



HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

(Hungarian Journal of)
Animal Production

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2020. 69. 4

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Kompenzációs növekedési vizsgálat intenzíven nevelt süllőivadékokkal

› Folyékony glicerinkiegészítés hatása szoptató kocák teljesítményére

› Száritott kukoricatörköly a ponty intenzív takarmányozásában

› Tenyésztértébecslési módszerek összehasonlítása limousin húsmarhában

› Rövid távú *Fusarium* mikotoxinterhelés és az antioxidáns rendszer kapcsolata csirkében

› Embryo production techniques in sheep breeding

TARTALOM - CONTENTS

In Memoriam Prof. Schmidt János 365

Varju-Katona Milán - Szilágyi Gábor - Bokor Zoltán - Urbányi Béla - Müller Tamás: Megfigyelések a kompenzációs növekedés technikai alkalmazhatóságáról intenzíven nevelt süllő ivadék (*Sander Lucioperca* L.) esetében (Observations of the technical applicability of compensational growth in intensively reared juvenile pike perch (*Sander Lucioperca* L.)) 367

Vida Orsolya - Egri Borisz - Tóth Tamás: A folyékony glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére, valamint a kocatej mennyiségi és minőségi paramétereire (Effect of liquid glycerol supplementation on the performance, milk yield and milk composition of lactating sows) 375

Jakabné Sándor Zsuzsanna - Révész Norbert - Havasi Máté - Andre S. Bogevik - Shivendra Kumar: Szárított kukoricatörköly (DDGS) hasznosítása a ponty intenzív takarmányozásában (Utilization of corn DDGS in intensive carp feeding) 387

Szűcs Márton - Szabó Ferenc - Márton Judit - Anton István - Zsolnai Attila - Bene Szabolcs: Hagyományos tenyésztékbecslési módszerek összehasonlítása limousin húsmarha fajtában (Comparison of different traditional models for breeding value estimation in limousin beef cattle) 401

Kulcsár Szabina - Kövesi Benjámín - Mézes Miklós - Balogh Krisztián - Zándoki Erika - Ancsin Zsolt: Együttesen előforduló *fusarium* mikotoxinok rövidtávú terhelésének hatása a brojlercsirke glutation redox rendszerére és lipidperoxidációs folyamataira (Effect of co-occurring *fusarium* mycotoxins on the glutathione-redox system and on lipid peroxidation in broiler chicken) . 419

Mujitaba Malam Abulbashar - Vass Nóra - Bodó Szilárd - Angyal Eszter: The recent state of embryo production techniques in sheep breeding - A review (Az embrióelőállítási technikák aktuális helyzete a juhtenyésztésben - Irodalmi áttekintés) 429

2019-ban sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói (3. rész) - Summaries of PhD dissertations in the year of 2019 (Part 3.) 444

Címlap kép (Frontpage photograph)

„Limousin tehének a Limoges környéki dombokon” (Fotó: Szűcs Márton)

„Limousin cows on the hills of Limoges” (Photo: Márton Szűcs)

IN MEMORIAM PROF. SCHMIDT JÁNOS

Megrendülten tudatjuk mindazokkal, akik szerették és tisztelték, hogy Prof. Schmidt János életének 86. évében, 2020. november 17-én elhunyt. Halálával pótolhatatlan veszteség érte szakmai közösségünket.

Schmidt János professzor 1935-ben született a Győr-Moson-Sopron megyei Feketeerdőn. A Gödöllői Agrártudományi Egyetem Állattenyésztési Karán 1959-ben szerzett kiegészítő agrármérnöki oklevelet. Oktatói tevékenységét 1960-ban kezdte a mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Akadémián, ahol egész életében dolgozott. Egyetemi tanárrá 1979-ben nevezték ki. Három cikluson át (1976-1985) a mosonmagyaróvári Mezőgazdaságtudományi Kar dékánja, majd két ciklusban (1985-1988 és 1996-1999) az egyetem tudományos rektorhelyettese volt. A Kar Takarmányozástani Tanszékét 14 éven át (1987-2001) vezette.

Kandidátusi fokozatot 1970-ben, a mezőgazdaság tudomány doktora címet 1989-ben szerezte meg. A Magyar Tudományos Akadémia 2001-ben levelező tagjává, 2007-ben pedig rendes tagjává választotta. Mosonmagyaróváron 2009-ben Professor Emeritus címről szóló oklevelet vett át, illetve egyetemi magántanár lett a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karán Hódmezővásárhelyen. Díszdoktorává avatta a Veszprémi Egyetem (2004), a Debreceni Egyetem (2008) és a Kaposvári Egyetem (2014).

Kutatómunkája a kérődzők energia-, fehérje- és aminosav-ellátásának, a takarmányok konzerválásának, valamint a melléktermékek takarmányozási célú hasznosításának kérdései köré koncentrált. A szarvasmarhák energia- és fehérjeellátásának kérdéskörében, hazánkban elsőként, de nemzetközi vonatkozásban is az első között foglalkozott a bendőben csak kismértékben lebomló (bypass) zsír-, fehérje-, illetve aminosav-készítmények takarmányozási szerepével, hatásmechanizmusuk tisztázásával. Tagja volt annak a munkacsoportnak, amely 1983-86 között javaslatot dolgozott ki a keményítőérték helyett egy korszerű nettóenergia rendszer bevezetésére a hazai szarvasmarha takarmányozásban. Vezetőként irányította azt a kutatócsoportot, amely kidolgozta az új hazai fehérjeértékelési rendszert (Metabolizálható Fehérje Rendszer). Az új rendszer, amelyet 1999-ben vezettek be hazánkban, korszerű alapokra helyezte a kérődző állatok fehérje- és aminosav-ellátását.

Számos külföldi egyetemen és intézettel alakított ki kutatási kapcsolatot. A Martin-Luther Egyetem (Halle/Saale) Takarmányozási Intézetével, valamint a Marx Károly Egyetem (Lipcse) Takarmányozási Tanszékével szarvasmarha takarmányo-



zasi, a Colorado Állami Egyetem (Fort Collins, USA) Mikrobiológiai Intézetével és a Cseh Takarmányozási Kutatóintézettel (Pohorelice) pedig takarmánytartósítási témakörben működött együtt.

Szerzőként, illetve szerkesztőként 12 szakkönyv és egyetemi tankönyv elkészítésében vett részt, amelyek több évtizede az egyetemi oktatás és a tudományos továbbképzés alapvető ismeretanyagát képezik. Elfogadott szabadalmainak és know-how-jainak száma 11.

Vezetője volt a Nyugat-Magyarországi Egyetem (NyME) Ujhelyi Imre Állattenyésztési Doktori Iskolája „Gazdasági állatok táplálóanyag ellátásának javítása” című programjának. Témavezetése alatt 14 hallgató szerzett PhD fokozatot. Három éven át elnöke volt a PATE Doktori Tanácsának, öt évig pedig az Ujhelyi Imre Állattenyésztési Doktori Iskolát vezette. Haláláig tagja volt a NYME és a Kaposvári Egyetem Doktori Tanácsának.

Számos hazai és külföldi tudományos testületnek volt tagja. Négy ciklusban elnöke volt az MTA Állatnemesítési, Állattenyésztési és Takarmányozási Bizottságának valamint az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság Agrártudományi Szakbizottságának. Öt éven át (1993-97) tagja volt az OTKA Élettudományi Szakkollégiumának. Hat éven át (1990-96) vezette a TMB Állattenyésztési és Állatorvosi Szakbizottságát. Hazai tagja volt az EAAP (European Association for Animal Production) Takarmányozási Szekciójának. A Tejgazdaság és az Acta Agronomica Óváriensis folyóiratok szerkesztőbizottságának tagja, az Állattenyésztés és Takarmányozás szerkesztőbizottságának pedig elnöke volt. A Magyar Takarmánykódex Bizottságnak közel 10 évig volt elnöke. Több éven át tagja volt az Országos Doktori és Habilitációs Tanácsnak, a Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság Agrártudományi Szakbizottságának, valamint az Országos Állatvédelmi Tanácsnak.

Tudományos munkásságának elismeréseként több alkalommal részesült kitüntetésben:

Újhelyi Emlékérem, 1982.; Wilhelm Kirchner Díj, 1983. (Németország); Darányi Ignác díj, 1998.; Gábor Dénes Díj, 1998.; Kakuk Tibor Díj, 2008; Horn Artúr-díj, 2014. Mosonmagyaróvár városától 2001-ben Pro Urbe díjat kapott. Oktató és tudományos munkáját 2006-ban a Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje kitüntetéssel ismerték el.

Schmidt János professzor úr közel 60 éven át segítette agrármérnök generációk mérnökké válását. Tudjuk, hogy a maga után hagyott úrt soha nem fogjuk tudni pótolni, személyének hiányát mindig érezni fogjuk. Emlékét kegyelettel megőrizzük.

MEGFIGYELÉSEK A KOMPENZÁCIÓS NÖVEKEDÉS TECHNIKAI ALKALMAZHATÓSÁGÁRÓL INTENZÍVEN NEVELT SÜLLŐ IVADÉK (*SANDER LUCIOPERCA* L.) ESETÉBEN

VARJU-KATONA MILÁN – SZILÁGYI GÁBOR – BOKOR ZOLTÁN – URBÁNYI BÉLA –
MÜLLER TAMÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők kompenzációs növekedési vizsgálatot végeztek süllőivadékokkal (78,5 g átlagtömegű, $n=600$). A folyamatosan etetett halak egyenletes növekedési görbét mutattak, míg a kompenzált csoport halainak növekedése a táplálékmgvonások következtében minden második héten visszaesett. A kompenzált csoport takarmányozási heteinek végén azonban lényegesen nagyobb napi növekedési ütemet, illetve specifikus növekedési rátát mutatott azonos takarmány mennyiséggel (testsúly kg 1,5%-a) etetve, mint a folyamatosan etetett kontrollcsoport egyedei. A kísérlet végére a kompenzált csoport átlagos testtömege elmaradt ugyan a folyamatosan etetett csoporttól, de a felhasznált takarmány mennyiségét tekintve kedvezőbb takarmányértékesítést mutatott.

SUMMARY

Varju-Katona, M. – Szilágyi, G. – Bokor, Z. – Urbányi, B. – Müller, T.: OBSERVATIONS OF THE TECHNICAL APPLICABILITY OF COMPENSATIONAL GROWTH IN INTENSIVELY REARED JUVENILE PIKE PERCH (*SANDER LUCIOPERCA* L.)

Compensational growth experiments were carried out with juvenile pike perch (average weight: 78,5 g, $n=600$). The continuously fed group showed a steadily growing growth curve, while the growth of fish from the compensational group decreased every second week, due to the lack of feed intake. Although at the end of the feeding weeks fish from the compensational group showed significantly higher daily weight gain and specific growth rate from the same amount of feed intake (1.5% bodyweight kg), than fish from the continuously fed control group. Although at the end of the experiment, the body mass weights of the compensational group fell behind from the control group, but considering the amount of feed consumption they showed favourable specific feed conversion ratio.

BEVEZETÉS

A halfajok jelentős része ki van téve hosszabb-rövidebb táplálékhiányos időszaknak élete során. A legtöbb nem-ragadozó halfaj a téli hónapok, illetve az ívási időszak alatt csökkenti, sőt akár teljesen be is szünteti táplálékfelvételét, a vándorló halfajok pedig az ívóhelyre történő útjuk során nem táplálkoznak (Varga és Szabó, 2013; Varju és Mézes 2016). A haltenyésztésben mesterséges körülmények közt előidézett táplálékhiányról, úgynevezett táplálékmevonsról beszélhetünk, főleg termék-minőségjavító hatás elérése céljából (Varga és Szabó, 2013) azonban termelési-technikai megfontolásból is használható lehet (kompenzációs növekedés, Varju és Mézes, 2016).

Azt a felgyorsult növekedési időszakot, mikor az egyedek az adott életkor, környezeti feltételek és táplálkozási körülmények alapján kívánt kondíciójukat, egy limitált táplálék-ellátottsági időszak okozta testtömeg-csökkenést követően az éhezés előtti szintre visszaállítják, nagyobb mértékű növekedéssel, mint folyamatosan táplálkozó társaik, kompenzációs növekedésnek hívjuk (Dobson és Holmes, 1984; Hayward és mtsai, 1997; Jobling, 2010). A kompenzációt az egyedek általában rövid idő alatt, hiperfágiás viselkedéssel érik el, azonban lazacnál (*Salmo salar*) hónapokig tartó kompenzációt is leírtak (Nicieza és Metcalfe, 1997).

Kompenzációs növekedést feljegyeztek egyedileg és csoportosan tartott halaknál is, részleges, illetve teljes takarmánymevons okozta növekedés-visszaesést követően (Ali és mtsai, 2003). A megnövekedett ütemű növekedési időszak alatt gyakran nem teljes a kompenzáció, hiszen az éhezett egyedek legtöbbször a hiányzó testtömeget csak részben, ritkán azonban teljes mértékben pótolják, a nem éhezett társaikhoz képest (Dobson és Holmes, 1984; Russell és Wootton, 1992; Kim és Tovel, 1995). Az a jelenség is előfordulhat azonban, hogy a kompenzált egyedek nagyobbak lesznek, mint a kontroll társaik, melyet túlkompenzációnak neveznek, ahogy az az 1. ábrán is látható (Hayward és mtsai, 1997).

Kompenzációs növekedést már több halfaj esetében leírtak, azonban a témával foglalkozó tanulmányok főleg hidegvízű halfajokról számolnak be, melegvíz-igényes halfajokkal jelentősen kevesebb vizsgálati eredmény található (Schwarz és mtsai, 1985; Kim és Tovel, 1995; Hayward és mtsai, 1997; Ali és mtsai, 2003; Rosauer és mtsai, 2009). A kompenzációs növekedésben rejlő lehetőség, gazdasági jelentősége miatt, az akvakultúrában is hasznosítható lehet. Megfelelően alkalmazva jobb takarmányértékesítést, nagyobb súlygyarapodást, továbbá költségmegtakarítást is el lehet érni (Quinton és Blake, 1990; Jobling, 1994; Hayward és mtsai, 1997; Rosauer és mtsai, 2009).

Célkitűzésünk volt, más fajokban sikeresen alkalmazott kompenzációs növekedésben rejlő lehetőségek feltárása intenzíven nevelt ivadék süllő esetében. A süllő (*Sander lucioperca*) az egyik legértékesebb édesvízi halfaj Európában. Intenzív körülmények közötti, száraz táppal történő nevelésének kidolgozása és fejlesztése jelenleg is tart (Kestemont és mtsai, 2015).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet a Győri 'Előre' Halászati Termelő Szövetkezet kisbajcsi telepén végeztük. A kísérlet kezdetén a 6 hónapos, véletlenszerűen kiválogatott süllő nevelteket

(átlag kiinduló testtömeg $78,7 \pm 0,7$ g/egyed) 200 literes, 150 cm vízmagasságú körmedencékbe telepítettük be ($n = 6 \times 100$, telepítési sűrűség = $39,35$ kg/m³). A kísérleti medencék (óriás Zuger) hengerpalást fala átlátszó volt, a vízutánpótlást felülről csobogtatva juttattuk a medencébe (vízátfolyás sebessége: 10 liter/perc, nevelési vízhőmérséklet: $20 \pm 1^\circ\text{C}$ -os, oldott oxigéntartalom: 8 ± 1 mg/l), ezzel cirkuláltatva a medence vizét. Erre a keringő vízre ráálltak a halak, folyamatosan úszva a vízszinttel szemben. A medence alján szűrő akadályozta meg a halak szökését, mely egy állítható keretre lett ragasztva. Ez alatt lehetett zagymentesíteni a medencéket. A halcsoport mérése vízzel tárazott, fedéllel rendelkező edényben 10 egyedenként történt, kábítás nélkül, a tartásnál alkalmazott fényviszonyok mellett (80 Lux, piros fény), állatjóléti megfontolásokból, a stresszhatások minimalizálása érdekében.

A mérést követően a halak össztömege alapján határoztuk meg a következő heti takarmányadagot is. Az etetett halcsoportok 1,5%/testtömeg kg takarmányt (Biomar Efico Sigma 3 mm, Biomar Group, Aarhus, Dánia, összetétel: 54% nyersfehérje, 18% nyerszsír, 12% nitrogénmentes kivonható anyag, 1% nyersrost, 8% nyershamu és 1,4% összesfoszfor-tartalom) kaptak a kísérlet ideje alatt. A takarmányt a medencékbe óraszerkezetes, szalagos önetetővel (Fiap, 5 kg-os, 24 órás működési idejű, Fiap GmbH, Ursensollen, Németország) juttattuk be. A vizsgálat során felhasznált süllyedő takarmány pazarlásának visszamérésére a halak zavarása nélkül nem volt mód, mennyiségét maximum 5%-ra becsüljük.

Az etetéses és éhezteses időszakok heti fordulónapjának a hétfőt neveztük meg. A takarmánytól megvont hetet követő súlymérés után hétfő délután a halcsoportok már kaptak táplálékot. Az etetési és az éheztesési időszakok 7 naposak voltak, a vizsgálat pedig 6 hétig tartott. A kompenzációs csoport halai a medencékbe kerülésüket követő első héten nem kaptak, a második héten pedig már kaptak takarmányt, minden második héten ismételve ezt a protokollt.

A süllyők növekedésével kapcsolatban specifikus növekedési rátát (SGR) és takarmány-hasznosítási értéket (FCR) számoltunk:

A specifikus növekedési ráta (SGR) kiértékelése a következő képlet szerint történt:

$$\text{SGR, \% / nap} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

Ahol a t : az adott számítási időtartama napokban kifejezve (hetenkénti (2. ábra), és a kísérlet időtartama alatt; 49 nap (1. táblázat); a W_0 : a kiindulási tömeg (g); a W_t : a befejező tömeg (g).

A takarmányhasznosítási érték (FCR) kiszámolása a következő képlet szerint történt:

$\text{FCR, g/g} = F / (W_t - W_0)$ Ahol F : a kísérlet során (6 hét) elfogyasztott takarmány mennyisége (g); W_t : a halak tömege a kísérlet befejezésekor (g); W_0 : a halak tömege a kísérlet kezdetekor (g).

Az eredmények statisztikai vizsgálatát SPSS v22 statisztikai szoftvercsomagokkal végeztük.

EREDMÉNYEK

A folyamatosan etetett csoport össztömege egyenletes, egyre gyorsuló növekedési görbe mentén futott, míg a kompenzált csoport halainak súlygyarapo-

dása a táplálékmegvonások miatt minden második héten visszaesett (2. ábra). A kompenzált csoport a takarmányozási hét végén lényegesen nagyobb napi súlygyarapodást és specifikus növekedési rátát mutatott testtömeg arányosan ugyanakkora takarmányadag mellett, mint a folyamatosan etetett kontrollcsoport. A második héten a kompenzált csoport növekedési átlaga meghaladta a folyamatosan etetett csoport testtömegét ($p < 0,05$), ezt követően az etetési hetekben csak megközelíteni tudta a folyamatosan etetett csoport értékeit.

MEGBESZÉLÉS

Figyelembe véve az FCR és SGR értékeket (1. táblázat), valamint a pazarlás tényét, a kontrollcsoportban a halak súlygyarapodása nem volt korlátozott. A kompenzált csoport egyedei kedvezőbb takarmányértékesítés mellett (FCR=0,86 g/g), kisebb specifikus növekedési erélyt mutattak (SGR=0,79%/nap). Az elért súlygyarapodás azonban számottevően nem különbözött a szakirodalomban leírt, közel azonos nagyságú süllőkkel végzett más takarmányozási vizsgálatok adataitól.

Zakes és mtsai (2013) 74 g-os kezdőtömegű süllőkkel különböző szemcse nagyságú tápok etetését vizsgálták a növekedésükre 27 napon keresztül, amikor is a kísérlet

1. táblázat

A kompenzációs növekedési vizsgálat eredményei növendék süllőnél

	Kontrollcsoport (1)	Kompenzált csoport (2)
Kiinduló átlag testtömeg (g) (3)	78,27±0,59	78,63±0,82
Befejező átlag testtömeg (g) (4)	119,80±1,90 ^a	109,64±1,15 ^b
Takarmányhasznosítási érték (FCR) (g/g, egész periódusra) (5)	1,42±0,02 ^a	0,86±0,04 ^b
Specifikus növekedési ráta (SGR) (%/nap egész periódusra) (6)	1,01±0,02 ^a	0,79±0,02 ^b
Napi összes növekedés (g/nap) (7)	98,88±2,00 ^a	73,82±2,28 ^b
Kiinduló össztömeg (g) (8)	7827	7863
Záró össztömeg (g) (9)	11980	10964
Összes súlygyarapodás (g) (10)	4153	3050
Összes takarmány-felhasználás 6 hét alatt (g) (11)	5882	2672
Összes takarmány-felhasználás 6 hét alatt (HUF) (12)	3824	1737
Összes bevétel 6 hét alatt (HUF) (13)	12459	9150

Eltérő betűjelzés (a, b) azonos sorban szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) jelent a kontroll és a kompenzált csoportok között egytényezős varianciaanalízis Tukey féle post-hoc teszttel (14)

Table 1. Results of the compensational growth observations in juvenile pike perch

control group (1); compensation group (2); starting average weight (3); finishing average weight (4); FCR (g/g whole period) (5); SGR (g/g whole period) (6); daily growth (g/day) (7); starting total weight (8); finishing total weight (9); total weight gain (10); total feed consumption (g/6 week) (11); total feed consumption (HUF/6 week) (12); total income under 6 weeks (13); different letters (a, b) in the same row mean significant difference ($p < 0.05$) between the control and compensated groups with one-way analysis of variance Tukey's post-hoc t-test (14)

2. táblázat

A vizsgálat végén kimutatható ökonomiai különbségek növendék süllő esetében

	Takarmány-hasznosítás (g/g) (1)	Gyarapodás (%) (2)	Felhasznált takarmány 6 hét alatt (HUF) (3)	Összes bevétel 6 hét alatt (HUF) (4)
Kontrollcsoport (5)	1,42	+ 34,67	3824	12459
Kompenzációs csoport (6)	0,86	+ 27,82	1737	9150

Table 2. Economical differences detected at the end of the test in juvenile pike perch

feed conversion (1); growth (2); consumed feed under 6 weeks (3); total income under 6 weeks (4); control group (5); compensation group (6)

1. ábra Különböző kompenzációs növekedési szintek Jobling nyomán (1994)

