35,7	3,6	10,2	36,5	4,5	12,2	NS
F2	33,7	3,4	10,2	33,0	4,4	13,4	33,3	3,9	11,6	NS
ÖM	133,8	8,5	6,3	133,0	10,5	7,9	133,4	9,2	6,9	NS
SZBE	17,2	0,4	2,4	16,7	0,5	2,9	16,9	0,5	2,9	NS
SZBH	18,8	0,4	2,2	18,4	0,8	4,3	18,6	0,7	3,5	NS

Á=átlag (6); s=szórás (7); cv%=variációs koefficiens (8); MMB=marmagasság bottal (9); MMSZ=marmagasság szalaggal (10); FM=farbúb-magasság (11); MEM=mellkasmélység (12); TH=törzshosszúság (13); FTH=ferde törzshosszúság (14); VSZ=vállszélesség (15); MESZ=mellkasszélesség (16); F1=far I. szélesség (17); F2=far II. szélesség (18); ÖM=övméret (19); SZBE=bal mellső lábón mért szárkörméret (20); SZBH=bal hátsó lábón mért szárkörméret (21); az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) különböznek (22)

Table 2. Body measurements of Furioso-North Star foals at weaning

sex (1); male (2); female (3); total (4); traits (5); mean (6); standard deviation (7); variation coefficient (8); height at withers measured with stick and tape (9, 10); height of rump (11); depth of chest (12); length of body (13); diagonal length of body (14); width of breast (15); width of chest (16); 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> width of rump (17, 18); hearth girth (19); cannon girth (front and rear) (20, 21); treatments without the same superscript differ significantly ( $p < 0,05$ ) (22)

cm, vállszélesség  $27,9 \pm 3,6$  cm, mellkasszélesség  $27,2 \pm 3,7$  cm, far I. szélesség  $36,5 \pm 4,5$  cm, far II. szélesség  $33,3 \pm 3,9$  cm, övméret  $133,4 \pm 9,2$  cm, bal mellső lábon mért szárkörméret  $16,9 \pm 0,5$  cm, ill. bal hátsó lábon mért szárkörméret  $18,6 \pm 0,7$  cm. Az ivarok között csak törzshosszúságban találtunk statisztikailag igazolható ( $p < 0,05$ ) különbséget, nevezetesen a kancacsikók ( $112,9$  cm) ebben a tulajdonságban nagyobb értéket mutattak, mint a méncsikók ( $103,0$  cm). Ehhez azonban azt hozzátesszük, hogy e testméret esetén számítottuk a legnagyobb szórás és cv% értékeket a teljes adatbázisban. A többi 12 testméret nagyon hasonló volt mindkét ivarban, csupán néhány tized centiméternyi különbségeket tapasztaltunk. Eredményeink hasonlóak voltak *Hintz és mtsai* (1979) megállapításaihoz, akik szerint az angol telivér mén- és kancacsikók marmagassága és szárkörmérete születéstől választásig nem különbözött. Korábbi munkánk (*Bene és mtsai*, 2010) során - valamint *Gulyás és mtsai* (2007) vizsgálataihoz részben hasonlóan - a muraközi típusú mén- és kancacsikók testméretei sem mutattak különbözőséget választáskor.

### *A kifejllett lovak eredményei*

Az adatok normál eloszlását csak öt testméret (marmagasság szalaggal, farbúbmagasság, ferde törzshosszúság, vállszélesség, illetve mellkasszélesség) esetén tudtuk igazolni ( $p > 0,05$ ). A *Levene* teszt eredményei alapján megállapítható, hogy a varianciák a farbúbmagasság, a vállszélesség, a mellkasszélesség, a far I. és far II. szélesség, valamint a szárkörméretetek esetén bizonyultak homogénnek ( $p > 0,05$ ).

A 3. táblázatban az apa, az ivar és az életkor kategória hatását mutatjuk be az értékelt tulajdonságokra. Összességében a vizsgált tényezők csak nagyon kis mértékben befolyásolták a testméreteket. Az apa és az életkor hatását csak három testméret - a szalaggal mért marmagasság, a farbúbmagasság, illetve az övméret - esetén találtuk statisztikailag megbízhatónak ( $p < 0,01$ , illetve  $p < 0,05$ ). Az ivar hatása egyik értékelt paraméterre sem volt szignifikáns. Korábbi vizsgálataink során (*Bene és mtsai*, 2012d, 2014b stb.), más lófajtákban (nóniusz, magyar sportló) az itt tapasztaltakhoz részben hasonló eredményeket kaptunk.

A vizsgált tényezők hozzájárulását a teljes varianciához az 4. táblázat szemlélteti. Az előzőek következtében - szinte valamennyi tulajdonság esetén - szembetűnően magas volt a hiba aránya a fenotípusban, amely néhány esetben (mellkasszélesség, far I. szélesség) az 50%-ot is megközelítette. Ez azt jelenti, hogy a testméretek kialakításában az értékelt hatások kisebb szerepet játszottak, azokat nem, vagy jellemzően más, az adatbázisunkból nem azonosítható tényezők befolyásolták. Ennek ellenére, ha mégis sorrendet kellene felállítani az értékelt tényezők között, az a következő lenne: 1. apa, 2. életkor, 3. ivar, 4. hiba. Ehhez azonban azt hozzá kell tenni, hogy összességében az ivar, az életkor és a hiba hatása nagyságrendileg azonos mértékű volt.

A vizsgált tulajdonságok főátlagát, valamint a különböző tényezők befolyásoló hatását az 5. táblázatban foglaltuk össze. A teljes kifejllett populáció átlagában a bottal mért marmagasság  $161 \pm 1$  cm, a szalaggal mért marmagasság  $172 \pm 1$  cm, a farbúbmagasság  $158 \pm 1$  cm, a mellkasmélység  $75 \pm 1$  cm, a törzshosszúság  $165 \pm 3$  cm, a ferde törzshosszúság  $174 \pm 2$  cm, a vállszélesség  $41 \pm 1$  cm, a

## A vizsgált tényezők hatása az értékelt tulajdonságokra

Tulajdonság (1)	Vizsgált tényezők (2)		
	Apa (3)	Ivar (4)	Életkor kategória (5)
MMB	NS (0,149)	NS (0,454)	NS (0,109)
MMSZ	<0,01 (0,008)	NS (0,170)	<0,05 (0,026)
FM	<0,05 (0,013)	NS (0,712)	<0,05 (0,045)
MEM	NS (0,802)	NS (0,253)	NS (0,202)
TH	NS (0,435)	NS (0,059)	NS (0,962)
FTH	NS (0,137)	NS (0,167)	NS (0,122)
VSZ	NS (0,430)	NS (0,437)	NS (0,819)
MESZ	NS (0,548)	NS (0,929)	NS (0,931)
F1	NS (0,800)	NS (0,652)	NS (0,855)
F2	NS (0,696)	NS (0,892)	NS (0,642)
ÖM	<0,01 (0,000)	NS (0,473)	<0,05 (0,048)
SZBE	NS (0,209)	NS (0,055)	NS (0,124)
SZBH	NS (0,358)	NS (0,052)	NS (0,285)

MMB=marmagasság bottal (6); MMSZ=marmagasság szalaggal (7); FM=farbúb-magasság (8); MEM=mellkasmélység (9); TH=törzshosszúság (10); FTH=ferde törzshosszúság (11); VSZ=vállszélesség (12); MESZ=mellkasszélesség (13); F1=far I. szélesség (14); F2=far II. szélesség (15); ÖM=övméret (16); SZBE=bal mellső lábon mért szárkörméret (17); SZBH=bal hátsó lábon mért szárkörméret (18)

*Table 3. The effect of the factors on the estimated traits*  
traits (1); effects (2); sire (3); sex (4); age category (5); height at withers measured with stick (6); height at withers measured with tape (7); height of rump (8); depth of chest (9); length of body (10); diagonal length of body (11); width of breast (12); width of chest (13); 1<sup>st</sup> width of rump (14); 2<sup>nd</sup> width of rump (15); hearth girth (16); cannon girth (front left) (17); cannon girth (rear left) (18)

mellkasszélesség  $42 \pm 1$  cm, a far I. szélesség  $55 \pm 1$  cm, a far II. szélesség  $52 \pm 1$  cm, az övméret  $188 \pm 1$  cm, a bal mellső lábon mért szárkörméret  $20 \pm 0$  cm, a bal hátsó lábon mért szárkörméret pedig  $23 \pm 0$  cm volt.

Eredményeinket korábbi vizsgálataink adataival összevetve megállapítható, hogy a furioso-north star lovak testméretei nagyon hasonlóak voltak az angol telivér (Nagy és mtsai, 2011), valamint a gidrán (Nagy és mtsai, 2009) tenyészkancák korábban mért értékeihez. Különbözőséget találtunk ugyanakkor a törzshosszúság és az övméret esetén a nóniusz (Bene és mtsai, 2012c), valamint a magyar sportló (Bene és mtsai, 2014a) tenyészkancákhoz képest, melyek korábbi mért eredményei alapján mindkét paraméterben nagyobbak voltak a furioso-north star fajtájú lovaknál. A bottal mért marmagasság, az övméret, a szárkörméret, a mellkasmélység és a törzshosszúság esetén mért adataink egyezőek voltak a hazai szakirodalomban fellelhető információk (Döhrmann, 1926; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 1992; Mihók és mtsai, 2001 stb.) túlnyomó részével. Mért eredményeink - a bottal és szalaggal marmagasság, az övméret és a szárkörméret esetén - összességében megfelelnek a furioso-north star fajta Tenyésztési Programjában (2008) megadott előírásoknak is. Ehhez azt hozzá-



4. táblázat

**A vizsgált tényezők aránya a fenotípus kialakításában (%)**

Tulajdonság (1)	Apa (2)	Ivar (3)	Életkor kategória (4)	Hiba (5)
MMB	27,8	10,3	44,3	17,6
MMSZ	28,3	19,4	42,7	9,6
FM	35,7	1,9	49,1	13,3
MEM	15,0	28,6	35,9	20,5
TH	12,5	75,6	0,4	11,5
FTH	22,8	29,3	33,7	14,2
VSZ	37,4	21,6	6,9	34,1
MESZ	47,4	0,4	3,5	48,7
F1	34,9	10,0	7,5	47,6
F2	36,1	0,8	19,7	43,4
ÖM	77,1	2,4	16,1	4,4
SZBE	15,9	46,9	26,1	11,1
SZBH	15,1	55,1	17,1	12,7

MMB=marmagasság bottal (6); MMSZ=marmagasság szalaggal (7); FM=farbúb-magasság (8); MEM=mellkasmélység (9); TH=törzshosszúság (10); FTH=ferde törzshosszúság (11); VSZ=válszélesség (12); MESZ=mellkasszélesség (13); F1=far I. szélesség (14); F2=far II. szélesség (15); ÖM=övméret (16); SZBE=bal mellső lábón mért szárkörméret (17); SZBH=bal hátsó lábón mért szárkörméret (18)

Table 4. The contribution of source of variance to total variance (%)

traits (1); sire (2); sex (3); age category (4); error (5); height at withers measured with stick (6); height at withers measured with tape (7); height of rump (8); depth of chest (9); length of body (10); diagonal length of body (11); width of breast (12); width of chest (13); 1<sup>st</sup> width of rump (14); 2<sup>nd</sup> width of rump (15); hearth girth (16); cannon girth (front left) (17); cannon girth (rear left) (18)

tesszük, hogy az általunk mért valamennyi adat az Egyesület által kívánatosnak tartott mérettartomány alsó értékéhez állt közelebb.

Az apák között a szélességi méretek esetén kismértékben nagyobb, a többi testméret esetén kisebb eltéréseket tapasztaltunk. A két ivar között egyetlen testméret esetén sem találtunk statisztikailag megbízható különbséget. Az életkor kategóriák között viszont néhány tulajdonságban szignifikáns eltérést figyeltünk meg a három csoport eredménye között. E különbségek elsősorban a kondícióval szorosabb kapcsolatot mutató testméretek (övméret, szalaggal mért marmagasság) esetén voltak statisztikailag megbízhatóak ( $p < 0,05$ ).

A 6. táblázatban a testméretek között számolt fenotípusos korrelációs értékeket tüntettük fel. A testméreti adatok közötti kapcsolat - a statisztikailag megbízható ( $p < 0,05$ ) korrelációs értékek szerint - minden esetben pozitív irányú, közepes, vagy annál erősebb szorosságú volt. A legszorosabb kapcsolatot a válszélesség és a mellkasszélesség ( $r = 0,75$ ;  $p < 0,05$ ), a mellkasszélesség és a farszélességek ( $r = 0,69-0,74$ ), valamint a bottal és szalaggal mért marmagasság, illetve a farbúbmagasság ( $r = 0,67-0,71$ ;  $p < 0,05$ ) között találtuk. Közepesen szorosnak bizonyult a törzshosszúság és a ferde törzshosszúság ( $r = 0,65$ ;  $p < 0,05$ ), valamint a bal mellső és hátsó lábón mért szárkörméret ( $r = 0,52$ ;  $p < 0,05$ ) közötti össze-

5. táblázat

## A tulajdonságok alakulása a vizsgált tényezők különböző szintjein (átlag±SE)

Tényezők (1)	N	MMB (cm)	MMS (cm)	FM (cm)	MEM (cm)	TH (cm)	FTH (cm)	VSZ (cm)	MESZ (cm)	F1 (cm)	F2 (cm)	ÖM (cm)	SZBE (cm)	SZBH (cm)
Főátlag (2)	63	161±1	172±1	158±1	75±1	165±3	174±2	41±1	42±1	55±1	52±1	188±1	20±0	23±0
Apa (3)*	2	155±5	166±4	155±4	85±9	166±18	175±11	49±6	45±7	56±5	54±5	195±8	21±1	22±1
	3	160±3	173±2	155±2	68±6	163±12	170±7	44±4	44±4	55±3	51±3	187±5	21±1	24±1
	2	163±4	174±3	158±3	71±7	163±14	173±8	37±5	38±5	54±4	48±4	195±6	20±1	23±1
	2	166±4	167±3	154±3	65±7	147±13	154±8	37±4	36±5	54±4	49±3	186±6	20±1	23±1
	2	162±3	171±3	155±3	64±7	152±13	160±8	45±4	48±5	56±3	52±3	194±6	21±1	23±1
	5	163±3	174±2	159±2	68±5	174±10	181±6	43±3	42±4	55±3	50±3	192±4	20±1	24±1
	2	163±4	170±3	154±3	75±7	153±14	163±8	38±5	38±5	56±4	51±4	184±6	21±1	25±1
	7	165±2	176±2	161±2	74±5	158±10	165±6	41±3	45±4	57±2	53±2	194±4	21±0	24±1
	3	162±3	167±3	158±3	73±6	159±12	167±7	39±4	39±5	56±3	51±3	175±5	20±1	23±1
	2	166±4	179±3	162±3	66±7	156±14	164±8	33±5	34±5	49±4	44±4	195±6	20±1	23±1
Ivar (4)	22	162±2	173±1	158±1	78±3	170±6	178±3	42±2	42±2	55±1	51±1	187±2	21±0	23±0
	41	161±1	171±1	158±1	73±2	161±4	171±2	40±1	42±1	56±1	52±1	190±2	20±0	22±0
Kor (5)	19	158±3	<sup>a</sup> 169±2	<sup>ab</sup> 157±2	77±5	165±9	173±6	42±3	43±4	55±3	54±3	<sup>a</sup> 186±4	20±1	22±1
	6-12	163±2	<sup>b</sup> 174±2	<sup>a</sup> 161±2	82±5	169±9	181±5	42±3	42±3	56±2	53±2	<sup>b</sup> 194±4	21±0	22±1
	12 <	163±4	<sup>ab</sup> 173±3	<sup>b</sup> 156±3	67±7	166±9	168±8	39±4	40±5	54±4	49±4	<sup>ab</sup> 185±6	20±1	23±1

MMB=marmagasság bottal (6); MMSZ=marmagasság szalaggal (7); FM=farbűb-magasság (8); MEM = mellkasmélység (9); TH=törzshosszúság (10); FTH=ferde törzshosszúság (11); VSZ=vállszélesség (12); MESZ=mellkasszélesség (13); F1=far I. szélesség (14); F2=far II. szélesség (15); ÖM=övméret (16); SZBE=bal mellső lábbon mért szárkörméret (17); SZBH=bal hátsó lábbon mért szárkörméret (18); az azonos betű nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) különbözőznek (19)

\*1318 Masetta; 2045 Furioso X-4; 2809 Kunszentmiklósi Blokad-5; 3188 Nort Star X-5; 3193 Hódmezővásárhelyi Furioso-19; 3233 Szentés Hadfi-5 Mandarín; 3398 Furioso XX-108; 3399 Furioso XV-29; 3719 Furioso LIX-34 Gulliver; 4708 Hand

Table 5. The effect of the factors on the evaluated traits (mean±SE)

of rump (1); grand mean (2); sire (3); sex (4); age (year) (5); height at withers measured with stick (6); height at withers measured with tape (7); height of rump (8); depth of chest (9); length of body (10); diagonal length of body (11); width of breast (12); width of chest (13); 1<sup>st</sup> width of rump (14); 2<sup>nd</sup> width of rump (15); hearth girth (16); cannon girth (front left) (17); cannon girth (rear left) (18); treatments without the same superscript differ significantly ( $p < 0,05$ ) (19)

6. táblázat

**A vizsgált tulajdonságok közti korrelációk**

r'	MMSZ	FM	MEM	TH	FTH	VSZ	MESZ	F1	F2	ÖM	SZBE	SZBH
MMB	0,71	0,67	0,40	NS	NS	0,28	0,45	0,34	0,34	NS	0,52	0,39
MMSZ		0,68	0,27	0,39	0,27	0,31	0,49	0,27	0,34	NS	0,52	0,52
FM			0,34	NS	NS	0,28	0,43	0,32	0,29	NS	0,45	0,34
MEM				NS	NS	0,37	0,47	0,55	0,49	NS	NS	NS
TH					0,65	0,27	0,39	0,31	0,27	NS	NS	NS
FTH						0,32	NS	NS	NS	NS	NS	NS
VSZ							0,75	0,55	0,62	NS	0,29	0,31
MESZ								0,69	0,73	0,33	0,39	0,36
F1									0,74	NS	NS	0,28
F2										NS	NS	0,31
ÖM											NS	NS
SZBE												0,52

MMB=marmagasság bottal (1); MMSZ=marmagasság szalaggal (2); FM=farbúb-magasság (3); MEM=mellkasmélység (4); TH=törzshosszúság (5); FTH=ferde törzshosszúság (6); VSZ=válszélesség (7); MESZ=mellkasszélesség (8); F1=far I. szélesség (9); F2=far II. szélesség (10); ÖM=övméret (11); SZBE=bal mellső lábon mért szárkörméret (12); SZBH=bal hátsó lábon mért szárkörméret (13); \*a táblázatban csak a statisztikailag megbízható (p<0,05) értékeket tüntettük fel (14)

Table 6. Correlations between the evaluated traits

height at withers measured with stick and tape (1, 2); height of rump (3); depth of chest (4); length of body (5); diagonal length of body (6); width of breast (7); width of chest (8); 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> width of rump (9, 10); hearth girth (11); cannon girth (front left) (12); cannon girth (rear left) (13); in table are shown only the statistically reliable (p<0.05) values (14)

függés. Az övméret a vizsgált tulajdonságok közül csak a mellkasszélességgel állt kapcsolatban (r=0,33; p<0,05). A kapott korrelációs együtthatók a korábbi vizsgálataink során (Bene és mtsai, 2012b, 2012c, 2014a) számított értékekhez összességében hasonlóak voltak.

*Relatív testméretek, testarány indexek*

A furioso-north star fajtájú lovak bottal mért marmagasság arányában megadott relatív testméreteit - a csikók és a kifejlett egyedek esetén külön-külön - a 7. táblázatban mutatjuk be. A két korcsoport között nagyon szembetűnő különbségeket találtunk. A csikók relatív farmagassága nagyobb, relatív mellkasmélysége, törzshosszúsága és relatív farszélessége pedig kisebb volt, mint a kifejlett egyedeké. Ezek az eredmények várakozásainknak megfelelőek voltak, és tökéletesen alátámasztották a növekedés és fejlődés jellegéről köztudott szakmai axiómákat. A kifejlett furioso-north star lovak relatív testméretei hasonlóak voltak azokhoz az adatokhoz, amiket korábban a gidrán tenyészkancák (Nagy és mtsai, 2009) esetén számítottunk. Eltérés mutatkozott viszont a nóniusz és magyar sportló tenyészkancáktól (Bene és mtsai, 2012a, 2014a) a relatív törzshosszúság, övméret és farszélesség tekintetében. Korábbi vizsgáltunkban ez utóbbi fajták esetén nagyobb értékeket számítottunk, mint jelen dolgozatban, a furioso-north star egyedeknél.

A furioso-north star fajtájú lovak relatív testméretei\*

Relatív testméret (%) (1)	Csikók (2)			Kifejlett lovak (3)		
	♂	♀	Össz. (4)	♂	♀	Össz.
MMB	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
MMSZ	107,6	106,8	107,1	106,8	106,2	106,8
FM	102,4	102,7	102,5	97,5	98,1	98,1
MEM	41,9	41,1	41,4	48,1	45,3	46,6
TH	80,9	88,6	84,5	104,9	100,0	102,5
FTH	89,2	92,4	90,7	109,9	106,2	108,1
VSZ	22,8	21,2	21,9	25,9	24,8	25,5
MESZ	21,8	21,1	21,4	25,9	26,1	26,1
F1	29,3	28,0	28,6	34,0	34,8	34,2
F2	26,5	25,9	26,1	31,5	32,3	32,3
ÖM	105,1	104,4	104,7	115,4	118,0	116,8
SZBE	13,5	13,1	13,3	13,0	12,4	12,4
SZBH	14,8	14,4	14,6	14,2	13,7	14,3

\* a bottal mért marmagasság százalékában (5)

MMB=marmagasság bottal (6); MMSZ=marmagasság szalaggal (7); FM=farbúb-magasság (8); MEM=mellkasmélység (9); TH=törzshosszúság (10); FTH=ferde törzshosszúság (11); VSZ=válszélesség (12); MESZ=mellkasszélesség (13); F1=far I. szélesség (14); F2=far II. szélesség (15); ÖM=övméret (16); SZBE=bal mellső lábbon mért szárkörméret (17); SZBH=bal hátsó lábbon mért szárkörméret (18)

Table 7. Relative body measurements of Furioso-North Star horses

relative body measurement (1); foals (2); adult horses (3); total (4); in percentage of height at withers measured with stick (5); height at withers measured with stick (6); height at withers measured with tape (7); height of rump (8); depth of chest (9); length of body (10); diagonal length of body (11); width of breast (12); width of chest (13); 1<sup>st</sup> width of rump (14); 2<sup>nd</sup> width of rump (15); hearth girth (16); cannon girth (front left) (17); cannon girth (rear left) (18)

A testarány indexek vizsgálata során az előzőekhez teljesen hasonló eredményeket kaptunk. A 8. táblázat adatai szerint a csikók és a kifejlett állatok testarány indexei között - a súlyindex és a mellkas index kivételével - számottevő különbségek voltak. A korábban feltárt szakmai axiómáknak megfelelően a legszembetűnőbb különbséget a két korcsoport között a túlnőtttségi indexben találtuk. A csikók esetén ez az érték mindkét ivarban 100,0 feletti volt, azaz a farbúbmagasság nagyobb volt, mint a marmagasság. Kifejlett lovaknál viszont 100,0 alatti értékeket számítottunk, vagyis a marmagasság volt néhány cm-rel nagyobb, mint a farbúbmagasság. Szintén nagyon élesen különbözött a két korcsoport között a kvadratikussági index is. A csikók törzshosszúságukhoz képest jóval magasabbak voltak (112,8-123,6), mint a kifejlett egyedek (95,3-100,0). A tömegességi index tekintetében a kifejlett lovak nagyobb értékeket (45,3-48,1) mutattak, mint a csikók (41,1-41,9). A növekedés jellegéből fakadóan ez az eredmény is megfelelő volt előzetes várakozásainknak. A furioso-north star fajtájú lovak zömökségi indexe (108,0) összességében elmaradt azoktól az adatoktól, amiket korábbi munkáink

során a gidrán (113,2; *Nagy és mtsai*, 2009), a nóniusz (113,2; *Bene és mtsai*, 2012c), illetve a magyar sportló (113,2; *Bene és mtsai*, 2014a) tenyészkcák vizsgálata során tapasztaltunk. Korábban (*Bene és mtsai*, 2012c) a nóniusz tenyészkcák súlyindexe (154,1) és tömegességi indexe (47,2) is nagyobb volt, mint jelen vizsgálatban a furioso-north star kancáké (149,6, ill. 48,1). Összességében a furioso-north star lovak testarány indexei csak nagyon kis mértékben különböztek a gidrán tenyészkcák korábban számított eredményeitől. A nóniusz és magyar sportló fajtákhoz képest viszont számottevő eltéréseket találtunk.