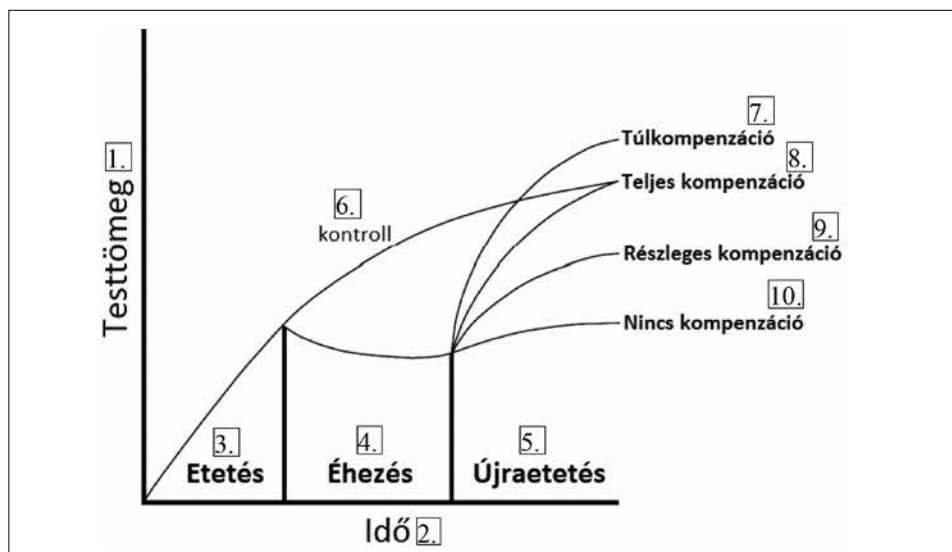


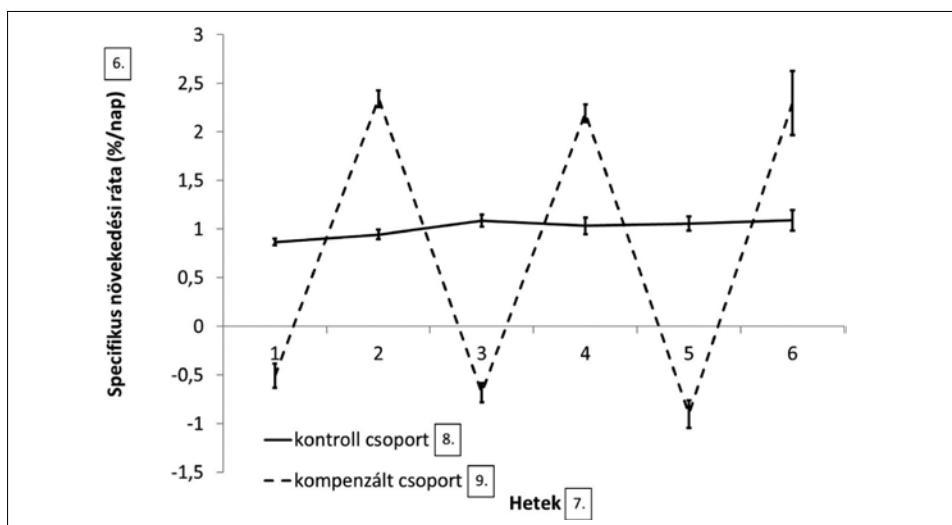
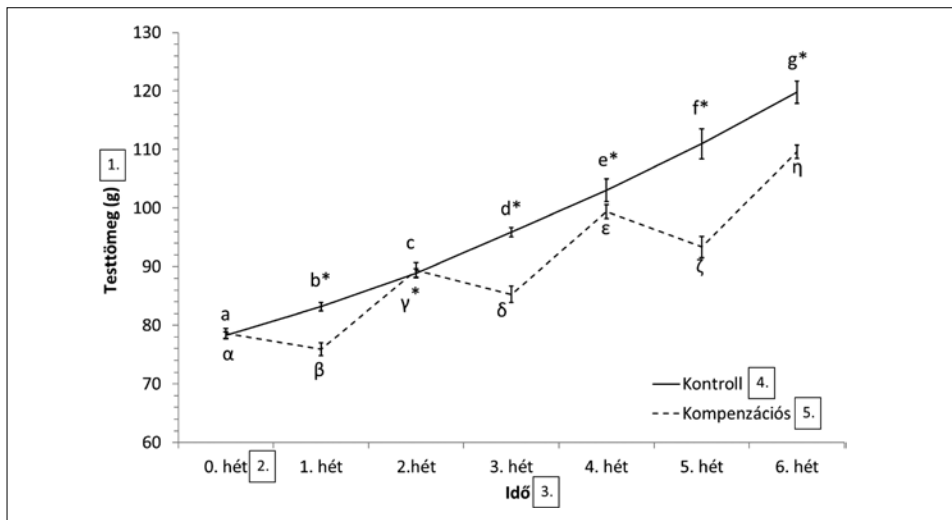
Figure 1. Different compensation growth levels by Jobling (1994)

body weight (1); time (2); feeding (3); starvation (4); refeeding (5); control (6); over compensation (7); full compensation (8); partial compensation (9); no compensation (10)

végére a legjobb növekedésű csoport esetében 0,75 (%/nap) SGR és 1,5 g/g FCR értéket mértek. *Kowalska és mtsai* (2012) 70 g-os kiindulási testtömegnél 56 napos nevelés végén különböző arányú lenmagolaj- és napraforgóolaj-kiegészítésű keveréktakarmányok etetésével 0,76-0,84 (%/nap) SGR értéket mértek, esetükben az FCR 0,94-1,02 g/g volt.

A kompenzáció megfelelő kihasználása gazdasági előnyökhöz is vezethet, hiszen a halnevelés teljes ideje alatti fő költségek, a munkaerő mellett a takarmány. Kisebb takarmány-felhasználással gazdaságosabbá tehető a termelés. *Craig és mtsai* (2017) kihangsúlyozzák, hogy az akvakultúrában a neveléshez használt takarmány mennyisége és annak ára erősen meghatározó, hiszen azok a változó költségek 50 %-át teszik ki.

2. ábra A kompenzációs és kontroll növedék süllőcsoportok növekedése (fent) és specifikus növekedési rátája a vizsgálat ideje alatt (lent)



A különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek az idő függvényében (egytényezős varianciaanalízis Tukey féle post-hoc teszt, $p < 0,05$) a kísérleti csoportokon belül, a csillagok pedig statisztikailag igazolható különbséget jelölnek (kétmintás t próba, $p < 0,05$) az egyes csoportok között azonos időpontban vizsgálva

Figure 2. The growth (above) and the specific growth rate of compensational and control juvenile pike perch groups under the observation period (below)

body weight (1); week (2); time (3); control group (4); compensation group (5); specific growth rate (6); weeks (7); control group (8); compensation group (9); letters indicate values that are significantly different (one-way analysis of variance Tukey's post-hoc test, $p < 0,05$) within the experimental groups, stars (*) indicate values that are significantly different between the experimental groups (two-sample t-test, $p < 0,05$)

A vizsgálat teljes idejére vetítve a halcsoportok takarmányhasznosításában jelentős különbség mutatkozott, 61%-kal nagyobb volt a kompenzációs csoportban a halak növekedése, a folyamatosan etetett halakéhoz képest.

Kísérletünkben a gyarapodáshoz felhasznált takarmány ára a hagyományosan etetett halcsoportnál a vizsgálat 6 hete alatt megtermelt halhús árának 30,69 %-át tette ki, a kompenzációs halcsoportban ez az arány csak 18,68 % volt. A számításokhoz az élő halak eladási árának - a gyakorlati tapasztalatok alapján - 3000 forintot határoztunk meg, továbbá gazdaságunk a süllőnek gyártott takarmányt 2,05 Euróért vásárolja, a számításokhoz 650 forintra számoltunk (2. táblázat).

Érdeemes még megemlíteni, hogy azokon a napokon, amikor a halak „koplaltak”, az ezekkel a halcsoportokkal történő munkavégzés mértéke is mérséklődött. A medencék vize ez idő alatt tisztult, vízminősége javult, továbbá szervesanyagterhelése is csökkent. A medencéket ezeken a napokon nem kellett takarítani, ami kevesebb napi munkát jelentett.

A biztató kezdeti eredményekből következően, több korcsoportban is érdemes lenne megismételni a kísérletet. A fiatalabb egyedekkel, erőteljesebb növekedésük miatt kedvezőbb eredmények lennének elérhetőek, melyek mérhető gazdasági haszonnal is társulnak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérletet az EUROSARS - “A süllőszaporítás optimalizálása” című (Ei9390 TRANSANDER és NEMZ_15-1-2016-0016) projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ali, M. - Nicieza, A. - Wootton, R. J. (2003): Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish Fish.*, 4. 147-190.
- Craig, S. - Helfrich, L. A. - Kuhn, D. - Schwarz, M. H. (2017): Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University, Publication 420-256.
- Dobson, S. H. - Holmes, R. M. (1984): Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 25. 649-656.
- Hayward, R. S. - Noltie, D. B. - Wang, N. (1997): Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 126. 316-322.
- Jobling, M. (1994): *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London.
- Jobling, M. (2010): Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin? *Aquac. Int.*, 18. 501-510.
- Kestemont, P. - Dabrowski, K. - Summerfelt, R. C. (Eds.). (2015): *Biology and culture of percid fishes: principles and practices*. Springer.
- Kim, M. K. - Taveli, R. T. (1995): Effect of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, 135. 285-293.
- Kowalska, A. - Zakęs, Z. - Siwicki, A. K. - Jankowska, B. - Jarmolowicz, S. - Demska-Zakęs, K. (2012): Impact of diets with different proportions of linseed and sunflower oils on the growth, liver histology, immunological and chemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Fish Physiol. Biochem.*, 38. 375-388.
- Nicieza, A. G. - Metcalfe, N. B. (1997): Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78. 2385-2400.

- Quinton, J. C. - Blake, R. W. (1990): The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J. Fish Biol., 37. 33-41.
- Rosauer, D. R. - Morris, J. E. - Clayton, R. D. (2009): Role of compensatory growth in walleye fingerling production. N. Am. J. Aquacult., 71. 35-38.
- Russell, N. R. - Wootton, R. J. (1992): Appetite and growth compensation in the European minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) following short periods of food restriction. Environ. Biol. Fish., 34. 277-285.
- Schwarz, F. J. - Plank, J. - Kirchgessner, M. (1985): Effects of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance parameters of carp (*Cyprinus carpio* F.). Aquaculture, 48. 23-33.
- Varga, D. - Szabó, A. (2013): A táplálék megvonásának élettani hatásai halakban. Irodalmi áttekintés. Acta Agr. Kap., 17. 28-34.
- Varju, M. - Mézes, M (2016): Éhezés hatására bekövetkező élettani folyamatok halakban. Irodalmi áttekintés. Állattenyésztés és Takarmányozás, 65. 23-39.
- Zakęś, Z. - Hopko, M. - Kowalska, A. - Partyka, K. - Stawecki, K. (2013): Impact of feeding pikeperch *Sander lucioperca* (L.) feeds of different particle size on the results of the initial on-growing phase in recirculation systems. Arch. Pol. Fish., 21. 3-9.

Érkezett: 2020. január

A szerzők címe: Varju-Katona M. – Szilágyi G.
Győri „Előre” Halászati Termelősövetkezet
Authors' address: Győri „Előre” Fisheries co-operative
H-9062 Kisbajcs, Arany János u. 22.

Bokor Z. – Urbányi B. – Müller T.
Szent István Egyetem, Gödöllői Campus
Természeti Erőforrások Megőrzése Intézet, Halgazdálkodási tanszék
Szent István University, Gödöllő Campus
Institute of Conservation of Natural Resources, Department of Aquaculture
H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.
muller.tamas@szie.hu

A FOLYÉKONY GLICERINKIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A SZOPTATÓ KOCÁK TELJESÍTMÉNYÉRE, VALAMINT A KOCATEJ MENNYISÉGI ÉS MINŐSÉGI PARAMÉTEREIRE¹

VIDA ORSOLYA - EGRI BORISZ - TÓTH TAMÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

A biodízelgyártás melléktermékeként keletkező glicerín jó lehetőségként szolgál a nagy teljesítményre hivatott, mai modern genotípusú kocák takarmányozása során a laktáció alatt jelentkező negatív energiamérleg mérséklésére. A vizsgálatban 5% folyékony „feed grade” (glicerintartalom: kb. 85%) glicerinkiegészítés hatását értékelték a szoptató kocák (dán nagyfehér×dán lapály; 323±17 kg; n=12/kezelés) teljesítményére, tejtermelésére, a tej táplálóanyag-tartalmára (szárazanyag, fehérje, laktóz, zsír) és zsírsav-összetételére. A glicerín adagolása nem befolyásolta a szoptató kocák súlyát valamint takarmány-felvételét. A glicerinkiegészítés a laktáció 21. napján növelte a tej mennyiségét (kontroll (K): 8,94±2,27 kg/nap vs. 5% glicerín (G): 10,39±1,56 kg/nap; p<0,05), a teljes szoptatási időszakra vonatkozó összes tejtermelésre ugyanakkor nem volt hatással (p>0,05). A kontrollcsoportban nagyobb volt a tej fehérjetartalma a 14. és a 21. napon vett mintában, valamint a teljes laktáció alatt (K: 5,33±0,40 g/100 g tej vs. G: 5,15±0,33 g/100 g tej; p<0,05). A glicerín etetésekor nem változott a tej szárazanyag-, zsír- illetve laktóztartalma. A glicerinkiegészítés hatására a tejben a telített zsírsavak (SFA) aránya csökkent (K: 43,47±3,37 g/100 g zsírsav vs. G: 39,39±4,51 g/100 g zsírsav; p<0,05). A telített zsírsavakon belül a mirisztinsav és a palmitinsav aránya szignifikánsan csökkent a kontrollcsoporthoz képest (p<0,05). Nem találtak szignifikáns eltérést az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) valamint a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) %-os mennyiségében. 5% glicerinkiegészítés hatására nagyobb volt a tejben a többszörösen telítetlen n-3 zsírsavak részaránya (K: 0,63±0,06 vs. G: 0,68±0,05; p<0,05). Az eredmények alapján megállapítható, hogy szoptató kocákkal teljesítményromlás nélkül etethető 5%-ban a „feed grade” minőségű folyékony glicerín.

SUMMARY

Vida, O. - Egri, B. - Tóth, T.: EFFECT OF LIQUID GLYCEROL SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE, MILK YIELD AND MILK COMPOSITION OF LACTATING SOWS

The glycerol, byproduct of the biodiesel industry, is considered to be a good alternative to moderate the energy deficiency in the feed of modern lactating sows with high prolificacy. The aim of the study was to evaluate the effect of a liquid “feed grade” glycerol source on the performance, milk yield, milk composition (dry matter, protein, lactose, fat, fatty acid profile) of lactating sows (Danish Landrace×Danish Yorkshire; 323±17 kg; n=12/treatment). 5% glycerol had no effect on feed intake and live weight of lactating sows. Glycerol supplementation increased the milk yield on d21 of lactation [control (C): 8.94±2.27 kg/d vs. 5% glycerol (G): 10.39±1.56 kg/d; P<0.05], but had no effect on the milk production of the total lactation period (p>0.05). Glycerol inclusion decreased the milk protein content on d14 and d21 and had a decreasing effect on the milk protein (CP) content in the total lactation period, either (C: 5.33±0.40 g/100 g milk vs. G: 5.15±0.33 g/100 g milk p<0.05). Glycerol supplementation did not influence the dry matter (DM), fat and lactose content of the sows’ milk. Due to the 5% glycerol supplementation, the ratio of total saturated fatty acids (SFAs) of the milk fat decreased (C: 43.47±3.37 g/100 g fatty acid vs. G: 39.39±4.51 g/100 g fatty acid; p<0.05). In the SFAs group, the ratio of miristic acid and palmitic acid decreased significantly compared with the control group (p<0.05). In contrast, there was no difference in total proportion of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The glycerol inclusion increased the total n-3 PUFAs proportion in the milk (C: 0.63±0.06 vs. G: 0.68±0.05; p<0.05). Experimental results have shown that 5% “feed grade” glycerol can be fed with lactating sows without any negative effect on the performance.

¹ Jelen cikk rövidített kivonata a *Livestock Science* 2019. 230. számában megjelent dolgozatnak (Vida et al.: The effect of dietary glycerol supplementation on milk production and composition, blood parameters and performance of lactating sows. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.1038591>)

BEVEZETÉS

A nagy teljesítményre hivatott, mai modern genotípusú kocák reprodukciós teljesítményének növekedésével párhuzamosan jelentősen nőtt a vemhesség és szoptatás alatti táplálóanyag-igény is. Habár a laktáció a koca reprodukciós ciklusának csak 15-20%-át teszi ki, anyagcsere szempontjából ez a legintenzívebb és leginkább energiaigényes szakasz. A szoptató kocák tejtermelésre fordítják összes energiaigényük 60-80%-át, a napi tejtermelés elérheti a laktáció csúcán, a szoptatott malacok számának függvényében, a 11-12 kg-ot. A termelt tej mennyisége párhuzamosan nő a malacszám növekedésével, melyet a kocák zsír- és fehérjeraktárai fokozott mobilizálásával állítanak elő (Tokach, 2019). A szoptatás időszakát a katabolikus folyamatok túlsúlya, és gyakran negatív energiamérleg jellemzi. A koca saját zsírtartalékait bontja (Pettigrew és Moser, 1991), ez pedig súlyvesztéssel valamint a hátszalonna-vastagság csökkenésével jár, ami negatívan befolyásolja a további reprodukciós teljesítményt.

A biodizelgyártás melléktermékeként keletkező glicerint jó alternatívát jelenthet az említett energiahányos állapot mérséklésére. A takarmányok energia- illetve glicerinkiegészítése ma már számos termékkel megvalósítható. Megjelentek a szilárd hordozóra vitt glicerinforrások is, amivel technológiailag könnyebb bedolgozhatóság és homogénebb eloszlás érhető el. A gyakorlatban jelenleg döntően a jó minőségű, min. 85% glicerintartalmú „feed grade” folyékony glicerint alkalmazzák. A glicerinnel, könnyen hasznosuló energiaforrásként, gabonamagvat helyettesítenek a sertéstakarmányozás gyakorlatában. A glicerint választott malacok takarmányában legtöbbször 5-10%-ban alkalmazzák (Groesbeck és mtsai, 2008; Lammers és mtsai, 2008; Zijlstra és mtsai, 2009; Seneviratne és mtsai, 2011; Shields és mtsai, 2011). A sertéshízlásban maximum 10%-ban használható fel a teljesítményre, egyes élettani paraméterekre és húsmínőségre gyakorolt negatív hatás nélkül (Hansen és mtsai, 2009; Kovács, 2010; Madrid és mtsai, 2013; Duttlinger és mtsai, 2012). Kevésbé intenzíven kutatott terület a glicerint kocák takarmányozásában való alkalmazása. A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint felhasználását 6-9%-ban javasolják (Schieck és mtsai, 2010; Hernández és mtsai, 2015). A glicerinkiegészítés kocák tejtermelésére, a tej összetételére valamint az egyes zsírsavak arányára gyakorolt hatásáról meglehetősen hiányosak információink.

Vizsgálatunk során elsődleges célunk az volt, hogy a kereskedelmi forgalomban is kapható folyékony „feed grade” glicerint hatását értékeljük a szoptató kocák teljesítményére, a termelt tej mennyiségére és a tej minőségi paramétereire.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat során alkalmazott kísérleti protokoll megfelel a kísérleti és egyéb tudományos célokra felhasznált állatok védelméről szóló európai uniós előírásoknak (2010/63/EU irányelv).

Kísérleti állatok és elhelyezésük

A kísérletet a Kaposvári Egyetem, Termékfejlesztési és Nyomonkövetési Kutatóközpontjában állítottuk be. A vizsgálatot az országos Állatkísérleti Tudományos Etikai

Tanács hagyta jóvá (engedélyszám: SOI/31/446-6/2014). Kutatásainkat összesen 24 kocával (dán nagyfehér×dán lapály; DanBred Genetics, Dánia, Koppenhága) végeztük. A kocák indulósúlya a kísérlet kezdetén 323 ± 17 kg volt. A kocákat a fiaztatóba a vemhesség 106. napján hajtottuk fel, ahol véletlen blokkelrendezést alkalmaztunk a kontroll és a kísérleti egyedek esetében ($n=12/\text{kezelés}$). A szoptatás ideje alatt a kocákat külön, a tejtermelés mérésére kialakított kutricákban ($2,4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$) helyeztük el. Minden kutricához speciális, a malacok lerekesztésére alkalmas box tartozott ($1,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$). A kocák az ivóvizet *ad libitum* kapták.

Kísérleti takarmányok

A kontroll és a glicerint tartalmazó kísérleti takarmányokban a fő alapanyag búza, árpa, kukorica, illetve extrahált szójadara volt (1. táblázat). A kísérlet során alkalmazott „feed grade” glicerint 86,95% glicerint és 0,02% metanolt tartalmazott. A takarmányokat az NRC (2012) és a tenyésztőszervezet által meghatározott aktuális ajánlásoknak (Danish Pig Research Centre, 2017) megfelelően, standardizált ileálisan emészthető aminosavtartalomra (SID) és metabolizálható energiatartalomra (ME) formulázva állítottuk össze. A kísérleti takarmányban a „feed grade” glicerinnel 5% kukoricát helyettesítettünk, és a folyékony glicerint a receptúrában szereplő kukoricadarával kevertük össze.

A kocák fejadagja a vemhesség 106. napjától a fialásig $3,5 \text{ kg}/\text{nap}$ volt. Fialást követően a takarmány mennyiségeket a laktáció 5. napjáig fokozatosan emeltük, az 5-28. nap között az adagolt etetést *ad libitum* takarmányozás váltotta fel.

Adatgyűjtés, mintavétel

A fialás dátumát, az alomméretet és a holtellések számát feljegyeztük. A fialást követő 48 órában elvégeztük a szükséges dajksításokat, az alomméretet kocánként 12 malacra egalizáltuk. Az almokat fialáskor, dajksítást követően és választáskor is mértük. A malacokat átlagosan $28,4 \pm 1,1$ életkorban választottuk. A kocákat a vemhesség 106. és a laktáció 28. napján egyedileg lemértük.

A tejtermelést a „weigh-suckling-weigh” módszer alapján a laktáció 14., 21. és 28. napján értékeltük (Renaudeau és Noblet, 2001). Ezen mérések alkalmával 12 szoptatás adatait rögzítettük a szoptatások közötti 65 perces intervallumokkal. A méréseket megelőzően a malacokat bélsár- és vizeletürítésre ösztönöztük (Noblet és Etienne, 1986). A napi tejleadás meghatározásánál 12 mérésből az utolsó nyolcat értékeltük, az első négyet előszakaszként vettük számításba.

A tejtermelés-méréseket követően 65 perc elteltével a kocáknak 10 IU oxitocint (Oxytocine NCP, Kela) adagoltunk, majd kézi fejéssel tejmintákat ($150 \text{ ml}/\text{koca}$) vettünk.

A takarmányokból gyártási tételenként vettünk mintát.

Laboratóriumi vizsgálatok

A tápok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és nyershamutartalmát az AOAC (2006) ajánlásainak megfelelően határoztuk meg. A takarmányreceptúrák

1. táblázat

A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma

Összetétel (%) (1)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
Búza (4)	37,5	37,5
Árpa (5)	18,5	18,5
Extrahált szójadara (6)	11,9	11,9
Kukorica (7)	10,0	5,0
Extrahált napraforgódara (8)	5,3	5,3
Búzakorpa (9)	5,0	5,0
Szártott répaszelet (10)	3,0	3,0
Takarmányzsír (11)	2,8	2,8
Extrahált repcedara (12)	2,0	2,0
Glicerín ¹ (13)	-	5,0
Szoptató koca premix ² (14)	4,0	4,0
Táplálóanyag-tartalom (%) (15)		
Szárazanyag ³ (16)	89,43	90,39
Nyersfehérje ³ (17)	15,78	15,83
Nyerszsír ³ (18)	4,50	4,52
Nyersrost ³ (19)	5,63	5,50
Nyershamu ³ (20)	5,80	5,68
Összes Ca ⁴ (21)	1,01	0,96
Összes P ⁴ (22)	0,63	0,62
Na ⁴ (23)	0,21	0,23
SID ⁵ Lizin ⁴ (24)	0,85	0,85
SID ⁵ Metionin + Cisztin ⁴ (25)	0,54	0,54
SID ⁵ Treonin ⁴ (26)	0,52	0,52
SID ⁵ Triptofán ⁴ (27)	0,17	0,17
DE _s ⁴ (MJ/kg) (28)	13,96	13,95
ME _s ⁴ (MJ/kg) (29)	13,34	13,31

¹86,95% glicerín, 9,22% nedvesség, 0,02% metanol, 1,26% nátrium, 1,86% klorid

²1 kg takarmányban 12 000 NE A-vitamin; 2500 NE D₃-vitamin; 175 mg E-vitamin; 4,1 mg K-vitamin; 2,7 mg B₁-vitamin; 8 mg B₂-vitamin; 40 mg B₃-vitamin; 18,6 mg B₅-vitamin; 5,3 mg B₆-vitamin; 4,3 mg folsav; 0,04 mg B₁₂-vitamin; 0,7 mg jód; 0,4 mg szelén; 150 mg kolin; 120 mg Zn; 90 mg Fe; 50 mg Mn; 20 mg Cu

³Vizsgált táplálóanyag-tartalom (30)

⁴Számított érték (31)

⁵Standardizált ileális emészthetőség (32)

Table 1. Composition and calculated or analyzed nutrient content of experimental diets

composition (1); control diet (2); experimental diet (3); wheat (4); barley (5); extracted soybean meal (6); corn (7); extracted sunflower meal (8); wheat bran (9); dried sugar beet pulp (10); fat (11); extracted rapeseed meal (12); „feed grade” glycerol (13); lactating sow vitamin and mineral premix 4% (14) nutrient content (15); dry matter (16); crude protein (17); ether extract (18), crude fiber (19); ash (20); total calcium (21); total phosphorus (22); sodium (23); standardised ileal digestible lysine (24); standardised ileal digestible methionine+cysteine (25); standardised ileal digestible threonine (26); standardised ileal digestible tryptophan (27); digestible energy for swine (28); metabolizable energy for swine (29); analysed nutrient content (30); calculated nutrient value (31); standardised ileal digestibility, SID (32)

összeállítása előtt értékeltük a vizsgálat során használt glicerinforrás glicerin- és metanoltartalmát (Biotronik 2000, Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország).

A tejminták szárazanyag, fehérje-, zsír-, és laktóztartalmát, illetve a tejszír zsírsavösszetételét az AOAC (2006) módszerei szerint végeztük.

Statisztikai értékelés

A kocák teljesítményparamétereire, a tej zsírsav-összetételére vonatkozó adatokat Kolmogorov-Smirnov teszttel, Levene-teszttel és kétmintás t-próbával (SPSS, IBM, Armonk, NY) vizsgáltuk. A tej mennyiségére és a táplálóanyag-tartalomra vonatkozó adatokat GLM modellel értékeltük. A statisztikai modellel takarmány, laktációs nap és takarmány×laktációs nap interakciót is vizsgáltunk. Az adatok megbízhatóságát Bonferroni Post Hoc teszttel ellenőriztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A szoptató kocák teljesítménye

A szoptató kocák teljesítményére vonatkozó adatokat a 2. táblázat foglalja össze. Kísérletünkben a glicerin adagolása nem befolyásolta a szoptató kocák takarmány-felvételét. Ez megegyezik számos más szerző malacokkal illetve hízósertésekkel végzett kísérleteinek eredményével. *Madrid és mtsai* (2013) szerint „feed grade” glicerint (glicerin: 87,42%, metanol: 0,05%) 2,5 illetve 5,0%-ban alkalmazva nem változott a hízósertések (240 nagyfehér×lapály ártány; induló súly 30 ± 1 kg) takarmányfelvétele valamint napi súlygyarapodása. *Hansen és mtsai* (2009), *Kovács* (2010) valamint *Duttlinger és mtsai* (2015) eredményei szerint a glicerintartalom 15%-ig történő emelésének nincs hatása a malacok és a hízósertések takarmányfelvételére. Ezzel szemben *Schieck és mtsai* (2010) 345 vegyes ciklusösszetételű szoptató kocával (English Belle, GAP Genetics, Winnipeg, Manitoba, Kanada) 253 ± 24 kg elősúlyban beállított vizsgálatok során megállapították, hogy 6% glicerinkiegészítés (glicerin: 86,1%, metanol: <0,01%) csökkentette a napi takarmányfelvételt összehasonlítva a 3% glicerinkiegészítést fogyasztó csoporttal (6,21 kg/nap vs. 5,69 kg/nap; $p < 0,05$). *Hernández és mtsai* (2015) is hasonló tendenciáról számolnak be nagyfehér×lapály kocákkal ($n=23$ /kezelés) végzett vizsgálatokban. Megállapították, hogy a vemhesség és szoptatás ideje alatt 3 és 6% glicerin (glicerintartalom: 87,42%; metanoltartalom: 0,05%) etetésekor csökkent a takarmányfelvétel (3,7 kg szárazanyag/nap és 3,9 kg szárazanyag/nap) a kontrollcsoporthoz viszonyítva (4,2 kg szárazanyag/nap).

A kocák szoptatás alatti súlyvesztésében, *Schieck és mtsai* (2010) eredményeihez hasonlóan, nem volt szignifikáns különbség, (kontroll: 67,2 kg, kísérleti: 73,5 kg). *Hernández és mtsai* (2015) ugyanakkor azt találták, hogy 3% glicerin etetésekor a kocák súlycsökkenése szignifikánsan nagyobb volt a laktáció 21. napján a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

2. táblázat

A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére

	Glicerinkiegészítés (%) (1)		SEM (2)	p-érték (3)
	0	5		
Kocalétszám (4)	12	12	-	-
Fialások száma (5)	2,7	2,6	0,115	0,527
Laktáció hossza (nap) (6)	28,5	28,3	0,199	0,685
Takarmányfelvétel (kg/koca/nap) (7)	5,79±0,34	5,70±0,39	0,291	0,378
Induló súly (kg) (8)	319,7±16,5	326,0±17,7	3,483	0,375
Záró súly (kg) (9)	252,5±25,9	252,5±20,8	4,692	1,000
Súlycsökkenés (kg) (10)	67,2±25,7	73,5±17,8	4,467	0,491

Table 2. Effect of glycerol supplementation on performance parameters of lactating sow

glycerol inclusion (%) (1); standard error of mean (2); p value (3); number of sows (4); parity (5); lactation period, day (6) average daily feed intake (kg/sow/day) (7); initial body weight (8); final body weight (9); body weight loss (10)

A kocák tejtermelése, illetve a tej összetétele

A glicerinkiegészítés a laktáció 21. napján növelte a tej mennyiségét (kontroll (K): 8,94±2,27 kg/nap vs. 5% glicerín (G): 10,39±1,56 kg/nap; p<0,05), a teljes szoptatási időszakra vonatkozó összes tejtermelésre ugyanakkor nem volt hatással (3. táblázat). Ezt az eredményünket a vonatkozó szakirodalmi adatok hiánya miatt, más kutatók adataival nem tudjuk összehasonlítani.

A tej szárazanyag-tartalmát nem befolyásolta a glicerinkiegészítés, illetve a laktációs nap. Néhány szerző arról számol be, hogy a takarmányban felhasznált energiaforrásnak hatása van a tej szárazanyag-tartalmára (White és mtsai, 1984; Van den Brand és mtsai, 2000). Coffey és mtsai (1982), illetve Theil és mtsai (2004) szerint ugyanakkor a felhasznált energiaforrás (pl. kukoricakeményítő, állati zsír) nem befolyásolja a tej szárazanyag-tartalmát. Ezzel szemben Schieck és mtsai (2010) a takarmány glicerintartalmát 6,8%-ra emelve nagyobb szárazanyag-tartalmat talált a tejben a laktáció 18. napján.

A kocában, hasonlóan más állatfajokhoz, takarmányozás útján leginkább a kolosztrum vagy a tej zsírtartalma befolyásolható (Hurley, 2015). A tej zsírtartalmát döntően két tényező módosíthatja: az energiefelvétel (Noblet és Etienne, 1986) és a felhasznált energiaforrás (Coffey és mtsai, 1982; Van den Brand és mtsai, 2000). Néhány szerző arról számol be, hogy a tej zsírtartalma zsírkiegészítés hatására emelkedik (Pettigrew, 1981; Boyd és mtsai, 1982; Shurson és mtsai, 1986; Shurson és Irvin, 1992). Mások arra a megállapításra jutottak, hogy a vemhesség utolsó szakaszában és a laktáció alatt a zsírkiegészítésnek nincs hatása a kocatej zsírtartalmára (Miller és mtsai, 1971; Seerley és mtsai, 1981; Jackson és mtsai, 1995; Tilton és mtsai, 1999; Lauridsen és Danielsen, 2004; Theil és mtsai, 2004; Farmer és mtsai, 2010; Leonard és mtsai, 2010; De Quelen és mtsai, 2013). Vizsgálati eredményeink az utóbbi irodalmi forrásokat igazolják, a glicerinkiegészítés nem befolyásolta a tej zsírtartalmát. Ezzel szemben Schieck

3. táblázat

A glicerinkiegészítés (5%) hatása a kocák napi tejtermelésére és a tej táplálóanyag-tartalmára

	14. nap (1)			21. nap (2)			28. nap (3)			14-28. nap (4)		
	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM
Glicerín (%) (5)	7,84	8,38 ^{AB}	0,44	8,94 ^b	10,39 ^{aA}	0,41	8,62	7,9 ^B	0,52	8,45	8,98	0,27
Tej mennyisége, kg/nap (6)	19,12	18,73	0,26	18,76	18,73	0,18	18,35	18,00	0,21	18,74	18,49	0,13
Száranyag, g/100 g (7)	7,17	7,09	0,26	7,25	7,60	0,19	6,73	6,62	0,18	7,05	7,10	0,04
Tejzsír, g/100 g (8)	5,12 ^a	5,02 ^b	0,05	5,45 ^a	5,18 ^b	0,06	5,42	5,24	0,10	5,33 ^a	5,15 ^b	0,13
Laktóz, g/100 g (10)	5,05	5,23	0,09	4,67	4,87	0,13	5,09	4,75	0,18	4,94	4,95	0,08

SEM = standard error of mean

a,b: kezelés hatása laktációs napokon belül p<0,05 szinten(11)

A,B: laktációs napok hatása kezeléseken belül p<0,05 szinten (12)

Table 3. The effect of glycerol supplementation on milk yield and milk composition

day 14 (1); day 21 (2); day 28 (3); day 14-28 (4); glycerol inclusion (5); milk yield, kg/day (6); dry matter (7); milk fat (8); milk protein (9); lactose (10); effect of treatment within lactation days at p<0.05 (11); effect of lactation days within treatment at p<0.05 (12)

és mtsai (2010), a glicerintetésekor növekvő tendenciát ($p=0,09$) állapítottak meg a kocatej zsírtartalmában.

A kocatej fehérjetartalma jellemzően 5,0-6,5% között alakul (Hurley, 2015). Vizsgálatunk során ennek megfelelő értékeket mértünk. A glicerint viszont szignifikánsan ($p<0,05$) csökkentette a fehérjetartalmat a laktáció 14. és 21. napján a kontrollcsoporthoz képest (3. táblázat). A kocatej fehérjetartalmára a glicerinkiegészítésnek a teljes laktáció alatt is negatív hatása volt (K: 5.33% vs. G: 5.15%, $p<0,05$), ami eltér Schieck és mtsai (2010) eredményeitől. Az említett szerzők szerint a glicerinkiegészítés nem befolyásolta a tej fehérjetartalmát ($p>0,05$).

A laktóz a fő szénhidrát a kocatejben. Az összes táplálóanyag közül legállandóbb a tej laktóztartalma. Vizsgálatunkban sem 5% glicerint hozzáadása, sem a laktációs napok nem befolyásolták a tej laktóztartalmát. Ezzel szemben Schieck és mtsai (2010) arról számoltak be, hogy a tej laktóztartalma a glicerinkiegészítéssel lineárisan emelkedett.

A kocatej zsírsavösszetétele

Vizsgálataink azt mutatták, hogy 5% glicerint hozzáadása a takarmányhoz a kocatej palmitinsav (C16:0), mirisztinsav (C14:0) és az összes telített zsírsavak mennyiségét csökkentette a kocatejben (4. táblázat). Ezzel szemben a heptadekánsav (C17:0) mennyisége emelkedett ($p<0,05$) és a sztearinsavra (C18:0) is növekvő részarányt állapítottunk meg ($p=0,054$). Az egyszerűen telítetlen zsírsavak közül a glicerinkiegészítés növelte az olajsav (C18:1, n-9), a vakcénsav (C18:1, n-7) és az eikozénsav (C20:1) mennyiségét ($p<0,05$). A glicerinkiegészítés nem befolyásolta az összes többszörösen telítetlen zsírsav arányát, viszont az eikozatriénsav (C20:3, n-3) részaránya nőtt ($p<0,05$). 5% glicerinkiegészítés hatására nőtt az n-3 zsírsavak részaránya a többszörösen telítetlen zsírsavakon belül. Szűkebb n-6/n-3 zsírsavarányt találtunk a kísérleti csoportban (18,85:1) a kontrollhoz képest (19,43:1).

Kísérleti eredményeinket, a glicerint tej zsírsav-összetételére gyakorolt hatására vonatkozó irodalmi forrásmunkák hiányában, nem tudjuk más kutatók eredményeivel összehasonlítani. Ismert ugyanakkor a kocatej zsírsav-összetételéről Yantao és mtsai (2018) analitikai eredményei alapján, hogy a legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav a palmitinsav (C16:0; 33%) az olajsav (C18:1; 32%) és a linolsav (C18:2; 14%). A palmitinsav (C16:0) a szopós malacok energiaellátásának 10-12%-át adja (Yantao és mtsai, 2018). A kocatej zsírsavösszetétele a laktáció során folyamatosan változik. A laktáció 20. napjáig a palmitinsav (C16:0), a palmitoleinsav (C16:1) és a linolénsav (C18:3) mennyisége nő, miközben csökken az olajsav (C18:1n-9) és a linolsav (C18:2) aránya (Hurley, 2015). Számos vizsgálat bizonyította, hogy a takarmányban előforduló zsírok és zsírsavak befolyásolják a kolosztrum illetve a kocatej zsírsavösszetételét. Lauridsen és Danielsen (2004) 175 dán lapály×dán yorkshire kocákkal beállított vizsgálatukban, a napraforgó-, a repce-, a halolaj valamint az állati zsír etetésének hatását vizsgálták. Megállapították, hogy az alkalmazott zsírforrás nagy mértékben befolyásolja a kocatej zsírsavösszetételét. Jin és mtsai (2017) hasonló következtetésre jutottak, miközben a pálma-, a hal- és szójaolaj hatását vizsgálták 80 nagyfehér×lapály kocával. Peng és mtsai (2010), arról számoltak be, hogy 1% konjugált linolsav (CLA) növelte a telített zsírsavak

4. táblázat

A glicerinkiegészítés hatása a kocatej zsírsav-összetételére (%)

Zsírsavak (1)	Glicerín (%) (2)		p-érték (3)
	0	5	
Mirisztinsav (C14:0)	2,62±0,32	2,09±0,47*	0,013
Palmitinsav (C16:0)	34,70±3,25	30,00±4,77*	0,026
Heptadekánsav (C17:0)	0,12±0,01	0,17±0,04*	0,005
Sztearinsav (C18:0)	5,50±0,68	6,60±1,43	0,054
Telített zsírsavak (4)	43,47±3,37	39,39±4,51*	0,043
Palmitoleinsav (C16:1)	7,02±1,74	5,33±1,94	0,072
Olajsav (C18:1n-9)	34,10±3,13	38,80±5,19*	0,036
Vakcénsav (C18:1n-7)	1,98±0,23	2,33±0,42*	0,042
Eikozénsav (C20:1)	0,33±0,08	0,47±0,13*	0,016
Egyszeresen telítetlen zsírsavak (5)	43,62±2,54	47,11±4,29	0,055
Linolsav (C18:2n-6)	11,30±1,08	11,75±0,49	0,213
α-Linolénsav (C18:3n-3)	0,49±0,04	0,51±0,04	0,150
Eikozatriénsav (C20:3n-3)	0,03±0,01	0,05±0,02*	0,035
Többszörösen telítetlen zsírsavak (6)	12,87±1,23	13,50±0,64	0,151

*: szignifikánsan eltér kontrollhoz viszonyítva (7)

Table 4. Effect of glycerol supplementation on the fatty acid profile of milk samples

fatty acids (1); glycerol (2); p value (3); saturated fatty acids (4); monounsaturated fatty acids (5); polyunsaturated fatty acids (6); significant difference compared to control (7)

mennyiségét a kocatejben, viszont nem volt hatása az egyszeresen telítetlen zsírsavak arányára. Yao és *mtsai* (2012) különböző n-6:n-3 zsírsavarányok hatását (3:1; 9:1; 13:1) vizsgálták 30 lapály kocával beállított kísérletükben. A takarmány n-6:n-3 zsírsavarányának növekedésével párhuzamosan szignifikánsan ($p < 0,001$) csökkent a kocatejben a linolénsav és az összes többszörösen telítetlen n-3 zsírsavak %-os mennyisége.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy 5% glicerín-kiegészítésnek nem volt hatása a kocák laktáció alatti takarmányfelvételére, az élősúly-csökkenésére kocánként 12 malac nevelése esetén. Ez a kocák megfelelő kondíciójával és energia egyensúlyával hozható összefüggésbe. A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a „feed grade” glicerín szoptató kocákkal 5%-ban etethető a teljesítményre gyakorolt negatív hatás nélkül. Újabb dóziskísérletek szükségesek azonban a glicerinkiegészítés szoptató kocák tejtermelésére és anyagcsere-folyamataira gyakorolt hatásainak további értékelésére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatok megvalósításában és lebonyolításában nyújtott gyakorlati segítségért köszönetünket fejezzük ki a Kaposvári Egyetem Termékfejlesztési és Nyomonkövetési Kutató Központjában dolgozó valamennyi munkatársnak.

IRODALOMJEGYZÉK

- Association of Official Analytical Chemists* (2006): Official methods of analysis.18. kiadás. AOAC, Washington, DC.
- Boyd, R. D. - Moser, B. D. - Peo, Jr., E. R. - Lewis, A. J. - Johnson, R. K.* (1982): Effect of tallow and choline chloride addition to the diet of sows on milk composition, milk yield and preweaning pig performance. *J. Anim. Sci.*, 54. 1-7.
- Coffey, M. T. - Seerley, R. W. - Mabry, J. W.* (1982): The effect of source of supplemental dietary energy on sow milk yield, milk composition and litter performance. *J. Anim. Sci.*, 55. 1388-1394.
- Danish Pig Research Centre* (2017): Nutrient Requirement Standards. 25. kiadás
- De Quelen, F. - Boudry, G. - Mourot, J.* (2013): Effect of different contents of extruded linseed in the sow diet on piglet fatty acid composition and hepatic desaturase expression during the post-natal period. *Animal*, 7. 1671-1680. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001067>.
- Duttlinger, A. J. - DeRouchey, J. M. - Tokach, M. D. - Dritz, S. S. - Goodband, R. D. - Nelssen, J. L. - Houser, T. A. - Sulabo, R. C.* (2012): Effects of increasing crude glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 90. 840-852.
- Farmer, C. - Giguère, A. - Lessard, M.* (2010): Dietary supplementation with different forms of flax in late gestation and lactation: effects on sow and litter performances, endocrinology, and immune response. *J. Anim. Sci.*, 88. 225-237.
- Groesbeck, C. N. - Mckinney, L. J. - Derouchey, J. M. - Tokach, M. D. - Goodband, R. D. - Dritz, S. S. - Nelssen, J. L. - Duttlinger, A. W. - Fahrenholz, A. C. - Behnke, K. C.* (2008): Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. *J. Anim. Sci.*, 86. 2228-2236. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0880>.
- Hansen, C. F. - Hernandez, A. - Mullan, B. P. - Moore, K. - Trezona-Murray M. - King, R. H. - Pluske, J. R.* (2009): A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia, and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. *Anim. Prod. Sci.*, 49. 154-161. <https://doi.org/10.1071/EA08210>.
- Hernández, F. - Orengo J. - Villodre, C. - Martínez, S. - López, M. J. - Madrid, J.* (2015): Addition of crude glycerin to pig diets: sow and litter performance, and metabolic and feed intake regulating hormones. *Animal*, 10. 919-926.
- Hurley, W. L.* (2015): Composition of sow colostrum and milk. In: The gestation and lactating sow. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 193-218.
- Jackson, J. R. - Hurley, W. L. - Easter, R. A. - Jensen, A. H. - Odle, J.* (1995): Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J. Anim. Sci.*, 73. 1906-1913.
- Jin, C. - Fang, Z. - Lin, Y. - Che, L. - Wu, C. - Xu, S. - Feng, B. - Li, J. - Wu, D.* (2017): Influence of dietary fat source on sow and litter performance, colostrum and milk fatty acid profile in late gestation and lactation. *J. Anim. Sci.*, 88. 1768-1778.
- Kovács, P.* (2010): A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hizósértéseknél. Palatia Nyomda és Kiadó Kft., Győr, Hungary, 21.

- Lammers, P. J. - Kerr, B. J. - Weber, T. E. - Bregendahl, K. - Lonergan, S. M. - Prusa, K. J. - Ahn, D. U. - Stoffregen, W. C. - Dozier, W. A. - Honeyman, M. S. (2008): Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 86. 2962-2970.
- Lauridsen, C. - Danielsen, V. (2004): Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Livest. Prod. Sci.*, 91. 95-105.
- Leonard, S. G. - Sweeney, T. - Babar, B. - Lynch, B. P. - O'Doherty, J. V. (2010): Effect of maternal fish oil and seaweed extract supplementation on colostrum and milk composition, humoral immune response, and performance of suckled piglets. *J. Anim. Sci.*, 88. 2988-2997.
- Madrid, J., - Villodre, C., - Valera, L., Orengo, J., Martínez, S., López, M. J., Megías, M. D., Hernández, F. (2013): Effect of crude glycerin on feed manufacturing, growth performance, plasma metabolites, and nutrient digestibility of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 91. 3788-3795.
- Miller, G. M. - Conrad, J. H. - Harrington, R. B. (1971): Effect of dietary unsaturated fatty acids and stage of lactation on milk composition and adipose tissue in swine. *J. Anim. Sci.*, 32. 79-83.
- National Research Council (2012): Nutrient requirements of swine. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Noblet, J. - Etienne, M. (1986): Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. *J. Anim. Sci.*, 63. 1888-1896.
- Peng, Y. - Ren, F. - Yin, J. D. - Fang, Q. - Li, F. N. - Li, D. F. (2010): Transfer of conjugated linoleic acid from the sows to their offspring and its impact on the fatty acid profiles of plasma, muscle, and subcutaneous fat in piglets. *J. Anim. Sci.*, 88. 1741-1751.
- Pettigrew, J. E. (1981): Supplemental dietary fat for periparturient sows: a review. *J. Anim. Sci.*, 53. 107-117.
- Pettigrew, J. E. - Moser, R. L. (1991): Fat in swine nutrition, in: *Miller E.R., Ullrey, D.E., Lewis, A.J.* (Eds.), Swine nutrition. Butterworth-Heinemann, Boston, MA, 133-145.
- Renaudeau, D. - Noblet, J. (2001): Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *J. Anim. Sci.*, 79. 1540-1548.
- Schieck, S. J. - Kerr, B. J. - Baido, S. K. - Shurson, G. C. - Johnston, L. J. (2010): Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. *J. Anim. Sci.*, 88. 2648-2656.
- Seerley, R. W. - Snyder, R. A. - McCampbell, H. C. (1981): The influence of sow dietary lipids and choline on piglet survival, milk and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 52. 542-550.
- Seneviratne, R. W. - Beltranena, E. - Goonewardene, L. A. - Zijlstra, R. T. (2011): Effect of crude glycerol combined with solvent-extracted or expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility of weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 170. 105-110.
- Shields, M. C. - Heugten, E. - Lin, X. - Odle, J. - Stark, S. (2011): Evaluation of the nutritional value of glycerol for nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 89. 2145-2153.
- Shurson, G. C. - Hogberg, M. G. - DeFever, N. - Radecki, S. V. - Miller, E. R. (1986): Effects of adding fat to the sow lactation diet on lactation and rebreeding performance. *J. Anim. Sci.*, 62. 672-680.
- Shurson, G. C. - Irvin, K. M. (1992): Effects of genetic line and supplemental dietary fat on lactation performance of Duroc and Landrace sows. *J. Anim. Sci.*, 70. 2942-2949.
- Theil, P. K. - Jørgensen, H. - Jakobsen, K. (2004): Energy and protein metabolism in lactating sows fed two levels of dietary fat. *Livest. Prod. Sci.*, 89. 265-276.
- Tilton, S. L. - Miller, P. S. - Lewis, A. J. - Reese, D. E. - Ermer, P. M. (1999): Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. *J. Anim. Sci.*, 77. 2491-2500.
- Tokach, M. D. - Menegat, M. B. - Gourley, K. M. - Goodband, R. D. (2019): Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal*, 13. 2967-2977.
- Van den Brand, H. - Heetkamp, M. J. W. - Soede, N. M. - Schrama, J. W. - Kemp, B. (2000): Energy balance of lactating primiparous sows as affected by feeding level and dietary energy source. *J. Anim. Sci.*, 78. 1520-1528.