8. táblázat

**A furioso-north star fajtájú lovak testarány indexei**

Testarány index* (1)	Csikók (2)			Kifejlett lovak (3)		
	♂	♀	Össz.(4)	♂	♀	Össz.
Kvadratikussági index (5)	123,6	112,8	118,3	95,3	100,0	97,6
Tömegességi index (6)	41,9	41,1	41,4	48,1	45,3	46,6
Súlyindex (7)	142,0	136,8	138,9	149,6	146,6	145,1
Túlnóttási index (8)	102,4	102,7	102,5	97,5	98,1	98,1
Zömökségi index (9)	117,9	113,0	115,4	105,1	111,1	108,0
Test index (10)	77,0	84,9	80,7	90,9	84,7	87,8
Mellkas index (11)	21,7	20,3	20,9	22,5	21,1	21,8
Szerkezeti index (12)	1,4	1,4	1,4	2,2	2,2	2,2

\**Bodó és Hecker* (1992); *Cabral és mtsai* (2004); *Druml és mtsai* (2008)

Table 8. The body measure indices of Furioso-North Star horses

name of body measurement index (1); foals (2); adult horses (3); total (4); quadratic index (5); weight index (6); caliber index (7); overbuilt index (8); stubby index (9); body index (10); chest index (11); conformation index (12)

**KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

Nyolc hazai ménesből származó, 76 különböző korú és ivarú furioso-north star fajtájú ló testméret-felvételezési eredményeinek a vizsgálatát követően az alábbi megállapításokat tehetjük:

A munkánk során mért paraméterek közül a leggyakrabban használt testméretek (bottal és szalaggal mért marmagasság, övméret, szárkörméret) adatai megegyeztek a meglévő szakirodalmi forrásokban talált értékekkel. E testméretek hasonlóak voltak azokhoz az adatokhoz is, melyeket a Furioso-North Star Lótenyésztő Országos Egyesület Tenyésztési Programjában találunk. Vizsgálatunk során újszerű, kísérletes adatokkal igazoltuk, hogy a fajtáról meglévő, ide vonatkozó küllemi információk helyesek.

A dolgozatunkban szereplő további kilenc testméretről alig, vagy egyáltalán nem találtunk adatokat a szakirodalomban. Ezek esetében jelen vizsgálatunk számszerű eredményei újabb (újszerű) adatokat szolgáltathatnak a furioso-north star lófajta küllemének, testméreteinek pontosabb megítéléséhez. Eredményeink megteremtik továbbá a lehetőséget (alapot) más fajtákkal történő, szélesebb körű, objektív küllemi összehasonlításához.

Mindemellett úgy gondoljuk, hogy az általunk mért testméretek közül néhányat (pl. törzshosszúság) be lehetne emelni a fajtastandardbe is. Véleményünk szerint számottevően javítaná az a küllemi tulajdonságokra irányuló szelekciós munkát, ha a Tenyésztési Program több objektíven mérhető paraméterre adna meg kívánatosnak tekintett értékeket.

Azonos korban sem a csikók, sem pedig a kifejlett állatok esetén nem találtunk számottevő különbséget a két ivar testméretei között. Eredményeink alapján ismételten kijelenthető, hogy ló fajban a mének és a kancák közötti ivari dimorfizmus mértéke jóval kisebb annál, mint amit más gazdasági állatfajok esetén tapasztalhatunk.

A korcsoportokon belül a legfontosabb testarány indexekben valamint a - bottal mért marmagasság százalékában számított - relatív testméretekben sem találtunk számottevő különbséget. Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy az általunk vizsgált furioso-north star lóállomány a testméretek tekintetében meglehetősen homogénnek tekinthető.

Nagyon szembetűnő, és a szakmai axiómáknak minden esetben megfelelő különbségeket találtunk ugyanakkor a választáskorú csikók és a kifejlett lovak abszolút és relatív testméretei, valamint testarány indexei között. Úgy gondoljuk, az ide vonatkozó kísérletes adataink ismételten megerősítik a növekedés és fejlődés jellegéről korábban feltárt biológiai törvényszerűségeket.

Adatainkat korábbi vizsgálataink eredményeivel összevetve megállapítható, hogy a furioso-north star lovak a testméretek tekintetében a gidrán fajtához álltak a legközelebb. Az angol telivér csak kis mértékben (néhány küllemi paraméterben) különbözött a fajtától. A nőniusz és a magyar sportló fajták testméreteihez és testarány indexeihez képest viszont nagyobb különbségeket találtunk, mindkét fajta nagyobbak és tömegesebbnek bizonyult, mint a furioso-north star. Kísérletes adataink tükrében úgy gondoljuk, ezt a tendenciát a különböző fajták típus, ráma és testnagyság szerinti besorolásánál célszerű lenne a későbbiekben figyelembe venni.

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnénk megköszönni a furioso-north star lovakat Tenyésztőknek, hogy kutatásainkhoz segítséget nyújtottak, lehetőséget biztosítottak a mérések elvégzésére, valamint időt és energiát fordítottak a törzskönyvi adatok összegyűjtésére. Név szerint köszönjük *Domokos Gábor, Fekete Balázs, Forgó István, Ivanics Réka, Kucsora István, Novák Pál* és *Szalay Ferenc Zoltán* munkáját, segítségét.

Külön szeretnénk megköszönni a sok segítséget a *Furioso-North Star Lótenyésztő Országos Egyesületnek*. Szeretnénk kiemelni *Csíkvari Mónika* ügyvezető-tenyésztés-szervezőt, aki a kutatási munka során rengeteg hasznos információval látott el minket.

Szeretnénk továbbá köszönetet mondani a mérés során segítő személyek - név szerint *Hódi Zoltán, Kocsis Gábor, Lovas Zsolt*, valamint *Orbán Barnabás* - munkáját is.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program - Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bene Sz. - Bem J. - Kovács-Mesterházy Z. - Polgár J. P. - Szabó F. (2010):* Muraközi típusú mén- és kancacsikók testméretei születéstől választásig. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 59. 347-359.
- Bene Sz. - Giczi A. - Kecskés B. S. - Nagy B. (2014a):* Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 11. közlemény: A magyar sportló. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 63. 14-27.
- Bene Sz. - Giczi A. - Kecskés B. S. - Nagy B. - Szabó F. (2012b):* Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998-2010 között. 3. közlemény: Hazai fajták nyereg alatti hasznosításban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 315-332.
- Bene Sz. - Giczi A. - Nagy B. (2012c):* Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 9. közlemény: A nőniusz. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 73-86.
- Bene Sz. - Giczi A. - Szabó F. (2012a):* Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998-2010 között. 1. közlemény: A melegvérű fajták hámos hasznosításban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 1-16.
- Bene Sz. - Kecskés B. S. - Nagy B. - Polgár J. P. (2014b):* Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 12. közlemény: Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek a magyar sportló fajtában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 63. 28-41.
- Bene Sz. - Nagy B. - Giczi A. - Polgár J. P. (2012d):* Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 10. közlemény: Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek a nőniusz fajtában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 87-98.
- Bene Sz. - Nagy B. - Szabó F. (2009a):* Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 1. közlemény: Irodalmi áttekintés. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 213-230.
- Bodó I. - Hecker W. (1992):* Lótenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Cabral, G. C. - de Almeida, F. Q. - Quirino, C. R. - de Azevedo, P. C. N. - Batista Pinto, L. F. - Santos, E. M. (2004):* Avaliação morfométrica de equinos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e proporções corporais. *Rev. Bras. Zootec.*, 33. 1798-1805.
- Deák Sz. (2015):* Furioso-north star mének és kancák testméreteinek összehasonlítása különböző életkorban. Diplomadolgozat, Pannon Egyetem, Keszthely.
- Döhrmann H. (1926):* Magyarország állattenyésztése. II. kötet: Lótenyésztés. "Pátria" Irodalmi Vállalat és Nyomdai Rt., Budapest.
- Druml, T. - Baumung, R. - Sölkner, J. (2008):* Morphological analysis and effect of selection for conformation in the Noriker draught horse population. *Livest. Sci.*, 115. 118-128.
- Edwards, E. H. (1995):* Lovak. Panemex-Grafó Kft., Budapest.
- Gulyás L. - Varga P. - Kiss Cs. (2007):* A magyar hidegvérű csikók növekedésének vizsgálata. *Animal Welfare Etológia és Tartástechnológia*, 3. 16-26.
- Harvey, W. R. (1990):* User's guide for LSLMW and MIXMDL PC-2 version Mixed Model Least-Squares and Maximum Likelihood Computer Program. The Ohio State University. Columbus, OH.
- Hámori D. (1946):* Lótenyésztés. Atheneum Kiadó, Budapest.
- Hintz, H. F. - Hintz, R. L. - Van Vleck, L. D. (1978):* Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of thoroughbreds. *J. Anim. Sci.*, 47. 1243-1245.
- Hintz, H. F. - Hintz, R. L. - Van Vleck, L. D. (1979):* Growth rate of Thoroughbreds. Effects of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. *J. Anim. Sci.*, 48. 480-487.
- Kavazis, A. N. - Ott, E. A. (2003):* Growth rates in Thoroughbred horses raised in Florida. *J. Equine Vet. Sci.*, 23. 353-357.
- Kovácsy B. - Monostori K. (1892):* A ló és tenyésztése. Koczányi és Vitéz, Kassa.
- Mihók S. - Jónás S. (2005):* A sportló szelekciója. (A tenyésztértébecslés lehetőségei.) *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 54. 121-132.
- Mihók S. - Pataki B. - Kalm, E. - Ernst J. (2001):* Gazdasági állataink - Fajtatán. Ló és számár. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- Mihók S. - Posta J. - Jónás S. - Galló J. - Komlósi I. (2009): Áttekintés a (sport)lótenyésztésben végzett fontosabb kutatásokról. *Animal Welfare Etológia és Tartástechnológia*, 5. 27-36.
- Nagy B. - Bene Sz. - Bem J. - Fördös A. - Szabó F. (2009): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 2. közlemény: A gidrán. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 327-340.
- Nagy Zs. - Nagy B. - Kiss B. - Zsuppán Zs. - Szabó F. - Bene Sz. (2011): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 4. közlemény: Az angol telivér. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60. 135-150.
- Ócsag I. - Fehér D. (1976): Lótenyésztés. In: *Horn A. /szerk./: Állattenyésztés II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- Posta J. - Komlósi I. (2007): Magyar sportló kancák néhány testméretének genetikai elemzése. *Agrártudományi Közlemények*, 26. 40-43.
- Preisinger, R. - Wilkens, J. - Kalm, E. (1991): Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Livest. Prod. Sci.*, 29. 77-86.
- Ringler, J. E. - Lawrence, L. M. (2008): Comparison of Thoroughbred growth data to body weights predicted by the NRC. *J. Equine Vet. Sci.*, 28. 97-101.
- Rudiné Mezei A. - Posta J. - Mihók S. (2013): Hazai és külföldi tenyésztésű lovak teljesítményének összehasonlítása a díjugrató sportban elért eredmények alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 62. 57-69.
- Sadek, M. H. - Al-Aboud, A. Z. - Ashmawy, A. A. (2006): Factor analysis of body measurements in Arabian horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123. 369-377.
- Schandl J. (1955): Lótenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Smith, A. M. - Burton Staniar, W. - Splan, R. K. (2006): Associations between yearling body measurements and career racing performance in Thoroughbred racehorses. *J. Equine Vet. Sci.*, 26. 212-214.
- Tenyésztési Program (2008): Furioso-North Star Lótenyésztő Országos Egyesület, Bugac.
- Thompson, K. N. (1995): Skeletal growth rates of weanling and yearling Thoroughbred horses. *J. Anim. Sci.*, 73. 2513-2517.
- Thompson, K. N. - Smith, B. P. (1994): Skeletal growth patterns of Thoroughbred horses. *J. Equine Vet. Sci.*, 14. 148-151.
- Wolc, A. - Bresińska, A. - Szwaczkowski, T. (2006): Genetic and permanent environmental variability of twinning in Thoroughbred horses estimated via three threshold models. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123. 186-190.
- Zechner, P. - Zohman, F. - Sölkner, J. - Bodó, I. - Habed, F. - Martie, E. - Bremf, G. (2001): Morphological description of the Lipizzan horse population. *Livest. Prod. Sci.*, 69. 163-177.

Érkezett: 2016. január

Szerzők címe: Bene Sz. - Deák Sz.  
Pannon Egyetem, Georgikon Kar  
Author's address: University of Pannonia, Georgikon Faculty  
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.  
bene-sz@georgikon.hu



# MAGYAR TARKA HÍZÓBIKÁK HIZLALÁSI ÉS VÁGÁSI EREDMÉNYE IVADÉKTELJESÍTMÉNY-VIZSGÁLAT ALAPJÁN

## 2. közlemény. Populációgenetikai paraméterek, tenyésztértékek, trendek

BENE SZABOLCS - VIGH ZOLTÁN - HÚTH BALÁZS - FÜLLER IMRE -  
WAGENHOFFER ZSOMBOR - POLGÁR J. PÉTER

### ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők a Magyar tarka Tenyésztők Egyesületének üzemi ivadékjeljesítmény-vizsgálati adatbázisát felhasználva tíz hizlalási és vágási értékmérő tulajdonságban fenotípusos és genetikai trendeket, néhány populációgenetikai paramétert, valamint a tenyész bikák tenyészértékét becsülték meg. A trendszámításokhoz egytényezős lineáris regresszió analízist, a populációgenetikai paraméterek meghatározásához, valamint a tenyészértékbecsléshez különböző BLUP modelleket használtak. A munka során a legrosszabbul öröklődő tulajdonságnak ( $h^2=0,19$ ) a SEUROP faggyússági pontszám bizonyult. Az izmoltsági pontszám és a SEUROP izmoltsági pontszám esetén közepes ( $h^2=0,31$ , ill.  $h^2=0,30$ ), a többi vizsgált értékmérő tulajdonság esetén pedig közepesen magas ( $h^2=0,39-0,54$ ) örökölhetőségi értékeket tapasztaltak. A fenotípusos trendszámítás alapján mind a tíz vizsgált értékmérő tulajdonság esetén a meredekség értéke pozitív volt, azaz 2001-2013 között született hízó bikák hizlalási és vágási értékmérő tulajdonságainak fenotípusos trendje egy kivétellel (szállítási veszteség) javuló irányt mutatott. Az apák ugyanazon tulajdonságra becsült tenyészértéke között egyes tulajdonságok esetén nagyobb, más tulajdonságok esetén kisebb különbségeket találtak. A vizsgált fenotípusos és genetikai trendek alapján kijelenthető, hogy a magyar tarka fajta hústermelő-képessége az elmúlt időszakban kismértékben javult.

### SUMMARY

*Bene, Sz. - Vigh, Z. - Húth, B. - Füller, I. - Wagenhoffer, Zs. - Polgár, J. P.: FATTENING AND SLAUGHTER RESULTS OF HUNGARIAN SIMMENTAL BULLS BASED ON PROGENY TEST. 2<sup>nd</sup> paper. POPULATION GENETIC PARAMETERS, BREEDING VALUES AND TRENDS*

Phenotypic and genetic trends, population genetic parameters, heritability and breeding values of fattening and slaughter traits of Hungarian Simmental bulls were evaluated on the progeny test database of Association of Hungarian Simmental Breeders. Trend was calculated by linear regression analysis, while for the population genetic parameters and breeding values used different BLUP models. The lowest heritability value ( $h^2=0.19$ ) in SEUROP fattiness score trait was found. In the case of muscularity score and carcass conformation score medium ( $h^2=0.31$  and  $h^2=0.30$ ), in case of other traits high heritability ( $h^2=0.39-0.54$ ) values were estimated. By the data of the phenotypic trend calculation, the steepness values of the evaluated traits were positive. So the phenotypic trends of the fattening and slaughter traits - with one exception (weight losses during the transport) - of bulls born between 2001 and 2013 showed an improving trend. Between the breeding value of sires for some traits larger, with other traits smaller differences were found. Based on the evaluated phenotypic and genetic trends the meat production ability of Hungarian Simmental breed in the past period has improved.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Hazánkban az elmúlt időszakban meglehetősen ritkán találkozhattunk olyan tudományos információkkal, melyek a húshasznosítású szarvasmarhák hizlalási és vágási eredményén alapuló ivadékteljesítmény-vizsgálati (ITV) eredményeiből születtek (Füller és mtsai, 2009; Kiss és mtsai, 2012). Az ITV megszervezése és lebonyolítása meglehetősen nehéz feladat, ami a szakmailag kiemelten fontos irányelvek meghatározása és betartása mellett jelentős anyagi ráfordítással is jár (Füller és Húth, 2015).

Az ITV során olyan tenyésztésbeli, gazdasági és piaci értelemben véve fontos értékmérő tulajdonságok alakulásáról nyerhetünk adatokat, melyek vizsgálatára más módszerrel (pl. sajátteljesítmény-vizsgálat, STV) nem nyílik lehetőség (Dohy és Keleméri, 1971; Csomós és mtsai, 1974). A húshasznosítású szarvasmarhák esetén tipikusan ilyenek azok, melyeket csak vágás után, a vágóhídi feldolgozás során mérhetünk. A levágott marhából soha nem lesz tenyészállat, így az ide vonatkozó tulajdonságokban a tenyészértékbecsléshez szükséges adatgyűjtés szinte kizárólag ITV-tal lehetséges (Nagy és mtsai, 1991).

Hazánkban a magyar tarkát kettős hasznosítású fajtaként tartjuk nyilván, azaz nemesítése során - a fitnessz tulajdonságok mellett - mind a két fő tulajdonságcsoportra, a tejtermelésre és a hústermelésre is figyelni kell. A tejtermelő-képesség alakulása a termelésellenőrzött állományok havi befejesi adataiból jól becsülhető, a hústermelő-képesség ellenőrzéséhez azonban STV-okat (pl. a növekedési erély tesztelésére) és ITV-okat (pl. a vágóérték tesztelésére) kell szervezni (Nagy és mtsai, 1982; Sárdi és mtsai, 2002 stb.).

Az ITV megszervezése és lebonyolítása (a véletlenszerű párosítással kezdődően, a felnevelés, a hizlalás és a vágás körülményeinek összehangolásán át a hizlalási és vágási adatbázis összeállításával bezárólag) a szarvasmarha tenyésztő egyesületének irányításával történik. Ennek, valamint az adatok feldolgozásának és értékelésének alapvető szabályait a *Szarvasmarha Teljesítményvizsgálati Kódex* (2002) tartalmazza.

A fajtatizta, illetve a keresztezett magyar tarka ivadékok egyedi hústermelő-képességéről, azaz a növekedés üteméről, a hizlalás alatti súlygyarapodásról, vagy a vágási mutatószámokról számos korábbi információt találhatunk a hazai szakirodalomban (Bárczy és mtsai, 1963, 1966; Balika és Somogyi, 1971; Szabó, 1990; Várhegyi és mtsai, 1990; Bölcsey és mtsai, 1999; Szabó és mtsai, 2008; Kiss és mtsai, 2010 stb.). A hazai források között ugyanakkor számos adat lelhető fel más húshasznosítású szarvasmarha fajták hizodalmasságáról és vágóértékéről is (Nagyné és mtsai, 1973, 1981; Szentpéteri és mtsai, 1987; Bozó és mtsai, 1989, 1991; Enyedi és Kovács, 1989; Szabó és mtsai, 1993ab, 2000; Tózsér és mtsai, 2003; Holló és mtsai, 2005 stb.). E forrásmunkák eredményeit korábbi munkáinkban (Bene és mtsai, 2009a,b; Polgár és mtsai, 2005) részletesen bemutattuk, így azokat itt nem részletezzük.

A hegyi tarka fajtacsoport egyedei a világ számos országában jelen vannak, így azok - a földrajzi és éghajlati különbségek miatt - kisebb-nagyobb mértékben különbözhetnek egymástól. A magyar tarkát szinte kizárólag csak Magyarországon tenyésztjük, ezért a fajta teljesítményének értékelése napjainkban is meghatározó szerepet játszik a szarvasmarha-tenyésztéssel foglalkozó kutatások körében.

E gondolat mentén jelen dolgozatunk szakirodalommal kapcsolatos részeiben elsősorban a meglévő hazai kutatási eredmények adataira, információira támaszkodtunk. Természetesen a fent nevezett témakörben nemzetközi szinten is meglehetősen jól dokumentált szakirodalom áll rendelkezésre (Kögel és mtsai, 1991; Gregory és mtsai, 1994; Schwarz és mtsai, 1995; Steen, 1995; Engellandt és mtsai, 1999; Laborde és mtsai, 2001; Bjelka és mtsai, 2002; Vorísková és mtsai, 2002; Crews és mtsai, 2003; Özlütürk és mtsai, 2004 stb.). Néhány ide vonatkozó forrásmunka eredményeit korábbi dolgozatainkban (Bene és mtsai, 2009a,b) foglaltuk össze, így azok ismételt bemutatásától itt szintén eltekintünk.

A fentiek tükrében jelen munkánk elsődleges célja néhány populációgenetikai paraméter meghatározása volt az ivadékteljesítmény-vizsgálaton részt vevő magyar tarka fajtájú hízó bikák hizlalási és vágási értékmérő tulajdonságaiban. Kíváncsiak voltunk arra is, hogy milyen képet mutat a hizlalási és vágási teljesítmény fenotípusos és genetikai trendje az elmúlt időszakban. A rendelkezésre álló adatbázis felhasználásával szeretnénk volna a vizsgálatban részt vevő tenyészbikák tenyészértékét is meghatározni a hizlalási és vágási tulajdonságokban. A munkához az alapokat a Magyartarka Tenyésztők Egyesületének a húsirányú üzemi ivadékteljesítmény-vizsgálati (ÜITV) adatbázisa nyújtotta, melybe rendszeresen és nagy pontossággal gyűjtenek hizlalási és vágási adatokat közel 15 éve.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során ugyanazt a - Magyartarka Tenyésztők Egyesületétől származó - ÜITV adatbázist dolgoztuk fel, melyből cikksorozatunk első részében (Polgár és mtsai, 2016) néhány tényező hatását értékeltük 899 fajtatiszta magyar tarka hízó bika hizlalási és vágási eredményeire. A hízó bikák összesen 96 apa és 823 anya ivadékaik voltak. Az apánkénti ivadékok száma 4 és 27 között változott, az egy apára jutó ivadékok száma átlagosan 9,36 volt. A hízó bikák 2001-2013 között születtek, vágási életkoruk 12-27 hónap között változott. Az ÜITV lebonyolításában összesen 13 hizlaló üzem (hizlalda) vett részt.

A vizsgált tulajdonságok köre - izmoltsági pontszám (IZM), hizlalási végsúly (HVS), vágási súly (VÁG), szállítási veszteség (SZV), életnapra jutó súlygyarapodás (SGY), vágott test súlya (CAR), életnapra jutó csontos hús termelés (CSH), vágási százalék (VSZ), SEUROP izmoltsági és faggyússági pontszám (EUR, FGY) - jelen dolgozatunkban megegyező volt a korábban (Polgár és mtsai, 2016) bemutatottakkal, így azok értelmezését és számításuk módját itt nem ismételjük.

Korábbi dolgozatunk folytatásaként mostani vizsgálatunkban a fent nevezett értékmérő tulajdonságok alakulásának fenotípusos és genetikai trendjét, azok populációgenetikai paramétereit, valamint az apák tenyészértékét határoztuk meg.

A fenotípusos trendek számításakor a hízó bikák - korábbi dolgozatunkban (Polgár és mtsai, 2016) bemutatott - évenkénti eredményeiből indultunk ki. Az azonos évben született egyedek eredményeit átlagoltuk mind a tíz vizsgált értékmérő tulajdonságban, majd az átlagokat mind a tíz esetben külön-külön koordináta rendszerben ábráztuk. Az így kapott ponthalmazokra egytényezős lineáris regresszió analízis segítségével egyeneseket illesztettünk. A függő változóknak a mért tulajdonságot, a független változóknak pedig a születési évjáratot

tekintettük. Az alkalmazott egytényezős lineáris regressziós egyenlet általános alakja az alábbi volt:

$$Y = a + bX$$

(Ahol:  $Y$  = a mért tulajdonság átlagos fenotípusos értéke;  $a$  = tengelymetszet;  $b$  = meredekség, a tulajdonság változásának és irányának a nagysága;  $X$  = az ivadékteljesítmény-vizsgálatban részt vevő hízbika születési évjárata.)

Mind a tíz esetben meghatároztuk a tengelymetszet ( $a$ ), a meredekség ( $b$ ), valamint az illeszkedés ( $R^2$ ) értékét, illetve ezek statisztikai megbízhatóságát is. Az eredmények közül grafikus formában csak az életnapra jutó súlygyarapodást és a vágási %-ot mutatjuk be.

A populációgenetikai paraméterek számítása során minden tulajdonság esetén négy értéket, az ivadékcsoportok közötti (genetikai) varianciát ( $V_g$ ), az ivadékcsoporton belüli (környezeti) varianciát ( $V_k$ ), a fenotípusos varianciát ( $V_f$ ) és az örökölhetőségi értéket ( $h^2$ ) határoztuk meg. A meglévő adatbázis mérete és struktúrája megfelelőnek tűnt egy egyszerűbb és egy összetett BLUP módszer alkalmazásához, így a munkánk során a nevezett paramétereket apamoddellel és egyedmodellel (Szóke és Komlósi, 2000) is meghatároztuk.

Az apamodell összeállítása során az apát véletlen (random), a többi vizsgált tényezőt - azaz korábbi vizsgálatunk (Polgár és mtsai, 2016) eredményei alapján a születési évet, az életkor kategóriát, a születés típusát, ill. a hizlaló üzemet - fix hatásként vettük figyelembe. A munka során mind a tíz tulajdonságot egymástól külön kezeltük és külön-külön modellszámítást végeztünk. Az alkalmazott apamodell általános alakját (a hizlalási végsúlyt példaként használva) a következőképp írtuk fel:

(Ahol  $\hat{y}_{hijkl} = \mu + S_h + Y_i + A_j + B_k + F_l + e_{hijkl}$  „h” apától, „i” évben született, „j” korú, „k” típusban született, „l” helyen hizlalt hízbika hizlalási végsúlya;  $\mu$  = az összes megfigyelés átlaga;  $S_h$  = az apa hatása;  $Y_i$  = a születési év hatása;  $A_j$  = a vágási életkor hatása;  $B_k$  = a születés típusának hatása;  $F_l$  = a hizlalás helyének hatása;  $e_{hijkl}$  = véletlen hiba.)

Az apamodell futtatását Harvey (1990) „Least Square Maximum Likelihood” eljárása szerint, „Harvey” programmal végeztük. A számítás menetét korábbi dolgozatunkban (Bene, 2013) részletesen ismertettük, így annak újbóli bemutatásától itt eltekintünk.

A populációgenetikai paraméterek becslését egyedmodellel is elvégeztük. Az egyedmodellek összeállítása során ugyanazokat a fix hatásokat vettük figyelembe, mint az apamodell esetén. Véletlen hatás az egyed volt, a rokonsági mátrixban az apákra, anyákra és a nagyszülőkre vonatkozó pedigre adatok szerepeltek. A munka során ez esetben is mind a tíz tulajdonságot egymástól külön kezeltük. Az alkalmazott általános egyedmodell mindegyik tulajdonság esetén az alábbi volt:

$$y = Xb + Zu + e$$

(Ahol:  $y$  = a megfigyelés vektora (tulajdonság);  $b$  = a fix hatások vektora;  $u$  = a véletlen hatás vektora (egyed);  $e$  = hiba vektor;  $X$  = a fix hatások előfordulási mátrixa;  $Z$  = a véletlen hatások előfordulási mátrixa.)

Az egyedmodell esetén a populációgenetikai paramétereket - Lengyel és mtsai (2004), valamint Lengyel (2005) iránymutatása alapján - a DFREML (Meyer, 1998) és az MTDFREML (Boldman és mtsai, 1993) programokkal becsültük. A számítás

menete egy korábbi dolgozatban (Bene, 2007) részletesen ismertetésre került, így annak újbóli bemutatásától itt szintén eltekintünk.

A vizsgálatban részt vevő apák tenyészértékét is megbecsültük az értékelt tulajdonságokban. A tenyészértéket mind a tíz értékmérő tulajdonság esetén az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a teljes populáció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg. A két BLUP modellt, valamint a velük kapott eredmények „használhatósága” miatt dolgozatunkban csak az apamoddellel kapott eredményeket foglaltuk össze. A tenyészértékeket valamennyi apa esetén meghatároztuk, de azokat kéziratunkban - táblázatos formában - csak a 15 legtöbb ivadékkal rendelkező apa esetén mutatjuk be.

A vizsgált tíz értékmérő tulajdonság alakulásának genetikai trendjét az azonos évben született apák tenyészértékéből határoztuk meg. Az értékelésben részt vevő 96 apa közül - minden tulajdonság esetén külön-külön - az azonos évben születettek tenyészértékét átlagoltuk, majd az kapott értékeket koordináta rendszerben ábráztoltuk. Az így létrejött ponthalmazokra egytényezős lineáris regresszió analízis segítségével egyeneseket illesztettünk. A függő változónak minden tulajdonság esetén az átlagos tenyészértéket, a független változónak pedig az apa születési évjáratát tekintettük. Az alkalmazott egytényezős lineáris regressziós egyenlet általános alakja az alábbi volt:

$$Y = a + bX$$

(Ahol:  $Y$  = átlagos tenyészérték a vizsgált tulajdonságban;  $a$  = tengelymetszet;  $b$  = meredekség, a tenyészérték változásának és irányának a nagysága;  $X$  = a vizsgálatban részt vevő apa - értékelendő tenyészbika - születési évjárata.)

A fenotípusos trendszámításhoz hasonlóan itt is mind a tíz esetben meghatároztuk a tengelymetszet ( $a$ ), a meredekség ( $b$ ), valamint az illeszkedés ( $R^2$ ) értékét, illetve ezek statisztikai megbízhatóságát is. Az eredmények közül grafikus formában csak az életnapra jutó súlygyarapodás és a vágási százalék alakulását mutatjuk be.

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 és Word 2003 programokkal végeztük. A lineáris regresszió analízis számítása a MS Excel statisztikai csomagjával történt.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### *Fenotípusos trendek*

A fenotípusos trendek meghatározásakor a cikksorozatunk első részében (Polgár és mtsai, 2016) bemutatott évjáratí eredményekből indultuk ki. A hízó bikák ott kapott értékeiből számított regressziós paramétereket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Két tulajdonság, az életnapra jutó súlygyarapodás, valamint a vágási százalék esetén eredményeinket grafikus formában is bemutatjuk (1. ábra).

Mind a tíz vizsgált értékmérő tulajdonság esetén a meredekség ( $b$ ) értéke pozitív volt, azaz 2001-2013 között született hízó bikák hizlalási és vágási értékmérő tulajdonságainak fenotípusos trendje egy kivétellel (szállítási veszteség) kedvező irányt mutatott. Ez utóbbi esetén megállapítható, hogy a pozitív meredekség következtében a szállítás körül felmerülő súlyvesztés évenként átlagosan +0,54%-kal nőtt. A legnagyobb mértékű javulást az életnapra jutó súlygyarapodás (évente +12,19 g/

## Fenotípusos trendek a vizsgált tulajdonságokban

Y	Meredekség (1)			Tengelymetszet (2)			Illeszkedés (3)	
	bX			a			R <sup>2</sup>	p
	b	SE	p	a	SE	p		
IZM	+0,04	0,05	NS	-68,45	96,17	NS	0,05	NS
HVS	+5,65	3,22	NS	-10712,20	6453,45	NS	0,22	NS
VÁG	+2,07	3,04	NS	-3549,56	6102,25	NS	0,04	NS
SZV	+0,54	0,07	<0,01	-1080,32	132,52	<0,01	0,86	<0,01
SGY	+12,19	5,98	<0,10	-23249,20	12008,76	<0,10	0,27	<0,10
CAR	+1,56	1,96	NS	-2768,70	3937,30	NS	0,05	NS
CHT	+3,58	3,47	NS	-6519,37	6960,20	NS	0,09	NS
VSZ	+0,10	0,09	NS	-139,61	182,41	NS	0,10	NS
EUR	+0,11	0,04	<0,05	-221,38	78,60	<0,05	0,43	<0,05
FGY	+0,12	0,04	<0,01	-236,68	70,49	<0,01	0,51	<0,01

X=az ivadék születési éve (4); IZM=izmoltsági pontszám (pont) (5); HVS=hizlalási végsúly (kg) (6); VÁG=vágási súly (kg) (7); SZV=szállítási veszteség (%) (8); SGY=életnapra jutó súlygyarapodás (g/nap) (9); CAR=vágott test súlya (kg) (10); CHT=csontos hús termelés (g/nap) (11); VSZ= vágási százalék (%) (12); EUR=SEUROP izmoltsági pontszám (pont) (13); FGY=SEUROP faggyúsági pontszám (pont) (14)

Table 1. Phenotypic trends in the investigated traits

steepness (1); constant (2); fitting (3); birth year of progeny (4); muscularity score (5); live weight at the end of fattening (kg) (6); slaughter weight (kg) (7); weight losses during the transport (%) (8); average lifetime daily weight gain (g/day) (9); carcass weight (kg) (10); average lifetime carcass production (g/day) (11); dressing percentage (%) (12); SEUROP conformation score (13); SEUROP fatness score (14)

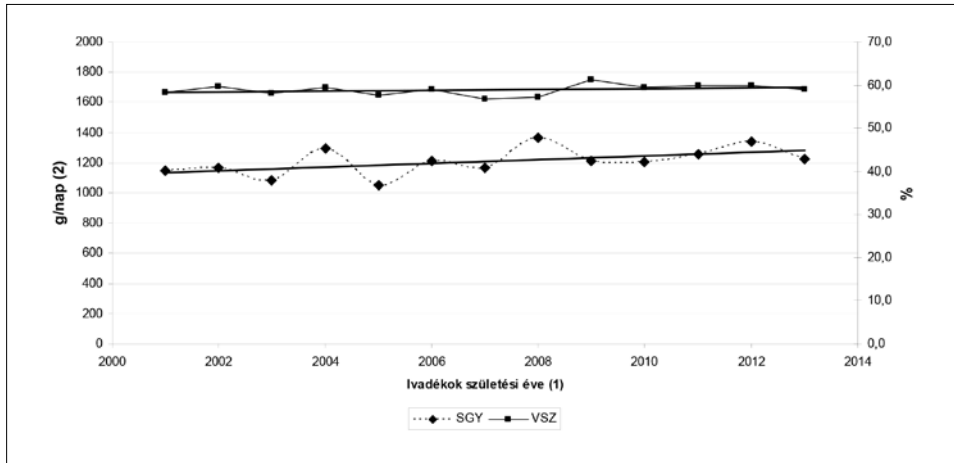
nap), a hizlalási végsúly (évente +5,65 kg), valamint a SEUROP izmoltsági (évente +0,11 pont) és faggyúsági (évente +0,12 pont) pontszám esetében számítottuk. A hizlalási végsúly növekedése a SEUROP faggyúsági pontszám emelkedését okozhatta. A legkisebb növekedést az izmoltsági pontszám (évente +0,04 pont) és a vágási százalék (évente +0,10%) esetén figyeltük meg. A tíz vizsgált tulajdonság fenotípusos trendje közül csak a szállítási veszteség, valamint a SEUROP izmoltsági és faggyúsági pontszám esetén találtuk a regresszió analízis során számított paramétereket statisztikailag megbízhatónak. Mindezek ellenére úgy tűnik, hogy - korábbi (Polgár és mtsai, 2016) várakozásainknak megfelelően - a vizsgált időszakban a hizlalási és vágási mutatószámok ugyan eltérő mértékben, de jellemzően javuló tendenciát mutattak. Adataink irányukat tekintve hasonlóak voltak azokhoz az információkhoz, melyeket Füller és mtsai (2009), valamint Füller és Húth (2015) munkáiban találtunk.

### Populációgenetikai paraméterek

A két különböző BLUP modellel becsült populációgenetikai paramétereket és örökölhetőségi értékeket a 2. táblázatban mutatjuk be.

Az apamodell esetén a legrosszabbul öröklődő tulajdonságnak ( $h^2=0,19$ ) a

1. ábra Fenotípusos trendek az SGY és a VSZ tulajdonságokban



SGY=életnapra jutó napi súlygyarapodás (3); VSZ= vágási százalék (4)

Figure 1. Phenotypic trends in the SGY and VSZ traits  
birth year of progeny (1); g/day (2); average lifetime daily weight gain (3); dressing percentage (4)

SEUROP faggyússági pontszám bizonyult, ami jórészt egyező volt a faggyútartalom és a takarmányozás (mint környezeti tényező) összefüggéseiről jól ismert szakmai axiómákkal. Az izmoltsági pontszám és a SEUROP izmoltsági pontszám esetén közepes ( $h^2=0,31$ , ill.  $h^2=0,30$ ), a többi vizsgált értékmérő tulajdonság esetén pedig közepesen magas ( $h^2=0,39-0,54$ ) örökölhetőségi értékeket becsültünk. A populációgenetikai paramétereket minden tulajdonság esetén meg tudtuk határozni, a hibahatár (SE) pedig néhány esettől (pl. SEUROP faggyússági pontszám) eltekintve megfelelt az elvárásoknak. A kapott  $h^2$  értékek hasonlóak voltak a szakirodalomban fellelhető adatok (Engellandt és mtsai, 1991; Crews és mtsai, 2003; Hickey és mtsai, 2007; Rumph és mtsai, 2007; Füller és mtsai, 2009 stb.) nagyobb részéhez is.

Az egyedmodell az előzőeknél jóval nehezebben értelmezhető eredményeket adott. Két tulajdonság, az életnapra jutó súlygyarapodás és csontos hús termelés esetén a genetikai variancia értéke nem volt becsülhető. A SEUROP izmoltsági és faggyússági pontszám, valamint az izmoltsági pontszám örökölhetősége közepesnek bizonyult ( $h^2=0,31-0,43$ ). A többi értékmérő tulajdonság esetén a vártnál jóval nagyobb, néhány esetben indokolatlanul magas örökölhetőségi értékekkel ( $h^2=0,76-0,88$ ) találkoztunk. Ilyen nagy  $h^2$  értékeket a szóban forgó tulajdonságok esetén a szakirodalomban nem találtunk. Mindezek mellett a kapott értékek statisztikai értelemben vett megbízhatósága kielégítő volt, de nem mutatott jobb értékeket azoknál az adatoknál, mint amit az apamodellek futtatása során becsültünk.

A populációgenetikai paraméterek becslése során kapott adatainkat összegezve úgy gondoljuk, a két modell közül az egyszerűbb apamodell kapott eredmények bizonyultak szakmai szempontból megbízhatóbbnak.

2. táblázat

## Populációgenetikai paraméterek

Tul. (1)	Apamodellel (2)				Egyedmodellel (3)			
	$V_g$	$V_k$	$V_f$	$h^2 \pm SE$	$V_g$	$V_k$	$V_f$	$h^2 \pm SE$
IZM	0,51	1,15	1,66	0,31 $\pm$ 0,11	0,55	0,73	1,28	0,43 $\pm$ 0,12
HVS	2994,07	2991,27	5985,34	0,50 $\pm$ 0,14	3076,92	723,82	3800,74	0,81 $\pm$ 0,14
VÁG	3001,80	2573,07	5574,87	0,54 $\pm$ 0,14	2903,29	448,65	3351,94	0,87 $\pm$ 0,14
SZV	0,88	1,37	2,25	0,39 $\pm$ 0,12	0,73	0,77	1,50	0,49 $\pm$ 0,13
SGY	10672,99	9923,24	20596,23	0,52 $\pm$ 0,14	-	801,14	-	-
CAR	1236,16	1057,10	2293,26	0,54 $\pm$ 0,14	1208,79	160,31	1369,10	0,88 $\pm$ 0,14
CHT	4328,98	3670,47	7999,45	0,54 $\pm$ 0,14	-	119,17	-	-
VSZ	3,47	3,34	6,81	0,51 $\pm$ 0,14	3,33	1,02	4,35	0,76 $\pm$ 0,14
EUR	0,13	0,31	0,44	0,30 $\pm$ 0,11	0,13	0,21	0,34	0,38 $\pm$ 0,11
FGY	0,06	0,23	0,29	0,19 $\pm$ 0,10	0,08	0,17	0,25	0,31 $\pm$ 0,11

$V_g$  = ivadékcsoportok közötti variancia (4);  $V_k$  = ivadékcsoporton belüli variancia (5);  $V_f$  = fenotípusos variancia (6); IZM = izmoltsági pontszám (7); HVS = hizlalási végsúly (8); VÁG = vágási súly (9); SZV = szállítási veszteség (10); SGY = életnapra jutó súlygyarapodás (11); CAR = vágott test súlya (12); CHT = csontos hús termelés (13); VSZ = vágási százalék (14); EUR = SEUROP izmoltsági pontszám (15); FGY = SEUROP faggyússági pontszám (16); - = nem becsülhető (17)

Table 2. The population genetics parameters

traits (1); with sire model (2); with animal model (3); variance among progeny groups (4); variance within progeny groups (5); phenotypic variance (6); muscularity score (7); live weight at the end of fattening (8); slaughter weight (9); weight losses during the transport (10); average lifetime daily weight gain (11); carcass weight (12); average lifetime carcass production (13); dressing percentage (14); SEUROP conformation score (15); SEUROP fatness score (16); can not be estimated (17)

## Tenyészértékek

A 3. táblázatban - a fentiek következtében - a vizsgálatban részt vevő tenyész-bikák (apák) apamodellel becsült tenyészértékét mutatjuk be mind a tíz vizsgált értékmérő tulajdonságban. Itt azért azt megjegyezzük, hogy ugyanazon tulajdonságban az apák két különböző modellel becsült tenyészértéke között az előzőekhez hasonló nagymértékű különbségeket nem tapasztaltunk.

A tenyészértékbecslés eredményei alapján megállapítható, hogy a tenyész-bikák között egyes tulajdonságok esetén nagyobb, más tulajdonságok esetén kisebb különbségek voltak.

A szállítási veszteség, a vágási százalék, valamint a SEUROP faggyússági pontszám tulajdonságokban a 15 legtöbb ivadékkal rendelkező apa becsült tenyészértéke meglehetősen kis különbségeket (kb. 1%, 1,5%, ill. 0,2 pont) mutatott.

Nagy különbség adódott azonban a tenyész-bikák között az életnapra jutó súlygyarapodás, az életnapra jutó csontos hús termelés, az izmoltsági pontszám, valamint a SEUROP izmoltsági pontszám tenyészértékében. Az életnapra jutó súlygyarapodás tekintetében a legjobb (21719-es számú bika, +113 g/nap), és a legrosszabb (18428-as bika, -52 g/nap) apa tenyészértéke között 165 g/nap



3. táblázat

**Az apák apamoddellel becsült tenyésztési értékei (±SE) a vizsgált tulajdonságokban**

Apák KLSZ (1)	N	Izm (pont)	HVS (kg)	VÁG (kg)	SZV (%)	SGY (g/nap)	CAR (kg)	CHT (g/nap)	VSZ (%)	EUR (pont)	FGY (pont)
Főátlag (2)	899	6,53±0,25	635±17	597±16	5,85±0,31	1210±31	352±11	670±20	58,88±0,57	3,58±0,13	2,63±0,10
13399	27	0,29±0,21	12±13	13±12	-0,24±0,24	20±23	5±8	9±14	-0,32±0,41	-0,08±0,11	-0,08±0,08
15669	16	0,33±0,23	-24±14	-24±14	0,06±0,28	-40±26	-19±9	-34±16	-0,83±0,47	0,16±0,12	-0,16±0,09
15670	17	-0,01±0,23	-9±14	-10±14	0,06±0,28	-30±27	-11±9	-27±16	-0,81±0,48	-0,22±0,12	-0,18±0,09
16454	15	0,10±0,25	-12±16	-7±15	-0,62±0,30	-49±29	-9±10	-30±18	-0,63±0,52	-0,06±0,13	0,02±0,10
16931	17	-0,15±0,24	9±15	8±14	0,09±0,29	54±28	10±9	36±17	0,71±0,49	-0,03±0,12	-0,03±0,09
17044	15	-0,31±0,25	-24±16	-31±15	0,87±0,30	-42±29	-15±10	-25±18	0,52±0,52	-0,27±0,13	-0,11±0,10
17367	16	-0,10±0,25	2±16	5±15	-0,45±0,30	12±30	5±10	15±18	0,38±0,52	0,00±0,13	-0,10±0,10
18428	18	-0,70±0,23	-27±14	-30±13	0,59±0,27	-52±25	-22±8	-42±15	-0,68±0,45	-0,26±0,11	-0,13±0,09
18429	14	0,02±0,24	10±15	14±14	-0,53±0,29	-7±28	8±9	0±17	0,05±0,50	0,00±0,12	0,03±0,10
19227	27	-0,08±0,21	-33±12	-36±12	0,51±0,24	-47±23	-32±8	-49±14	-1,86±0,41	-0,24±0,11	-0,02±0,08
19300	16	0,14±0,23	-8±14	-9±14	0,08±0,28	-26±26	-5±9	-15±16	-0,01±0,47	-0,05±0,12	0,04±0,09
21719	13	0,01±0,25	49±15	46±14	0,06±0,29	113±28	21±9	51±17	-0,76±0,50	0,19±0,12	0,02±0,10
22168	15	0,21±0,25	17±16	20±15	-0,30±0,30	36±29	12±9	26±18	0,12±0,52	0,12±0,13	-0,05±0,10
22658	13	-0,07±0,25	-15±15	-16±14	0,15±0,29	-27±28	-13±9	-24±17	-0,70±0,50	-0,07±0,12	-0,08±0,10
22660	17	-0,05±0,23	6±14	3±13	0,11±0,28	-2±26	1±9	-5±16	-0,32±0,47	-0,10±0,12	0,06±0,09

Izm=izmoltsági pontszám (3); HVS=hizlalási végsúly (4); VÁG=vágási súly (5); SZV=szállítási veszteség (6); SGY=életnapra jutó súlygyarapodás (7); CAR=vágottest súlya (8); CHT=csontos hús termelés (9); VSZ=vágási százalék (10); EUR=SEUROPIZmoltsági pontszám (11); FGY=SEUROPI faggyúsági pontszám (12)

Table 3. The breeding value (±SE) of sires in the evaluated traits estimated with sire model  
 identity number of sire (1); grand mean (2); muscularity score (3); live weight at the end of fattening (4); slaughter weight (5); weight losses during the transport (6); average lifetime daily weight gain (g/day) (7); carcass weight (8); average lifetime carcass production (g/day) (9); dressing percentage (10); SEUROPI conformation score (11); SEUROPI fatness score (12)

volt a különbség. A SEUROP izmoltsági pontszám esetén is a 21719-es apa tenyésztékét találtuk a legnagyobbknak (+0,19 pont), ami nagyságrendileg fél osztálynyival (0,46 ponttal) volt nagyobb annál, mint amit a 17044-es tenyészbika (-0,27 pont) esetén becsültünk. Az izmoltsági pontszám esetén viszont több, mint egy teljes pontnyi (1,03 pont) különbséget találtunk a 15669-es apa (+0,33 pont) és a 18428-as tenyészbika (-0,70) ivadékcsoportjainak a teljesítménye között. A legjobb és a legrosszabb apa tenyésztéké között hizlalási végsúlyban 82 kg, vágási súlyban 82 kg, a vágott test súlyában pedig 53 kg különbséget tapasztaltunk.

Az előzőekben bemutatott eredményekhez azt mindenképp hozzá kell tenni, hogy a becsült tenyésztékéek statisztikai értelemben vett megbízhatósága nem volt kielégítő. A sztenderd hiba (SE) értéke néhány tulajdonság esetén a tenyésztékéknél is nagyobb volt.

### Genetikai trendek

Az azonos évben született apák tíz értékmérő tulajdonságban - külön-külön - becsült tenyésztékének átlagolásával kapott genetikai trendeket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A fenotípusos trendekhez hasonlóan két tulajdonságot, az életnapra jutó súlygyarapodást és a vágási százalékot a 2. ábrán is megjelenítettük.