- White, C. E. - Head, H. H. - Bachman, K. C. - Bazer, F. W.* (1984): Yield and composition of milk and weight gain of nursing pigs from sows fed diets containing fructose or dextrose *J. Anim. Sci.*, 59. 141-150.
- Yantao, L. V. - Guan, W. - Qiao, H. - Wang, C. - Chen, F. - Zhang, Y. - Liao, Z.* (2018): Veterinary medicine and omics (veterinomics): metabolic transition of milk. *Genes & Nutrition*, 19. 602-616.
- Yao, W. - Li, J. - Wang, J. - Zhou, W. - Wang, O. - Zhu, R. - Wang, F. - Thacker, P.* (2012): Effects of dietary ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids on immunoglobulins, cytokines, fatty acid composition, and performance of lactating sows and suckling piglets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 3. 43.
- Zijlstra, R. T. - Menjivar, K. - Lawrence, E. - Beltranena, E.* (2009): The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 89. 85-89.

Érkezett: 2020. január

Szerzők címe: Vida O. - Egri B.

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Authors' address: Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Tóth T.

Széchenyi István Egyetem, Agrár- és Élelmiszeripari Kutatóközpont
Széchenyi István University, Agricultural and Food Research Centre
H-9026 Győr, Egyetem tér 1.

SZÁRÍTOTT KUKORICATÖRKÖLY (DDGS) HASZNOSÍTÁSA A PONTY INTENZÍV TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

JAKABNÉ SÁNDOR ZSUZSANNA - RÉVÉSZ NORBERT - HAVASI MÁTÉ - ANDRE S.
BOGEVIK - SHIVENDRA KUMAR

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági melléktermékek közül a bioetanol gyártás melléktermékét, a kukorica DDGS-t (Dried Distiller's Grain with Solubles) tesztelték a szerzők különböző kísérleti haltakarmányokban. A DDGS közepesen magas fehérje-, zsír-, jól emészthető rost- és hozzáférhetőfoszfor-tartalma lehetővé teszi magas tápértékű takarmány összeállítását. Az alapanyag emészthetőségének és hasznosításának megállapítására két kísérletet végeztek egynyaras pontyokkal. Először a DDGS táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét határozták meg, majd egy takarmányozási kísérletben vizsgálták a DDGS különböző arányú (0%, 20%, 40%) alkalmazásának hatását a növekedésre, takarmány- és fehérjehasznosulásra és az anyagcsere folyamatokra. A szárazanyag és a fehérje látszólagos emészthetősége alapján megállapították, hogy a ponty a kukoricához hasonló mértékben képes emészteni a DDGS-t. A foszfor emészthetősége jóval nagyobb volt más növényi alapanyagokhoz képest, köszönhetően az alacsony fitin-foszfor-tartalomnak. A hosszabb távú etetési kísérletben a nagy DDGS-tartalmú kísérleti táp a legtöbb paraméter esetében előnyösebbnek mutatkozott, mint a kontroll vagy a kisebb DDGS-tartalmú takarmány. Kísérleteik során nem figyeltek meg káros egészségügyi elváltozást a vizsgált halakon. Ennek eredményeként megállapították, hogy a DDGS akár 40%-ban is alkalmazható pontytápokban a hagyományos növényi összetevők helyett, és alkalmas fiatal ponty korosztályok intenzív nevelésére is.

SUMMARY

Sándor, J. Zs. - Révész, N. - Havasi, M. - Bogevik, A. S. - Kumar, Sh.: UTILIZATION OF CORN DDGS IN INTENSIVE CARP FEEDING

Among the agriculture industry by-products, the corn DDGS (Dried Distiller's Grain with Solubles), co-product of bioethanol production, has been tested as fish feed ingredient. Due to its nutrient composition, high crude protein, digestible fibre and bioavailable phosphorus content make this ingredient suitable for fish feed production. For the determination of digestibility and utilization capacity of DDGS by fish, two studies were set up for common carp juveniles. In the first step, a digestibility trial was conducted, what was followed by a nutritional trial to evaluate the effects of DDGS in different inclusion levels (0%, 20% and 40%). Growth parameters, nutrient and protein utilization, body composition, biochemical parameters were examined at the end of the trial. Based on the calculated apparent digestibility parameters, the carp could digest DDGS similarly with corn in respect of dry matter and protein; moreover, the digestibility of phosphorus is much higher compared to other plants, due to low phytate level. Common carp demonstrated significant advantages for groups fed with DDGS-containing feeds compared to the control in most of the measured parameters (weight gain, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, protein productivity value). The examined fishes did not show differences in biometric indices and biochemical parameters related to metabolic injuries, irrespective of the dietary composition. The results showed that conventional plant protein sources could be substituted with DDGS (up to 40%) without negative consequences on the growth and health of common carp.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A pontytenyésztés helyzete és aktuális takarmányozási kérdései

A világ akvakultúrából származó pontytermelése a 2017-es adatok alapján 4,1 millió tonna körül volt, melynek kis hányada, 164 755 tonna, származott Európából (FAO, 2019). Az európai termelés jellemzően kisvállalkozásokban működik, ahol a termelés tradicionálisan földmedrű, egy hektártól több tíz hektár méretű tavakban történik (Horváth és mtsai, 2002). A hagyományos alapokra épülő takarmányozás a tavi plankton hozam kihasználásán alapszik, amely trágyázással, valamint planktonszelekciós eljárásokkal növelhető (Ruttkay, 2016). A tavi kiegészítő takarmányozás több évtizede különböző gabonák (búza, kukorica, árpa, tritikálé) használatára épül, amelyek fedezik a ponty energiaszükségletét, és a hároméves termelési ciklusban piaci méretű (1,5-2 kg) halat eredményez (Woynárovich és mtsai, 2019). Az összetett, teljes értékű keveréktakarmányok használata a hazai pontytenyésztésben elég ritka, de a tőlünk délebbre fekvő országokban viszont annál inkább elterjedt (Rajíc és mtsai, 2016). Az állati eredetű melléktermékek haltakarmányokban történő felhasználásának újbóli engedélyezése az európai uniós országokban (56/2013 EU rendelet) megváltoztatta a pontytápokban használt alapanyagokat, vagyis a hallisztet felváltották a nem-kérődző állatok vágóhídi melléktermékei (baromfilliszt, toll liszt, vérliszt stb.). Ezek mellett a leggyakrabban használt növényi alkotók a búza, kukorica, szójatermékek, napraforgó, borsó, valamint egyes fehérje koncentrátumok (ARRA/INA, 2015).

A hazai haltakarmány ipar, annak ellenére, hogy már több évtizede kutatások és takarmányfejlesztések folynak szerte a világban, nem kellően felkészült a halliszt/halolaj források szűkülésének, vagy az import szója okozta hiány megfelelő kezelésére. Olcsó és ígéretes takarmány-alapanyag alternatívát jelenthetnek viszont a különböző mezőgazdasági- és élelmiszeripari melléktermékek. Vizsgálatsorozatunk célja hazai forrásból származó alapanyagok felhasználásával, a jelenlegi haltápoknál olcsóbban és fenntarthatóbb módon, előállítható takarmány kidolgozása volt a ponty intenzív tavi neveléséhez.

DDGS mint alternatív takarmány-alapanyag

A bioetanol gyártás egyik mellékterméke, a kukorica törköly (DDGS - Dried Distiller's Grain with Solubles), amely jól alkalmazható különböző haszonállatok takarmányozásában és használata előtérbe került a halak akvakultúrák termelésében is (Gatlin és mtsai, 2007). A DDGS-t kukoricából, búzából, cirokból vagy árpából állítják elő (Lim és Yildirim-Aksoy, 2008). Kukorica esetében főképp a száraz őrlést alkalmazzák annak költség és energia hatékonysága miatt. A száraz őrléses eljárás során a kukorica őrleményt vízzel keverik, majd enzimek hozzáadása után főzik. Ekkor alakul át a keményítő cukorrá. Ezután élesztőt adnak a cukor fermentálásához, amelynek során etanol és a maradék száraz anyag keletkezik (USGC, 2018). A szárazanyag (szeszmoslék) a desztillációs lépés és szárítás után melléktermékként keletkezik, amely a takarmányipar számára alkalmas alapanyag, mert közepesen nagy nyersfehérje (30%), nyerszsír (10%), alacsony szénhidrát (<10%) és jól hasznosítható foszfor tartalommal (0,75%) rendelkezik (Belyea és

mtsai, 2004). A DDGS előnye a többi növényi alapú takarmány-alapanyaghoz képest, hogy nem tartalmaz antinutritív anyagokat, fitin-foszfor-tartalma alacsony és a technológiai eljárás során élesztővel (4-7%) dúsul, amelyről köztudott, hogy béta-glükán-tartalma (7,6%) miatt immunstimuláló hatással rendelkezik a halaknál (*Makkar*, 2012). Ugyanakkor alacsony arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat és a gabonáknál gyakorinak tekinthető mikotoxin, elsősorban aflatoxin, szennyezéssel is számolnunk kell. Az erjesztés során a kukoricában előforduló mikotoxinok nem bomlanak el, így a DDGS-ben is megtalálhatók, sőt a keményítő fermentáció hatására körülbelül háromszorosára nő mennyiségük (*Pinotti és mtsai*, 2016).

Az akvakultúra termelésben több halfajták érhető el kísérleti eredmények a DDGS alkalmazásáról, amelyek segítséget nyújtanak a haltakarmány-gyártók számára megfelelő összetételű termékek előállításához. A növény- és mindenevő halfajok közül a leggyakrabban vizsgált faj a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*), amely esetében megállapították, hogy a DDGS akár 60%-ban is használható szintetikus lizin- és triptofán-kiegészítéssel, vagy 30%-ban 8% hallisztartalom mellett (*Li és mtsai*, 2011a). A szívárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) esetében 15%-ban lehet használni bármilyen kiegészítés nélkül a halliszt 50%-os helyettesítésére, de a 75%-os helyettesítéshez már szintetikus lizin és metionin szükséges 22,5%-os DDGS tartalom mellett (*Cheng és Hardy*, 2004b). A növényi fehérjeforrások teljes helyettesítésére inkább alkalmas lehet a DDGS, úgymint a napraforgó, repce, szója, kukorica és borsó. A pisztrágnál 50%-ban (*Øverland és mtsai*, 2013), a csatorna harcsánál (*Ictalurus punctatus*) 40%-ban (*Li és mtsai*, 2010, *Li és mtsai*, 2011b, *Zhou és mtsai*, 2010), az európai harcsánál (*Silurus glanis*) pedig teljes mértékben kiválthatók a növényi eredetű alkotók DDGS-el (*Révész és mtsai*, 2018).

Tovább növelhető a DDGS tápanyagainak hasznosítása enzimek takarmányadalekként történő hozzáadásával (*Castillo és Gatlin*, 2015; *Hardy*, 2000). Erre vonatkozóan már kísérleti adatok állnak rendelkezésre a nagy rombuszhal (*Scophthalmus maximus*) (*Diógenes és mtsai*, 2018), nílusi tilápia (*Abo-State és mtsai*, 2009; *Tahoun és mtsai*, 2009), hibrid csíkos sügér (*Morone chrysops x M. saxatilis*) (*Trushenski és Gause*, 2013), az aranydurbincs (*Sparus aurata*) (*Diógenes és mtsai*, 2019) és szívárványos pisztráng (*Cheng és Hardy*, 2004a) fajoknál 25-35% közötti helyettesítési értékekkel.

A DDGS haltakarmányokban történő felhasználását megalapozó kutatásainkban vizsgáltuk pontyban az alapanyag emészthetőségét. Ezt követően különböző arányban helyettesítettük a takarmány összetevőit DDGS-el, és teszteltük a kísérleti takarmányok alkalmasságát egy etetési kísérletben pontyivadékkal, zárt halnevelő rendszerben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Emészthetőségi kísérlet

A kísérlethez egy kontroll, könnyen emészthető, nagy halliszttartalmú takarmányt készítettünk 45% nyersfehérje- és 5% nyerszsírtartalommal (1. táblázat), amelyet a kísérleti takarmány előállításához is felhasználtunk. A vizsgált alapanyagot a

Pannónia Bio Zrt. Dunaföldvári üzeméből kaptuk, melynek összetétele a gyártó által közzétett vizsgálati adatsorok alapján a következő értékek között változott: víztartalom 9,21-10,98%, nyersfehérje 28,9-30,16%, nyerszsír 8,81-12,12%, nyersrost 8,77-10,82%, nyershamu 4,54-4,68%, keményítő 5,75-6,02% (szárazanyag). Ittrium oxidot használtunk inert markerként 0,02%-ban. A kísérleti takarmányt 70%-ban a kontrolltápból és 30%-ban DDGS alapanyagból kevertünk össze, majd extrudáltuk. A tápokot a NOFIMA (Norvégia) kísérleti takarmányüzemében gyártottuk. Az etetési kísérletet a NAIK Halászati Kutatóintézet recirkulációs rendszerében végeztük 2015-ben. Hat, egyenként 1000 literes kádba helyeztük a hasonló méretű, egészséges pontyivadékokat (átlagsúly $40,7 \pm 7$ g, $n=180$) és az egyes takarmányokat 4 héten keresztül etettük három párhuzamos kádban. A napi takarmányadagokat a thermal growth coefficient (TGC) segítségével számoltuk (Cho és mtsai, 1982). A kísérlet során 4,5 l/perc vízfolyást, 80% oxigén telítettséget és 20°C -ot biztosítottunk. Az ammónia-tartalom kisebb volt, mint 0,1 mg/l, a pH 8,6-8,8 között változott. A kísérlet végén hasi préseléssel gyűjtöttük a bélsarat több napon keresztül a bélszakasz alsó harmadából, majd a mintákat -80°C -on tároltuk. A DDGS alapanyag, a tápok és a bélsár táplálóanyag- és ittrium-tartalmának elemzésével meghatároztuk a tápok, valamint a DDGS alapanyag egyes táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét (Bureau és mtsai, 1999). A beltartalmi mérésekhez szabvány módszereket (AOAC, 1995) alkalmaztunk a NAIK-HAKI laboratóriumaiban, az ittrium mérés a NAIK ÖVKI Környezetanalitikai központjában történt ICP OES mérés technikával. Az analitikai mérések kiterjedtek a víztartalom, nyersfehérje, nyerszsír, nyershamu és nyersrost vizsgálatokra. A N-mentes kivonható anyag (NFE) mennyiségét kiszámoltuk: $\text{NFE} = 100 - (\text{víz} + \text{nyersfehérje} + \text{nyerszsír} + \text{nyershamu} + \text{nyersrost})$. A tápok bruttó energia értékét az egyes táplálóanyagok energiaértékeinek összegzésével számoltuk (Halver, 1976), ahol 1 g fehérje = 23,6 KJ, 1 g szénhidrát = 17,5 KJ, 1 g zsír = 39 KJ értékkel bírtak. A tápok mikroösszetevőinek mennyiségét egy korábbi közleményünkben ismertettük (Révész és mtsai, 2020). A statisztikai elemzéshez Windows SSPS 22. szoftvert használtunk, az adatokat egytényezős ANOVA-val hasonlítottuk össze.

A látszólagos emészthetőségi paraméterek meghatározására alkalmazott képletek:

$$\text{ADC}_{\text{táp}} (\%) = 100 - (100 * \{Y_{\text{táp}} \% / Y_{\text{bélsár}} \% \} \times \{D_{\text{bélsár}} \% / D_{\text{táp}} \% \})$$

$$\text{ADC}_{\text{alapanyag}} = \text{ADC}_{\text{kísérleti táp}} + [(\text{ADC}_{\text{kísérleti táp}} - \text{ADC}_{\text{referencia táp}}) \times (0,7 \times D_{\text{referencia táp}} / 0,3 D_{\text{alapanyag}})]$$

ahol D táplálóanyag % a bélsárban (kísérleti és referencia csoport), a tápban (kísérleti és kontrollcsoport), az alapanyagban (DDGS) (sz. a), Y ittrium.

Takarmányozási kísérlet

Tizenkét hetes etetési kísérletet végeztünk kukorica DDGS tartalmú takarmány tesztelése céljából ponty (*Cyprinus carpio* L.) ivadékkal (kezdő súly $63,1 \pm 11,4$ g). A kísérletet zárt, kontrollált halnevelő rendszerben végeztük, ahol a telepítési

1. táblázat

A tápok összetétele és fontosabb beltartalmi értékei

Összetevők (1)	Referencia táp (14)	DDGS táp (15)
Halliszt (2)	41,38	28,97
Kukorica DDGS (3)	-	30,00
Napraforgó liszt (4)	40,00	28,00
Búza (5)	15,00	10,50
Vitamin premix	2,86	2,00
Ásványianyag premix (6)	0,74	0,52
Ittrium oxid	0,02	0,014
Beltartalmi összetétel		
Nyersfehérje (%) (7)	44,32	39,87
Nyerszsír (%) (8)	3,46	5,37
Nyersrost (%) (9)	6,45	6,40
Nyershamu (%) (10)	6,13	8,24
Foszfor (%) (11)	1,68	1,69
Emészthető energia (MJ/kg) becsült (12)	12,58	11,65
Bruttó energia (MJ/kg) számolt (13)	17,71	18,13

Table 1. Ingredients and proximate composition of the feeds

ingredients (1); fish meal (2); corn DDGS (3); sunflower meal (4); winter wheat (5); mineral premix (6); crude protein (7); ether extract (8); crude fibre (9); ash (10); phosphorus (11); digestible energy, estimated (12); gross energy, calculated (13); reference diet (14); DDGS diet (15)

sűrűség 30 db/m³ volt. Az etetéshez három különböző DDGS-tartalmú (0%, 20%, 40%) tápot állítottunk össze. A kísérleti tápokot a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. üzemében gyártottuk, helyi alapanyagokat használva (2. táblázat). A tápok szemcsemérete 4,5 mm volt és lassan süllyedő tulajdonsággal rendelkeztek. A tápok beltartalmi értékeit (2. táblázat) standard módszerekkel határoztuk meg az előbbiekből leírtak szerint. A kísérlet végén értékeltük a növekedési, takarmány- és fehérjehasznosítási paramétereket, a testösszetételt, a biokémiai és kórszövettani elváltozásokat. A biokémiai paramétereket a vérplazmából határoztuk meg, amelyhez takarmányozási csoportonként öt halból vettünk mintát a kísérlet végén. A testarány indexek (máj index, zsiger index), a testösszetétel és a máj zsírsavprofil vizsgálatához 6 hal/kezelés mintaszámmal dolgoztunk, ugyanakkor a testtömeg és a kondíciófaktor meghatározásához az egész kísérleti állományt felhasználtuk. A máj és fejvese mintákból a metabolikus folyamatokat és az immunrendszer működését leíró gének expresszióját vizsgáltuk szintén 6 minta/kezelés számban. A hisztológiai és a génextpressziós vizsgálatok módszertana és azok eredményei korábban megjelent cikkünkben található (Révész és mtsai, 2019).

A vérplazma biokémiai paramétereinek meghatározását az Állatorvos-tudományi Egyetem laboratóriumában végeztük Olympus AU400 (Beckman Coulter, USA) teljesen automata analizátorral. Az egyes paraméterekhez a következő fotomeriás tesztekkel használtuk: összes koleszterin (Beckman-OSR6116), trig-

2. táblázat

A tápok összetétele és fontosabb beltartalmi értékei

Összetevők (%)	DDGS 0	DDGS 20	DDGS 40
Extrahált szójadara Pr.46% (1)	50,4	28,4	30,1
Baromfi liszt Pr.50% (2)	26,5	33,3	23,3
Kukorica (3)	17,0	14,7	3,0
DDGS	-	20,0	40,0
Kenderolaj (4)	3,8	1,0	-
Vitamin és ásványanyag premix	2,0	2,0	2,0
CaCO ₃	-	-	1,0
L-Lizin	0,1	0,1	0,1
DL-Metionin	-	0,2	0,2
Kolinklorid	0,2	0,2	0,2
Beltartalmi összetétel			
Szárazanyag (%) (5)	90,49	89,82	90,39
Nyersfehérje (%) (6)	36,92	34,49	32,78
Nyerszsír (%) (7)	5,66	4,20	4,10
Nyersrost (%) (8)	3,12	3,67	4,53
Nyershamu (%) (9)	11,26	10,72	9,20
Emészthető energia (MJ/kg), becsült (10)	12,91	11,97	11,24
Bruttó energia (MJ/kg), számolt (11)	17,63	17,05	17,02

Table 2. Ingredients and proximate composition of the feeds

extracted soybean meal (1); poultry meal (2); corn (3); hempseed oil (4); dry matter (5); crude protein (6); ether extract (7); crude fibre (8); ash (9); digestible energy, estimated (10); gross energy, calculated (11)

licerid (Beckman-OSR61118), alanin aminoszferáz (Beckman-OSR6109), aszpartát aminoszferáz (OSR6109), alkalikus foszfatáz (Dialab D95560); gammaglutamil transzferáz (Dialab D95604); amiláz (Beckman OSR6182); lipáz (Diagon DCC230075).

A termelési és hasznosítási paraméterek kiszámítása a következő egyenletek segítségével történt:

Növekedés (WG) (%) = (záró testtömeg - induló testtömeg) × 100 / (induló testtömeg)

Takarmányhasznosítás (FCR) (g/g) = kijuttatott táp (g) / (záró biomassza tömeg (g) - kezdeti biomassza (g))

Specifikus növekedési ráta (SGR) (%/nap) = (Ln záró átlagos testtömeg - Ln induló átlag testtömeg) × 100 / napok száma

Fehérje hasznosítási ráta (PER) (g/g) = biomassza növekedés (g)/kijuttatott összes fehérje mennyisége (g)

Fehérje produktivitási érték (PPV) (%) = 100 × [záró biomassza (g) × záró

teljestest fehérje $\times 0,01$ (g/100g) – kezdeti biomassa (g) \times kezdeti teljes test fehérje (g/100 g) $\times 0,01$] / kijuttatott táp (g) \times táp fehérje tartalma (g/100 g) $\times 0,01$

Kondíciófaktor (CF) = testtömeg (g) $\times 100$ /teljes testhossz³

Zsiger index (VSI) (%) = zsiger tömege (g) / testtömeg (g) $\times 100$

Máj index (HIS) (%) = máj tömege (g) / testtömeg (g) $\times 100$

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Emészthetőségi kísérlet

A látszólagos emészthetőség értékeit az egyes táplálóanyagokra vonatkozóan a 3. táblázat tartalmazza. A kontrolltáp szárazanyag és nyersfehérjetartalmának látszólagos emészthetősége nagyobb volt, mint a DDGS tartalmú tápot fogyasztó csoport értékei. A foszfor látszólagos emészthetősége ugyanakkor a DDGS táp esetében szignifikánsan nagyobb volt. Ez köszönhető a kukorica fermentálása során bekövetkező hidrolízisnek, mivel így elérhetővé válik a fitáthoz kötött foszfor. Kisebb emészthetőségi értékeket határoztak meg a szivárványos pisztráng (*Cheng és Hardy, 2004b*) esetében is nyersfehérjére (88-90%) és szárazanyagra (47-59%), úgyszintén a hibrid csíkos sügérnél is (*Morone chrysops* \times *M. saxatilis*) (*Thompson és mtsai, 2008*). Ennek alapján feltételezhető, hogy a DDGS látszólagos emészthetősége elsősorban a nem-fehérje energia frakció emészthetőségétől függ, mely az alacsonyabb trofitási szintű halfaj esetében nagyobb. A DDGS mint takarmány-alapanyag látszólagos emészthetőségi értékei alapján elmondható, hogy a DDGS jól emészthető a pontyivadékok számára, ugyanis a nyersfehérje látszólagos emészthetősége 86,1%, a szárazanyagé pedig 47,0%. A ponty esetében meghatározott egyéb növények emészthetőségi adataival összehasonlítva a DDGS-nél mért érték közel van a kukoricáéhoz (*Degani és Yehida, 1997*), mely a nyersfehérje esetében 81%, de alacsonyabb, mint a búzáé (91,9%).