A vizsgálatban szerelő 96 apa közül a legidősebbek 1996-ban, a legfiatalab-  
bak pedig 2011-ben születtek, így a genetikai trendeket az 1996-2011 közötti időszakra tudtuk kiszámítani. Eredményeink szerint két tulajdonság, a szállítási

4. táblázat

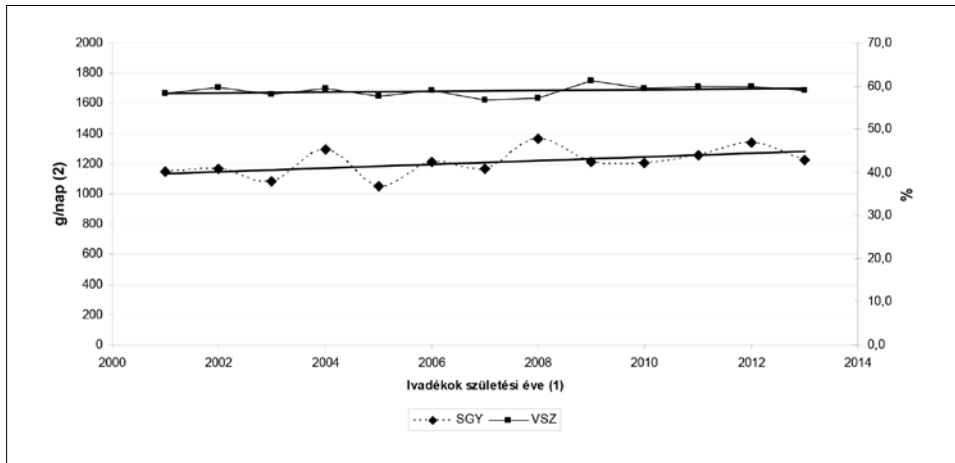
**Genetikai trendek a vizsgált tulajdonságokban az apák tenyésztéké alapján**

Y	Meredekség (1)			Tengelymetszet (2)			Illeszkedés (3)	
	bX			a			R <sup>2</sup>	p
	b	SE	p	a	SE	p		
IZM	+0,00	0,00	NS	-7,33	8,65	NS	0,06	NS
HVS	+0,31	0,71	NS	-624,97	1421,29	NS	0,02	NS
VÁG	+0,30	0,73	NS	-602,92	1466,56	NS	0,02	NS
SZV	-0,00	0,01	NS	+5,34	16,94	NS	0,01	NS
SGY	+1,38	1,27	NS	-2759,63	2541,61	NS	0,10	NS
CAR	+0,31	0,36	NS	-611,99	713,17	NS	0,06	NS
CHT	+1,09	0,65	NS	-2174,39	1310,69	NS	0,20	NS
VSZ	+0,01	0,02	NS	-27,77	33,52	NS	0,06	NS
EUR	+0,00	0,00	NS	-3,73	4,69	NS	0,05	NS
FGY	-0,00	0,00	NS	+0,28	2,54	NS	0,00	NS

X=az apa születési éve (4); IZM=izmoltsági pontszám (pont) (5); HVS=hizlalási végsúly (kg) (6); VÁG=vágási súly (kg) (7); SZV=szállítási veszteség (%) (8); SGY=életnapra jutó súlygyarapodás (g/nap) (9); CAR=vágott test súlya (kg) (10); CHT=csontos hús termelés (g/nap) (11); VSZ= vágási százalék (%) (12); EUR=SEUROP izmoltsági pontszám (pont) (13); FGY=SEUROP faggyúsági pontszám (pont) (14)

Table 4. Genotypic trends in the investigated traits according to BV of sires steepness (1); constant (2); fitting (3); birth year of sire (4); as in Table 1 (5-14)

2. ábra Genetikai trendek az SGY és a VSZ tulajdonságokban



SGY=életnapra jutó napi súlygyarapodás (3); VSZ= vágási százalék (4)

Figure 2. Genetic trends in the SGY and VSZ traits

birth year of sire (1); g/day (2); average lifetime daily weight gain (3); dressing percentage (4)

veszteség és a SEUROP faggyússági pontszám esetén az átlagos tenyészték időbeni változása (b) negatív irányú volt, a csökkenés éves mértéke azonban a 0,01%-ot, illetve a 0,01 pontot sem érte el. A többi tulajdonság esetén a regresszió analízis során meghatározott meredekség (b) értéke pozitív irányt mutatott, vagyis nyolc értékmérő tulajdonságot tekintve évről évre átlagosan jobb tenyésztékű apaállatok kerültek be a tenyésztésbe. A pozitív eredményekhez azért azt hozzá kell tenni, hogy a tulajdonságonkénti átlagos tenyészték évről évre történő javulása meglehetősen lassú ütemű volt (pl. életnapra jutó súlygyarapodás esetén évente átlagosan csupán 1,38 g/nap mértékben nőtt a tenyészték). Bizonyos években jelentős átlagtól való eltéréseket is tapasztaltunk (pl. az életnapra jutó súlygyarapodás esetén a 2005-ben született apák átlagos tenyésztéke -41,06 g/nap, míg a 2008-ban születetteké +35,66 g/nap volt). Ezek következtében a tíz vizsgált tulajdonság közül egyik esetében sem tudtuk statisztikailag igazolni a számított genetikai trendek megbízhatóságát.

## KÖVETKEZTETÉSEK JAVASLATOK

A Magyartarka Tenyésztők Egyesületének üzemi ITV adatbázisát kiértékelve, a hizlalsi és vágási értékmérő tulajdonságok fenotípusos és genetikai trendjének, populációgenetikai paramétereinek, valamint az apák tenyésztékének a vizsgálatát követően az alábbi megállapításokat tehetjük:

A hízó bikák hizlalsi és vágási eredményeiből számított fenotípusos trendek egyértelműen az ide vonatkozó mutatószámok - nagy részének - javulásáról számoltak be. A 2001-2013 közötti időszakban az általunk vizsgált értékmérő tulajdonságok számszerű értéke kivétel nélkül nőtt. Korábbi dolgozatunk eredményeihez hasonlóan megállapítható, hogy a vizsgált időszakban nőtt a hízó bikák

SEUROP izmoltsági pontszáma, nagyobb lett a szállítási veszteség és a hizlalási végsúly is. Az életnapra jutó súlygyarapodás, valamint az életnapra jutó csontos hús termelés is kis mértékben nőtt. A vágási százalék, illetve az izmoltsági pontszám nem változott számottevő mértékben. Ez a fajta tenyésztési programjában megfogalmazott elvárásoknak szinte teljes mértékben megfelelő volt.

A faggyútartalom pozitív irányú változásának megítélése véleményünk szerint nem könnyű feladat, azt csak az aktuális piaci igények alapos ismeretével lehet egyértelműen kedvezőnek, vagy kedvezőtlennek nyilvánítni. Azok a piacok, amelyek hasított féltestet vásárolnak, jellemzően nagyobb faggyúborítottságot keresnek. De abban az esetben, ha a piacon a csontozás utáni végterméket kell elhelyezni, sokkal inkább a kisebb faggyútartalom válik kedvezővé.

A szállítási veszteség nagyarányú növekedésére meglehetősen nehéz pontos magyarázatot találni. Adatbázisunkban sajnos a vágást végrehajtó vágóhídról nem szerepelt egyedi adat. Ennek ellenére biztosak lehetünk abban, hogy az ÜITV-ban részt vevő hízbikákat egyre nagyobb távolságra kellett a vágásig szállítani (a vágások az első években Zalaegerszegen, majd Jászszentandrásan, később pedig Ausztriában, Kirschlag és Fürstenfeld vágóhídjain történtek). A szállítási távolság növekedésével a szállítás időtartama is hosszabb lehetett, ami magyarázatot adhat a szállítási veszteség dolgozatainkban bemutatott alakulására.

Munkánk során az apamoddellel a szakirodalmi adatokhoz jórészt hasonló, a meglévő szakmai ismereteknek megfelelő és a számított hibahatárok szerint megbízható örökölhetőségi értékeket becsültünk. Ezzel szemben az egyedmodell a vizsgált értékmérő tulajdonságok nagy részénél vitára okot adó eredményeket adott. Véleményünk szerint ennek oka elsősorban a rendelkezésre álló adatbázis struktúrájában és az ÜITV rendszerében keresendő.

A 899 vizsgálatban részt vevő (populációgenetikai szemmel nézve meglehetősen kis létszámú, 13 különböző telepen hizlalt) hízbika állomány 823 tehéntől származott, vagyis a populációban anyai ágon csak nagyon kevés testvér volt. A hízbikák apai ágon 96 tenyészbika leszármazottai voltak, az egy apára eső ivadékok száma nem érte el a 10-et (a létszám itt is meglehetősen kevés). A vizsgálatban csak hízbikák szerepeltek (üszök nem), melyek kivétel nélkül vágásra kerültek. Így a teljesítménnyel rendelkező egyedek közül egyikből sem lett tenyészbika, és értelemszerűen tehén sem. Így a kiinduló adatbázisban szereplő 96 apa és 823 tehén nem válhatott nagyszülővé, a teljesítménnyel rendelkező szülők és nagyszülők száma pedig nulla volt. Mindezek következtében úgy gondoljuk, a rendelkezésre álló származási adatok függvényében az egyedmodell nagyon hiányos rokonsági mátrixot tudott csak összeállítani, ami nagyrészt magyarázhatja a szakmai szempontból erősen kifogásolható eredményeket.

Javasolható, hogy az ITV-ok során a vágási adatokból történő populációgenetikai paraméterek, örökölhetőségi értékek és tenyészértékek számítását ismételtelen át kellene gondolni. A fent vázolt adatbázis strukturális problémák ugyanis csak abban az esetben jelentkeznek, ha a teljesítménnyel rendelkező egyednek (esetünkben a hízbikának) nem lehetnek ivadékai. Ilyen esetekben lehetséges, hogy az egyszerűbb, kevesebb kiindulási paramétert figyelembe vevő modellek alkalmazásával megbízhatóbb eredményeket kaphatunk. Természetesen olyan esetekben, ahol a teljesítménnyel rendelkező egyednek lehetnek ivadékai (pl. tejelő tehének esetében a tej mennyiség tulajdonságnál, vagy húsmarhák esetében

a választási súly tulajdonságnál) bátran és kellő biztonsággal alkalmazhatjuk a bonyolultabb, összetettebb modelleket. Véleményünk szerint e kérdés minden kétséget kizáró megválaszolásához nagyméretű adatbázisokon elvégzett további számítások, további vizsgálatok szükségesek.

Korábbi vizsgálatunk eredményeivel összhangban megállapíthatjuk, hogy a hízó bikák apja (a minősítés alatt álló tenyészbika) számottevő befolyással lehet az értékelt hizlalási és vágási tulajdonságokra. A vizsgálatban szereplő apák tenyészértéke között néhány tulajdonságban nagyobb, más esetekben kisebb különbségeket találtunk. Munkánk eredményei alapján ismételten kijelenthető, hogy egy megfelelő apaállat kiválasztásával, ill. használatával akár egy generáción belül is érzékelhetően lehet javítani a hizlalási és/vagy vágási teljesítményeket. Mindehhez azt hozzátesszük, hogy ha sikerülne az egy apára jutó ivadékok számát megnövelni, akkor a tenyészértékbecslés statisztikai megbízhatósága feltehetően nagymértékben javulna. Ez összességében kedvező hatással lenne a tenyész kiválasztásra, ami végső soron növelhetné a szelekciós előrehaladás mértékét is. Sajnos a jelen dolgozatban feltüntetett tenyészértékek a meglehetősen nagy sztenderd hiba következtében csak tájékoztató jellegűnek tekinthetők.

A legtöbb vizsgált értékmérő tulajdonság esetén a genetikai trendek egyértelműen a nemesítői munka során felhasznált apaállatok minőségének, tenyészértékének a javulását mutatják. Ezek az eredmények igazolják a Tenyésztő Egyesület döntését, mely szerint a kettős hasznú termelési indexben a HTI (hús tenyészérték index) 30%-os arányát határozták meg. Ugyan a tulajdonságok nagy részének esetén az átlagos tenyészérték évenkénti javulásának a mértéke nagyon lassú üteműnek bizonyult, de két kivételtől eltekintve a változás iránya pozitív volt. Úgy gondoljuk, az ÜITV-ban indítani kívánt apaállatok számának csökkentése, az apánkénti ivadékok számának növelése, a cikksorozatunk előző részében az ÜITV újragondolására tett javaslataink megfontolása, valamint az ITV nagyobb létszámú állatcsoportra történő kiterjesztése elegendő lenne ahhoz, hogy a genetikai trendek pozitív alakulását statisztikailag bizonyíthatóan is igazolni tudjuk.

Cikksorozatunk eredményeit összegezve kijelenthető, hogy a magyar tarka fajta hústermelő-képessége az értékelt időszakban kismértékben javult.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Balika S. - Somogyi S. (1971):* A száraz takarmánykeverékkel hizlalt magyartarka növendék hízó bikák hizlalási és vágási eredményei. *Állattenyésztés*, 20. 109-120.
- Bárczy G. - Boda I. - Balika S. (1966):* Magyartarka növendék bikák hizlalása különböző súlyhatárokig. *Állattenyésztés*, 15. 115-132.
- Bárczy G. - Boda I. - Gondolovics L. (1963):* Magyartarka x charolais F1 és magyar tarka növendék bikák összehasonlító hizlalása. *Állattenyésztés*, 12. 297-315.
- Bene Sz. (2007):* Különböző fajtájú húshasznú tehének néhány értékmérője azonos környezetben. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
- Bene Sz. (2013):* Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998-2010 között. 6. közlemény: Populációgenetikai paraméterek, tenyészértékek. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 62. 21-36.
- Bene Sz. - Fekete Zs. - Fördös A. - Füller I. - Kiss B. - Rádlí A. - Török M. - Wagenhoffer Zs. - Polgár J. P. - Szabó F. (2009a):* Különböző genotípusú növendék vágómarhák növekedése, vágó-

- értéke és húsminősége. 1. közlemény: Hizlalási és vágási eredmények. Állattenyésztés és Takarmányozás, 58. 23-39.
- Bene Sz. - Fekete Zs. - Fördös A. - Wagenhoffer Zs. - Polgár J. P. - Szabó F. (2009b): Különböző genotípusú növendék vágómarhák növekedése, vágóértéke és húsminősége. 2. közlemény: A vágott test összetétele és minősége. Állattenyésztés és Takarmányozás, 58. 129-145.
- Bjelka, M. - Subrt, J. - Polách, P. - Krestynová, M. - Uttendorfsky, K. (2002): Carcass quality in crossbred bulls in relation to SEUROP system grading. Czech J. Anim. Sci., 47. 467-475.
- Boldman, K. G. - Kriese, L. A. - Van Vleck, L. D. - Kachman, S. D. (1993): A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. USDA-ARS, Clay Center, NE.
- Bozó S. - Kovács I. - Kollár N. - Rada K. (1989): Előzetes beszámoló különböző húsfajták és keresztezéseik legfontosabb hústermelési eredményeiről. Állattenyésztés és Takarmányozás, 38. 503-510.
- Bozó S. - Sárdi J. - Kollár N. (1991): A hasított test összetétele különböző ivarú és genotípusú vágómarhánál. Állattenyésztés és Takarmányozás, 40. 35-48.
- Bölcskey K. - Bárány I. - Bodó I. - Bozó S. - Györkös I. - Lugasi A. - Sárdi J. (1999): Magyar fajtakra alapozott minőségi vágómarha-előállítás. Állattenyésztés és Takarmányozás, 48. 639-650.
- Crews, D. H. - Pollak, E. J. - Weaber, R. L. - Quaas, R. L. - Lipsey, R. J. (2003): Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. J. Anim. Sci., 81. 1427-2433.
- Csomós Z. - Czákó J. - Ferencz G. - Nagy N. - Várkonyi J. (1974): A tenyészbikák sajátjeljesítményének és ivadékaiknak vizsgálati módszere Magyarországon. Állattenyésztés, 23. 33-43.
- Dohy J. - Keleméri G. (1971): Tej és hústermelésre ivadékvizsgált magyar tarka bikaállomány utódellenőrzési eredményeinek értékelése. Állattenyésztés, 20. 227-231.
- Engellandt, T. - Reinsch, N. - Schild, H. J. - Kalm, E. (1999): Genetic parameters from two different field testing schemes for beef traits of German Gelbvieh finishing bulls. Livest. Prod. Sci., 60. 219-228.
- Enyedi S. - Kovács I. (1989): Különböző kombinációkból származó magyar szürke keresztezésű növendékbikák hizodalmassága. Állattenyésztés és Takarmányozás, 38. 214-220.
- Füller I. - Húth B. (2015): A magyartarka fajta tenyésztési programja. Magyartarka Tenyésztők Egyesülete, Bonyhád
- Füller I. - Stefler J. - Bene Sz. - Kiss B. - Fördös A. - Szabó F. - Polgár J. P. (2009): Hizlalási és vágási paraméterek öröklődhetősége és tenyésztértéke a mai kettőshasznosítású magyar tarka fajtában. Állattenyésztés és Takarmányozás, 58. 315-325.
- Gregory, K. E. - Cundiff, L. V. - Koch, R. M. - Dikeman, M. E. - Koohmaraie, 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.
- Harvey, W. R. (1990): User's guide for LSLMW and MIXMDL PC-2 version Mixed Model Least-Squares and Maximum Likelihood Computer Program. The Ohio State University, Columbus, OH.
- Hickey, J. M. - Keane, M. G. - Kenny, D. A. - Cromie, A. R. - Veerkamp, R. F. (2007): Genetic parameters for EUROP carcass traits within different groups of cattle in Ireland. J. Anim. Sci., 85. 314-321.
- Holló G. - Seregi J. - Nürnberg, K. - Ender, K. - Repa I. - Holló I. (2005): Az eltérő takarmányozás hatása magyar szürke és holstein-fríz fajtájú növendék bikák hízekonyságára és vágási eredményeire. Állattenyésztés és Takarmányozás, 54. 555-565.
- Kiss B. - Bene Sz. - Füller I. - Fördös A. - Polgár J. P. - Szabó F. (2010): Magyar tarka növendék bikák saját teljesítmény vizsgálati eredménye. Állattenyésztés és Takarmányozás, 59. 11-22.
- Kiss, B. - Bene, Sz. - Füller, I. - Polgár, J. P. - Stefler, J. - Szabó, F. (2012): Central performance test results of Hungarian Simmental bulls. Acta Agraria Kaposvariensis, 16. 1-9.
- Kögel, J. - Graser, H. U. - Matzke, P. - Pickl, M. (1991): Entwicklung der Fleischleistung von bayerischen Fleckvieh im Zeitraum 1965-1990. Züchtungskunde, 63. 354-365.

- Laborde, F. L. - Mandell, I. B. - Tosh, J. J. - Wilton, J. W. - Buchanan Smith, J. G. (2001): Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *J. Anim. Sci.*, 79. 355-365
- Lengyel Z. (2005): Húshasznú borjak választási eredményét befolyásoló környezeti és genetikai tényezők. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
- Lengyel Z. - Balika S. - Polgár J. P. - Szabó F. (2004): Hazai limousin állományok ellés lefolyásának és választási eredményeinek vizsgálata. 2. közlemény: Apa- és egyedmodell összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 199-211.
- Meyer, K. (1998): DFREML. Version 3.0. User Notes
- Nagy N. (1982): Különböző genotípusú húsmarha STV-teljesítmények a testtömeg-gyarapodás és a takarmányhasznosítás függvényében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 31. 495-502.
- Nagy N. - Tózsér J. - Szabó J. (1991): Adatok a húshasznú magyar tarka tenyészbika jelöltek teljesítményeinek és tenyészértékeinek megítéléséhez. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 40. 109-123.
- Nagy Z-né - Kecskés S. (1973): Adatok a növendék bikák hizlalás alatti termelési mutatóinak elbírálásához. *Állattenyésztés*, 22. 145-157.
- Nagy Z-né - Sándi O. - Sárdi J. - Bárány I. (1981): Hereford növendék bikák eltérő intenzitású, tömegtakarmányra alapozott hizlalása, különböző hizlalás végi testtömegig. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 30. 239-255.
- Özlütürk, A. - Tüzemen, N. - Yanar, M. - Esenbuga, N - Dursun, E. (2004): Fattening performance, carcass traits and meat quality characteristics of calves sired by Charolais, Simmental and Eastern Anatolian Red sires mated to Eastern Anatolian Red dams. *Meat Sci.*, 67. 463-470.
- Polgár J. P. - Vigh Z. - Húth B. - Füller I. - Wagenhoffer Zs. - Bene Sz. (2016): Ivadékteljesítményvizsgálati eredmények magyar tarka hízbikák hizlalási és vágási teljesítménye alapján. 1. közlemény: Néhány tényező hatása a hizlalási és vágási eredményekre. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 65. 59-74.
- Polgár J. P. - Wagenhoffer Zs. - Grubics Zs. - Hornyák Z. - Török M. - Lengyel Z. - Szabó F. (2005): Red angus F<sub>1</sub> és R<sub>1</sub> hízómarhák vágási és csontozási eredményeinek értékelése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 54. 109-120.
- Rumph, J. M. - Shafer, W. R. - Crews, D. H. - Enns, R. M. - Lipsey, R. J. - Quaas, R. L. - Pollak, E. J. (2007): Genetic evaluation of beef carcass data using different endpoint adjustments. *J. Anim. Sci.*, 85. 1120-1125.
- Sárdi J. - Bárány I. - Bozó S. - Bölcsey, K. - Györkös I. - Kovács K. (2002): Vágómarhák objektív minősítésének lehetősége. 2. közlemény: Vágómarhák EUROP minősítése és a hasított féltestek összetétele. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 51. 123-144.
- Schwarz, F. J. - Kirchgessner, M. - Heindl, U. - Augustini, C. (1995): Zum Einfluss unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh-Jungbullen. 2. Mitt.: Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Auswirkungen auf den Rohproteinedarf. *Züchtungskunde*, 67. 62-74.
- Steen, R. W. J. (1995): The effect of plane of nutrition and slaughter weight on growth and food efficiency in bulls, steers and heifers of three breed crosses. *Livest. Prod. Sci.*, 42. 1-11.
- Szabó F. (1990): Adatok a magyar tarka és a hereford szarvasmarhafajták reciprok keresztezéséről. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 39. 129-136.
- Szabó F. - Dohy J. - Márton I. (2000): Húsmarhatenyésztésünk lehetőségei globalizálódó világunkban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 485-493.
- Szabó F. - Fekete Zs. - Fördös A. - Zsuppán Zs. - Kanyar R. - Török M. - Polgár J. P. - Bene Sz. (2008): Azonos körülmények között hizlalt, különböző genotípusú növendék bikák hizlalási és vágási eredménye. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57. 523-536.
- Szabó F. - Polgár J. P. - Szegleti Cs. - Arany P. (1993a): Holstein-fríz bikák és tinók növekedése, vágóértéke és húsminősége. 1. közlemény: Növekedési tulajdonságok, hizlalási eredmények. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 15-23.

- Szabó F. - Polgár J. P. - Szegleti Cs. - Ács I.* (1993b): Holstein-fríz bikák és tinók növekedése, vágóértéke és húsmínősége. 2. közlemény: Vágási eredmények. Állattenyésztés és Takarmányozás, 42. 109-115.
- Szarvasmarha Teljesítményvizsgálati Kódex* (2002). 3. kiadás. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest
- Szentpéteri J. - Bozó S. - Dunay A. - Gombácsi P. - Szűcs E. - Ács I. - Rada K. - Karle G. - Csiba A.* (1987): A váltogató keresztezésből származó növendék hízbikák hizlalási eredményei. Állattenyésztés és Takarmányozás, 36. 489-502.
- Szőke Sz. - Komlósi I.* (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 231-246.
- Tózsér J. - Balázs F. - Márton I. - Zándoki R.* (2003): Red és aberdeen angus tenyészbika-jelöltek teljesítményei egy tenyészetben. Állattenyésztés és Takarmányozás, 52. 39-50.
- Várhegyi J. - Szentpáli K. - Várhegyi J.-né* (1990): Hereford x magyartarka, hereford x magyartarka x charolais és kanadai hereford növendékbikák hizlalási teljesítménye és takarmányhasznosítása. Állattenyésztés és Takarmányozás, 39. 205-212.
- Vorísková, J. - Frelich, J. - Ríha, J. - Subrt, J.* (2002): Relationships between parameters of meat performance in Czech Pied bulls and their crossbreds with beef breeds. Czech J. Anim. Sci., 47. 357-364.

Érkezett: 2016. március

*Szerzők címe:* Bene Sz. - Vigh Z. - Polgár J. P.  
Pannon Egyetem, Georgikon Kar

*Author's address:* University of Pannonia, Georgikon Faculty  
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.  
e-mail: bene-sz@georgikon.hu  
Tel.: +36(83)545-398

*Húth B. - Füller I.*  
Magyartarka Tenyésztők Egyesülete  
Association of Hungarian Simmental Breeders  
H-7150 Bonyhád, Zrínyi út 3.

*Wagenhoffer Zs.*  
Magyar Állattenyésztők Szövetsége  
Hungarian Animal Breeders Association  
H-1134 Budapest, Lóportár u. 16.



## DEVELOPMENT OF HORSE MOLECULAR GENETICS AND THE DIAGNOSTICS OF MOST IMPORTANT MONOGENIC HEREDITARY DISEASES

SZISZKOSZ NIKOLETT - JÁVOR ANDRÁS - KUSZA SZILVIA

### SUMMARY

Horses (*Equus caballus*) are an early-domesticated species, and they have been selected for many traits during hundreds of years. Nowadays, novel gene-based approaches have started to replace initial phenotypic features in selecting strategies. Developing molecular biological techniques have made possible a better understanding of horse diseases at the genome-wide level. Identification of specific gene mutations, or polymorphisms, by modern molecular methods would be an effective, cheap, and rapid tool to detect new genetic features of traits and diseases. The main aim of the review is to introduce the most common monogenic diseases in horses. The general genetic basis and effects of novel methods in horse genetics have been introduced. Furthermore, the notable stages of horse genomic research have been summarized. Besides the genetic alterations, the important clinical symptoms, current therapies, and the possible opportunities for prevention have been underlined.

Sziszkosz N. - Jávor A. - Kusza Sz.: A LOVAK MOLEKULÁRIS GENETIKAI VIZSGÁLATAINAK FEJLŐDÉSE ÉS A JELENTŐSEBB MONOGÉNES BETEGSÉGEK DIAGNOSZTIKÁJA

### ÖSSZEFOGLALÁS

A háziló (*Equus caballus*) a legelső háziasított fajok közé tartozik, különböző tulajdonságokra végzett szelekciója több száz éven keresztül történt. Napjainkban a genetikai alapokon történő szelekció kezdi átvenni a szerepet a fenotípusos tulajdonságok alapján történő kiválasztással szemben. A folyamatosan fejlődő molekuláris biológiai technikák lehetővé teszik a lovak betegségeinek genomiai szintű diagnózisát is. A legújabb módszereknek köszönhetően mára elérhetővé vált az egy-egy tulajdonsággért vagy betegséggért felelős a specifikus génmutációk vagy polimorfizmusok hatékony, olcsó és gyors azonosítása. A közlemény célja a leggyakoribb monogén betegségek összefoglalása, mely során az általános genetikai alapok mellett bemutatják modern molekuláris genetikai eszköztár alkalmazási területeit. A genetikai változások mellett leírják a főbb klinikai tüneteket, az aktuális terápiákat és a megelőzés lehetőségeit. Továbbá, az olvasó megismerkedhet a lovak genomikai kutatásainak nevezetes mérföldköveivel is.

## INTRODUCTION

Advancement of molecular biology is still unbroken after double-helix structure of DNA was discovered in 1953. DNA research could bring novel possibilities for scientists, particularly in the field of human investigations. However, animal researches are always slightly behind human studies, molecular era has changed it in basis as well; molecular biology has also an effect on animal husbandry. Initially, phenotypic features were almost the only starting point of veterinarianian diagnosis or the basis of selection in animal breeding. In the beginning of the 20<sup>th</sup> century, several investigations have started to focus on blood groups and biochemical polymorphisms (Andersson *et al.*, 1987); nowadays, novel molecular experiments could allow the evaluation of horse genome in many different aspects (McCue *et al.*, 2012).

Horses have been selected for many traits during hundreds of years and they have a significant economic benefit (Hintz, 1980, Gu *et al.*, 2009). Horse sports like show-jumping or horse polo are popular all over the world, and they had been an essential part of military by the last century. Moreover, horses still act a prominent role in agriculture. This unique variegation indicates the importance of disease prevention of horses, and molecular genetics could be one of the several tools, that could facilitate this issue. The implementation of the Horse Genome Project was the greatest breakthrough in horse molecular genetics (Finno *et al.*, 2009); since then, knowledge of the structure and organization of the equine genome has grown rapidly (Table 1.) (Brenner, 2001). Disease specific gene tests could make a rapid diagnosis, while specific genetic markers of valuable traits could help to choose the direction of selection in the future (Hayes *et al.*, 2010; McCue *et al.*, 2012). Table 2. presents the frequent monogenic horse diseases, additional information on less frequent genetic diseases are summarized in a review paper (Zöldág, 2011). Recently, equine researchers have focused mainly on coat colour, genetic diseases and the genetic background of several important measures of valuable characters (Rieder, 2009; Barrey, 2010; Georgescu *et al.*, 2011).

The aim of our review is to give an comprehensive overview on the progression of horse (*Equus caballus*) genetics. We focused on the most common monogenic disorders in horses emphasizing the novel results of molecular studies regarding this diseases.

## FREQUENT MONOGENIC HORSE DISEASES

### *Polysaccharide Storage Myopathy (PSSM)*

Polysaccharide storage myopathy is a glycogen storage disorder, it can be characterized by a variant of episodic exertional myopathies found in several equine breeds. There are several symptoms of the disease, including muscle atrophy, exercise intolerance, skin twitching, back pain, stiffness, difficulty getting up, trembling after exercise, and cramping. Since the disease had been controlled by a specific diet (eliminating carbohydrates such as grains and sweet feed) and changes the exercises, the importance of specific genetic markers has been rapidly increased targeting the earlier diagnosis. PSSM can be divided into two forms (type 1 and 2 PSSM). Type 1 PSSM are frequent among the following breeds: quarter horse-related bloodlines, Belgians, Mustangs, Percherons, Morgans, and

Table 1.

**Main milestones in horse molecular genetics**

<b>Year</b>	<b>Main steps of <i>Equus</i> genetic researches</b>	<b>References</b>
<b>1992 - 1997</b>	<i>Lear et al.</i> analysed synteny panels between horse and human. The first equine microsatellites markers were localized.	( <i>Lear et al., 1992</i> ), ( <i>Breen et al., 1997</i> )
<b>1999</b>	The International Equine Gene Mapping Workshop published a second-generation horse linkage map based on testing 503 half-sibling offspring from 13 sire families. Their map includes more than 300 markers in 34 linkage groups representing all the 31 autosomes excepting the sex chromosomes. Furthermore, a comprehensive comparative map between these two species was reported by <i>Caetano et al.</i> Their study contained 68 equine type I loci. <i>Oakenfull et al.</i> first examined the horse genome by fluorescence <i>in situ</i> hybridization (FISH) techniques to analyse the localisation of the alpha-globin gene complex.	( <i>Guérin et al., 1999</i> ), ( <i>Caetano et al., 1999</i> ), ( <i>Oakenfull et al., 1993</i> )
<b>2001</b>	<i>Lindgren et al.</i> published 13 more genes using FISH and somatic cell hybrids.	( <i>Lindgren et al., 2001</i> )
<b>2002</b>	<i>Milenkovic et al.</i> reported one of the first large-scale FISH-map that included 136 genes.	( <i>Milenkovic et al., 2002</i> )
<b>2005</b>	In 2005 <i>Musilova et al.</i> reported additional 19 immunity-related loci.	( <i>Musilova et al., 2005</i> )
<b>2006</b>	A medium density horse gene map was developed, contains 87 genes those were detected by FISH and 186 genes by the equine 5000-rad RH panel. Moreover, a previously unknown homology was detected between ECA27 and HSA8, as well as between ECA12p and HSA11p.	( <i>Perrocheau et al., 2006</i> )
<b>2006</b>	<i>Swinburne et al.</i> generated another linkage map contains 742 markers in 32 linkage groups involving all autosomes and the X-chromosome.	( <i>Swinburne et al., 2006</i> )
2006 2007	The horse genome sequence was completed with sequence available online for researchers. A year later, the equine gene map contained 713 genes, and a Thoroughbred mare named Twilight was chosen for whole genome sequence due to her inbred nature.	( <i>Bannasch, 2008</i> ), ( <i>Stübs et al., 2007</i> )
<b>2009</b>	Up to 2008 the <i>Equus</i> gene map contained approximately 5000 markers. The EquCab2.0 and the EquineSNP50, which is an SNP-based microarray, was also available.	( <i>Goddard et al., 2009</i> ), ( <i>Andersson et al., 2008</i> )
<b>2011</b>	According to the first epigenetic study in horse, the spermatogenesis can be a model system for examining of the regulatory networks leading to the epigenetic control of gene expression during XY body formation.	( <i>Baumann et al., 2011</i> )
<b>2012</b>	Copy number variations (CNVs) were also analysed in horses. The results suggest that CNVs are common in the horse genome. CNVs may modulate some biological processes underlying different characters observed between horses and horse breeds.	( <i>Doan et al., 2012</i> )
<b>2012</b>	The first sequencing-based horse transcriptome data were described in 2012. In this study, six thoroughbred horses were analysed before and after exercise using RNA-Seq. Differentially expressed genes and candidate genes were found that are related to the exercise.	( <i>Park et al., 2012</i> )

1. táblázat. Fontosabb mérföldkövek a lovak molekuláris genetikájában

some warm-blood breeds. On the other hand, Arabians and other light breeds, as well as the quarter horse-related breeds, can be affected with type 2 PSSM. Both forms of PSSM have an own inheritance pattern. Type 1 PSSM follows an autosomal dominant inheritance, thus mutated phenotype manifests in heterozygous and homozygous individuals as well (Bannasch, 2008). McCue *et al.* (2008) reported a gain-of-function mutation in the glycogen synthase enzyme-encoding (*GYS1*) gene and haplotype analysis and allele age estimation showed this mutation follows similar inheritance pattern among horses from different breeds. The characteristic mutation of *GYS1* is in exon 6 in the skeletal muscle, resulting in an amino acid substitution (arginine to histidine) (Rosie *et al.*, 2012). Genetic tests are already available for the verifications of type 1 PSSM from mane or tail hair roots, and unclotted blood samples. Detection of amylase-resistant crystalline polysaccharide from muscle biopsy samples is also available, but it is an invasive method. In contrast to PSSM1, causative gene alterations have not known in PSSM2. Since, therefore there are no genetic tests and muscle biopsy is the only way for diagnosis. A decision tree could facilitate the diagnosis of PSSM. According this algorithm, muscle biopsy is indicated only in that case when PSSM mutation analysis is negative (Söderqvist *et al.*, 2013). McCue *et al.* (2008) studied the ryanodine receptor 1 gene (*RYR1*) mutation that can also be associated with PSSM in American Quarter Horses and Paint horses. They established that horses with both the *GYS1* and *RYR1* mutations have a more severe clinical phenotype than horses with the *GYS1* mutation alone (McCue *et al.*, 2009).

#### *Malignant Hyperthermia (MH)*

Malignant hyperthermia is a hereditary muscle disorder without any symptoms until exposing the animal to anaesthesia, stress or extreme exercises. The disease follows autosomal dominant inheritance; quarter horses and related breeds are affected in the majority of cases (Finno *et al.*, 2009). Aleman *et al.* (2009) investigated anaesthetic-induced and non-anaesthetic manifestations of malignant hyperthermia. They confirmed that a single point mutation in the *RYR1* at nucleotide 7365 (C7360G) results in an amino acid substitution in MH (Table 2.) (Aleman *et al.*, 2009). *RYR1* mutation can also associate with *GYS1* mutation in PSSM (McCue *et al.*, 2009). The symptoms develop rapidly, without a quick treatment, it could be fatal if they are not treated quickly. The typical signs of the disease are high body temperature, acidosis, abnormal heart rhythm, increased heart rate, muscle rigidity, shallow breathing, high blood pressure and sweating (Pirone *et al.*, 2010).

#### *Hereditary Equine Regional Dermal Asthenia or Hyper-elastosis Cutis (HERDA or HC)*

This autosomal recessive disorder is caused by a fatal error during skin formation (Finno *et al.*, 2009). The conditions of HERDA are usually expressed by the age of two. The first sign typically occurs short after the horse is saddled first time when the skin becomes hyper-extensible and severe wounds will be at the back. Tryon *et al.* (2007) identified a mutation in the equine (peptidil prolylisomerase B, *PPIB*) gene on ECA1 (*Equus caballus* chromosome 1) (Table 2.), that is associated with HERDA in the American Quarter Horse by using the homozygosity mapping

Table 2.

The frequent monogenic horse diseases

Diseases	Synonyms	OMIA ID	Affected gene(s)	Encoded protein
<b>Glycogen Branching Enzyme Deficiency (GBED)</b>	Glycogenosis type IV, Polyglucosan body disease, Amylopectinosis	000420-9796	<i>GBE1</i>	Glycogen branching enzyme
<b>Hereditary Equine Regional Dermal Asthenia (HERDA)</b>	Cutaneous asthenia	000327-9796	<i>PP1B</i>	Peptidil prolyl isomerase B
<b>Herlitz junctional epidermolysis bullosa (H-JEB)</b>	Epidermolysis bullosa, junctional	001677-9796; 001678-9796	<i>LAMA3</i> , <i>LAMB3</i> , <i>LAMC2</i>	Laminin - alpha 3, Laminin- beta 3, Laminin - gamma 2
<b>Hyper-kalemic Periodic Paralysis (HyPP)</b>	Periodic paralysis II in <i>Equus caballus</i>	<u>000785-9796</u>	<i>SCN4A</i>	Sodium channel, voltage-gated, type IV, alpha subunit
<b>Lethal White Foal Syndrome (LWFS/ OLWFS/ LWS)</b>	Overo Lethal White Foal Syndrome, Lethal White Syndrome	<u>000629-9796</u>	<i>EDNRB</i> , <i>RAB27A</i> , <i>MYO5A</i>	Endothelin receptor type B, Ras-associated protein RAB27a, Myosin Va
<b>Malignant Hyperthermia (MH)</b>	N/A	<u>000621-9796</u>	<i>RYR1</i> <i>GYS1</i>	Ryanodine receptor 1 (skeletal), Glycogen synthase 1 (muscle)
<b>Osteochondrosis (OC)</b>	N/A	<u>000750-9796</u>	N/A	Candidate genes on ECA 2, 4, 16, 18, 28 and 30
<b>Polysaccharide Storage Myopathy (PSSM)</b>	Exertional rhabdomyolysis in <i>Equus caballus</i>	<u>001158-9796</u>	<i>GYS1</i> , <i>RYR1</i>	Glycogen synthase 1 (muscle), Ryanodine receptor 1 (skeletal)
<b>Severe Combined Immunodeficiency (SCID)</b>	N/A	000220-9796	<i>DNA-PKcs</i>	DNA-dependent kinase

2. táblázat. Gyakori monogénes lóbetegségek

method. They found a missense mutation (c. 115G>A) in *PP1B* gene that alters a conserved glycine residue. According to a recent comprehensive molecular genetic study, the heterozygote form of g.901C>T SNP polymorphism in *PP1B* gene is associated with chestnut coat colour. On the other hand, a homozygote form of g.66493737C>T and g.22684390C>T SNPs are related to racing endurance in Thoroughbred horses (*Doan et al., 2012*). The specific gene test could detect affected horses prior to development of clinical signs and carriers of HERDA. Improving specific gene tests is an urgent problem, because this incurable feature of this illness requires euthanizing the affected horses.

*Lethal white foal syndrome (LWFS)*

This disorder is also known as overo lethal white foal syndrome (OLWFS) or lethal white syndrome (LWS), as well as lethal white overo (LWO). Affected foals are almost completely white and characterized aganglionosis in the intestines; therefore, the foals die shortly after birth (*Webb et al., 2010*). LWFS is caused by

a point mutation in the endothelin B receptor (*EDNRB*) gene on the ECA17, and it follows an autosomal recessive inheritance (Table 2.). The typical LWFS phenotype manifests when affected horses have both mutated alleles of *EDNRB* gene, while carriers do not display any clinical signs of disease (Bannasch, 2008). The gene aberration results in a Ile to Lys substitution at codon 118 of the protein (Santschi et al., 1998). This congenital illness frequently express in American paint horses. A human disorder, Hirschsprung disease is very similar to LWFS, thus it could facilitate for the researchers to understand the genetic background of LWFS in horses. Ras-associated protein RAB27a (*RAB27A*) and myosin Va (*MYO5A*) are novel candidate genes of this disease. Brooks et al. (2010) reported candidate locus of LFS using SNP chip. The whole genome scan identified an associated region containing these two functional genes. Mutation analysis of *MYO5A* identified a single base deletion in exon 30, changing reading frame of sequence and resulting in an early stop codon. A PCR-RFLP (restriction fragment length polymorphism) method used to investigate the frequency of the mutant gene. Genetic tests are available for detecting this disease (Brooks et al., 2010).

#### *Herlitz junctional epidermolysis bullosa (H-JEB)*

Herlitz junction epidermolysis bullosa (H-JEB) has been described in Belgian draft horses, American Cream Draft, Breton drafts, Comtois, and American Saddlebreds. Interestingly, approximately 17% of Belgian horses in North America are carriers. In European breeds about 8–27% of horses are carriers and about 3% of Saddlebreds are heterozygous. Foals are born alive, but the symptoms occur soon after birth. The typical clinical signs are abnormal reddening, developing festering on the skin, in addition to cockling of the skin and mouth epithelia. The malfunction of the laminin 5 heterotrimeric basement membrane protein plays an advantage role in this lethal disease. The three genes mentioned encoded the three glycoprotein subunits of laminin 5, called  $\alpha 3$ ,  $\beta 3$  and  $\gamma 2$  chains. Alterations in the *LAMA3*, *LAMB3* or *LAMC2* gene can be responsible for the development of this disease (Table 2.). Graves et al. (2009) identified a 6589bp deletion involving exons 24–27 in the *LAMA3* gene on ECA8, and created a molecular gene test. This alteration was found in American Saddlebred foals that showing the typical symptoms of illness. (Graves et al., 2009; Doan et al., 2012). This disease also occurs in humans (Pulkkinen et al., 1994), cats, sheep, and dogs (Milenkovic et al., 2003). Milenkovic et al. (2003) demonstrated in two breeds (Breton and Comtois) that JEB are homologous to human H-JEB, and they proposed the use of genetic guidance based on a fast molecular test for the identification of healthy carriers. Furthermore, they detected a mutation in the exon 10 of the *LAMC2* gene on ECA5 (Milenkovic et al., 2003; Doan et al., 2012).

#### *Hyper-kalemic Periodic Paralysis (HyPP)*

Hyper-kalemic Periodic Paralysis is a hereditary disorder resulting in abnormalities in skeletal muscles. The illness can occur in humans, and follows an autosomal semi-dominant inheritance. It means, heterozygous horses have an intermediate phenotype; whereas homozygous horses have a more severe phenotype (Bannasch, 2008). American Quarter horse-related breeds are affected and can suddenly die due to attacks of paralysis. Additional symptoms may present,

usually at 2 to 3 years of age, including muscle trembling, abnormal whinny and generalized weakness. Since heterozygous horses are also affected, it is the reason why it is important to test horse carriers. Hyper-kalemic periodic paralysis was the first horse genetic disease to be detected by a specific DNA test due to the base-pair sequence substitution in the *SCN4A* gene (Bannasch, 2008). Muscle fibre contractions are controlled by the sodium channels in the muscle cell membrane. A point mutation in the sodium channel gene is responsible for HyPP, resulting in defective sodium channels; therefore, muscles will be overly excitable. DNA sequence analysis detected a mutation in the aforementioned *SCN4A* sodium channel gene on ECA11 (Table 2.) (Rudolph *et al.*, 1992). The analysed samples are amplified using two primer pair for an internal control of the polymerase chain reaction. The method can separate the homozygous affected and heterozygous affected, as well as healthy horse genotypes (Finno *et al.*, 2009).

#### *Severe combined immunodeficiency (SCID)*

This is an autosomal recessive disease frequently occurs in Arabian horse breeds. A 5-bp long deletion generates frame-shift mutations in the catalytic subunit of DNA-dependent kinase gene (*DNA-PKcs*) on ECA9 (Table 2.). This genetic alteration results in the lack of a full-length kinase (Wiler *et al.*, 1995). The deleterious effect of *DNA-PKcs* mutation can result in disturbed B and T lymphocyte maturation (Brosnahan *et al.*, 2010). Consequently, affected foals are defenceless against pathogens, because the lack of normal function of cellular or humoral immune responses. There is no any clinical sign of the disease at birth, but the foals will die as a result of infections (adenovirus or *Pneumocystis carinii*) as soon as the level of maternal antibodies will be decreased. The incidence of heterozygous carriers Arabians is 8.4% in the USA; furthermore, heterozygote horses are associated with an increased incidence of sarcoid tumours (Brosnahan *et al.*, 2010). Piro *et al.* (2011) determined the frequency of the disease in Morocco using a DNA-based test. Twenty-one horses were carriers: 14 Arabians, 6 Arab-Barbs and one Anglo-Arab horse. In addition, analysing these horses' genealogies showed that three imported stallions dispersed the mutant gene variant of *DNA-PKcs* in Morocco. Normal and carrier horses could be better distinguished using more molecular markers to identify the heterozygous individuals. A research group in Morocco used 17 microsatellite DNA loci routinely to verify horse parentage. They estimated genetic diversity among normal Arabian horses, SCID carrier Arabian horses, normal Arab-Barb horses, and SCID carrier Arab-Barb horses (Piro *et al.*, 2011).

#### *Glycogen Branching Enzyme Deficiency (GBED)*

Glycogen branching enzyme deficiency (GBED) is an autosomal recessive inherited disease. Affected horses are unable to store enough energy to fuel their muscles and the brain or other organs. A point mutation in exon 1 in the glycogen branching enzyme gene (*GBE1*) gene (ECA26q12-q13) is responsible for disease (Table 2.) (Brosnahan *et al.*, 2010). There is a C to A substitution at base 102 that results in a tyrosine (Y) to stop (X) substitution in codon 34 of exon 1 in the *GBE1*. GBED is always fatal; the symptoms include contracted muscles and low body temperature (Brosnahan *et al.*, 2010). In affected foals, there is no

measurable GBE-enzyme activity or immune-detectable GBE, and because of this, they cannot form normally branched glycogen in tissues.

### *Osteochondrosis (OC)*

Osteochondrosis is considered to be one of the most important problems in European sport horse breeding, as the frequency of OC is 25% or more in certain populations (Lewczuk *et al.*, 2012). Osteochondrosis (OC) is a severe bone development abnormality, which can also occur in humans and other animals, however, it is most frequent in pigs, dogs and horses. Tiny cracks and breaks in the cartilage on the bone surface are the important features of OC. These malformations can also result in a reduced value and utility of the animal. The healthy development of bones is under genetic regulation, and it depends on feeding and the training. Some evidence of a genetic component to OC exists, but the complete background is still unclear (Corbin *et al.*, 2012). Novel molecular techniques (e.g. whole genome scan, candidate gene analysis and SNP microarrays) become very promising tools to analyse the molecular background of osteochondrosis. Potential candidate genes were identified on ECA2/4/16/18/28 and ECA30 (Table 2.) (Lewczuk *et al.*, 2012). In a recent study, Corbin *et al.* (2012) identified quantitative trait loci (QTL) associated with osteochondritis dissecans (OCD) in Thoroughbreds by GWAS. They found that an SNP on ECA3 is associated with OCD at a genome-wide level and localised in the intergenic region of the genome. In addition, they also tested the effect of previously identified QTL in the current population; for this reason, the effects of 24 SNPs were directly tested. The significant SNP was aligned on ECA3, and two of 24 SNPs were found to be associated with OCD (Corbin *et al.*, 2012).

## DISCUSSION

In the last century, agriculture hereby animal husbandry as well as horse breeding have fundamentally changed due to novel molecular investigations. Analysis of the different traits, diseases, and various infections have become possible at DNA or genome-wide levels. Realising the horse genome caused the greatest breakthrough in horse molecular genetics; novel molecular markers could slowly replace the classical phenotype-based selection methods in the future. Moreover, these findings could affect rapid genetic disease identification. DNA-based tests play a prominent role in the quick identification of hereditary diseases and they also allow the identification of major genes and genetic markers linked to QTL (Stock *et al.*, 2013). In addition, a genetic test for specific genes could define how horses will be managed and trained to reduce the risk of disease and injury. It also could facilitate the improvement of methods for prevention, diagnosis and treatment of many conditions (Chowdhary *et al.*, 2008).