A DDGS foszfor emészthetősége ugyanakkor kedvező a ponty számára, a látszólagos emészthetősége 82,9% volt (3. táblázat). Egyes növényekben nagy fitin-foszfor-tartalmat találunk, amely akár 80%-ban emészthetetlen foszfornak számítanak a monogasztrikus állatok és az agasztrikus halfajok esetében (*Kumar*

3. táblázat

Látszólagos emészthetőség (%)

	Referencia táp (4)	DDGS táp (5)	p-érték
Szárazanyag (1)	76,2 \pm 0,1*	68,4 \pm 0,8	p<0,05
Nyersfehérje (2)	94,4 \pm 0,2*	92,6 \pm 0,2	p<0,05
Foszfor (3)	51,6 \pm 2,6	57,0 \pm 0,3*	p<0,05
	DDGS alapanyag (6)		
Szárazanyag (1)	47,0 \pm 2,8		
Nyersfehérje (2)	86,1 \pm 0,7		
Foszfor (3)	82,9 \pm 1,9		

Table 3. Apparent digestibility of nutrients for test diet and test ingredient

dry matter (1); crude protein (2); phosphorus (3); reference diet (4); DDGS diet (5); DDGS ingredient (6)

és mtsai, 2012). A halliszt növényi alkotókkal történő helyettesítése a haltakarmányokban újabb problémát generált az elmúlt évtizedben. A vizek eutrofizációját idézte elő a foszforhiányos takarmánykomponensek valamilyen módon történő kiegészítése (pl. szervetlen foszfor vegyületekkel - MCP, DCP), illetve a felesleges és emészthetetlen foszfor etetése (Hung és mtsai, 2015). A DDGS foszfortartalmának emészthetősége ugyanakkor felülmúlja egyes hallisztekét (Bowzer és mtsai, 2015), így ennek alkalmazása új lehetőségeket nyit a haltakarmány gyártásban.

Takarmányozási kísérlet

Az etetési kísérlet végén szignifikáns különbséget találtunk mindegyik vizsgált növekedési és takarmányhasznosítási paraméter esetében a DDGS 0 és a DDGS 20, valamint a DDGS 0 és DDGS 40 csoportok között (4. táblázat). A két eltérő DDGS-tartalmú takarmányt fogyasztó csoport között viszont nem volt statisztikailag igazolható különbség a legtöbb paraméter esetében, kivéve a fehérjehasznosítási arányt. Ugyanakkor a tápanyag hasznosítás szempontjából kedvezőbb értéket mindegyik paraméter esetében a DDGS 40 csoportban találtunk.

4. táblázat

Termelési és hasznosítási paraméterek, testarány indexek

	DDGS 0	DDGS 20	DDGS 40	p-érték
Induló testtömeg (g) (1)	64,5 ± 1,5	60,8 ± 4,0	63,8 ± 2,5	0,477
Záró testtömeg (g) (2)	186,2 ± 4,0 ^a	202,1 ± 12,9 ^b	215,1 ± 1,6 ^b	0,012
Növekedés (%) (3)	188,9 ± 10,5 ^a	232,4 ± 17,0 ^b	237,2 ± 13,4 ^b	0,016
Takarmányhasznosítás (g/g) (4)	2,08 ± 0,05 ^a	1,82 ± 0,01 ^b	1,81 ± 0,07 ^b	0,001
Specifikus növekedési ráta (%/nap) (5)	1,31 ± 0,04 ^a	1,46 ± 0,06 ^b	1,48 ± 0,05 ^b	0,014
Fehérjehasznosítási arány (g/g) (6)	1,30 ± 0,04 ^a	1,59 ± 0,01 ^b	1,68 ± 0,07 ^c	< 0,001
Fehérjeproduktívítási érték (%) (7)	18,80 ± 0,55 ^a	23,10 ± 0,24 ^b	23,98 ± 0,96 ^b	< 0,001
Kondíciófaktor (g cm ³) (8)	1,60 ± 0,31	1,54 ± 0,12	1,49 ± 0,16	0,51
Zsiger index (%) (9)	11,40 ± 2,03	12,20 ± 2,04	11,10 ± 1,52	0,63
Máj index (%) (10)	2,25 ± 0,34	2,53 ± 0,12	2,46 ± 0,20	0,15

a,b,c különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek (11)

Table 4. Production, feed utilization parameters and biometric indices

initial body weight (1); final body weight (2); weight gain (3); feed conversion ratio (4); specific growth rate (5); protein efficiency ratio (6); protein production value (7); condition factor (8); viscerosomatic index (9); hepatosomatic index (10); different letters in the same row indicate significant differences between the values (11)

A zárt rendszerben etetett ponty testösszetételének változásait az 5. táblázat mutatja. A DDGS 20 és DDGS 40 csoportokban a haltest összes fehérjetartalma szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobb volt, mint a kontrollé (DDGS 0). A test zsírtartalma ellentétes irányban változott, a növekvő arányú DDGS-kiegészítéssel párhuzamosan csökkent a mennyisége, vagyis a DDGS kedvező hatással volt a testzsír mennyiségére. Ezzel ellentétes hatást tapasztalt viszont *Khalil és El-sharkawy* (2013) nilusi tilápiánál. A májban az egyes zsírsavak aránya tükrözte a takarmányok eltérő zsírsavprofilját (5. táblázat). Jól látható, hogy a kukorica csiraolajának nagy linolsavtartalma következtében a májban megnőtt a linolsav aránya. Úgy tűnik, hogy ennek következménye a tendenciaszerűen nagyobb arachidonsav szint is a hepatopankreaszban. Bizonyított, hogy egyes édesvízi halfajok, köztük a ponty is,

5. táblázat

Teljes testösszetétel és a máj zsírsav-összetétele

Testösszetétel (1) % szárazanyag (2)	DDGS 0	DDGS 20	DDGS 40	p-érték
Fehérje (3)	52,37 ± 1,04 ^a	55,84 ± 1,38 ^b	56,28 ± 1,96 ^b	0,044
Zsír (4)	38,52 ± 0,94 ^a	34,79 ± 1,10 ^b	34,12 ± 2,08 ^b	0,024
Hamu (5)	6,29 ± 0,42 ^a	6,83 ± 0,23 ^b	7,74 ± 0,45 ^{cb}	0,009
Zsírsavak % (6)				
16:1n-7	4,10 ± 0,37 ^b	3,77 ± 0,72 ^{ab}	3,13 ± 0,43 ^a	0,019
18:1n-9	41,16 ± 1,73 ^c	37,18 ± 2,70 ^b	32,67 ± 1,32 ^a	< 0,001
18:1n-7	2,76 ± 0,12 ^b	2,58 ± 0,23 ^b	2,22 ± 0,09 ^a	< 0,001
18:2n-6	10,75 ± 0,81 ^b	13,45 ± 2,61 ^b	16,61 ± 2,02 ^a	< 0,001
18:3n-3	0,61 ± 0,06	0,56 ± 0,12	0,60 ± 0,06	0,452
20:4n-6	4,50 ± 0,68	4,43 ± 1,86	6,21 ± 1,44	0,077
Összlipid mg/g (7)	96,13 ± 18,97 ^b	86,88 ± 28,21 ^b	65,19 ± 13,62 ^a	0,076
Total SFA (8)	24,34 ± 0,59 ^b	25,72 ± 0,61 ^b	24,49 ± 0,82 ^a	0,006
Total MUFA (9)	51,66 ± 1,72 ^c	47,04 ± 3,41 ^b	41,24 ± 1,52 ^a	< 0,001
Total PUFA (10)	21,39 ± 1,35 ^b	24,62 ± 3,28 ^b	31,88 ± 2,02 ^a	< 0,001
Total n-3/Total n-6	0,12 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,002

a,b,c különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek (11)

telített zsírsavak (8); egyszerűen telítetlen zsírsavak (9); többszörösen telítetlen zsírsavak (10)

Total SFA: 8:0+10:0+11:0+12:0+13:0+14:0+15:0+16:0+17:0+18:0+19:0+20:0+21:0+22:0

Total MUFA: 14:1n-5+15:1+16:1n-9+16:1n-7+16:1n-5+17:1n-8+18:1n-9+18:1n-7+18:1n-5+19:1n-10+20:1n-11+20:1n-9+20:1n-7+22:1n-11+22:1n-9+22:1n-7+24:1n-11+24:1n-9+24:1n-7

Total n-3: 18:3n-3+18:4n-3+20:3n-3+20:4n-3+20:5n-3+22:3n-3+22:4n-3+22:5n-3+22:6n-3+24:5n-3+24:6n-3

Total n-6: 18:2n-6+18:3n-6+20:2n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:2n-6+22:4n-6+22:5n-6

Table 5. Body composition of the whole fish and fatty acid composition of the hepatopankreas of common carp

body composition (1); dry matter (2); protein (3); fat (4); ash (5); fatty acids (6); total lipid (7); saturated fatty acids (8); monounsaturated fatty acids (9); polyunsaturated fatty acids (10); different letters in the same row indicate significant differences between the values (11)

6. táblázat

A vérplazmából meghatározott biokémiai paraméterek értékei

	DDGS 0		DDGS 20		DDGS 40		p-érték
Összes koleszterin (1) mmol/l	4,23	± 0,71	4,30	± 0,32	4,00	± 0,40	0,572
Triglicerid (2) mmol/l	5,03	± 1,36	3,66	± 0,82	4,13	± 0,32	0,065
Alanin aminoszferáz (3) U/l	3,33	± 1,03	3,00	± 1,09	3,33	± 1,03	0,821
Aszpartát aminoszferáz (4) U/l	136,3	± 49,6	137,7	± 47,9	180,0	± 155,2	0,687
Alkalikus foszfatáz (5) U/l	112,0	± 29,9	124,8	± 17,6	85,6	± 27,9	0,087
Gamma-glutamil transzferáz (6) U/l	2,42	± 0,19	2,48	± 0,24	2,46	± 0,27	0,943
Amiláz (7) U/l	106,4	± 50,9	114,3	± 56,2	98,3	± 19,5	0,828
Lipáz (8) U/l	14,33	± 2,33	14,00	± 1,79	16,00	± 1,79	0,209

Table 6. Serum biochemical parameters at the end of the experiment

total cholesterol (1); triglycerol (2); alanine aminotransferase (3); aspartate aminotransferase (4); alkaline phosphatase (5); gamma-glutamyltransferase (6); amylase (7); lipase (8)

részlegesen képesek a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak szintézisére, amelynek eredményeként a prekursor zsírsavakból (linol- és linolénsav) az elongáció és deszaturáció útján arachidonsavat, eikozapentaénsavat vagy dokozahexaénsavat állítanak elő (Tocher és Glencross, 2015). Az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya a helyettesítés mértékével fordított irányban változott, hasonlóan, mint az összlipidek mennyisége. Ezen lipidek mennyisége összefügg a zsírdepók megjelenésével és az elzsírosodással. Ugyanakkor a májindex a kontrollcsoportban volt a legkisebb, de az egyes csoportok között nem volt szignifikáns mértékű különbség, vagyis valószínűleg a testsúllyal korrelál a máj- és zsigerindex, és nem a zsírtartalommal. Az összes többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) arány szintén a DDGS-kiegészítéssel hozható összefüggésbe.

A szérum biokémiai paraméterei a halak közötti nagy egyedi eltérések miatt nem mutattak statisztikailag igazolható különbséget az egyes kísérleti csoportok között (6. táblázat). Az összes koleszterin (TC) és a triglicerid (TG) koncentrációja látszólag a testzsír csökkenésével tendenciaszerű korrelációt mutat. Az említett paraméterek szorosan összefüggnek a zsírsav anyagcserével és a takarmány minőségével, lévén sejtmembrán alkotók és a szteroid hormonok prekursorai, valamint az élőlény vitalitását és energia-ellátottságát jelzik (Groff és Zinkli, 1999). Az ALT, AST, AP, GGT enzimek aktivitása a máj károsodásával mutathat összefüggést. A vérplazma GGT értéke 2,5 U/L érték alatt volt, mely normális érték egy egészséges ponty (Velisek és mtsai, 2009) vagy tilápia esetében (Chen és mtsai, 2003). Mivel ezek a paraméterek számos fiziológiai és környezeti tényezőtől (Bowser, 1993) függenek és az élettani normálérték tartomány sem áll rendelkezésre minden paraméter vonatkozásában, ezért nehéz az adatok összehasonlítása és értékelése. Wang és mtsai (2014) kisebb ALT értéket, és nagyobb AST és AP értéket mért pontyban, amikor a szója helyettesítésére gyapotmag lisztet használtak. Glencross és mtsai (2011) ázsiai tengeri sügérben (*Lates Calcarifer*) hallisztet

tartalmazó táp etetésekor hasonlóan alacsony ALT értéket mértek, de nagy ALP aktivitás mellett. Jelen munkánkban az alacsony ALT és azonos ALP szintből arra következtettünk, hogy a DDGS nem okozott májkárosodást a ponty ivadékoknál.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A meghatározott látszólagos emészthetőségi értékek fehérje és foszfor tekintetében egy kedvező, jól emészthető alapanyagra utalnak a vizsgált halfajnál és összehasonlíthatók egyéb szántóföldi növények emészthetőségi együtthatóival. Az etetési kísérlet alapján megállapítottuk, hogy a ponty esetében akár 40%-ban is alkalmazható a DDGS a takarmányban aminosav-kiegészítés mellett, mivel kedvezően hat a növekedésre, a fehérje- és takarmányhasznosítása szignifikánsan jobb a kontrollhoz képest, valamint nincs negatív hatással a halak egészségi állapotára és anyagcsere folyamataira. A jól hasznosítható foszfor pedig csökkenti a szerves foszfor vegyületek alkalmazását a haltápban, ezzel együtt az elfolyó vízbe bocsájtott foszfor mennyiséget, és hatással van a takarmány előállítás költségére is. A továbbiakban, egy piacképes, tavi pontynevelő tápot tervezünk tesztelni félüzemi rendszerben, abból a célból, hogy világos képet kaphassunk arról, hogy nagy arányú DDGS-tartalmú takarmány miként hat a halak teljesítő képességére, a halhús minőségére, valamint nem utolsósorban a termelés gazdaságosságára.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérleti munka a Pannonia Bio Zrt. támogatásával valósult meg. Köszönjük a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. hozzájárulását a kísérleti takarmány előállításához.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abo-State, H. A. - Tahoun, A. M. - Hammouda, Y. A. (2009): Effect of replacement of soybean meal by DDGS combined with commercial phytase on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings growth performance and feed utilization. *American-Eurasian J. Agr. Environ. Sci.*, 473–479.
- AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) (1995): Official methods of analysis, 16th edition. Association of Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA
- ARRAINA (2015) *Feed ingredients in aquaculture - Technical booklet*. Available at: http://arraina.eu/images/ARRAINA/Media_Center/ARRAINA_1st_Technical_Booklet_web.pdf.
- Belyea, R. L. - Rausch, K. D. - Tumbleson, M. E. (2004): Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Biores. Tech.*, 94. 293–298.
- Bowser, P. R. (1993): Clinical pathology of salmonid fishes. In: *Fish medicine*. Ed. Stoskoff, M. K., Saunders, Philadelphia, USA.
- Bowzer, J. - Trushenski, J. - Rawles, S. - Gaylord, T. G. - Barrows, F. T. (2015): Apparent digestibility of Asian carp- and common carp-derived fish meals in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* ♀ × *M. chrysops* ♂ and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacult. Nutr.*, 21. 43–53.
- Bureau, D.P. - Harris, A. M. - Cho, C. Y. (1999): Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180. 345–358.
- Castillo, S. - Gatlin, D. M. (2015): Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. *Aquaculture*, 235. 286–292.

- Cho, C. Y. - Slinger, S. J. - Bayley, H. S. (1982): Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B. 25–41.
- Chen, C. Y. - Wooster, G. A. - Getchell R. G. - Bowser, P. R. - Timmons, M. B. (2003): Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. *Aquaculture*, 218. 89–102.
- Cheng, Z. J. - Hardy, R. W. (2004a): Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grain with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Aquacult.*, 15. 83–100.
- Cheng, Z. J. - Hardy, R. W. (2004b): Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Aquacult.*, 15. 101–113.
- Degani, G. - Yehida, Y. (1997): The digestibility of nutrient sources of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus. *Aquacult. Res.*, 28. 575–580.
- Diógenes, A. F. - Castro, C. - Carvalho, M. - Magalhães R. - Estevão-Rodrigues, T. T. - Serra C. R. - Oliva-Telesa, A. - Peresa, H. (2018): Exogenous enzymes supplementation enhances diet digestibility and digestive function and affects intestinal microbiota of turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles fed distillers' dried grains with solubles (DDGS) based diets. *Aquaculture*, 486. 42–50.
- Diógenes, A. F. - Basto, A. - Estevão-Rodrigues, T. T. - Moutinho, S. - Aires, T. - Oliva-Telesa, A. - Peresa, H. (2019): Soybean meal replacement by corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and exogenous non-starch polysaccharidases supplementation in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 500. 435–442.
- FAO (*Food & Agriculture Organisation*) (2019): FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2017. Rome, doi: 10.1109/BMEI.2010.5639447.
- Gatlin, D. M. - Barrows, F. T. - Brown, P. - Dabrowski, K. - Gaylord, T. G. - Hardy, R. W. - Herman, E. - Hu, G. - Krogdahl, A. - Nelson, R. - Overturf, K. - Rust, M. - Sealey, W. - Skonberg, D. - Souza, E. J. - Stone, D. - Wilson, R. - Wurtele, E. (2007): Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquacult. Res.*, 38. 551–579.
- Groff J. M. - Zinkl, J. G. (1999): Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish. Common carp and goldfish. *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice*, 2. 41–76.
- Glencross, B. - Rutherford, N. - Jones, B. (2011): Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquacult. Nutr.*, 17. 722–732.
- Halver, J. E. (1976): Formulating practical diet for fish. *J. Fish. Board Can.*, 33. 1032–1039.
- Hardy, R. W. (2000): New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. in *Avances en Nutrition Acuicola V. Memorias del V Simposium Inter. Nutric. Acuicola*, 216–226.
- Horváth, L. - Tamás, G. - Seagrave, C. (2002): *Carp and pond fish culture*. Fishing News Books. Division of Blackwell Science Ltd. ISBN 0-85238-282-0.
- Hung, L. T. - Thanh, N. T. - Pham, M. A. - Browdy, C. L. (2015): A comparison of the effect of dietary fungal phytase and dicalcium phosphate supplementation on growth performances, feed and phosphorus utilization of tra catfish juveniles (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878). *Aquacult. Nutr.*, 21. 10–17.
- Khalil, F. F. - El-sharkawy, S. E. M. (2013): Utilization of distillers dried grains with solubles in fish nutrition 2-partial replacement of fish meal and yellow corn by graded levels of DDGS in Nile tilapia fingerlings diets (*Oreochromis niloticus*). *Mansoura J. Anim. Poultry Prod.*, 4. 455–467.
- Kumar, V. - Sinha, A. K. - Makkar, H. P. S. - Boeck, G. D. - Becker, K. (2012): Phytate and phytase in fish nutrition. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 96. 335–364.
- Li, E. - Lim, C. - Cai, C. - Klesius, P. H. (2011a): Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing different levels of wheat distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 170. 246–255.

- Li, M. H. - Oberle, D. F. - Lucas, P. M. (2011b): Evaluation of corn distillers dried grains with solubles and brewer's yeast in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), *Aquacult. Res.*, 42. 1424–1430.
- Li, M. H. - Robinson, E. H. - Oberle, D. F. - Lucas, P. M. (2010): Effects of various corn distillers' by-products on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquacult. Nutr.*, 16. 188–193.
- Lim, C. - Yildirim-Aksoy, M. (2008): Distillers dried grains with solubles as an alternative protein source in fish feeds. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 67–82.
- Makkar, H. (2012): Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges. Rome: FAO.
- Overland, M. - Krogdahl, A. - Shurson, G. - Skrede, A. - Denstadli, V. (2013): Evaluation of distiller's dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller's dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 416. 201–208.
- Pinotti, L. - Ottoboni, M. - Giromini, C. - Dell'Orto, V. - Cheli F. (2016): Mycotoxin contamination in the EU feed supply chain: A focus on cereal byproducts. *Toxins*, 8. 45.
- Rajić, Z. - Vignjević-Dorđević, N. - Čanak, S. (2016): Production and economic results of intensive carp (*Cyprinus carpio*) farming in Serbia. *Econom. Agricult.*, 63. 1445-1458.
- Révész, N. - Havasi, M. - Lefler, K. K. - Hegyi, Á. - Čolović, R. - Banjac, V. - Ardó, L. - Sándor J., Zs. (2018): A DDGS potenciális alkalmazásának lehetőségei európai harcsa (*Silurus glanis*) tápokban. *Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2018. május 30-31. előadás kivonat*, 22-23.
- Révész, N. - Kumar, Sh. - Bogevik, A. S. - Fazekas, Gy. - Jeney, Zs. - Hegyi, Á. - Sándor J., Zs.: (2020). Effect of temperature on digestibility, growth performance and nutrient utilization of corn distiller's dried grains with soluble (DDGS) in common carp juveniles. *Aquacult. Res.*, 51. 828–835.
- Révész, N. - Havasi, M. - Lefler, K. K. - Hegyi, Á. - Ardó, L. - Sándor J., Zs. (2019): Protein replacement with dried distiller's grain with solubles (DDGS) in practical diet of common carp (*Cyprinus carpio*). *AACL BIOFLUX*, 12. 1174-1188.
- Ruttkay, A. (2016): Az édesvízi akvakultúra alapjai és a magyar haltenyésztés sajátosságai. Szerk. Péteri A. Szarvas, NAIK Halászati Kutatóintézet.
- Tahoun, A. M. - Abo-State, H. - Hammouda, Y. A. (2009): Effect of adding commercial phytase to DDGS based diets on the performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *American-Eurasian J. Agricult. Environ. Sci.*, 5. 550–555.
- Thompson, K. R. - Rawles, S. D. - Metts, S. L. - Smith, R. - Wimsatt, A. - Gannam, A. L. - Webster, C. D. (2008): Digestibility of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with solubles in practical diets for sunshine bass, *Morone chrysops* X *M. saxatilis*. *J. World Aquacult. Soc.*, 39. 352-363.
- Tocher, D. R. - Glencross, B. (2015): Lipids and fatty acids. In: *Dietary nutrient, additives, and fish health*, Eds.: Lee, C. S. - Lim, Ch. - Gatlin, D. - Webster, C. D., John Wiley&Sons Inc. ISBN: 9780470962886 Online ISBN:9781119005568 doi:10.1002/9781119005568.ch3
- Trushenski, J. - Gause B. (2013): Comparative value of fish meal alternatives as protein sources in feeds for hybrid striped bass. *North Amer. J. Aquacult.*, 75. 329-334.
- USGC: (2012): *A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS)*, U.S. Grain Council, 3rd Ed.
- Zhou, P. - Davis, D. A. - Lim, C. - Yildirim-Askoy, M. - Paz, P. - Roy, L. A. (2010): Pond demonstration of production diets using high levels of distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation for channel catfish. *North Amer. J. Aquacult.*, 72. 361-367.
- Velisek, J. - Svobodova, Z. - Machova, J. (2009): Effects of bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiol. Biochem.*, 35. 583–590.
- Wang, X. F. - Li, X. Q. - Leng, X. J. - Shan, L. L. - Zhao J. X. - Wang, Y. T. (2014): Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 428–429. 79–87.

Woynárovich, A. - Kovács, É. - Péteri, A. (2019): A takarmányozás gyakorlati szempontjai a tógazdasági haltermelésben. Budapest, Agrárminisztérium, Halgazdálkodási Főosztály.