## REFERENCES

- Aleman, M. - Nieto, J. E. - Magdesian, K. G. (2009): Malignant hyperthermia associated with ryanodine receptor 1 (C7360G) mutation in Quarter Horses. *J. Vet. Internal Med.*, 23. 329-334.
- Andersson, L. - Arnason, T. - Sandberg, K. (1987): Biochemical polymorphism in relation to performance in horses. *Theor. Appl. Genet.*, 73. 419-427.
- Andersson, L. - Juras, R. - Ramsey, D. - Eason-Butler, J. - Ewart, S. - Cothran, G. - Lindgren, G. (2008): Equine Multiple Congenital Ocular Anomalies maps to a 4.9 megabase interval on horse chromosome 6. *BMC genetics*, 9. 88.
- Bannasch, D. (2008): Genetic Testing and the Future of Equine Genomics. *J. Equine Vet. Sci.*, 28. 645-649.
- Barrey, E. (2010): Review: Genetics and genomics in equine exercise physiology: an overview of the new applications of molecular biology as positive and negative markers of performance and health. *Equine Vet. J.*, 42. 561-568.
- Baumann, C. - Daly, C. M. - McDonnell, S. M. - Viveiros, M. M. - De La Fuente, R. (2011): Chromatin configuration and epigenetic landscape at the sex chromosome bivalent during equine spermatogenesis. *Chromosoma*, 120. 227-244.
- Breen, M. - Lindgren, G. - Binns, M. - Norman, J. - Irvin, Z. - Bell, K. - Sandberg, K. - Ellegren, H. (1997): Genetical and physical assignments of equine microsatellites—first integration of anchored markers in horse genome mapping. *Mammalian Genome*, 8. 267-273.
- Brenner, S. E. (2001): A tour of structural genomics. *Nature Rev. Genet.*, 2. 801-809.
- Brooks, S. A. - Gabreski, N. - Miller, D. - Brisbin, A. - Brown, H. E. - Streeter, C. - Mezey, J. - Cook, D. - Antczak, D. F. (2010): Whole-Genome SNP Association in the Horse: Identification of a Deletion in Myosin Va Responsible for Lavender Foal Syndrome. *PLoS Genet* 6. e1000909.
- Brosnahan, M. M. - Brooks, S. A. - Antczak, D. F. (2010): Equine clinical genomics: A clinician's primer. *Equine Vet. J.*, 42. 658-670.
- Caetano, A. R. - Shiue, Y. L. - Lyons, L. A. - O'Brien, S. J. - Laughlin, T. F. - Bowling, A. T. - Murray, J. D. (1999): A comparative gene map of the horse (*Equus caballus*). *Genome Res.*, 9. 1239-1249.
- Chowdhary, B. P. - Raudsepp, T. (2008): The Horse Genome Derby: racing from map to whole genome sequence. *Chromosome Res.*, 16. 109-127.
- Corbin, L. - Blott, S. - Swinburne, J. - Sibbons, C. - Fox-Clipsham, L. - Helwegen, M. - Parkin, T. H. - Newton, J. R. - Bramlage, L. - McIlwraith, C. W. - Bishop, S. - Woolliams, J. - Vaudin, M. (2012): A genome-wide association study of osteochondritis dissecans in the Thoroughbred. *Mammalian Genome*, 23. 294-303.
- Doan, R. - Cohen, N. - Harrington, J. - Veazy, K. - Juras, R. - Cothran, G. - Mccue, M. E. - Skow, L. - Dindot, S. V. (2012): Identification of copy number variants in horses. *Genome Res.*, 22. 899-907.
- Doan, R. - Cohen, N. - Sawyer, J. - Ghaffari, N. - Johnson, C. - Dindot, S. (2012): Whole-Genome sequencing and genetic variant analysis of a quarter Horse mare. *BMC Genomics*, 13. 1-12.
- Finno, C. J. - Spier, S. J. - Valberg, S. J. (2009): Equine diseases caused by known genetic mutations. *Vet. J.*, 179. 336-347.
- Georgescu, S. E. - Manea, M. A. - Dudu, A. - Costache, M. (2011): Phylogenetic relationships of the Hucul horse from Romania inferred from mitochondrial D-loop variation. *Genet. Mol. Res.*, 10. 4104-4113.
- Goddard, M. E. - Hayes, B. J. (2009): Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes. *Nat. Rev. Genet.*, 10. 381-391.
- Graves, K. T. - Henney, P. J. - Ennis, R. B. (2009): Partial deletion of the LAMA3 gene is responsible for hereditary junctional epidermolysis bullosa in the American Saddlebred Horse. *Anim. Genet.* 40. 35-41.
- Gu, J. - Orr, N. - Park, S. D. - Katz, L. M. - Sulimova, G. - Machugh, D. E. - Hill, E. W. (2009): A genome scan for positive selection in thoroughbred horses. *PLoS ONE* 4.

- Guérin, G. - Bailey, E. - Bernoco, D. - Anderson, I. - Antczak, D. F. - Bell, K. - Binns, M. M. - Bowling, A. T. - Brandon, R. - Cholewinski, G. - Cothran, E. G. - Ellegren, H. - Förster, M. - Godard, S. - Horin, P. - Ketchum, M. - Lindgren, G. - Mcpartlan, H. - Mériaux, J. C. - Mickelson, J. R. - Millon, L. V. - Murray, J. - Neau, A. - Røed, K. - Sandberg, K. - Shiue, Y. L. - Skow, L. C. - Stott, M. - Swinburne, J. - Valberg, S. J. - Van Haeringen, H. - Van Haeringen, W. A. - Ziegler, J. (1999): Report of the International Equine Gene Mapping Workshop: male linkage map. *Anim. Genet.*, 30. 341-354.
- Hayes, B. - Goddard, M. (2010): Genome-wide association and genomic selection in animal breeding. *Genome*, 53. 876-883.
- Hintz, R. L. (1980): Genetics of performance in the horse. *J. Anim. Sci.*, 51. 582-594.
- Lear, T. L. - Trembicki, K. A. - Ennis, R. B. (1992): Identification of equine chromosomes in horse x mouse somatic cell hybrids. *Cytogenet. Cell Genet.*, 61. 58-60.
- Lewczuk, D. - Korwin-Kossakowska, A. (2012): Genetic background of osteochondrosis in the horse - a review. *Anim. Sci. Papers Reports*, 30. 205-218.
- Lindgren, G. - Breen, M. - Godard, S. - Bowling, A. - Murray, J. - Scavone, M. - Skow, L. - Sandberg, K. - Guerin, G. - Binns, M. - Ellegren, H. (2001): Mapping of 13 horse genes by fluorescence in-situ hybridization (FISH) and somatic cell hybrid analysis. *Chromosome Res.*, 9. 53-59.
- Mccue, M. E. - Bannasch, D. L. - Petersen, J. L. - Gurr, J. - Bailey, E. - Binns, M. M. - Distl, O. - Guérin, G. - Hasegawa, T. - Hill, E. W. (2012): A high density SNP array for the domestic horse and extant *Perissodactyla*: utility for association mapping, genetic diversity, and phylogeny studies. *PLoS Genet.*, 8. e1002451.
- Mccue, M. E. - Valberg, S. J. - Jackson, M. - Borgia, L. - Lucio, M. - Mickelson, J. R. (2009): Polysaccharide storage myopathy phenotype in quarter horse-related breeds is modified by the presence of an RYR1 mutation. *Neuromuscular Disorders*, 19. 37-43.
- Milenkovic, D. - Chaffaux, S. - Taourit, S. - Guérin, G. (2003): A mutation in the LAMC2 gene causes the Herlitz junctional epidermolysis bullosa (H-JEB) in two French draft horse breeds. *Genet. Sel. Evol.*, 35. 249.
- Milenkovic, D. - Oustry-Vaiman, A. - Lear, T. L. - Billault, A. - Mariat, D. - Piumi, F. - Schibler, L. - Cribiu, E. - Guerin, G. (2002): Cytogenetic localization of 136 genes in the horse: comparative mapping with the human genome. *Mammalian Genome*, 13. 524-534.
- Musilova, P. - Kubickova, S. - Vychodilova-Krenkova, L. - Kralik, P. - Matiasovic, J. - Hubertova, D. - Rubes, J. - Horin, P. (2005): Cytogenetic mapping of immunity-related genes in the domestic horse. *Anim. Genet.*, 36. 507-510.
- Oakenfull, E. A. - Buckle, V. J. - Clegg, J. B. (1993): Localization of the horse (*Equus caballus*)  $\alpha$ -globin gene complex to chromosome 13 by fluorescence in situ hybridization. *Cytogenet. Cell Genet.*, 62. 136-138.
- Park, K.-D. - Park, J. - Ko, J. - Kim, B. - Kim, H.-S. - Ahn, K. - Do, K.-T. - Choi, H. - Kim, H.-M. - Song, S. - Lee, S. - Jho, S. - Kong, H.-S. - Yang, Y. - Jhun, B.-H. - Kim, C. - Kim, T.-H. - Hwang, S. - Bhak, J. - Lee, H.-K. - Cho, B.-W. (2012): Whole transcriptome analyses of six thoroughbred horses before and after exercise using RNA-Seq. *BMC Genomics*, 13. 473.
- Perrocheau, M. - Boutreux, V. - Chadi, S. - Mata, X. - Decaunes, P. - Raudsepp, T. - Durkin, K. - Incarnato, D. - Iannuzzi, L. - Lear, T. L. - Hirota, K. - Hasegawa, T. - Zhu, B. - De Jong, P. - Cribiu, E. P. - Chowdhary, B. P. - Guerin, G. (2006): Construction of a medium-density horse gene map. *Anim. Genet.*, 37. 145-155.
- Piro, M. - Benjouad, A. - Karom, A. - Nabich, A. - Benbihi, N. - El Allali, K. - Machmoum, M. - Ouragh, L. (2011): Genetic Structure of Severe Combined Immunodeficiency Carrier Horses in Morocco Inferred by Microsatellite Data. *J. Equine Vet. Sci.*, 31. 618-624.
- Pirone, A. - Schredelseker, J. - Tuluc, P. - Gravino, E. - Fortunato, G. - Flucher, B. E. - Carsana, A. - Salvatore, F. - Grabner, M. (2010): Identification and functional characterization of malignant hyperthermia mutation T1354S in the outer pore of the Cav $\alpha$ 1S-subunit. *American J. Physiology - Cell Physiol.*, 299. C1345-C1354.

- Pulkkinen, L. - Christiano, A. M. - Airene, T. - Haakana, H. - Tryggvason, K. - Uitto, J.* (1994): Mutations in the [gamma]2 chain gene (LAMC2) of kalinin/laminin 5 in the junctional forms of epidermolysis bullosa. *Nat. Genet.*, 6. 293-298.
- Rieder, S.* (2009): Molecular tests for coat colours in horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 126. 415-424.
- Rosie, J. N. - Leanda, L. - John, S. - Nicole, H. - Claire, M. - Kenny, V. B. - Marta, F.-F. - Richard, J. P.* (2012): Allele Copy Number and Underlying Pathology Are Associated with Subclinical Severity in Equine Type 1 Polysaccharide Storage Myopathy (PSSM1). *PLoS ONE* 7.
- Rudolph, J. A. - Spier, S. J. - Byrns, G. - Rojas, C. V. - Bernoco, D. - Hoffman, E. P.* (1992): Periodic paralysis in Quarter Horses: a sodium channel mutation disseminated by selective breeding. *Nat. Genet.*, 2. 144-147.
- Santschi, E. - Purdy, A. - Valberg, S. - Vrotsos, P. - Kaese, H. - Mickelson, J.* (1998): Endothelin receptor B polymorphism associated with lethal white foal syndrome in horses. *Mammalian Genome*, 9. 306-309.
- Stock, K. - Reents, R.* (2013): Genomic selection: Status in different species and challenges for breeding. *Reprod. Domestic Anim.*, 48. 2-10.
- Stübs, D. - Distl, O.* (2007): Mapping the horse genome and its impact on equine genomics for identification of genes for monogenic and complex traits - A review. *Arch. Tierzucht*, 50. 7-24.
- Swinburne, J. E. - Bournell, M. - Hill, G. - Pettitt, L. - Allen, T. - Chowdhary, B. - Hasegawa, T. - Kurosawa, M. - Leeb, T. - Mashima, S.* (2006): Single linkage group per chromosome genetic linkage map for the horse, based on two three-generation, full-sibling, crossbred horse reference families. *Genomics*, 87. 1-29.
- Webb, A. A. - Cullen, C. L.* (2010): Coat color and coat color pattern-related neurologic and neurophthalmic diseases. *Canadian Vet. J.*, 51. 653.
- Wiler, R. - Leber, R. - Moore, B. B. - Vandyk, L. F. - Perryman, L. E. - Meek, K.* (1995): Equine severe combined immunodeficiency: a defect in V(D)J recombination and DNA-dependent protein kinase activity. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 92. 11485-11489.
- Zöldág L.* (2011): Current and relevant genetic diseases of horses. *AWETH* 7. 252-263.

Érkezett: 2016. május

*Szerzők címe:* Sziszkosz N. - Jávora A. - Kusza Sz.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi,  
és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és  
Természetvédelmi Intézet, Állatgenetikai Laboratórium

*Author's address:* University of Debrecen, Faculty of the Agricultural and Food Sciences Environmental  
Management, Institute of Animal Science, Biotechnology and  
Nature Conservation, Laboratory of Animal Genetics  
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

# AZ ÁSVÁNYI ANYAG ELLÁTOTTSÁG ÉRTÉKELÉSI LEHETŐSÉGEI SZŐR ANALÍZIS ALAPJÁN

## Irodalmi áttekintés

SZIGETI ERIKA - KOMLÓSI ISTVÁN - KÁTAI JÁNOS - SZABÓ CSABA

### ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági állatok termelésének jelentős növekedése miatt az állatok táplálóanyag igénye, így mikroelem szükséglete is nőtt. Az állatok termelésére leginkább hatással levő környezeti tényezők egyike a táplálóanyag ellátás. Nagyon fontos hogy az állat korának, termelési szintjének és egészségi állapotának megfelelő minőségű és mennyiségű táplálóanyagot biztosítsunk. A szervezet szeretlen alkotóelemei közül a kalciumnak, foszfornak, nátriumnak, magnéziumnak, vasnak, mangánnak, réznek, cinknek, jódnak, szelénnek van jelentősége, bár az egyes elemek fontossága nagyon eltérő. Valószínű, hogy egyes ásványi elemek már a földi élet kezdetén szabályozó tényezőként működtek közre az anyagcsere folyamatokban. A gyakorlati szempontból jelentős elemek nagy részét a takarmány komponensek nem tartalmazzák kielégítő mennyiségben, ezért kiegészítésre szorulnak a keveréktakarmányokban. Ezért fontos az ellátottság ellenőrzése. Ennek egyik kézenfekvő módja a vérplazma ásványianyag tartalmának vizsgálata. A vérplazma ásványi anyag tartalma azonban széles határértékek között változhat, és csak az adott fiziológiai állapotról szolgáltat információt. Ezért a kutatók olyan reprezentatív szövetet kerestek, mely hosszabb időszakraól szolgáltat adatot. Ezen kritériumoknak a szőr (gyapjú) megfelel, könnyű gyűjthetősége miatt egyszerű módszernek tekinthető. Ma már számos adat áll rendelkezésre mind humán, mind állattenyésztési vonatkozásban a haj, szőr, tollazat és gyapjú ásványianyag összetételére vonatkozóan, azonban az eredmények gyakran ellentmondásosak. A szőr illetve gyapjú gyűjtésének körülményei, annak színe, a vizsgálat előtti tisztítás és annak módja nagy hatással lehet a mért értékekre. A szőr külsejére tapadt izzadság, faggyú és egyéb szennyeződések elsősorban a makroelemek mennyiségét befolyásolják. Ezekből ugyanis több lehet a felületre tapadt szennyeződésben, mint az egyes mikroelemekből. Számos ásványi anyag esetében igazolták az ellátottság felvétel és a szőrből analizált értékek közötti összefüggést. Ezért a jelen irodalmi áttekintés célja az ásványi anyag ellátottság és a szőranalízis eredményei közötti kapcsolat, a befolyásoló tényezők és a gyakorlati alkalmazhatóság vizsgálata szakirodalmi adatok alapján.

### SUMMARY

*Szigeti, E. - Komlósi, I. - Kátai, J. - Szabó, Cs.: EVALUATION OF MINERAL STATUS ON THE BASIS OF HAIR MINERAL ANALYSES. A REVIEW*

As a result of the significant increase in livestock production, their nutritional need as well as their need for trace elements is growing. One of the environmental factors that affect livestock production the most is nutrient supply. It is very important to provide the animals with the nutrients appropriate to their age, production level, and health status. Among the inorganic components which make up the organism calcium, phosphorus, sodium, magnesium, iron, manganese, copper, iodine, and selenium are significant, although these importance of the elements is quite different. It is likely, that some of the minerals have already functioned as a regulatory factor in metabolism at the beginning of life on Earth. Most of the elements of practical importance are not present in sufficient amounts in animal feed components. Therefore they need to be supplemented in complete feed.

This is why supply control is very important. One of the obvious ways is the study of the mineral content of blood plasma. Although, the mineral content of plasma can vary within a wide range and gives information only about the actual physiological status. For this reason, scientists looked for a tissue which can provide data for a longer period of time. Hair (wool) fits this criterion due to its easy collectability. Today several sources of data are available both in the area of humans and

livestock husbandry on the mineral composition of hair, fur, feathers, and wool, but the results are often contradictory. The circumstances of how the wool or hair was collected, the colour washing procedure before the tests and the way it is cleaned can have great effect on the measured values. Sweat, sebum and other contaminations attached to the surface of the wool can mainly affect the amount of macro elements. The surface impurities may contain more macro than trace elements. In the case of several minerals the correlation between the intake and the analyzed values in the hair have been demonstrated. Therefore the objective of the present literature review is the analysis of the relationship between mineral supply and results of the hair analysis, and the examination of determining factors and the practical applicability based on literature data.

## BEVEZETÉS

A gazdasági állatok termelésének jelentős növekedése miatt az állatok táplálóanyag igénye, így mikroelem szükséglete is nőtt. Az ajánlásokban megtalálható mikroelem szükségleti értékek általában az élettani minimumot jelentik. Ezzel szemben az intenzív termelés ennél nagyobb igényt támaszt. Az állatok termelésére leginkább hatással levő környezeti tényezők egyike a táplálóanyag ellátás. Nagyon fontos, hogy az állat korának, termelési szintjének és egészségi állapotának megfelelő minőségű és mennyiségű táplálóanyagot biztosítsunk. A jól kiegyensúlyozott táplálék szénhidrátokból, lipidekből, fehérjéből, ásványi anyagokból és vitaminokból áll, ami szükséges a jó fizikai kondícióhoz és a termeléshez. Ennek biztosítása és az ellátottság ellenőrzése az állattartó számára elengedhetetlenül fontos (Mézés, 2008). A szervezet szeretlen alkotóelemei makro- és mikroelemekre oszlanak. A gyakorlati szempontból jelentős elemek nagy része kiegészítésre szorul a takarmányokban. A nettó szükséglet fedezéséhez figyelembe kell venni az értékesülés hatékonyságát is. A nettó szükséglet a termelés intenzitásától, a beépülés mértékétől, valamint az endogén veszteségektől függ (Regiusné, 2004b). Amikor esszenciális mikroelemekről beszélünk, akkor olyan elemekről van szó, amelyek jelenléte meglehetősen szűk határok között változó koncentrációban szükséges az egészséges növényi, állati vagy emberi élethez. Ezek a mikroelemek lényeges, életfontosságú elemek, amelyek jelenléte a normális fiziológiai és biokémiai folyamatokhoz, a szervezet kiegyensúlyozott metabolizmusához, a harmonikus életműködéshez nélkülözhetetlenek (Szabó és mtsai, 1987). Valószínű, hogy egyes ásványi elemek már a földi élet kezdetén szabályozó tényezőként működtek közre az anyagcsere folyamatokban. Az energia tárolása és felszabadítása, a fehérje-, a zsír- és a szénhidrát-szintézis foszfor nélkül elképzelhetetlen, amiből következik, hogy az ATP- képzés már az élet nagyon korai szakaszában kellett, hogy létezzen (Regiusné, 2004a).

Már több mint 50 éve foglalkoznak a szőrzet, gyapjú és tollazat anorganikus összetevőinek meghatározásával, amely az ásványi anyag ellátottság vizsgálatának egyik módszere (Anke, 1959). Megállapítást nyert, hogy a szőr a többi szövethez hasonlóan részt vesz az anyagcserében. Azt is megállapították, hogy a szőr Ca-, Mg-, Na-, K- és P- tartalmának alakulásában a különböző növekedési fázisok nagy szerepet játszanak (Henning és mtsai, 1961). Az ásványi anyagok közötti kölcsönhatások és az anyagcserére gyakorolt hatásuk, nagymértékben befolyásolja a szőr ásványi anyag tartalmát. Az ásványi anyagok hatással vannak a szőr és a bőr minőségére is (Busch-Kschiewan és mtsai, 2004). A bőr a legnagyobb és legláthatóbb szerve az emlősállatoknak. A bőr a szőrrel együtt

tükrözi az általános egészségi állapotot, valamint a belső szervek működését. (Scott és mtsai, 2001).

Bár a szőrnövekedés ciklikus, az ásványi anyag felhalmozódása a szőrben nem szűnik meg akkor sem, ha a mirigy nem termel szőrszálát. Számos elemnél, mint például a Mg, Cu, Zn és Se esetében összefüggés van a szőr ásványi anyag tartalma és az ásványi anyag felvétele között, bár ez az összefüggés nem túl szoros. Ezen kívül az ivar, kor, szőrszín, testfelépítés is hatással van a szőr ásványi anyag tartalmára (Combs és mtsai, 1982). A kérődzők ásványi anyag felvétele lényegesen erősebben ingadozik, mint a monogasztrikus állatoké. A szarvasmarha, a juh és a ló esetében a létfontosságú elemek felvételében döntő szerepe van az etetett növényféleségnek, a növény vegetációs állapotának és a származási hely talajadottságainak (Regiusné és mtsai, 1987). Ezenkívül, a környezetben megtalálható ásványi anyagok is beépülhetnek a szőrbe, melyek forrása a trágya, az izzadság vagy a por (Combs és mtsai, 1982).

Jelen irodalmi áttekintés célja, hogy bemutassa a szőrből kimutatható ásványi anyagok beépülési mechanizmusát, a befolyásoló tényezőket, valamint összefoglalja a szakirodalomban fellelhető adatokat és azok értékelését a szarvasmarha és juh esetében.

## **A SZŐR SZERKEZETE ÉS ÁSVÁNYIANYAG TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA**

Nemcsak a növényi és állati rostok különböznek kémiai és fizikai szerkezetükben, hanem bizonyos állati szőrök között is jelentős fizikai eltéréseket figyelhetünk meg. A szőr fiziológiája eléggé összetett és nem teljesen ismert, mivel kis szerepet játszik az ásványi anyagok kiválasztásánál (Al-Delaimy, 2002). Az emberi haj és a birkagyapjú rostos, kemény  $\alpha$ -keratinos, egyforma szerkezeti felépítésű és anyagcsere szempontból elhalnak mihelyt elhagyják a felhámot (Marshall és mtsai, 1991). Minden haj és szőr 3 összetevőből áll: kutikula, kéreg és velőálmomány (Feughelman, 2002). A lapos, fedő kutikulasejtek veszik körbe a kérget, ezáltal külső réteget képezve a roston (Marshall és mtsai, 1991). A belső kérgi sejtek poliéder, és orsó- formájú szerkezetek, melyek a legfontosabb összetevői bármely  $\alpha$ -keratinos rostnak. Az  $\alpha$ -keratinok kéregálmományában egy harmadik komponens is jelen van, mely medulláris sejtekből és elszórt vakuolákból áll (Jones, 2001).

Az  $\alpha$ -keratinok összetett morfológiája tette lehetővé az emberek számára, hogy már az őskor óta birkagyapjúból ruhát készítsenek maguknak vagy nemezelésre használják (Feughelman, 2002). A birkagyapjút egy lanolinos védőréteg fedi, mely egy halványsárga viaszos anyag (állati zsírok keveréke), enyhén karakteres szaggal (Alzaga és mtsai, 1999). Ezt a juhok faggyúmirigyei termelik, fontos a bőr védelméhez is (Eychenne és mtsai, 2001). Ezenkívül széleskörben használják gyógyászati termékekben és kozmetikumokban is (Alzaga és mtsai, 1999). A szőrnek finomabb és egyenesebb a felszíne, mint a gyapjúnak. A szőr és gyapjú átmenet között sok fokozat van. Bizonyos hosszú szőr-szerű rostok kapcsolódnak és emiatt a gyapjúk közé sorolják őket. Azonban szigorúan véve a szőrökhöz tartoznak. Ilyen például a moher, amit a gyapjúkhoz sorolnak, de valójában az Angóra kecske hosszú, selymes szőre. A valódi gyapjú jó példája

a juhgyapjú, amely már a tudatos tenyésztés és szelekció eredménye. A vadon élő állatokat takaró szőr gyapjává válása a háziasítással egy időben zajlott. A természetbe visszakerülő juhok amennyiben zord időjárási körülmények közé kerülnek, hajlamosak arra, hogy visszaálljon az eredeti szőrös borításuk. A rostok megrövidülnek, kiegyenesednek, durvább felületűek lesznek, amíg lassan szőrré nem válnak (*Staff, 2004.*).

A gyapjúnál a szőrrel ellentétben nem következik be periodikus váltás (vedlés), hanem két nyírási szakasz között meghatározott és folyamatos a növekedés (*Fröhlich és mtsai, 1929*). A szőr és a gyapjú összetételében jelentéktelen az eltérés.

Az emberi haj 15,7- 16,6% N-t, a gyapjú 16-17% N-t tartalmaz. A szőr, illetve a gyapjú színétől függően változik a hamu- és makroelem tartalom. A fekete gyapjú 31 g/kg, míg a fehér 12 g/kg hamut valamint 6,5 és 2,4 g/kg Ca-ot tartalmaz szárazanyagra vonatkoztatva (*Risch és Nasarov, 1978*).

A szőr- és gyapjúmintát könnyű gyűjteni és tárolni, valamint hasznos lehet szövettani vizsgálatra is (*Combs, 1987*). A szőr illetve gyapjú vizsgálat előtti tisztítása és annak módja fontos szempont. A külsejére tapadt izzadtság, faggyú és egyéb szennyeződések elsősorban a makroelemek mennyiségét befolyásolják. Ezekből ugyanis több lehet a külsőre tapadt szennyeződésben, mint az egyes mikroelemekből (*Anke, 1965*). Azonban külső szennyeződések eltávolítására alkalmazott oldószerek használatával belső összetevők is kioldódnak (*Senofonte és mtsai, 2001*).

A szőrhöz hasonlóan a gyapjú is alkalmas a juh ásványianyag- ellátottságának vizsgálatára (*Burns és mtsai, 1964*). 1954 óta pézsmapocoknál, vidránál (*Stevens és mtsai, 1997*), juhoknál (*Phillips és mtsai, 2004*), lovaknál (*Liu, 2003*) és tevéknél (*Zongping, 2005*) is alkalmazásra került. Sok előnye van a szőrvizsgálatnak az állatok ásványi anyag szintjének kimutatásánál. Az elemek koncentrációja a szőrben magasabb, mint a vizeletben vagy a vérben. Ez megkönnyíti a kimutatásukat, illetve mennyiségi meghatározásukat. További előny, hogy a szőr mintavétel nem károsítja az állati szervezetet, továbbá egyszerű, fájdalommentes és a mintákat szobahőmérsékleten is hosszabb ideig tárolhatjuk anélkül, hogy ásványianyag tartalmuk változna (*Dombovári és Papp, 1998*). *Sreenivasa és mtsai (2002)* szerint négy tényező van hatással az emberi hajminta ásványi anyag tartalmára: a hajminta hossza, a donorok kora és neme, a lakóhely, illetve a táplálkozási szokások és a gyógyszerek hatóanyagai. Ugyanezek igazak az állati szőrre is, bár a külső szennyeződés néhány fajnál (például juhok) nagyobb problémát jelent. A szőr idősejével nő a makro- és mikroelemek koncentrációja.

## AZ ÁSVÁNYI ANYAGOK BEÉPÜLÉSE A SZŐRBE

A szervezetbe a táplálék útján bekerülő ásványi anyagok számos úton épülnek be a szőrbe. A vizsgálatok során a legtöbb figyelem a szőrmirigyen keresztül történő ásványianyag felvételre irányult. A szőrmirigyen keresztül beépülő ásványi anyagok feltehetően kémiai vagy fizikai kapcsolatban vannak a szőrszálak kérgi sejtjeivel. A szőrszál ásványi anyag tartalma azt a pillanatot tükrözi, amikor az szintetizálódott. Az ásványi anyagok beépülése a szőrtüszőn keresztül nem állandó folyamat. Intenzív anyagcseréjű és nyugalmi ciklusok váltogatják egymást,

Ennek ellenére az ásványi anyagok beépülése a szőrbe akkor sem szűnik meg, ha a szőrtüsző nem termel szőrszálát. Ennek oka, hogy a szőrszál folyamatosan érintkezik a faggyúmirigyből, valamint a nagy- és kis verejtékmirigyekből származó váladékkal. Jelentős mennyiségű makro- és mikroelem adszorbeálódik a szőr felületén (Hopps, 1977). A táplálékkal felvett nagyobb mennyiségű Ca, P és Fe csökkenti más elemek beépülését a szőrbe. A szőrszálak keratint tartalmazó szálak, amelyek a szőrhagymák mátrix sejtjeiből alakulnak ki. A szőrtüsző túlnyúlik a felhámon és beágyazódik a bőr kötőszöveteibe (Combs, 1987). Minden szőrtüsző egy miniatűr szerv simaizomzattal, apokrin és faggyú verejtékmirigyekkel, idegekkel, valamint gazdag érfonattal. A legtöbb fajnál a szőrnövekedés nem folyamatos, pihenési szakaszok után következik be. Az aktív szőrnövekedési időszak hossza függ a fajtól, az évszaktól és a testfelépítéstől. A szarvasmarhánál a növekedési illetve pihenési időszak a testet fedő szőr esetében rövidebb, mint a farkon található szőrzetnél. A legtöbb juh fajtánál a gyapjú növekedése folyamatos. A szőrtüszők aktivitása folyamatos, viszont érzékenyen reagálnak a táplálóanyag ellátásban és a hormonszintekben fellépő változásokra. Ennek eredményeképpen a gyapjúnövekedés üteme eltérő lesz a többi állat szőrnövekedésétől (Ferguson és mtsai, 1964). A legtöbb állatnál a szőrtüszők szinkronban vannak, és koordinált periodikusság áll fenn a növekedési és pihenési időszakok körforgásában. A legtöbb fajnál a szőrminták, bárhol is veszik, ugyanabban a tevékenységi szakaszban lesznek. A mitózis, differenciálódás, érés, és melanin szintézis során makro- és mikroelemek kapcsolódnak az újonnan létrejött szőrsejtekhez. Ahogy a szőrszálak elszarusodnak, egy cement-szerű fehérje kitölti az intercelluláris teret és összeköti a szőr- és hajszálak kérgi sejtjeit (Fisher és mtsai, 1985). A szőr gazdag kén-tartalmú aminosavakban, amelyek feltehetően a stabil szőr ásványi kötésekhöz képeznek ligandumokat (Hinners és mtsai, 1974). Az ásványi anyagok beépülése nem szűnik meg, ha a szőrtüsző aktivitása a nyugalmi szakaszba lép és a szőr növekedése megszűnik. A szőrszálak érintkeznek a faggyúmirigyekkel és a nagy verejtékmirigyekkel, így azok váladékában megtalálható ásványi anyagok beépülhetnek a szőrbe. A mirigyek váladékainak fő összetevője a víz, Na- és K-sók, karbamid, tejsav valamint a piroszőlősav. Tartalmaznak még jelentős mennyiségű kalciumot, foszfort, rezet, mangánt és cinket. A kis verejtékmirigy váladékának mennyisége egyedenként nagyon különböző lehet, amit befolyásol a testfelületi pozíció és a környezet. A szőrzetben megtalálható mikroelemek szezonális különbségét (azonos ásványianyag felvétel mellett) a környezet hőmérséklete által kiváltott izzadás eltérő mennyisége is okozhatja. Flynn (1977) javaslata szerint az összes szőr felszínére beépülő elemet - legyen az endogén váladék vagy külső szennyeződés - el kell távolítani a vizsgálat előtt, így csak a szőr növekedése során ténylegesen beépülő ásványi anyagok kerülnek vizsgálatra. A fő probléma ezzel a logikával az, hogy nem lehetséges az abszorbeált ásványi anyagokat eltávolítani anélkül, hogy ezzel együtt ne távolítsuk el a szőrbe beépült elemek jelentős mennyiségét is (Hambidge és mtsai, 1972). Az állatok ásványi anyag ellátottságának vizsgálata szempontjából fontos néhány nyomelem lerakódása a kis verejtékmirigyen és a faggyúmirigyeken keresztül történik. Strain és mtsai (1971) a takarmánnyal felvett ásványi anyagok szerkezetbeli útjait vizsgálták patkányokon <sup>131</sup>I, <sup>54</sup>Mn, <sup>85</sup>Sr és <sup>65</sup>Zn izotópok segítségével. Vizsgálataik során az izotópok már 1 órával az intravénás infúziót követően kimutathatóak voltak a szőrben. A tisztított



teljes szőr, mely tartalmazta a szórtüszőt is, nagyobb mennyiségű  $^{131}\text{I}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{85}\text{Sr}$  és  $^{65}\text{Zn}$  izotópot tartalmazott, mint a borotvált szőr. A Zn beépülése lassabb volt, de hasonló értéket mértek a teljes szőr és a borotvált szőr esetében. *Strain és mtsai* (1971) eredményei szerint az ásványi anyagok beépülése lassabb idősebb állatoknál, mint a fiatalabbaknál.

## A SZŐR, MINT ÁSVÁNYI ANYAG INDIKÁTOR

Számos ásványi anyag esetében igazolták a táplálékkal felvett mennyiség és a szőrben mért koncentráció közötti kapcsolatot. A szarvasmarhák és juhok szőrének/gyapjának ásványianyag tartalmáról fellelhető fontosabb adatokat az 1. és 2. táblázatban foglaltuk össze.

A Ca és P a véralvadásban, az idegrendszeri folyamatokban és az energiaellátásban betöltött szerepe mellett a csontképződésben is kulcsfontosságú. A szervezet Ca- tartalmának 99%-a, P- tartalmának 80%-a a csontállományban van jelen (*Régiusné*, 1990). A Ca lágyszövetekben előforduló aktív formája ionizált. A vérben előforduló ionizált Ca- átlagos szintje fajonként eltérő: például 4.2 mg/100 ml kutyáknál, míg 5.1 mg/100 ml sertések esetében (*Georgievskii*, 1982). Ezekről az értékektől eltérő szint súlyos zavarokat okozhat az anyagcsere folyamatokban, mint például a sejtmembrán permeabilitásában, idegi jel-átvitelben és az izomműködésben (*Combs*, 1987). *Anke* (1966) arról számolt be, hogy a táplálék Ca és P tartalma pozitív összefüggésben volt a marhák szőrének Ca és P szintjével. *Neseni* (1970) azt mutatta ki, hogy az intenzíven nevelt bika borjaknál, ahol a szőr P szintje kevesebb volt, mint 200 mg/kg, sokkal lassabban fejlődtek és több időt igényeltek ahhoz, hogy elérjék az értékesítési súlyt, mint azok a borjak, melyeknek a szőr P szintje meghaladta a 200 mg/kg-ot. Ugyanakkor lovak esetében *Wysocki és Klett* (1971) gyenge összefüggést figyelt meg a Ca és P felvétel, valamint a Ca és P szőrben mért szintje között. Ezek a megfigyelések azt sugallják, hogy bár van összefüggés a Ca és P felvétel, valamint a szőr Ca és P szintje között, azonban ahhoz nem elég erős, hogy a szőrvizsgálat a Ca és P ellátottság pontos indikátora legyen.

A magnézium teljes mennyiségének mintegy 2/3-a található a csontállományban, míg 30-40%-a a lágyszövetekben. Számos élettani funkciója van: enzimaktivátor és -aktivátor, valamint a DNS, RNS és fehérjeszintézis is igényel Mg-ot. A Mg az előgyomrokból szívódik fel, amit számos tényező befolyásol, többek között az életkor és a takarmány összetétel (*Regiusné*, 2004b). Az eltérő Mg felvétel elsősorban a csontok Mg tartalmára van hatással, azonban az izmok esetében csak laza összefüggést találtak (*Georgievskii*, 1982). A Mg nagymértékű hiánya idegrendszeri zavarokat és görcsöket okozhat (*Harrington*, 1974). Ez azonban inkább elméleti jelentőségű, mivel a gyakorlatban magnéziumhiány, különösen hazánkban, nem fordul elő, még a legeltetés kezdetén sem, amikor a Mg felvétel (*Meyer*, 1980) nagymértékben csökken. Magnéziumhiányos talajokon  $\text{MgSO}_4$ -trágyázással növelhető a növényzet magnéziumtartalma (*Herold és Jávör*, 1984).

A nátriumnak sokrétű szerepe van az állati szervezetben. A csont- és idegszöveten kívül sok Na-ot tartalmaznak az extracelluláris testnedvek, melyeknek a mennyiségét és ezzel összefüggésben az ozmózis nyomását is a Na szabályozza. A szőr csak nagyon kevés Na-ot tartalmaz. Ugyanakkor a nátriumellátottság

megállapításához alkalmazható a szőranalízis. A szőr Na-tartalma évszakonkénti ingadozást mutat. Na- hiány esetén csökken az állatok testsúlya, a termelt tej mennyisége és zsírtartalma (Regiusné, 2004a). A megfelelő nátrium-ellátásról legjobban nyalósó adásával gondoskodhatunk (Herold és Jávora, 1984).

A réz enzim alkotóelem, hiányakor a szőrben pigmentzavarok alakulnak ki, ezenkívül anémia, csontkárosodás és érrendszeri rendellenességek léphetnek fel (Anke és Grün, 1982). Hatással van a réz vasellátottságra, mivel elősegíti annak a szövetekbe történő beépülését. Szerepe van még az idegrendszer, az immunrendszer, a szív- és a keringési rendszer működésében is. Szarvasmarhánál a szőr réztartalma > 6 mg/kg értékben elfogadható. Ha a takarmányvizsgálat megfelelő rézellátottságra utal, de a szőr rézhiányos, akkor gyulladós folyamatok valószínűsíthetők (Mézes, 2008). A réz segíti a vörösvérsejtekben a hemoglobin szintézist, míg a C-vitaminnal és cinkkel együtt a kollagén termelődésében játszik szerepet. Részt vesz a sebgyógyulási folyamatokban, valamint a szőr és bőr pigmentálásában (Marycz és mtsai, 2009). Hiánya esetén romlik a gyapjú minősége (szálerősség, ívelődés, göndörödés), csökken a mennyisége is. A juh érzékeny a réz túladagolására. Ennek hatására a juhban hemolitikus krízis lép fel (Herold és Jávora, 1984).

A vas több enzim alkotóeleme, legfontosabb feladata az oxigénszállítás a hemoglobin részeként (Regiusné, 1990). A kifejlett állatok vasellátása rendszerint biztosított a takarmányból (Regiusné, 2004b). Kifejlett állatok vasszükségletét főképp a vérvesztés növeli, emiatt hiánya a gyakorlatban ritkán fordul elő. Ugyanakkor fiatal állatok – különösen malacok esetében – a tej csak kevés vasat biztosít. A vasellátottságot a réz és a cink felvétel is befolyásolja. A szarvasmarhánál a szőr vastartalma 50 mg/kg érték felett utal megfelelő vasellátottságra. Amennyiben a szőr ennél kevesebbet tartalmaz, de az ellátottság egyébként megfelelő, akkor az gyulladós folyamatokra utal (Mézes, 2008). A takarmány-szárazanyag- kilogrammonként 30-50 mg vas elegendőnek látszik a juhok szükségletének kielégítésére (Herold és Jávora, 1984).

A cink számos enzim alkotóeleme. Megtalálható a csontokban, a májban, a bőrben és a szőrben (Georgievskii, 1982). Több kísérletben igazolták, hogy a takarmány cink kiegészítése, növeli a szőr cink tartalmát (Miller és mtsai, 1966; Reinhold és mtsai, 1968). A kérődzők cinkellátottsága függ az etetett növényfajtól, a takarmánynövény geográfiai származásától, az esetleges cinkemissziótól és a szervezetben szerephez jutó antagonisták hatásától (Regiusné, 1990). A cinkhiány parakeratózist okozhat. Hiánya esetén a takarmányfelvétel és a testtömeg növekedés csökken, továbbá mindkét ivarnál reprodukciós zavarok és csontdeformációk jelentkezhetnek (Regiusné, 1990). Tejelő teheneknél a cink hatása a szomatikus sejtszám csökkentésében jól ismert, amely membránvédő hatásával magyarázható. Ezen hatás nem közvetlen, hanem közvetett, ugyanis egyrészt a keratin szintézis szabályozásán, másrészt az A- vitamin transzport elősegítésén keresztül valósul meg. A szőr cinktartalma 115-120 mg/kg mennyiségben optimális. Krónikus gyulladás esetén a szőr cinktartalma kevesebb lesz (Mézes, 2008).

A szelén igen fontos mikroelem, jelentős szerepe van az anyagcserében (Herold-Jávora, 1984). A szelént sokáig toxikus elemként ismerték, később megállapították, hogy a májnekrozis és az exudatív diatézis ellen is hatásos. Túladagolásakor

szőrhullás, szaporodásbiológiai zavarok valamint vese- és májdegeneráció jelentkezik (Mézes, 2008). Az állatok minimális szelénszükséglete 100 µg/kg takarmány szárazanyag. A takarmány javasolt szelén mennyisége 200-300 µg/kg a szárazanyagban, ennél nagyobb mennyiség hosszabb időn keresztül való fogyasztása, izom, bőr, szőr és egyéb szervkárosodásokat okozhat. A szelénstátuszt a vér, a tej és a szőr is jól tükrözi (Anke és mtsai, 2003). A juh takarmányában a 0,1 mg/kg szelén mennyiség megfelelőnek, a 3-5 mg/kg szelénszint viszont már toxikusnak tekinthető. Szelénhiányos területeken a takarmányba kevert szelénsók vagy szerves szelénforrások etetésével vagy izomba adott injekcióval segíthetünk a hiánybetegségek megelőzésében (Herold-Jávor, 1984). A szerves szelénvegyületek biológiai hatékonysága kérődző állatok esetében kicsi, mivel annak egy része a bendőben oldhatatlan szeleniddé redukálódik (Mézes, 2008). Ezzel szemben a szerves szelén vegyületek biológiai értékesülése sokkal jobb (Steen és mtsai, 2008).

A kén egyes aminosavak (metionin, cisztin) és így a fehérjék fontos építőeleme. A gazdasági állatok takarmányozásában leggyakrabban használt kukorica 0,14-0,23%, míg a szójabab mintegy 0,5% S-t tartalmaz. A legeltetett szarvasmarhának 0,15% S-re van szüksége. A kén hiánya nem túl gyakori. Hiánya esetén étvágytalanság és lesóványosodás következhet be. A kén a juh takarmányozásában nagyobb jelentőséggel bír, mint a többi állatfajnál. A gyapjú keratinja 0,8% ként tartalmaz. A kéntartalmú aminosavak hiánya befolyásolja a juh teljesítményét (Herold-Jávor, 1984).

A kobalt a növényevő állatok közül csak a kérődző állatokban vesz részt ténylegesen a B<sub>12</sub> – vitamin szintézisben. Ezért az EFSA (European Food Safety

1. táblázat

**Különböző genotípusú juhok gyapjújának/szőrének ásványi anyag tartalma**

Genotípus(1)	Ásványi anyag(mg/kg) (2)								Forrás(9)
	Ca	Mg	Na	Cu	P	S	Se	Zn	
Hegyi juh(3) (Lengyelország)	1790	120,8	1486	5,30	148	22038	-	88,80	Patkowska et al., 2009
Karagounico(4) (Görögország)	2900	383,5	2165	6,79	206	20758	-	75,02	Patkowska et al., 2009
Awassi(5)(Szíria)	1800	590,8	1745,5	10,30	284	18733	-	73,62	Patkowska et al., 2009
Dorper (6)	3909	811	1274	4,96	548,3	16903	5,72	256	Szigeti et al., 2016
Cigája (7)	3078	647	1775	5,04	589	8991	5,13	252	Szigeti et al., 2016
juh(8)	-	-	-	-	-	-	-	145	Régiusné, 1990

Table 1. Minerals content of different genotypes of sheep wool/hair

genotype (1); mineral (2); Mountain sheep (Poland)(3); Karagounico (Greece)(4); Awassi (Syria) (5); Dorper sheep(6); Tsigai sheep(7); sheep(8); source(9)

2. táblázat

## A szarvasmarha szőr ásványi anyag tartalma

Genotípus(1)	Ásványi anyag (mg/kg)(2)								Forrás(7)
	Ca	Mg	Na	Cu	P	S	Se	Zn	
Charolais(3)	1722	650,8	4916	7,58	-	-	7,02	80,7	Szigeti et. al., 2015
Magyartarka(4)	2406	912,2	4165	5,66	-	-	9,20	84,4	Szigeti et. al., 2015
Holsteinfríz(5)	587	63	368	2,26	38,32	3968	0,91	37,6	Gabryszuk et al., 2010
Szarvasmarha(6)	-	-	-	7	-	-	-	129	Haenlein and Anke, 2011
Szarvasmarha(6)	-	-	400-500	6-8	240-270	-	-	110-130	Anke, 1972
Szarvasmarha(6)	1000-2500	130-455	-	6,7-32	-	-	0,5-1,32	100-150	Puls, 1994
Szarvasmarha(6)	-	25-30; 100-125*	-	8,7	-	-	-	-	Fisher et al., 1985
Szarvasmarha(6)	-	-	-	-	-	-	-	124	Régiusné, 1990

\*fehér és színezett szőrszálak esetében= For non coloured and black hairs

Table 2. Minerals content of cattle hair

genotype (1); mineral (2); charolais cattle (3); Hungarian Simmental cattle (4); Holstein Friesian cattle (5); cattle (6); source (7)

Authority) állásfoglalása szerint a kobalt csak a kérődző állatok esetében esszenciális. Kiegészítése ritkán szükséges, a 0,08 mg/kg kobalt mennyiséget a takarmányadagok általában tartalmazzák (Régiusné, 1990). A kobalthiányos takarmányozás étvágytalanságot eredményezhet és a fejlődésben visszamaradást okozhat. A gyapjú csökken értékűvé válik, szerkezetét borzoltság jellemzi (Herold-Jávor, 1984).

## KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatási eredmények azt mutatják, hogy a szőr és gyapjú ásványi anyag tartalma összefügg az ásványianyag ellátottsággal, ezért az alkalmas lehet az ásványi anyag státusz értékelésére. A mért értékeket azonban számos tényező befolyásolhatja, mint például a takarmányozás, a genotípus, a mintavétel helye, a mintaelőkészítés vagy az ásványi anyag kiegészítés formája, ezért a kapott eredmények megfelelő értékeléséhez ezen tényezők további tanulmányozása szükséges.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Al-Delaimy, W.K.* (2002): Hair as a biomarker for exposure to tobacco smoke. *Tob. Control.*, 11. 176-82.
- Alzaga, R.- Pascual, E.- Erra, P.- Bayona, J.M.* (1999): Development of novel supercritical fluid extraction procedure for lanolin extraction from raw wool. *Anal. Chim. Acta*, 381. 39-48.
- Anke, M.* (1959): Untersuchungen über den Spurenelementgehalt der Grünland- und Ackerpflanzen verschiedener Bodenarten sowie Maßnahmen zur Erkennung und Verhütung von Mangelerscheinungen bei Milchkühen. Diss. Jena, Landw. Fakultät
- Anke, M.* (1965): Der Mengen- und Spurenelementgehalt des Rinderhaares als Indikator der Calcium-, Magnesium-, Phosphor-, Kalium-, Natrium-, Eisen-, Zink-, Mangan-, Kupfer-, Molybdän und Kobaltversorgung. 1. Mitt. Das Reinigen des Haares. *Arch. Tierern.*, 15. 461.
- Anke, M.* (1966): Major and trace elements in cattle hair as an indicator of Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo and Co. 3. Effect of additional supplements on mineral composition of cattle hair. *Arch. Tierzucht*, 16. 57.
- Anke, M.- Risch, M.* (1979): Haaranalyse und Spurenelementstatus VEB. Gustav Fischer Verlag, Jena
- Anke, M.- Grün, M.* (1982): Erfahrungen, Ergebnisse, Entwicklungen Heft 6. Mineralstoffe, Jena
- Anke, M.- Regiusné M. Á.- Gundel J.* (2003): A szelén szerepe és előfordulása a táplálékláncban (növény- állat- ember). *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 52. 255-273.
- Burns, R. H.- Johnston, A.- Hamilton, J. W.- McColloch, R. J.- Duncan, W. E.- Fisk, H. G.* (1964): Soil science and agricultural chemistry, *J. Anim. Sci.*, 23. 5.
- Busch- Kschiewan, K.- Zentek, J.- Wortmann, F. J.- Biourge, V.* (2004): UV light, Temperature and Humidity Effects on White Hair Color in Dogs. *J. Nutr.*, 134. 2053-2055.
- Combs, D. K.- Goodrich, R. D.- Meiske, J. C.* (1982): Mineral concentrations in hair as indicators of mineral status: A review. *J. Anim. Sci.*, 54. 391.
- Combs, D. K.* (1987): Hair analysis as an indicator of mineral status of livestock. *J. Anim. Sci.*, 65. 1753-1758.
- Dombovári J.- Papp J.* (1998): Comparison of sample preparation methods for elemental analysis of human hair. *Microchem. J.*, 59. 187-93.
- Eychenne, V.- Sáiz, S.- Trabelsi, F.- Recasens, F.* (2001): Near- critical solvent extraction of wool with modified carbon dioxide- experimental results. *J. Supercrit. Fluids*, 20. 23-31.
- Ferguson, K. A.- Wallace, A.L.C.- Lindner, H.R.C.* (1964): Humoral regulation of wool growth. In: Lyne, A.G.- Short, B.F.: *Biology of the Skin and Hair Growth*, 655. American Elsevier Publ. Co.Inc. New York
- Feughelman, M.* (2002): Natural protein fibers. *J. Appl. Polym. Sci.*, 83. 489-507.
- Fisher, D. D.- Wilson, L. L.- Leach, R. M.- Scholz, R. W.* (1985): Switch hair as an indicator of magnesium an copper status of beef cows. *Am. J. Vet. Res.*, 46. 2235.
- Flynn, A.* (1977): Hair elemental analysis as a measure of mineral status. *J. Appl. Nutr.*, 29. 57.
- Frölich, G.- Spöttel, W.- Täuzer, E.* (1929): *Wollkunde* J. Springer Verlag, Berlin
- Gabryszuk, M.- K. Sloniewski, E.- Metera,- T. Sakowski* (2010) Content of mineral elements in milk and hair of cows from organic farms. *J. Elementol.*, 15. 259-267.
- Georgievskii, V.I.* (1982): The biological function and metabolism of minerals in the body. In: Georgievskii, V. I.- Annenkov, B.N.- Smaokhin, V.I.: *Mineral Nutrition of Animals*. Ch. 6-7. Butterworths, London
- Haenlein, G.F.W.- Anke, M.* (2011): Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Rum. Res.*, 95. 2-19.
- Hambidge, K. M.- Franklin, M. L.- Jacobs, M. A.* (1972): Hair chromium concentrations: Effects of sampling, washing and external environment. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25. 380.
- Harrington, D.D.* (1974): Pathological features of magnesium deficiency in young horses fed purified rations. *Am. J. Vet. Schauburg*, 35. 503.
- Henning, A.- Anke, M.- Wolf, C.* (1961): *Jahrbuch der Arbeitsgemeinschaft. Futtberat.* 4. 55.
- Herold I.- Jávora A.* (1984): *A juh takarmányozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.* 16-22.