Érkezett: 2020. január

Szerzők címe: Jakabné Sándor Zs. - Révész N. - Havasi M.
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Halászati Kutatóintézet
Authors' address: National Agricultural Research and Innovation Centre
Research Institute for Fisheries and Aquaculture
H-5540 Szarvas, Anna-liget 35.
jakabne.sandor.zsuzsanna@naik.haki.hu

A. S. Bogevik
Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research, (NOFIMA AS)
Fyllingsdalen, Norway

Sh. Kumar
Department of Aquaculture, College of Fisheries,
Dr. Rajendra Prasad Central Agricultural University
Muzaffarpur, Bihar, India

HAGYOMÁNYOS TENYÉSZÉRTÉKBECSLÉSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA LIMOUSIN HÚSMARHA FAJTÁBAN

SZÚCS MÁRTON - SZABÓ FERENC - MÁRTON JUDIT - ANTON ISTVÁN - ZSOLNAI ATTILA - BENE SZABOLCS

ÖSZEFoglalás

A munka során limousin tenyészbikák tenyészértékbecslését végezték a szerzők borjak választási súlya alapján. Az értékelésben 110 tenyészbika és azoknak 37 hazai tenyészetből származó 13 611 borja választási súlya és választási életkora szerepelt. A borjak adataiból két adatbázist (fajtatiszta és keresztezett, ill. vegyes) képeztek. Mindkét adatbázist négy különböző BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) modellel (2 apamodell, 2 egyedmodell) futtatták. Nem találtak nagy eltérést a két különböző apamoddellel becsült populációgenetikai paraméterek között. Ezzel szemben a két egyedmodell közötti különbség számottevőnek bizonyult, különösen a fajtatiszta limousin ($0,28 \pm 0,05$) és a vegyes genotípusú populációban ($0,57 \pm 0,06$) számított h^2 érték esetén. Az eredmények alapján megállapítható, hogy egyedmodellel nagyobb - bizonyos esetekben sokkal nagyobb - örökölhetőségi értékeket kaptak, mint az apamoddellel. Mivel fajtatiszta állományban az apamodell és az egyedmodell között nem találtak különbséget, fajtatiszta állományban az apamodell kellő pontosságúnak tekinthető. Egyedmodellel becsülve a limousin tenyészbikák tenyészértéke és az ez alapján felállított rangsora lényegesen különbözött egymástól attól függően, hogy a tenyészértékbecslés fajtatiszta, illetve keresztezett állomány adatbázisán történt. Ez az eredmény azt sugallja, hogy másként kell megítélni ugyanazt a tenyészbikát, ha azt fajtatiszta állományon, illetve, ha keresztezési célra használják.

SUMMARY

Szűcs, M. - Szabó, F. - Márton, J. - Anton, I. - Zsolnai, A. - Bene, Sz.: COMPARISON OF DIFFERENT TRADITIONAL MODELS FOR BREEDING VALUE ESTIMATION IN LIMOUSIN BEEF CATTLE

Based on the national database of the Association of Hungarian Limousin and Blonde d'Aquitaine Breeders (AHLBB) weaning results (weaning weight, age at weaning) of 13 611 Limousin calves sired by 110 breeding bulls, at 37 herds were evaluated. Considering the genotype of calves, two databases (one purebred and one of mixed or crossed genotype calves) were formed from the starting data. Four BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) models (2 sire models and 2 animal models) were used for breeding value estimation. Genetic parameters and breeding value of sires were estimated on weaning weight trait. According to the results no difference was found between two sire models. However, there were differences as for the heritability value of weaning weight between animal models depending on whether the database was purebred ($h^2=0.28 \pm 0.05$), or crossbred (mixed) ($h^2=0.57 \pm 0.06$). Furthermore, the animal model resulted in higher values of heredity than that of sire model. As no differences were found on heritability, breeding value and rank of sires between purebred or crossbred population estimated by sire model, this model can be considered appropriate for applying in purebred population. Using animal model considerable differences were found as for heritability, breeding value and rank of sires between purebred and crossbred population. This result calls attention to the differences on breeding values of a given sire estimated on the database of purebred or crossbred population, ie. it is possible to estimate purebred and crossbred breeding value for the same sire.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A húsmarhatenyésztés -melyben a limousin fajta kiemelt szerepet játszik- a hazai állattenyésztés egyik legdinamikusabban fejlődő ágazata, annak ellenére, hogy, a marhahús előállításában a húshasznú állományok mellett a tej- és kettős hasznosítású fajták is meghatározó arányt képviselnek. Mindegyik húsmarha fajtában, így a limousinban is fontos, hogy az adott tulajdonságot a következő generációban leginkább javító tenyészállatokat, elsősorban tenyészbikákat használjunk. Ennek feltétele, hogy megbízható információval rendelkezünk az adott tenyészbika várható örökítőértékéről, azaz a tenyészértékéről. Egy tenyészállat tenyészértéke azt jelenti, hogy az adott egyed mit ér a tenyésztőnek szülőként, vagyis milyen tulajdonságú, teljesítményű ivadékokat várhatunk tőle. Mivel egy-egy húshasznosítású tenyészbikának több ivadéka van, mint a teheneknek, a tenyészértékbecslés rendszerint az apák (tenyészbikák) várható örökítő értékének becslésére irányul.

A tenyészértéket különböző módszerekkel, modellekkel becsülhetjük. Az utóbbi időben terjed a genom alapú, ún. genomikai tenyészértékbecslés eljárás, amely referencia populációk hagyományos tenyészértéke és a genomikai információk kapcsolata alapján érdemi teljesítményadatok nélkül, már az állat fiatal korában lehetővé teszik a becslést. Fontosnak tartjuk azonban hangsúlyozni, hogy a genotípus-környezet kölcsönhatás miatt a genomikai becslések eredménye csak olyan környezeti feltételek között megbízható, amely körülmények között a teljesítményadatokat gyűjtöttük, és a hagyományos (nem genomikai) tenyészértékbecslést elvégezzük. Emiatt, ha szélesebb körben alkalmazzuk is a genomikai tenyészértékbecslést, fajtánként és környezet típusonként rendelkezünk kell származási- és teljesítmény adatokkal rendelkező ún. referencia állományokkal, amelyek a származási információk mellett teljesítményadatokat is tartalmaznak. Emiatt a hagyományos tenyészértékbecslési módszerek a jövőben sem lesznek mellőzhetőek. Ugyancsak kiemeli a hagyományos tenyészértékbecslési módszerek jelentőségét az a tény, hogy a genomikai tenyészértékbecslés a hagyományos modellek elveit követi, csak azokban a tényleges teljesítményadatok mellett genom (DNS) információk is szerepelnek.

A hagyományos tenyészértékbecslési modellek elve a BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), amely mind származási, mind oldalági rokon és ivadékteljesítmény adatokat figyelembe vehet. Ha az adott egyed még nem rendelkezik ivadék teljesítménnyel, a módszer kellő számú oldalági rokon (apai féltestvér) adata alapján is viszonylag megbízható becslési eredményt adhat.

Az említett BLUP módszernek különböző modelljeit fejlesztették ki, amelyek mindegyikét alkalmazhatjuk jelenleg is.

Apamodell. Az apamodell (sire model) a BLUP legrégebbi módszere. Tejhasznosítású állományokban ma már kevésbé használják. Ezzel tulajdonképpen apai féltestvércsoportok varianciaanalízisét végezzük, azaz a teljes varianciát apai féltestvércsoportokon belüli, ill. azok közötti varianciára választjuk szét. Az első esetben környezeti vagy hibavarianciáról, míg a második esetben additív genetikai varianciáról beszélünk. A tenyészérték mellett a becsült genetikai variancia, ill. a teljes variancia aránya előrejelzi a várható öröklődhetőségi értéket egy adott

tulajdonság esetében. Apamodellnél az apa véletlen hatásként szerepel (Szóke és Komlósi, 2000; Lengyel és mtsai, 2004; Komlósi, 2015).

Egyedmodell. Az egyedmodell (animal model) a genetikai varianciát képes különböző komponensekre felbontani rokonsági mátrixok alapján. Olyan vegyes modell, mely fix és véletlen hatásokat egyaránt tartalmaz. Ez a módszer az apamodelltől eltérően az apai származás mellett, a rendelkezésre álló többi rokon adatait is figyelembe veszi. Itt tehát, a genetikai variancia kialakításánál, az apa hatása mellett az anya hatását is becsülni lehet. Nyilvánvaló, hogy az azonosítható fix vagy véletlen hatások számának növelésével csökkenthető a hibavariancia. Szóke és Komlósi (2000) találó megállapítása szerint, a véletlen hatás tulajdonképpen maga az egyed és a hiba.

Többfajtás tenyésztéértékbecslés. Jelenleg a szakemberek egyre gyakrabban alkalmazzák a többfajtás tenyésztéértékbecslést melynek lényege, hogy több fajta, ill. keresztezett állomány adatbázisát egyidejűleg értékelik.

A keresztezett állományokban használt tenyésztéértékbecslési módszer hasonló a fajtatizta állományok vizsgálatához, de előbbi esetben a fajták közötti genetikai különbségekkel, ill. a heterózis hatással is számol (Graser, 1999). A többfajtás tenyésztéértékbecslés alkalmazásával a keresztezési célra használt tenyészállatok megítélése pontosabb, megbízhatóbb lehet, ugyanis a módszer figyelembe veszi a kombinálódó képességet, azaz a keresztezések során megnyilvánuló speciális tenyésztéértéket is (Bene és mtsai, 2007a).

Keresztezett populációban először Notter és Cundiff (1991) végeztek ilyen típusú vizsgálatokat, de azoknak az akkori gyakorlat nem tulajdonított nagy jelentőséget. Később, Rodríguez Almeida és mtsai (1997) arra a következtetésre jutottak, hogy a keresztezett populációkban végzett tenyésztéértékbecslés eredményei kiterjeszthetők fajtatizta állományokra is, másrészt pedig így még pontosabb eredményeket lehet elérni. A következő években számos modellt használtak többfajtás tenyésztéértékbecslésre (Elzo és Famula, 1985; Arnold és mtsai, 1992; Pollak és Quaas, 1998). Egyes szerzők szerint a fajtatizta és a keresztezett állományokon vizsgált paraméterek értékei eltérhetnek egymástól (Splan és mtsai, 1998, 2002; Sullivan és mtsai, 1999; Newman és mtsai, 2002). Ezzel szemben Szabó (1993), ill. Gregory és mtsai (1995) arra a következtetésre jutottak, hogy hasonló körülmények között tartott fajtatizta és keresztezett állományok főbb paramétereinek genetikai varianciája és öröklődhetősége nem különbözik egymástól jelentős mértékben.

Az elmúlt években számos jelentős tanulmány foglalkozott tenyésztéérték és öröklődhetőségi érték -BLUP módszerek alkalmazásán alapuló becslésével (Trus és Wilton, 1988; Meyer és mtsai, 1993; Núñez-Dominguez és mtsai, 1993; Van Vleck és mtsai, 1996; Ahunu és mtsai, 1997; Lee és mtsai, 1997; Dodenhoff és mtsai, 1999; Iwaisaki és mtsai, 2005).

BREEDPLAN. A világviszonylatban is egyik legelterjedtebb tenyésztéértékbecslési módszer a BLUP alapú BREEDPLAN, amelyet az ausztráliai New South Wales Mezőgazdasági Intézet és a New England Egyetem fejlesztett ki még 1984-ben. Ez egy olyan többfajtás tenyésztéértékbecslési modell (multibreed breeding value estimation, MBVE, MBE), amellyel egyidejűleg több tulajdonságcsoporthoz (pl. ellés

módja, növekedés, vágóérték stb.) lehet vizsgálni (Newman és mtsai, 2002) és felhasználható fajtán belül, illetve keresztezett állományokban egyaránt.

A BREEDPLAN eljárását ma számos országban alkalmazzák és jelenleg 41 húsmarhafajta, ill. keresztezett állomány tenyésztési adatait kezeli, lefedve ezzel a világ húsmarha állományának több mint 75%-át (Bene és mtsai, 2013). A módszer több hazai tenyésztői egyesület alkalmazza, például a Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete, a Magyar Hereford, Angus, Galloway Tenyésztők Egyesülete, de a Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete is végeztetett ilyen típusú elemzést.

Az említettekén kívül az elmúlt években több modellt is használtak a többfajtás tenyésztérbecslés még pontosabb elvégzéséhez (Elzo és Famula, 1985; Arnold és mtsai, 1992; Pollak és Quaas, 1998). Ezen esetekben tehát a genetikai előrejelzéshez fajtatizta vagy keresztezett borjak adatait, ill. értékmérőit használták. A módszer a tenyésztérbecslés során a borjak közötti különbséget, a fajták közötti különbséget és a heterózis hatást egyaránt figyelembe veszi.

Elvileg bármilyen tulajdonság alapján becsülhetünk tenyésztérbecslést, amelyről kellő adatbázis áll a rendelkezésünkre. Jelen munkánkban a becslést a limousin állományok borjainak választási súlya alapján végezzük. A választási súlyra egyrészt azért esett a választásunk, mert az a húshasznú tehén hozama, ennél fogva nem közömbös, hogy annak súlya miként alakul. Nagyobb választási súly több árbevételt, kedvezőbb eredményt ad, mint a kisebb. Tenyésztési szempontból ugyanakkor az adott életkorra elért borjúsúly a tehén borjúnevelő képességének is kifejezője, ezért fontos értékmérő tulajdonság, tenyésztérbecslési és egyben szelekciós szempont (Szabó, 1993, 2005). Másrészt, ha egyéb teljesítményadatot nem is mérünk, a választási súlyt általában akkor is megállapítjuk és feljegyezzük, ezért e tulajdonságról áll rendelkezésünkre a legnagyobb adatbázis.

A választási súlyt az összehasonlíthatóság érdekében a BIF (Beef Improvement Federation) és az ICAR (International Committee for Animal Recording) ajánlását követve hazánkban is a borjú 205-napos életkorra korigáljuk (Szabó, 2005). A 205. napra korigált választási súly öröklődhetősége (h^2) számos szerző megállapítása alapján átlagosan 0,2-0,5 körüli, genetikai korrelációja (r_g) a születési súllyal 0,6-0,8, a későbbi súlygyarapodással 0,5-0,8, az éveskori súllyal 0,3-0,7 körüli értékű (Szabó, 2005).

A választási tulajdonságok genetikai paramétereinek, ill. öröklődhetőségének becsülésével több külföldi és hazai kutató foglalkozott az elmúlt évek során. Számos külföldi tanulmány szerint az anya állandó környezeti varianciájának az aránya a fenotípusban különböző nagyságrendű lehet. Ennek értékét Núñez-Dominguez és mtsai (1993), Lee és mtsai (1997), valamint Carnier és mtsai (2000) 0 és 10% közöttinek találták. Meyer és mtsai (1993) a választási súlyt vizsgálva hereford és wokalup fajtában, az anya állandó környezeti hatásának a fenotípushoz való hozzájárulását 20%-ra, illetve 12%-ra értékelték. Van Vleck és mtsai (1996) ugyanezt a hatást, hereford, limousin és charolais fajtákban végzett vizsgálatokban, a választási súly esetében 30%, 18% és 21%-ra becsülték.

A választási súly öröklődhetősége többnyire egy adott környezetben tartott állományra jellemző, ezért, tenyésztési programok kidolgozásakor az adott állományra, és környezetre kell a számításokat elvégezni. Az adott környezetben egy tulajdonság öröklődhetőségét a genetikai variancia nagysága határozza

meg. Ez számos tényezőtől függ, mint például az apától, a rokonságtól, illetve a beltenyésztettség fokától. Másrészt, az öröklődhetőségi érték (h^2) függ a számítás módszerétől is, ugyanis az eljárások pontossága különböző lehet, így módszertől függően, a hibavariancia is eltérhet. Egyes szerzők megállapították, hogy az életkorral változik a gének expressziója, ezáltal a genetikai variancia is. Így tehát, az öröklődhetőségi érték függ attól is, hogy azt milyen korú egyedek alapján becsültük. *Albuquerque és Meyer* (2001), ill. *Meyer* (2002) arra a következtetésre jutottak, hogy a direkt öröklődhetőségi érték a születést követően jelentősen csökken, majd 100 napos kor után ismételen növekszik az egyed 600 napos koráig. Az anyai öröklődhetőség tekintetében kimutatták, hogy ez 160 és 200 napos kor között a legnagyobb. A hazai kutatók közül *Szabó* (1993) számos tulajdonság öröklődhetőségére vonatkozóan közöl adatokat. *Tózsér és mtsai* (2002) limousin állományokban a választási súly öröklődhetőségét 0,14-nek, míg *Lengyel és mtsai* (2004) 0,22-nek találták. *Bene és mtsai* (2006) magyar tarka borjak választási eredményeinek vizsgálata során arra a következtetésre jutottak, hogy az additív direkt genetikai hatásra kapott öröklődhetőségi értéke ($h^2_d = 0,37 - 0,42$) közepes. Megállapították továbbá, hogy a vizsgált tulajdonságok anyai öröklődhetősége kicsi ($h^2_m = 0,08 - 0,12$), valamint a direkt és az anyai genetikai hatás közötti korreláció negatív ($r_{dm} = -0,52$ és $-0,74$ közötti). Következésképpen a szelekció során célszerű mind a két hatást együttesen figyelembe venni.

Jelen munkánk célja, hogy elvégezzük különböző limousin tenyészbikák tenyészértékbecslését a borjak választási súlya alapján az említett modellekkel, és modellenként, adatbázisonként összehasonlítsuk az adott tulajdonságra kapott öröklődhetőségi- és tenyészérték adatokat és a tenyészvikák rangsorát.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánkhoz a Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesületének a borjak választási eredményére vonatkozó, pedigre információkat is tartalmazó adatbázisát használtuk. A vizsgált populációban mind fajtatiszta, mind keresztezett állományok előfordultak. Az összehasonlítás, illetve a többfajtas tenyészértékbecslés alkalmazása érdekében blonde d' aquitaine állományokat is értékeltünk. A kiindulási adatbázisok szerkezete, valamint néhány kiindulási paramétere az 1. táblázatban látható.

A feldolgozott törzskönyvi adatbázisban 13613 borjú választási súlya és választási életkora szerepelt, melyek 37 hazai tenyészetben 1992 és 2009 között születtek. Számításainkat megelőzően a borjak genotípusát figyelembe véve a kiindulási adatokból két adatbázist alakítottunk ki. Az első adatbázis (adatbázis 1., $N = 9233$) kizárólag a fajtatiszta limousin, a második adatbázis (adatbázis 2., $N = 13613$) emellett tartalmazta olyan keresztezett borjak adatait is, melyek apai ágról limousin származásúak voltak. Ez az adatbázis tehát „vegyes” genotípusú volt. A keresztezett borjak anyai származását nem határoztuk meg, az anyák (tehenek) a limousin kivételével bármilyen fajtájúak, vagy akár keresztezett genotípusúak is lehettek. A vizsgálatba vont 13611 borjú mindegyike apai ágon tehát limousin származású volt, azaz az adatbázisainak apai féltestvér csoportok választási eredményeit tartalmazták. A választott borjak összesen 110 apa ivadékai voltak (2. táblázat).

Az értékelésbe, vagyis a kiindulási adatbázisba csak olyan apák kerültek be,

1. táblázat

A kiindulási adatbázisok szerkezete

Felhasznált adatbázisok (1)	Adatbázis 1.	Adatbázis 2.	
Genotípus struktúra (2)	fajtatiszta (3)	vegyes genotípusú, fajtatiszta és keresztezett együtt (4)	
- apa genotípusa (5)	LIM	LIM	LIM
- anya genotípusa (6)	LIM	LIM	random
- borjak száma (7)	9233	9233	4380
Borjak száma az adatbázisban (8)	9233	13613	
Tenyészetek száma (9)	27	37	
Borjak születési ideje (10)	1992-2009	1992-2009	
Anyák ellésszáma (11)	1-12	1-12	
Választási életkor (nap) (12)	120-365	120-365	
Választási súly (kg) (13)	100-350	100-350	

LIM = Limousin

Table 1. Structure of database evaluated

database (1); structure of genotypes (2); purebred (3); purebred, crossbred and mixed together (4); genotype of sire (5); genotype of dam (6); number of calves (7); number of calves in the database (8); number of herds (9); birth year of calves (10); number of calves per cow (11); age at weaning (12); weaning weight (13)

2. táblázat

A vizsgálatba vont limousin apák

Megnevezés (1)	Létszám (2)
A vizsgálatba vont apák száma összesen (3)	110
- ezek ivadékainak a száma (4)	13613
Egy apára jutó ivadékok száma átlagosan (5)	123,7
Egy apára jutó ivadékok száma minimum (6)	15
Csak fajtatiszta ivadékokkal rendelkező apák száma (7)	21
- ezek ivadékainak a száma (8)	719
Fajtatiszta és keresztezett ivadékokkal is rendelkező apák száma (9)	85
- ezek ivadékainak a száma (10)	12804
- ebből fajtatiszta (11)	8514
- ebből keresztezett (12)	4290
Csak keresztezett ivadékokkal rendelkező apák száma (13)	4
- ezek ivadékainak a száma (14)	93

Table 2. The studied limousin sires

parameter (1); number (2); number of sires studied (3); number of progeny (4); average number of progeny per sire (5); minimum number of progeny per sire (6); number of sires having only purebred progeny (7); number of progeny of the above sires (8); number of sires having both purebred and crossbred progeny (9); number of progeny of the above sires (10); purebred (11); crossbred (12); number of sires having only crossbred progeny (13); number of their progeny (14).

melyek után legalább 15 borjú választási adatai álltak rendelkezésre. Az egy apára jutó ivadékok száma átlagosan 123,7 volt. A 110 értékelt apa közül 85 olyan tenyészbikát találtunk, melyeknek fajtatiszta és keresztezett ivadékai is voltak. Így a kiindulási adatbázisban 13611 olyan borjú adata állt rendelkezésre, melyeknek voltak fajtatiszta és keresztezett féltestvérei is. Hozzáteve, hogy az értékelésbe vont 37 tenyészet közül majdnem mindegyikében választottak fajtatiszta és keresztezett borjakat, a vegyes genotípusú adatbázisunk (adatbázis 2.) a tenyészetekben történő apahasználat, valamint az árutermelő keresztezések következtében létrejött genotípus-struktúra meglehetősen sokszínű, sok átfedést

3. táblázat

Az alkalmazott modellek

Modell száma (1)	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Modell típusa (2)	Apamodell (3)	Apamodell (3)	Egyedmodell (4)	Egyedmodell (4)
A populáció genotípusa (5)	Fajtatiszta (6)	Vegyes genotípusú (7)	Fajtatiszta (6)	Vegyes genotípusú (7)
Random hatások (8)				
- apa (9)	+	+	+	+
- egyed (10)	-	-	+	+
- anya (11)	-	-	+	+
Fix hatások (12)				
- borjú genotípusa (13)	-	+	-	+
- tenyészet (14)	+	+	+	+
- anya ellésszáma (15)	+	+	+	+
- születési évjárat (16)	+	+	+	+
- születési évszak (17)	+	+	+	+
- borjú ivara (18)	+	+	+	+
Egyéb hatások (19)				
- anyai genetikai hatás (20)	-	-	+	+
- anya állandó környezeti hatása (21)	-	-	+	+
Kovariáns (választási kor) (22)	+	+	+	+
Vizsgált tulajdonság (választási súly) (23)	+	+	+	+

+ = a modell ezt a hatást tartalmazza (24); - = a modell ezt a hatást nem tartalmazza (25)

Table 3. The models used in the study

number of model (1); type of model (2); sire model (3); animal model (4); genotype (5); purebred (6); mixed (7); random effects (8); sire (9); individual (10); dam (11); fixed effects (12); genotype of calf (13); herd (14); parturity (15); birth year (16); birth season (17); gender of calf (18); other effects (19); genetic effect of dam (20); permanent environmental effect of dam (21); covariant (weaning age) (22); weaning weight as a studied trait (23); this effect is included in the model (24); this effect is not included in the model (25)

és rokon kapcsolatot tartalmazó volt. Munkánk során az előzőekben bemutatott adatbázisokat különböző BLUP modellekkel (Henderson, 1975) értékeltük ki. Vizsgálatainkban négy különböző modellt állítottunk össze, majd összehasonlítottuk egymással az ezekkel kapott eredményeket. A négy modell közül kettő apamodell, kettő pedig egyedmodell volt (Szőke és Komlósi, 2000). Mind az apamodell, mind pedig az egyedmodellt a fajtatizta borjak adatbázisain (adatbázis 1. és adatbázis 2.) külön-külön lefuttattuk. Számításaink során egyetlen tulajdonságot, a választási súlyt értékeltük. A négy különböző modellt, valamint az összeállításuk során figyelembe vett kiindulási paramétereket a 3. táblázatban mutatjuk be.

A jobb érthetőség, valamint a könnyebb áttekinthetőség érdekében a munka során elvégzett számításokat (a hat futtatást) a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

A modellek és futtatások száma és tartalma

Futtatás sorszám (1)	Alkalmazott modell (2)			Értékelésbe vont borjak (3)		Falhasznált adatbázis száma* (6)
	Apa	Egyed	Száma#	Fajtatizta (4)	Keresztezett (5)	
1.	+		modell 1	+		1.
2.	+		modell 1			2.
3.	+		modell 2		+	3.
4.		+	modell 3	+		1.
5.		+	modell 3			2.
6.		+	modell 4		+	3.

*az 1. táblázat alapján (7); #a 3. táblázat alapján (8); + = a futtatás során a megjelölt kiindulási feltételek teljesültek (9)

Table 4. Number of runnings

number of runnings (1); model (2); number of calves (3); purebred (4); crossbred (5); number of database (6); as in Table 1. (7); as in Table 3. (8); completed in the running * as in table 1, as in Table 2. (9)

Apamodelekkel végzett becslés

Az apamodeleknél tulajdonképpen apai féltestvércsoportok varianciaanalízisét végezzük, azaz a teljes varianciát apai féltestvércsoportokon belüli, illetve azok közötti varianciára választjuk szét. Apamodellben az apa véletlen hatásként szerepel (Lengyel és mtsai, 2004).

A számításaink során használt két különböző apamodell számos hatást tartalmazott. Az első apamodell (modell 1) kizárólag a fajtatizta adatbázisokon (adatbázis 1. és 2.) alkalmaztuk. Ennek összeállítása során az apát véletlen (random), a többi vizsgált tényezőt (a tenyészetet, a tehének ellésszámát, az évjáratot, a születés hónapját, valamint a borjú ivarát - korábbi vizsgálataink, valamint Kovács és mtsai (1993), illetve Tőzsér és mtsai (1996) eredményei alapján) fix hatásként vettük figyelembe. A munka során a választási életkort, mint kovariánst is a mo-

dellbe építettük. A második apamodell (modell 2) - melyet kizárólag a vegyes genotípusú adatbázison (adatbázis 3.) futtattunk - felírása során a többfajtás tenyésztérbecslés irányelveit vettük figyelembe. A két apamodell csupán anynyiban különbözött egymástól, hogy az egyik tartalmazta a borjú genotípusát (fajtatiszta limousin, limousin apaságú keresztezett), mint fix hatást, a másik pedig nem. A két apamodellt a következőképp írtuk fel:

$$\text{Modell 1: } Y_{ijklmno} = \mu + S_i + F_j + A_k + Y_l + M_m + C_n + b_{(xijklmno - X)} + e_{ijklmno}$$

$$\text{Modell 2: } Y_{hijklmno} = \mu + S_i + G_h + F_j + A_k + Y_l + M_m + C_n + b_{(xijklmno - X)} + e_{hijklmno}$$

ahol: $Y_{ijklmno}$ = i-edik apától, h genotípusú, j-dik tenyészetben, az anya k-adik elléséből, l évben, m évszakban, n ivarú, o korú választott borjú választási súlya. μ = az összes megfigyelés átlaga; S_i = a bika véletlen hatása; G_h = a borjú genotípusának fix hatása; F_j = a tenyészet fix hatása; A_k = a tehén ellésszámának (korának) a fix hatása; Y_l = a születési év fix hatása; M_m = a születési évszak fix hatása; C_n = a borjú ivarának fix hatása; b = regressziós koefficiens (választási életkor); $e_{ijklmno}$ = véletlen hiba.

A munka során mindkét apamodellel két varianciakomponenst becsültünk. Ezek a genetikai variancia (ivadékcsoportok közötti variancia; V_g), valamint a környezeti variancia (ivadékcsoporton belüli variancia; V_k) voltak. Az apamodellel becsült genetikai varianciát (V_g) a következő képlet segítségével számítottuk ki: $V_g = (MS_{\text{apa}} - MSE) / k_1$ (ahol k_1 tényező a vizsgálati elemszámból és az apa szabadságfokából számított koefficiens). A becslés során kapott MSE (hiba, vagy maradék) értéke megegyezett a környezeti variancia (V_k) értékével. Azaz $MSE = V_k$. A fenotípusos varianciát (V_f) a genetikai variancia ($V_g = V_g \times 4$) és a környezeti variancia (V_k) összegeként határoztuk meg ($V_f = V_g + V_k$). Az öröklődhetőségi értéket (h^2) a genetikai variancia (V_g) és a fenotípusos variancia (V_f) hányadosaként számítottuk ki ($h^2 = V_g / V_f$). Ezt követően a vizsgálatban szereplő összes apa tenyésztérbecslését megbecsültük a választási súly tulajdonságra. A tenyésztérbecslést az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a teljes populáció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg. Minden apa esetén két tenyésztérbecslést számítottunk. Egyet a fajtatiszta, egyet pedig a vegyes genotípusú populációban. Ennek eredményeit táblázatos formában csak a 2020 legtöbb ivadékkal rendelkező apa esetén mutatjuk be. A két különböző apamodellel becsült tenyésztérbecslések ismeretében az apák rangsorait is meghatároztuk a vizsgált tulajdonságban. Az apamodell futtatását Harvey (1990) „Least Square Maximum Likelihood” eljárása szerint, „Harvey” programmal végeztük.

Egyedmodellekkel végzett becslés

Az előzőekhez hasonlóan, a becsléseink során használt két egyedmodellbe is számos hatást építettünk. Az apamodellekhez hasonlóan ezek is csak abban különböztek egymástól, hogy az egyiket (modell 3) kizárólag a fajtatiszta adatbázisokon futtattuk és nem tartalmazta a borjak genotípusát, a másikat (modell 4) pedig kizárólag a vegyes genotípusú adatbázis esetében használtuk, a borjak

genotípusát pedig - *Splan és mtsai* (2002) vizsgálatához hasonlóan - fix hatás-ként beleépítettük. Ezen kívül a modellek teljesen azonosak voltak, mindkettő egyformán tartalmazta a pedigrére vonatkozó random hatásokat (a rokonsági mátrixban az apákra, anyákra és a nagyszülőkre vonatkozó adatok szerepeltek), az apamodellnél bemutatott fix hatásokat, a választási életkort, mint kovariánst, valamint az anyai genetikai hatást, és az anya állandó környezeti hatását is. Ez utóbbi két hatás értelmezését korábban *Bene* (2007) is részletesen ismertette. Az egyik egyedmodell tehát a „hagyományos” elveken alapult, a másikon pedig a „többfajtás” tenyésztérbecslés (*Van Vleck és mtsai*, 1992; *Núnez-Dominguez és mtsai*, 1995; *Roso és mtsai*, 2005) irányelveit érvényesítettük. Az egyedmodellel történő becslés során a következő variancia és kovariancia komponenseket, valamint populációgenetikai paramétereket határoztuk meg: additív direkt genetikai variancia (σ^2_d); anyai genetikai variancia (σ^2_m); direkt-anyai genetikai kovariancia (σ_{dm}); anyai állandó környezeti hatás (σ^2_{pe}); hiba variancia (σ^2_e); fenotípusos variancia (σ^2_p); direkt öröklődhetőség (h^2_d); anyai öröklődhetőség (h^2_m); teljes öröklődhetőség (h^2_r); direkt-anyai genetikai korreláció (rdm); az állandó környezeti variancia aránya a fenotípusos varianciában (c^2); a hiba variancia aránya a fenotípusos varianciában (e^2). A komponensek számításának menetét *Willham* (1972), valamint *Lengyel* (2005) által ismertetett módszer szerint végeztük.

Az alkalmazott egyedmodell általános alakját az alábbiak szerint írtuk fel: $y = a$ megfigyelés vektora (tulajdonság, azaz a választási súly); b_1 és b_2 = a fix hatás(ok) vektora a fentiek szerint; u = a véletlen hatás vektora (egyed); m = az anyai genetikai hatás vektora; pe = az anya állandó környezeti hatásának vektora; e = hiba vektor; X = a fix hatások előfordulási mátrixa; Z = a véletlen hatások előfordulási mátrixa; W = az anyai genetikai hatás előfordulási mátrixa; S = az anya állandó környezeti hatásának előfordulási mátrixa):

$$\text{Modell 3: } y = X_{b_1} + Z_u + W_m + S_{pe} + e$$

$$\text{Modell 4: } y = X_{b_2} + Z_u + W_m + S_{pe} + e$$

A vizsgálatban szereplő összes apa tenyésztérbecslését egyedmodellel is megbecsültük a választási súly tulajdonság esetén. Az ide vonatkozó irányelvek megegyeztek az apamodellnél leírtakkal, így azt itt nem ismételjük. Az egyedmodell esetén a populációgenetikai paramétereket és a tenyésztérbecsléseket - *Lengyel és mtsai* (2004), valamint *Lengyel* (2005) iránymutatása alapján - a DFREML (*Meyer*, 1998) és az MTDFREML (*Boldman és mtsai*, 1993) programokkal becsültük.

Az apák rangsorának összehasonlítása

A négy különböző BLUP modellel az apák választási súly tulajdonságra becsült tenyésztérbecslése alapján négy különböző rangsort állítottunk fel, fajtánként külön-külön. A modellnek az apák rangsorára gyakorolt hatást *Núnez-Dominguez és mtsai* (1995), *Lengyel és mtsai* (2004), valamint *Lengyel* (2005) vizsgálatihoz hasonlóan rangkorreláció-számítással határoztuk meg. Ehhez a MS Excel statisztikai programcsomagját használtuk.

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

Az előzőekben bemutatott négy különböző BLUP modellel becsült, hat futtatás során kapott populációgenetikai paramétereket az 5. táblázatban ismertetjük. A választási súly tulajdonság öröklődhetősége a különböző futtatások eredményei alapján meglehetősen tág határok között változott. Ezek alapján összességében megállapítható, hogy a vizsgált populációban a választási súly öröklődhetősége gyenge és jó közötti volt.

A két különböző apamodellel (modell 1 és modell 2) becsült populációgenetikai paraméterek között túlságosan nagy különbségeket nem találtunk. Ezzel szemben a két egyedmodell (modell 3 és modell 4) közötti különbség számottevőnek bizonyult, különösen a fajtatiszta limousin ($0,28 \pm 0,05$) és a vegyes genotípusú populációban ($0,57 \pm 0,06$) kapott h^2 érték esetén. Eredményeink alapján az is megállapítható, hogy valamennyi adatbázison az egyedmodellel nagyobb - bizonyos esetekben sokkal nagyobb - öröklődhetőségi értékeket kaptunk, mint az apamodellel. A h^2 értékek statisztikai értelemben vett megbízhatósága a négy modell között számottevő mértékben nem különbözött.

A fajtatiszta limousin populációban az egyedmodellel meghatározott populációgenetikai paramétereink hasonlóak voltak azokhoz az adatokhoz, mint amit munkájuk során Keeton és mtsai (1996), Van Vleck és mtsai (1996), valamint Dodenhoff és mtsai (1999) becsültek. Adataink teljesen azonosak voltak azokkal az eredményekkel, melyeket Lengyel és mtsai (2004), valamint Lengyel (2005) apamodellel és egyedmodellel határozott meg.

A vegyes genotípusú adatbázis alapján kapott populációgenetikai paramétereink részben a már meglévő szakirodalmi adatokhoz hasonlóan, részben attól eltérően alakultak. A választási súly esetén Splan és mtsai (1998) valamint Crews és Kemp (1999) az általunk számítottnál jóval kisebb öröklődhetőségi értékeket becsültek limousin keresztezett populációkban. Ahunu és mtsai (1997), valamint Roso és mtsai (2005) által vegyes genotípusú populációkra közölt értékek - egyedmodell esetén - szintén kisebbek voltak annál, mint amit munkánk során számítottunk. Bourdon és Brinks (1982) apamodellt használva, több fajta átlagában az általunk tapasztaltaknál nagyobb h^2 értékeket közöltek. Ezzel szemben eredményeink hasonlóságot mutattak azokkal az adatokkal, mint amit Magana és Segura (1997) keresztezett állományon, apamodellel történő értékelése során kaptak. A választási súlyra becsült populációgenetikai paramétereink hasonlóak azokhoz az adatokhoz is, melyeket Meyer (1992) keresztezett állományok vizsgálatát követően talált.

A limousin fajtájú apák ivadékaiknak számát, valamint a különböző adatbázisok alapján, különböző BLUP modellekkel becsült választási súly tenyészértékét, illetve az e tenyészértékek alapján felállított rangsorát a 6. táblázatban mutatjuk be.

Eredményeink alapján egyértelműen megállapítható, hogy valamennyi apa esetén a négy különböző BLUP modellel más és más tenyészértékeket becsültünk a választási súly tulajdonságra. A legtöbb apa esetén a tenyészértékek populációátlaghoz viszonyított iránya (javító vagy rontó hatás) ugyan hasonló volt, de a számszerű értékekben nagyon nagy különbségeket találtunk közöttük (pl.: 16444-es apa tenyészértékei a választási súly tulajdonságban: modell 1: +7,68

A vizsgálat során kapott populációgenetikai paraméterek

Paraméter (1)	Apamodell (2)			Egyedmodell (3)		
	Modell 1		Modell 2	Modell 3		Modell 4
	Fajtatiszta (4)		Keresztezett (5)	Fajtatiszta (4)		Keresztezett (5)
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
σ_d^2	200,24	494,08	423,78	243,21	662,14	603,60
σ_m^2	-	-	-	113,09	339,06	249,92
σ_{dm}	-	-	-	-105,43	-366,10	-310,76
σ_{pe}^2	-	-	-	83,80	54,25	69,28
σ_e^2	795,42	911,02	899,51	531,26	412,40	454,20
σ_p^2	995,66	1405,10	1323,29	865,93	1101,75	1066,24
h_d^2	0,20±0,03	0,35±0,09	0,32±0,04	0,28±0,05	0,60±0,14	0,57±0,06
h_m^2	-	-	-	0,13±0,04	0,31±0,07	0,23±0,03
r_{dm}	-	-	-	-0,64±0,09	-0,77±0,07	-0,80±0,03
c^2	-	-	-	0,10±0,02	0,05±0,03	0,07±0,01
e^2	-	-	-	0,61±0,04	0,37±0,10	0,43±0,04
$h_m^2 + c^2$	-	-	-	0,23	0,36	0,30
h_T^2	0,20	0,35	0,32	0,16	0,26	0,25

F = futtatás sorszáma (6); σ_d^2 = direkt additív genetikai variancia (7); σ_m^2 = anyai genetikai variancia (8); σ_{dm} = direkt-anyai kovariancia (9); σ_{pe}^2 = anyai állandó környezeti variancia (10); σ_e^2 = hiba és egyéb környezeti variancia (11); σ_p^2 = fenotípusos variancia (12); h_d^2 = direkt öröklődhetőség (13); h_m^2 = anyai öröklődhetőség (14); r_{dm} = direkt-anyai genetikai korreláció (15); c^2 = állandó környezeti variancia aránya a fenotípusban (16); e^2 = a hiba variancia aránya a fenotípusban (17); h_T^2 = teljes öröklődhetőség (18)

Table 5. Population genetic parameters obtained in the study

parameter (1); sire model (2); animal model (3); purebred (4); crossbred (5); number of runnings (6); direct genetic variance (7); maternal genetic variance (8); direct-maternal covariance (9); maternal permanent environmental variance (10); error and other environmental variance (11); phenotypic variance (12); direct heritability (13); maternal heritability (14); direct-maternal genetic correlation (15); ratio of direct environmental variance in the phenotype (16); ratio of error variance in the phenotype (17); total heritability (18)

kg; modell 2: +9,05 kg; modell 3: +11,94 kg; modell 4: +11,64 kg). Mindezek mellett vizsgálatunk során találtunk olyan apákat is (pl.: a 18853-as apa), melyek tenyésztérbéke a választási súly tulajdonságra nézve fajtatiszta populációkban rontó hatású, de a vegyes genotípusú állományban javító hatású volt. A négy modell közül a legkiugróbb eredményeket a vegyes genotípusú állományon futtatott apamodell (modell 2) esetén tapasztaltuk. Az ezzel a modellel becsült tenyésztérbékek számos apa (pl.: 14712-es apa tenyésztérbéke a választási súly tulajdonságban: modell 1: +13,79 kg; modell 2: -23,95 kg; modell 3: +25,99 kg; modell 4: +17,29 kg) esetén nemcsak irányában, de abszolút értékben nézve is

6. táblázat

A limousin apák választási súly tulajdonság alapján becsült tenyészártéke és rangsora

Apa száma KLSZ (6)	N (7)		Apamodell (1)				Egyedmodell (2)			
	Adatbázis 1.	Adatbázis 2.	Modell 1 (adatbázis 1.) (3)		Modell 2 (adatbázis 2.) (3)		Modell 3 (adatbázis 1.) (3)		Modell 4 (adatbázis 2.) (3)	
			Fajtatiszta populációban (4)		Keresztezett populációban (5)		Fajtatiszta populációban(4)		Keresztezett populációban(5)	
			TÉ (8)	SR (9)	TÉ	SR	TÉ	SR	TÉ	SR
9034	41	298	-0,24	7	-7,53	15	-1,99	6	-1,45	6
11572	298	325	-2,81	12	-9,80	17	-8,56	11	-10,72	10
12015	612	907	-1,90	9	-10,06	18	-8,96	13	-15,84	15
12946	232	259	+1,80	5	-7,36	14	-3,15	7	-11,87	11
13098	917	1483	+1,75	6	-9,09	16	-1,02	4	-10,64	9
13869	244	277	-1,60	8	-6,93	13	-5,93	9	-11,98	12
14284	157	198	-8,16	16	+6,07	9	-15,60	18	-20,78	17
14473	148	201	-8,43	18	+10,22	4	-14,49	17	-13,85	13
14474	184	250	-6,15	15	+9,69	5	-10,77	15	-15,31	14
14476	188	236	-5,91	14	+9,66	6	-12,05	16	-16,78	16
14602	37	187	-8,16	17	-2,77	10	-9,21	14	-22,65	18
14684	721	935	-8,43	19	-3,60	11	-21,15	19	-23,11	19
14712	55	188	+13,79	1	-23,95	20	+25,99	1	+17,29	1
15250	531	687	-14,15	20	-15,13	19	-30,80	20	-39,61	20
16444	436	524	+7,68	2	+9,05	8	+11,94	2	+11,64	4
16496	222	242	-3,13	13	+12,14	3	-7,03	10	-4,15	7
16854	173	239	+3,42	4	+17,65	1	-1,29	5	+13,41	3
17031	150	185	-2,59	11	-5,47	12	-8,59	12	-8,64	8
17562	121	191	+7,40	3	+15,47	2	+4,40	3	+10,97	5
18853	199	203	-1,99	10	+9,30	7	-4,18	8	+15,90	2
FÁ (10)	9233	18746	214,8±5,1		227,4±11,5		214,8±5,1		227,4±11,5	

KLSZ = az apa központi lajstromszáma (6); N = az apa ivadékainak a száma (7); TÉ = tenyészárték (8); SR = a tenyészártékek alapján felállított rangsorban lévő pozíció (9); FÁ = a populáció főátlaga (10)

Table 6. Estimated breeding values and rank of limousin sires on weaning weight

sire model (1); animal model (2); database (3); purebred population (4); crossbred population (5); identity number of sire (6); number of progeny of sires (7); breeding value (8); rank (9); mean value of population (10)

jelentősen eltértek a másik három modellel kapott adatoktól. A fentiek következtében a limousin apák négy különböző BLUP modellel becsült, a választási súly tulajdonságra irányuló tenyésztérbecslés alapján felállított rangsoraiban is számottevő különbségeket találtunk. A négy rangsor rangkorrelációval történt összehasonlításának eredményeit a 7. táblázatban mutatjuk be.

7. táblázat

Rangkorrelációs értékek az apák különböző modellekkel felállított rangsora között a limousin fajta esetén (n=110)

$r_{\text{rang}}/r_{\text{rank}}$	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Modell 1	0,37*	0,92*	0,68*
Modell 2		0,36*	0,32*
Modell 3			0,75*

modell 1 = adatbázis 1. (fajtatiszta limousin) + apamodel (1); modell 2 = adatbázis 3. (vegyes genotípusú) + apamodel (2); modell 3 = adatbázis 1. (fajtatiszta limousin) + egyedmodell (3); modell 4 = adatbázis 3. (vegyes genotípusú) + egyedmodell (4); * $p < 0,01$

Table 7. Rank correlation coefficients of sires' rank according to different models (n=110)

model 1 = purebred + sire model (1); model 2 = mixed genotype + sire model (2); model 3 = purebred + animal model (3); model 4 = mixed genotype + animal model (4); * $p < 0.01$

A fajtatiszta limousin adatbázis alapján apamodellel (modell 1) és egyedmodellel (modell 2) meghatározott rangsor egymáshoz nagyon hasonlóan bizonyult ($r_{\text{rank}} = 0,92$; $p < 0,01$), azaz a fajtatiszta populációban a két különböző BLUP módszer végső eredményei egymáshoz nagyon hasonlóak voltak. Vizsgálatai során *Lengyel és mtsai* (2004), valamint *Lengyel* (2005) hasonlóan szoros összefüggésekről számoltak be fajtatiszta limousin állományok választási adatainak apa- és egyedmodellel történő értékelését követően. Korábbi kutatásaink (*Bene és mtsai*, 2006, 2007b) alkalmával jelen eredményeinkhez teljesen hasonló rangkorrelációs értékeket határoztunk meg fajtatiszta populációk választási súlyának elemzése során. Laza összefüggést találtunk ugyanakkor a vegyes genotípusú adatbázison futtatott apamodellel (modell 2) felállított rangsor, valamint a másik három modellel meghatározott rangsor ($r_{\text{rank}} = 0,32-0,37$; $p < 0,01$) között. Ez alapján ismételtelen megállapítható, hogy a 2-es modellel kapott eredményeink kiugróan tekinthetők a többi modellel kapott értékekhez képest. A vegyes genotípusú adatbázis egyedmodellel (modell 4) történő kiértékelése során felállított rangsor csak közepes mértékben ($r_{\text{rank}} = 0,68-0,75$; $p < 0,01$) hasonlított a fajtatiszta populációban meghatározott sorrendekhez. Ez az eredmény hasonlóságot mutatott a legtöbb szakirodalmi adattal (*Sullivan és mtsai*, 1999; *Newman és mtsai*, 2002; *Splan és mtsai*, 2002).

KÖVETKEZTETÉSEK

Fajtatiszta, keresztezett és vegyes genotípusú limousin állományokban a választási súly alapján, különböző BLUP modellekkel végzett tenyésztérbecslés eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

Mivel a fajtatiszta populációkban az apamoddal és az egyedmoddal egymáshoz hasonló eredményeket kaptunk az öröklődhetőségben, a tenyésztétkben és a tenyészbírák rangsorában, ezen állományokban az apamodell is kellő pontosságúnak tekinthetjük.

A fajtatiszta és a vegyes genotípusú borjak adatait egyaránt tartalmazó adatbázisokon a négy különböző BLUP modellel történt tenyésztétkbecslés során számottevően különböző populációgenetikai paramétereket becsültünk. Az apamodell kisebb, az egyedmodell nagyobb értékeket adott. Ennek a magyarázata az lehet, hogy az apamodell csupán additív génhatásokat, az egyedmodell génközönhatásokat (dominancia) is figyelembe vesz. Emiatt a fajtatiszta állományokon kapott, és a korábbi közleményekben szereplő öröklődhetőségi értékeket nem tarjuk célravezetőnek a vegyes genotípusú állományokban irányadónak tekinteni.