- Hinners, T. A.- Tyrell, W. J.- Kent, J. L.- Colucci, A. V. (1974): Hair- metal binding. Environ. Health Perspect, 8. 191.
- Hopps, H. H. (1977): The biologic bases for using hair and nail for analyses of trace elements. Sci. Total Environ., 7. 71.
- Jones, L.N. (2001): Hair structure anatomy and comparative anatomy. Clin. Dermatol., 19. 95-103.
- Liu, ZP. (2003): Lead poisoning combined with cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters. Sci. Total Environ., 309. 117-26.
- Marshall, R.C.- Orwin, DFG.- Gillespie, J.M. (1991): Structure and biochemistry of mammalian hard keratin. Electron Microsc. Rev., 4. 47-83.
- Marycz, K.- Moll, E.- Zawadzki, W.- Nicpon, J. (2009): The correlation of elemental composition and morphological properties of the horses hair after 110 days of feeding with high quality commercial food enriched with Zn and Cu organic forms. Electron. J. Polish Agr. Uni., 12. 4.
- Meyer, H. (1980): Dtsch. Tierärztl. Wschr. Hannover, 87. 404.
- Mézes M. (2008): Gazdasági állatok mikroelem ellátottsága és egyes mikroelemek szerepe a termelésben. AgroNapló, 12. 95-96.
- Miller, W. J.- Blackmon, D. M.- Gentry, R. P.- Powell, G. W.- Perkins, H. F. (1966): Influence of zinc deficiency on zinc and dry matter content of ruminant tissues and on excretion of zinc. J. Dairy Sci., 51. 1453.
- Neseni, R. (1970): The influence of the phosphorus supply of cows on the growth of calves as observed on the hair of calves. Arch. Tierz., 13. 145.
- Patkowska-Sokola, B.- Dobrzanski, Z.- Osman, K.- Bodkowski, R.- Zygadlik, K. (2009): The content of chosen chemical elements in wool of sheep of different origins and breeds. Arch. Tierz., 52. 410-418.
- Philips, C.J.C.- Chiy, P.C.- Omed, H. M. (2004): The effects of cadmium in feed and its amelioration with zinc, on element balances in sheep. J. Anim. Sci., 82. 2498-502.
- Puls, R. (1994): Mineral levels in animal health. Diagnostic data. Sherpa International, Clearbrook, BC.
- Regiusné M. Á.- Anke, M.- Szentmihályi S. (1987): Vizsgálatok a kérődzők és a ló ásványianyag- ellátottságának alakulásához. Állattenyésztés és Takarmányozás, 36. 375.
- Regiusné Mócsényi Á. (1990): A mikroelemek, ásványianyagok és vitaminok szerepe a lovak takarmányozásában. Állattenyésztés és Takarmányozás, 39. 247-254.
- Regiusné Mócsényi Á. (2004a): A nátrium szerepe a takarmányozásban. Mezőhír/ 09.
- Regiusné Mócsényi Á. (2004b): A tejelő tehének ásványianyag- szükséglete és ellátása I. Mezőhír/11.
- Reinhold, J. G.- Kfoury, G. A.- Arslanian, M (1968): Relation of zinc and calcium concentrations in hair to zinc nutrition in rats. J. Nutr., 84. 519.
- Scott, D.W.- Miller, W.H.- Griffin, C.E. (2001): Muller & Kirk's Small Animal Dermatology, 6th edn. Philadelphia: W.B. Saunders Company
- Senofonte, O.- Violante, N.- D'Illio, S.- Caimi, S.- Peri, A.- Caroli, S. (2001): Hair analysis and the early detection of imbalances in trace elements for members of expeditions in Antarctica. Microchem. J., 69. 231-8.
- Sreenivasa Rao, K.- Balaji, T.- Prasada Rao, T.- Babu, Y.- Naidu, G.R.K. (2002): Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively coupled plasma- atomic emission spectrometry. Spectrochim Acta Part B. 57. 1333.
- Staff, I.C.S. (2004): Wool, International Textbook Co., 33.
- Steen, A.- Storm, T.- Bernhoft, A. (2008): Organic selenium supplementation increased selenium concentrations in ewe and newborn lamb blood and in slaughter lamb meat compared to inorganic selenium supplementation. Acta Vet. Scan. 50. 1-6.
- Stevens, R. T.- Ashwood, T. L.- Sleeman, J. M. (1997): Mercury in hair of muskrats (*Ondatra zibethicus*) and milk (*Mustela vison*) from the U.S. Department of Energy Oak Ridge Reservation. Bull Environ. Contam. Toxicol., 58. 720-5.

- Strain, W.H.- Poires, W.J.-Flynn, A.- Hall, O.A. (1971):* Trace element nutriture and metabolism through head hair analysis. In: Hemphill, D.D. Trace Substances in Enviromental Health-V. p. 383. Univ. Of Missouri, Columbia
- Szabó S.- Regiusné M. Á.- Győri D.-Szentmihályi S. (1987):* Mikroelemek a mezőgazdaságban I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 18.
- Szigeti E.- Kátai J.- Komlósi I.- Szabó Cs. (2015):* Effect of breed and sampling place on the mineral content of cattle hair. *Poljoprivreda (Osijek)* 21:1. 9-62
- Szigeti E.- Kátai J.- Komlósi I.- Oláh J.- Szabó Cs. (2016):* A genotípus és a mintavétel helyének hatása a gyapjú ásványi anyag tartalmára. *Agrártudományi Közlemények*, 69. 157-160.
- Wysocki, A.a.- Klett, R. H. (1971):* Hair as an indicator of the calcium and phosphorus status of ponies. *J. Anim. Sci.*, 32. 74.
- Zongping, L. (2005):* Studies on rickets and osteomalacia in Bactrian camels (*Camelus bactrianus*). *Vet. J.*, 169. 444-53.

Érkezett: 2016. május

*Szerzők címe:* Szigeti E. - Komlósi I. - Kátai J. - Szabó Cs.  
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ;  
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

*Authors' address:* University of Debrecen Centre for Agricultural Sciences; Faculty of  
Agricultural and Food sciences and Environmental Management  
H-4032 Debrecen; Böszörményi út 138.  
szigeti@agr.unideb.hu

## 2016-BAN SIKERESEN MEGVÉDETT PHD ÉRTEKEZÉSEK PHD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2016

### FAJAZONOSÍTÁS ÉLELMISZEREKBŐL PCR SSCP METODIKA FEJLESZTÉSÉVEL

CSIKÓS ÁDÁM

DEBRECENI EGYETEM  
Debrecen

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatok központi eleme volt olyan metodika, metodikák fejlesztése, amelyek lehetővé teszik az élelmiszerekből DNS szintjén történő fajazonosítást. A PCR egyszálú DNS konformáció polimorfizmus egy költséghatékony, meglehetősen egyszerűen kivitelezhető alternatívát kínál ennek a problémának a megoldására. A módszer fejlesztése során gazdasági állatfajokat sikerült elválasztani egymástól DNS szintjén lévő konformációs eltérések alapján. Ennek eredményeképpen baromfi fajok esetében sikeresen elválaszthatóak egymástól a házi tyúk, házi kacska, házi lúd, gyöngytyúk, pézsmaréce, házi pulyka és fácán fajok egyetlen reakcióban, egyidejűleg, mindössze egyetlen univerzális primerpárt alkalmazva. Az emlős fajok esetében is sikeres elválasztást sikerült elérni. Megkülönböztethető az alkalmazott rendszerben a sertés, szarvasmarha, bivaly, juh, kecske, gímszarvas, házi nyúl, ló és őz fajok. A módszer jelen esetben nem tudott különbséget tenni a gím- és dámszarvas, valamint a juh-muflon párok esetében, ami a közeli genetikai rokonsággal magyarázható. A harmadik csoportban halfajok elválasztása történt meg. Ennek eredményeképpen több magyarországi édesvizekben jelenlévő fajt sikerült elkülöníteni egymástól. Sikeresen történt meg a következő fajok elválasztása: kősüllő, fogassüllő, ezüst kárász, ponty, fehér busa, dévérkeszeg, balin, csuka, compó, naphal, bodorka, vörös szárnyú keszeg, kűsz, razbóra, szivárványos pisztráng, afrikai harcsa, európai harcsa, karikakeszeg. Sikerült egy kellőképpen széleskörűen alkalmazható primerpárt tervezni, amellyel sikeresen elválaszthatóak emlős és szárnyas gazdasági állatfajok ugyanazon rendszerben, egy PCR reakció végrehajtásával és denaturálást követően poliakrilamid gélen történő elválasztásával.



## **SPECIES IDENTIFICATION FROM FOODSTUFFS BY THE DEVELOPMENT OF A PCR-SSCP METHOD**

### **SUMMARY**

The aim of the studies was the development of a method or methods making possible the identification of species from food at DNA level. The PCR single strand conformation polymorphism technique offers a cost-effective, quite simple alternative to solve this problem. During the development of the method, farm animal species could be distinguished from each other on the basis of conformational differences at DNA level. As a result, the chicken, duck, domestic goose, guinea fowl, muscovy ducks, turkey and pheasant species were distinguished from each other simultaneously, in a single reaction using a single universal primer pair during the PCR reactions. Successful separation was achieved in case of mammalian species. In the system applied, pig, cattle, buffalo, sheep, goat, red deer, domestic rabbit, horse and roe deer species were distinguished from each other. The method was currently unable to make a difference between red deer and fallow deer as well as sheep and mouflon, which can be explained by the close genetic relationship. In the third group, fish species were separated. As a result, many Hungarian freshwater species were successfully separated from each other, namely the Volga pikeperch, zander, Prussian carp, carp, silver carp, common bream, asp, common pike, tench, pond perch, roach, rudd, bleak, stone moroco, rainbow trout, African catfish, wels catfish and silver bream. Considering the results above, it can be stated that we succeeded to create a primer pair able to be used widespread enough, with the help of which the mammalian and poultry farm animal species can be distinguished from each other by a PCR reaction and its separation on polyacrylamide gel after denaturation.

## **LEHETŐSÉGEK A JUHÁGAZAT HELYZETÉNEK JAVÍTÁSÁRA HUMÁN DIAGNOSZTIKAI ESZKÖZ ADAPTÁLÁSÁVAL ILLETVE A BÁRÁNYHÚS MINŐSÉGÉNEK BEFOLYÁSOLÁSÁVAL TAKARMÁNYKIEGÉSZÍTÉSEN KERESZTÜL**

NAGY ANIKÓ

DEBRECENI EGYETEM  
Debrecen

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A jelölt dorper bárányok által tüdőn keresztül ürített hidrogén mennyiségét mérte szopás előtt és után a humán orvoslásban rutinszerűen használt hidrogén-monitorral. A vizsgálati nap utáni két hetes nyomonkövetés során feltérképezte a bárányok gasztrointesztinális egészségi állapotának esetleges változását, ezzel

is következtetve a diagnosztikai eszköz alkalmazhatóságára. Elemezte, hogyan befolyásolja a merinó bárányok számára biztosított többlet magnézium- illetve szelénbevitel az állat egészségi állapotát és a húsminőséget. Feltérképezte a bárányhúsból készült élelmiszerek esetleges humán egészségre gyakorolt hatásait és az egészséges fogyasztók általi elfogadottságát, támogatva mindezzel a juhágazat termelésének hatékonyságnövelését és a minőségi bárányhús-előállítását.

A jelölt a következő megállapításokat tette:

- Az egészséges szopósbárányok éhomi hidrogénkilégzése 1,00 ppm (min.: 0,00 ppm, max.: 2,00 ppm), szopás után 60 perccel szignifikánsan nagyobb értéket mutat [medián: 1,00 ppm (min.: 0,00 ppm, max.: 7,00 ppm;  $p = 0,004$ )].
- A két hetes nyomonkövetés alatt hasmenés tünetét mutató szopósbárányok éhomi hidrogénkilégzése 7,5 ppm (min.: 7,00 ppm, max.: 8,00 ppm), ami szopás után 90 perccel emelkedik meg szignifikánsan [medián: 9 ppm (min.: 7,00 ppm, max.: 10,00 ppm;  $p = 0,046$ )] és minden mérési időpontnál szignifikánsan magasabb, mint a későbbiekben hasmenést nem mutató egyedeknél ( $p < 0,001$ ).
- Igazolta, hogy a nanopartikuláris elemi szelén 20  $\mu\text{g/l}$ -es koncentrációban ivóvízbe adagolva és 86  $\pm$  3 napig bárányoknak ad libitum adva szignifikánsan megnöveli a hús szeléntartalmát, az eredeti szelénkoncentráció 60,45 %-ával.
- Kimutatta, hogy a nanopartikuláris elemi szelén 20  $\mu\text{g/l}$ -es koncentrációban 86  $\pm$  3 napig ivóvízbe adagolva és ad libitum bárányoknak adva szignifikánsan megnöveli a hús egyszeresen telítetlen zsírsavtartalmát.
- Bizonyítást nyert, hogy 19,96  $\pm$  13,21  $\mu\text{g}$  szeléntartalmú bárányhús heti háromszori, hat héten keresztül tartó bevitel nem befolyásolja negatívan az egészséges fogyasztók vitális paramétereit, az értékek a normál tartományon belül maradnak.

## **POSSIBILITIES TO IMPROVE SHEEP INDUSTRY: ADAPTATION OF A HUMAN DIAGNOSTIC TOOL AND IMPROVING THE QUALITY OF LAMB MEAT WITH FEED SUPPLEMENTATION**

### **SUMMARY**

Suckling lambs have been studied where the function of digestive system is comparable to the ones in monogastric animals or humans. The breath hydrogen of 52 lambs have been estimated. During the two week long follow-up period, clinical signs of diarrhea developed in six lambs. The statistical evaluation revealed significantly higher baseline breath hydrogen levels in these lambs, compared to those which remained healthy in the investigated period. The significant difference remained stable between breath hydrogen levels of two groups at each time after feeding. The consequences of magnesium and selenium supplementation and the potential beneficial effects of the consumption of meat derived from the study animals on human health have been assessed.

### **OBSERVATIONS**

1) The mean level of baseline breath hydrogen of healthy lambs was 1.00 ppm (minimum: 0.00 ppm, maximum: 2.00 ppm). The elevation in breath hydrogen

levels became significant at 60 minutes after suckling [mean: 1(0.00-7.00) ppm,  $p = 0.004$ ]).

2) During the two weeks long follow-up six lambs showing clinical signs of diarrhea. In this group the mean level of baseline breath hydrogen, 7.50 ppm (minimum: 7.00 ppm, maximum: 8.00 ppm). The elevation in breath hydrogen levels became significant at 90 minutes after suckling in this group [median: 9 (7.00-10.00) ppm,  $p = 0.046$ ]. That significant difference remained stable between the two groups at each time point (0' 30' 60' 90') after feeding, as well ( $p < 0.001$ ).

3) Selenium supplementation in water at a concentration of 20  $\mu\text{g/L}$  Se can lead to increased Se concentration in lamb meat with 60.45 % during  $86 \pm 3$  days.

4) Selenium supplementation in water at a concentration of 20  $\mu\text{g/L}$  Se can lead to increased MUFA ratios in lamb meat during  $86 \pm 3$  days.

## LOVAK TENYÉSZÉRTÉKBECSLÉSE A DÍJUGRATÓ SPORTBAN ELÉRT TELJESÍTMÉNY ALAPJÁN

RUDINÉ MEZEI ANITA

DEBRECENI EGYETEM  
Debrecen

### ÖSSZEFOGLALÁS

A jelölt a hazai díjugrató szakági verseny eredmények alapján vizsgálta a sportlovak teljesítményét különböző mérőszámokkal. A legjobbaknak vélt értékmérő tulajdonságokra genetikai paramétereket becsült ismételtelhetőségi egyedmodellel. A díjugrató szakági eredmények értékelését elvégezte random regressziós modellel is. Elemezte az ugróteljesítmény öröklődhetőségét, a genotípusos és fenotípusos korrelációkat az eltérő életkorcsoportok között. Az egyes nehézségi szinteken nyújtott teljesítmények között is számolt genetikai és fenotípusos korrelációs értékeket. Vizsgálatainak alapját az 1996–2011 közötti díjugratás szakági eredményeket tartalmazó adatbázis képezte (10199 ló 358342 start). Munkájában bemutatja a tenyészménekre becsült tenyészértékeket. A Magyar Sportlótenyésztők Országos Egyesülete, mint fajtafenntartó a tenyész-tési programjában hasznosíthatja a kapott eredményeket. A díjugratás szakági versenyeken nyújtott ivadékteljesítmény alapján becsült mének tenyészértékei útmutatást nyújtanak a jobb mének kiválasztásában, és különösen azok meg-becsülésében.

A következő megállapításokat tette:

– A hazai 1996–2011 közötti díjugratás szakági eredményeket értékelve az elért helyezések négyzetgyök és logaritmus függvényvel való transzformációja alkalmas mérőszámok a Blom-féle pontszámok mellett a teljesítmény mérésére.

– Az 1996–2011 közötti időtartamban fellelhető díjugrató szakági sportered-ményekre szignifikáns és alacsony ( $h^2 = 0,02-0,07$ ) örökölhetőségi értékeket,

továbbá szignifikáns és alacsony, illetve közepes ismételhetőségi értékeket ( $R = 0,08-0,25$ ) becsült.

– A két legkönnyebb, az 1-es és 2-es, valamint 2-es és 3-as nehézségi szintű versenyek eredményei összevonhatók, ugyanazon tulajdonságként kezelhetők. A 7-8 éves korban nyújtott teljesítmény nagyon szoros korrelációban áll az ennél idősebb korban nyújtott teljesítménnyel. A sportteljesítmény alapján történő eredményes kiválasztáshoz legalább két év versenyzési idő szükséges egy sportpályafutását 4 évesen kezdő sportló esetében.

## **BREEDING VALUE ESTIMATION OF HUNGARIAN SHOW JUMPING HORSES**

### **SUMMARY**

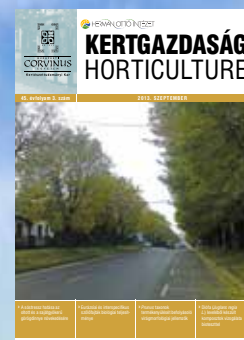
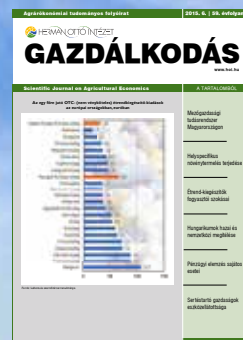
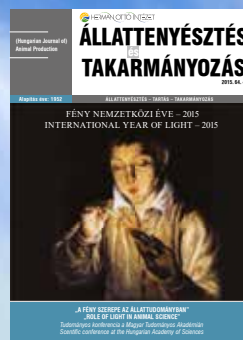
Performance of Hungarian show jumping horses were analysed with different transformed measurement variables. Genetic parameters were estimated based on the best performance measurement variable with repeatability animal model. Show jumping data were evaluated with random regression model also. Heritability, genetic and phenotypic correlation values were estimated between the different age groups. Genetic and phenotypic correlation values were calculated between the different competition levels. The analysis was based on the Hungarian show jumping data from period 1996 to 2011 (10199 horses 358342 starts). Breeding values of sires were estimated. The Hungarian Sport Horse Breeders Association can utilize the results in its breeding programme. The estimated breeding value of sires can provide guidance in choosing the right breeding stallions and can help to appreciate the valuable sires.

The following results were obtained

– Square root and logarithmic transformation of ranks and Blom scores are appropriate measurement variables for evaluating the performance of Hungarian show jumping horses.

– For each performance measurement variable significant and low (0.02-0.07) heritability values and significant and low and moderate repeatability values (0.08 to 0.25) were estimated.

– Performance reached at competition level 1 and level 2, or competition level 2 and level 3 can be considered as the same trait. The performance gained at 7-8 years old was very strongly correlated with performance in the older ages. To become the selection more effective based on sports performance, at least two years are necessary to compete in case of a show jumping horse starting its career at 4 years old.



## Állattenyésztés és Takarmányozás

**Főszerkesztő (Editor-in-chief):** FÉSÜS László (Herceghalom)

**A szerkesztőbizottság (Editorial board):**

**Elnök (President):** SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Németország)	HIDAS András (Gödöllő)	NÉMETH Csaba (Budapest)
HODGES, J. (Ausztria)	HOLLÓ István (Kaposvár)	RÁTKY József (Herceghalom)
KAUFMANN, O. (Németország)	HORN Péter (Kaposvár)	SZABÓ Ferenc (Mosonmagyaróvár)
MANABE, N. (Japán)	HULLÁR István (Budapest)	TÖZSÉR János (Gödöllő)
ROSATI, A. (EAAP, Olaszország)	KOVÁCS József (Keszthely)	VÁRADI László (Szarvas)
BODÓ Imre (Szentendre)	KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin (Mosonmagyaróvár)	WAGENHOFFER Zsombor (Budapest)
FÉBEL Hedvig (Herceghalom)	MÉZES Miklós (Gödöllő)	ZSARNÓCZAY Gabriella (Szeged)
GUNDEL János (Herceghalom)	MIHÓK Sándor (Debrecen)	

**Szerkesztőség:** NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsiipari Kutatóintézet  
**(Editorial office):** NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry  
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.  
T/F: (+36)23-319-133 – E-mail: szerk@atk.hu – www.atk.hu  
Technikai szerkesztő: SÍPICZKI Bojana

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) az Animal Breeding Abstracts c. kiadványban  
The journal is abstracted by CAB International (UK) in Animal Breeding Abstracts

**Felelős kiadó (Publisher):** Mezőszentgyörgyi Dávid, HOI

HU ISSN: 0230 1614

A lap a Földművelésügyi Minisztérium tudományos folyóirata  
This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Rural Development, founded in 1952  
(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czákó

**A kiadást támogatja (sponsored by):** Földművelésügyi Minisztérium  
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, 1223 Budapest, Park u. 2.

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

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet 10032000-01743276 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni.  
Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:  
e-mail: info@agrarlapok.hu, telefon: 06-1/362-8137, 06-1/362-8100

Nyomta: Generál Nyomda Kft.  
6728 Szeged, Kollégiumi út 11/H