Egyedmoddal becsülve a limousin tenyészbírák tenyésztétk és az ez alapján felállított rangsora lényegesen különbözött egymástól attól függően, hogy a tenyésztétkbecslés fajtatiszta, illetve keresztezett állomány adatbázisán történt. Ez az eredmény azt sugallja, hogy másként kell megítélnünk ugyanazt a tenyészbírákat, ha azt fajtatiszta állományon, illetve, ha keresztezési célra használjuk.

Az előbbieket alapján célszerű különbséget tennünk egy-egy tenyészbika fajtatiszta, illetve keresztezési tenyésztétk között. Amennyiben egy limousin tenyészbírákat egyaránt használunk saját, illetve más fajtájú tehének termékenyítésére, akkor megfontolandó, hogy becsüljük az adott tenyészbika mindkét (fajtatiszta és keresztezési) tenyésztétkét egyaránt. Ezek közül azt az értéket (fajtatiszta vagy keresztezési tenyésztétk) tekintjük irányadónak, amely célra (fajtatiszta tenyésztés, vagy keresztezés) az adott apát igénybe kívánjuk venni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahunu, B. K. - Arthur, P. F. - Kissiedu, H. W. A. (1997): Genetic and phenotypic parameters for birth and weaning weights of purebred and crossbred N'Dama and West African Shorthorn cattle. *Liv. Prod. Sci.*, 51. 165-171.
- Albuquerque, L. G. - Meyer, K. (2001): Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. *J. Anim. Sci.*, 79. 2776-2789. <https://doi.org/10.2527/2001.79112776x>
- Arnold, J. W. - Bertrand, J. K. - Benyshek, L. L. (1992): Animal model for genetic evaluation of multibreed data. *J. Anim. Sci.*, 70. 3322-3332.
- Bene, Sz. - Füller, I. - Lengyel, Z. - Nagy, B. - Fördös, A. - Szabó F. (2006): Húshasznú magyar tarka borjak választási eredménye. 2. Közlemény: Genetikai paraméterek, tenyészétkek. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 55. 505-519.
- Bene, Sz. (2007): Különböző fajtájú húshasznú tehének néhány értékmérője azonos környezetben. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely.
- Bene, Sz. - Komlósi, I. - Nagy, B. - Lengyel, Z. - Szabó, F. (2007a): Többfajtás húsmarha tenyészétkbecslés a választási eredmények alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 56. 521-539.
- Bene, Sz. - Balika, S. - Lengyel, Z. - Nagy, B. - Zsuppán, Zs. - Szabó, F. (2007b): Blonde d'Aquitaine borjak választási eredménye. 2. Genetikai paraméterek, tenyészétkek. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 56. 299-311.
- Bene, Sz. - Giczi, A. - Rádl, A. - Polgár, J. P. - Szabó, F. (2013): Multibreed breeding value estimation based on weaning results in a beef herd in Hungary. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 62. 218-233.

- 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.
- Bourdon, R. M. - Brinks, J. S.* (1982): Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 55. 543-553.
- Bretting, P. K. - Widrlechner, M. P.* (1995): Genetic markers and horticultural germplasm management. *HortScience*. 30. 1349-1356.
- Carnier, P. - Albera, A. - Dal Zotto, R. - Groen, A. F. - Bona, M. - Bittante, G.* (2000): Genetic parameters for direct and maternal calving ability over parities in Piedmontese cattle. *J. Anim. Sci.*, 78. 2532-2539. <https://doi.org/10.2527/2000.78102532x>
- Corander, J. - Waldmann, P. - Sillanpää, M. J.* (2003): Bayesian analysis of genetic differentiation between populations. *Genetics*, 163. 367-374.
- Crews, D. H. - Kemp, R. A.* (1999): Contributions of preweaning growth information and maternal effects for prediction of carcass trait breeding values among crossbred beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 79. 17-25.
- Dodenhoff, J. - Van Vleck, L. D. - Gregory, K. E.* (1999): Estimation of direct, maternal and grandmaternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 77. 840-845.
- Elzo, M. A. - Famula, T. R.* (1985): Multibreed sire evaluation procedures within a country. *J. Anim. Sci.*, 60. 942-952.
- Graser, H. U.* (1999): Multi-breed EBV - Now and when? In: *Proc. Assoc. Adv. Anim. Breed. Genet.*, Mandurah, WA, Australia 13. 62-66.
- Gregory, K. E. - Cundiff, L. V. - Koch, R. M.* (1995): Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 73. 1920-1926.
- 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.
- Henderson, C. R.* (1975): Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31. 423-447.
- Iwaisaki, H. - Tsuruta, S. - Misztal, I. - Bertrand, J. K.* (2005): Estimation of correlation between maternal permanent environmental effects of related dams in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 83. 537-542.
- Keeton, L. L. - Green, R. D. - Golden, B. L. - Anderson, K. J.* (1996): Estimation of variance components and prediction of breeding values for scrotal circumference and weaning weight in Limousin cattle. *J. Anim. Sci.*, 74. 31-36.
- Komlósi, I.* (2015): Mennyiségi tulajdonságok genetikai paraméterei. In: *Szabó F. (szerk.): Általános állattenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 145-163.*
- Kovács, A. - Szűcs, E. - Völgyi Csík, J.* (1993): A tenyészkörzet, az évszak és az ivar szerepe a limousin borjak választási teljesítményében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 117-130.
- Lee, C. - Van Tassel, C. P. - Pollak, E. J.* (1997): Estimation of genetic variance and covariance components for weaning weight in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 325-330.
- 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.
- Lengyel, Z.* (2005): Húshasznú borjak választási eredményét befolyásoló környezeti és genetikai tényezők. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely.
- Magana, J. G. - Segura, J. C.* (1997): Heritability and factors affecting growth traits and age at first calving of zebu beef heifers in South-Eastern Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.*, 29. 185-192.
- Meyer, K.* (1992): Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 31. 179-204.
- Meyer, K.* (1998): DFREML. Version 3.0. User Notes.

- Meyer, K. - Carrick, M. J. - Donnelly, B. J. P. (1993): Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *J. Anim. Sci.*, 71. 2614-2622.
- Meyer, K. (2002): Estimates of covariance functions for growth of Australian beef cattle from a large set of field data. Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, August, 2002. Session 11.
- Newman, S. - Reverter, A. - Johnston, D. J. (2002): Purebred-crossbred performance and genetic evaluation of postweaning growth and carcass traits in *Bos indicus* × *Bos taurus* crosses in Australia. *J. Anim. Sci.*, 80. 1801-1808.
- Notter, D. R. - Cundiff, L. V. (1991): Across-breed expected progeny differences: use of within-breed expected progeny differences to adjust breed evaluations for sire sampling and genetic trend. *J. Anim. Sci.*, 69. 4763-4776.
- Núñez-Domínguez, R. - Van Vleck, L. D. - Boldman, K. G. - Cundiff, L. V. (1993): Correlations for genetic expression for growth of calves of Hereford and Angus dams using a multivariate animal model. *J. Anim. Sci.*, 71. 2330-2340.
- Núñez-Domínguez, R. - Van Vleck, L. D. - Cundiff, L. V. (1995): Prediction of genetic values of sires for growth traits of crossbred cattle using a multivariate animal model with heterogeneous variances. *J. Anim. Sci.*, 73. 2940-2950.
- Pollak, E. J. - Quaas, R. L. (1998): Multibreed genetic evaluation of beef cattle. In: Proc. 6th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, NSW, Australia 23. 81-88.
- Rodríguez-Almeida, F. A. - Van Vleck, L. D. - Gregory, K. E. (1997): Estimation of direct and maternal effects for prediction of expected progeny differences for birth and weaning weights in three multibreed populations. *J. Anim. Sci.*, 75. 1203-1212.
- Roso, V. M. - Schenkel, F. S. - Miller, S. P. - Wilton, J. W. (2005): Additive, dominance, and epistatic loss effects on preweaning weight gain of crossbred beef cattle from different *Bos taurus* breeds. *J. Anim. Sci.*, 83. 1780-1787.
- Splan, R. K. - Cundiff, L. V. - Van Vleck, L. D. (1998): Genetic parameters for sex-specific traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 76. 2272-2278.
- Splan, R. K. - Cundiff, L. V. - Dikeman, M. E. - Van Vleck, L. D. (2002): Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *J. Anim. Sci.*, 80. 3107-3111.
- Sullivan, P. G. - Wilton, J. W. - Miller, S. P. - Banks, L. R. (1999): Genetic trends and breed overlap derived from multiple - breed genetic evaluations of beef cattle for growth traits. *J. Anim. Sci.*, 77. 2019-2027.
- Szabó, F. (1993): Fajtakülönbségek populációgenetikai elemzése a húsmarha tenyésztésben. Doktori értekezés, MTA.
- Szabó, F. (szerk.) (2005): Húsmarhatenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Szabó, F. (szerk.) (2015): Általános állattenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Szőke, Sz. - Komlósi, I. (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 231-247.
- Tőzsér, J. - Dobra, L. - Domokos, Z. - Kertész, I. - Zsoltész, S. (1996): Charolais borjak választási teljesítményének értékelése egy törzstenyésztésben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 45. 349-357.
- Tőzsér, J. - Balika, S. - Komlósi, I. (2002): Estimation de l'héritabilité du poids vif au sevrage pour la race Limousine 9^{èmes} Rencontres autor des Recherches sur les Ruminants, Paris, France, les 4-5 décembre, 2002, INRA-Institute de l'Évage, 97.
- Trus, D. - Wilton, J. W. (1988): Genetic parameters for maternal traits in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 68. 119-128.
- Van Vleck, L. D. - Hakim, A. F. - Cundiff, L. V. - Koch, R. M. - Crouse, J. D. - Boldman, K. G. (1992): Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with animal model. *J. Anim. Sci.*, 70. 363-371.

Van Vleck, L. D. - Gregory, K. E. - Benett, G. L. (1996): Direct and maternal covariances by age of dam for weaning weight. J. Anim. Sci., 74. 1801-1805.

Willham, R. L. (1972): The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. J. Anim. Sci., 35. 1288-1293.

Érkezett: 2020. február

Szerzők címe: Szűcs M.

Limousin és Blonde d' Aquitaine Tenyésztők Egyesülete

Authors' adress: Limousin and Blonde d' Aquitaine Breeder's Association

H-1134 Budapest, Lóportár u.16.

Szabó F.

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

szabo.ferenc@sze.hu

Márton J.

Magyar Hereford, Angus, Galloway Tenyésztők Egyesülete

Hungarian Hereford, Angus, Galloway Breeder's Association

H-7400 Kaposvár, Dénesmajor 2.

Anton I. - Zsolnai A.

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

National Agricultural and Innovation Centre, Research Institute of Animal Breeding, Nutrition and Meat Science

H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u.1.

Bene Sz.

Szent István Egyetem, Georgikon Campus, Állattudományi Tanszék

Szent István University, Georgikon Campus, Department of Animal Sciences

H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

Bene.Szabolcs.Albin@szie.hu

EGYÜTTESEN ELŐFORDULÓ *FUSARIUM* MIKOTOXINOK RÖVIDTÁVÚ TERHELÉSÉNEK HATÁSA A BROJLERCSIRKE GLUTATION REDOX RENDSZERÉRE ÉS LIPIDPEROXIDÁCIÓS FOLYAMATAIRA

KULCSÁR SZABINA - KÖVESI BENJÁMIN - MÉZES MIKLÓS - BALOGH KRISZTIÁN - ZÁNDOKI ERIKA - ANCSIN ZSOLT

ÖSSZEFOGLALÁS

Korábbi kutatások szerint a *Fusarium* fajok által termelt mikotoxinok hatására fokozódik az állati szervezetben a reaktív oxigén gyökök képződése, következményesen lipidperoxidáció indukálódik, amely kihat a biológiai antioxidáns rendszer működésére, ezen belül az általunk vizsgált glutation rendszerre. *In vivo*, rövid távú (72 óra) T-2/HT-2 toxin+ DON+ fumonizin B₁ terheléses vizsgálatot végeztek brojler csirkével, két dózist alkalmazva: egy alacsony, az EU javaslati határértékkel megegyező mennyiséget (0,25 mg T-2+HT-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány), valamint egy magas, az EU javaslati határérték négyszeres mennyiségét (1 mg T-2+HT-2 toxin, 20 mg DON és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány). Biokémiai módszerekkel meghatározták a lipidperoxidációs folyamat iniciációs fázisa során létrejövő konjugált diének, és triének, valamint a terminációs fázisban keletkező malondialdehid koncentrációját a májban, az utóbbi paramétert a vérplazmában is. Megállapították, hogy a vérplazmában nem változott a malondialdehid koncentráció, a májban viszont szignifikánsan kisebb volt a konjugáltdién-tartalom az alacsony dózis hatására a terhelés 48. órájában, valamint kisebb volt a malondialdehid-tartalom a terhelés 72. órájában szintén az alacsony dózis hatására. A glutationredox-rendszer paraméterei közül mérték a redukált glutation mennyiségét és a glutation-peroxidáz aktivitását. Megállapították, hogy a redukált glutation mennyisége és a glutation-peroxidáz aktivitása szignifikáns mértékben nagyobb volt a vérplazmában a terhelés 72. órájában a magas dózis hatására, a májban azonban nem változott. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az egyes mikotoxinok jól ismert oxidatív stresszt kiváltó hatása a multi-mikotoxin terhelés hatására nem jelentkezett, ennek alapján tehát közöttük antagonistá hatás feltételezhető.

SUMMARY

Kulcsár, Sz. - Kövesi, B. - Mézes, M. - Balogh, K. - Zándoki, E. - Ancsin, Zs.: EFFECT OF CO-OCCURRING *FUSARIUM* MYCOTOXINS ON THE GLUTATHIONE-REDOX SYSTEM AND ON LIPID PEROXIDATION IN BROILER CHICKEN

It is well known that *Fusarium* mycotoxins in single application induce the formation of reactive oxygen substances in the animals, and it consequently causes oxidative stress and lipid peroxidation, which can be neutralized by the glutathione system. An *in vivo* study was performed with broiler chicken in a short-term (72 hours) feeding trial with a low dose, equivalent to the recommended EU limit (0.25 mg T-2+HT-2 toxin, 5 mg DON and 20 mg fumonisin B₁/kg feed) and a high dose, quadruple the recommended EU limit (1 mg T-2+HT-2 toxin, 20 mg DON and 80 mg fumonisin B₁/kg feed) multi-mycotoxin exposure. The markers of the initiation and termination phases of lipid peroxidation, conjugated dienes and trienes, and malondialdehyde levels were measured in the liver and the latter parameter was measured in the blood plasma. It was found that malondialdehyde content did not change in blood plasma. Still, conjugated diene level was lower than control at the 48 hours of treatment as an effect of low dose in the liver, and the malondialdehyde content in the liver was also lower than control at the 72 hours of mycotoxin exposure. Among the glutathione redox parameters reduced glutathione content, and glutathione-peroxidase activity was measured. It was found that reduced glutathione content and glutathione peroxidase activity were significantly higher as compared to control at the 72 hours of mycotoxin exposure in blood plasma as an effect of the higher dose, but did not change in the liver. The results show that the well-known oxidative stress-inducing effect of the investigated mycotoxins did not occur in multi-mycotoxin exposure, even at a high dose, therefore an antagonistic effect among them would be suggested.

BEVEZETÉS

A mikotoxinok a fonalas gombák másodlagos metabolizmus termékei, amelyek a takarmányokat szennyezve gazdasági állatoknál dóziszfüggően termelékiesést, illetve toxikus válaszreakciót váltanak ki (Diaz, 2005). A *Fusarium* penészek általában hűvös és párás környezetben (Wood, 1992) számos, eltérő kémiai struktúrával rendelkező mikotoxint termelnek. Ezek közül gyakoriságuk szempontjából leginkább jelentős a T-2/HT-2 toxin, a deoxinivalenol (DON) és a fumonizin B₁ (Battilani és mtsai, 2008).

A klímaváltozás kedvező környezetet teremt a világszerte előforduló mikotoxin termelő gombák szaporodására, így az elmúlt években számos kutatás vizsgálta a penészgomba toxinok hatásmechanizmusát. A közzétett publikációk többségében azonban csak egy mikotoxin expozíciót vettek figyelembe, ami eltérő a természetben előforduló szennyezéstől, ugyanis általában egyidejűleg többféle mikotoxin van jelen (Smith és mtsai, 2016). A közelmúltban *in vitro* és *in vivo* kísérletben vizsgálták a mikotoxinok közötti kölcsönhatásokat. Így felmérték a *Fusarium* penészek által termelt mikotoxinok együttes előfordulását takarmány-alapanyagokban és takarmányokban (Streit és mtsai, 2012), továbbá egyes trichotecénvázias mikotoxinok (T-2 toxin és DON) együttes hatását baromfiban (Pelyhe és mtsai, 2018), a fumonizin, a DON és a zearalenon együttes hatását nyúlban (Szabó-Fodor és mtsai, 2015), valamint patkányban (Szabó-Fodor és mtsai, 2019). Az egyes mikotoxinok közötti kölcsönhatásokkal kapcsolatban azonban még kevés adat áll rendelkezésre ahhoz, hogy pontosan meg lehessen becsülni a szervezetben kialakuló toxikus, ezen belül a lipidperoxidációs folyamatokra és az antioxidáns védőrendszerre kifejtett hatást. Az eddigi eredmények alapján a mikotoxinok kölcsönhatása különböző. Lehet additív, ekkor azok hatása az egyes vizsgált toxinok egyedi hatásainak összege alapján számítható. Ezenkívül lehet szinergista, amikor az egyedi hatásoknál jelentősebb lesz a kombinált hatás, valamint antagonistá, amikor a mikotoxin kombináció hatása kisebb az egyedi hatásoknál (Smith és mtsai, 2016). Jelen kísérletben a vizsgált *Fusarium* toxinok együttes expozíciója is különböző interakciókat eredményezhet, amely a fentiek alapján lehet szinergens, additív vagy antagonistá.

A T-2/HT-2 toxin és a DON a máj mikroszomális xenobiotikum transzformáló enzimrendszere hatására, a terhelés mértékétől és annak időtartamától függően, hatékonyan és gyorsan metabolizálódnak (Ványi és mtsai, 1989). A DON-t emellett egyes állatfajoknál, így például baromfiban, a bélcsatornában élő baktériumok átalakíthatják (Greiner és Applegate, 2013). A T-2/HT-2 toxin és a fumonizin B₁ viszont, részben lipidperoxidációt indukáló hatásuk révén, csökkenthetik a máj mikroszómák működését (Guerre és mtsai, 2000), amely viszont gátolhatja a xenobiotikum transzformáló (citokróm P450) rendszert is (Mézés és mtsai, 1996). A xenobiotikum transzformációban a citokróm P450 enzimrendszer mellett a biológiai antioxidáns védőrendszer, kifejezetten a glutation-redoxrendszer, egyes elemeinek mennyisége és aktivitása is jelentős mértékben változhat az oxidatív stressz mértékének függvényében.

Korábbi kutatások (Mézés és mtsai, 1998; Surai és mtsai, 2002) alapján elmondható, hogy a sejtekben zajló biokémiai változásokkal összefüggésben a trichotecénvázias mikotoxinok hatására fokozódik az állati szervezetben a

lipidperoxidációs folyamatok intenzitása, amely kihat a biológiai antioxidáns rendszer működésére is, így feltehető, hogy azokat együtt alkalmazva fokozzák, vagy éppen gátolják, egymás hatását. A vizsgálat célja a fentiek alapján annak feltárása volt, hogy az említett mikotoxinok eltérő mennyiségével mesterségesen szennyezett takarmány rövid távú etetése milyen hatást vált ki a mikotoxinok metabolizációjában, és azok szállításában fontos szervekben a lipidperoxidációs folyamatok iniciációs és terminációs fázisaira, valamint ezzel párhuzamosan a glutation redox rendszer egyes paramétereinek mennyiségére és aktivitására.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszékén végeztük. A mikotoxinokkal végzendő vizsgálatokhoz a szükséges állatkísérleti engedéllyel rendelkezünk (NÉBIH Pest Megyei Élelmiszerlánc Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság, XIV-1-001/1880-5/2011).

In vivo modellként brojlercsirkét, mint a *Fusarium* toxinokra érzékeny gazdasági állatfajt, alkalmaztunk. Cobb 500 napos kakasokat a kísérleti takarmányok etetésének megkezdése előtt faforgács almon neveltük a Cobb technológiai előírásoknak megfelelően. Az egyes kísérleti csoportokat 20 napos életkorban alakítottuk ki, amelynek során egyedi mérlegeléssel meghatároztuk az egyes csoportokba kerülő madarak testtömegét, ügyelve arra, hogy az egyes kísérleti csoportok között az átlagos testtömeg ne térjen el 5%-nál nagyobb mértékben. Az egyes kísérleti csoportokba tartozó madarakat (n=24/csoport) alomanyagként fenyőfa forgácsot tartalmazó fülkékben helyeztük el. Az ivóvizet és a takarmányt a madarak *ad libitum* fogyaszthatták, folyamatos megvilágítás mellett. A takarmányok mikotoxin szennyezése eltérő multi-mikotoxin koncentráció tartományokban történt. A kontrollcsoport takarmánya a kimutathatósági határérték alatti mennyiségben tartalmazta a vizsgált mikotoxinokat. Az egyik mikotoxinnal szennyezett csoport takarmányának tervezett multi-mikotoxin terhelési értéke megfelelt az EU javaslati határértékeknek (EU, 2006): T-2 + HT-2 toxin: 0,25 mg; DON: 5 mg; fumonizin B₁: 20 mg/kg takarmány. A másik mikotoxinnal szennyezett csoport takarmányának tervezett mikotoxin-tartalma az EU javaslati határérték négyszeres mennyisége volt (T-2 toxin/HT-2 toxin: 1 mg; DON: 20 mg; fumonizin B₁: 80 mg/kg takarmány). A takarmányok mikotoxin-tartalmának meghatározása immunoaffinitás oszlopon történő előtisztítást követően HPLC/MS módszerrel történt a kutatócsoportunk

1. táblázat

A brojlercsirkékkel végzett kísérletben felhasznált takarmányok mikotoxin-tartalma (mg/kg takarmány)

Kísérleti csoport (1)	T-2/HT-2	DON	FB ₁
Kontroll (2)	<0,02	<0,02	<0,02
Alacsony dózis (3)	0,20/0,03	4,07	21,44
Magas dózis (4)	0,78/0,09	10,68	75,16

Table 1. Mycotoxin content of feed used in the experiment (mg/kg feed)

experimental group (1); control group (2); low dose group (3); high dose group (4)

által korábban leírt módszerrel (Szabó-Fodor és mtsai, 2015). A takarmányok mért mikotoxin-tartalmát az 1. táblázat mutatja.

A kísérlet során a multi-mikotoxinnal szennyezett takarmány etetésének megkezdését követő 24. 48. és 72. órában véletlenszerűen kiválasztott, kísérleti csoportonként 6-6 állatból máj- és vérmintát gyűjtöttünk (n=18). A madaraktól az elvéreztetést követően a teljes vért összegyűjtöttük, majd *post mortem* májmintát vettünk a biokémiai vizsgálatokhoz. A májmintákat lefagyasztásig (maximum 2 óra) jégen tartottuk, majd a felhasználásig -70°C-on tároltuk. A vérvétel heparinozott vérvételi csövekbe (0,005 ml Heparin ad us vet injekció; 125 NE heparin-Na) történt. A vérmintákat hűtött környezetben (+4°C) szállítottuk a laboratóriumba, ahol az alakos elemeket 10 percig történő centrifugálással (1500 fordulat/perc) elválasztottuk a vérplazmától. A vérplazmamintákat a vizsgálatok elvégzéséig -70°C-on tároltuk.

Meghatároztuk a májban a lipidperoxidációs folyamat iniciációs fázisa során keletkező konjugált diének, és -triének, valamint a májban és a vérplazmában a terminációs fázis során keletkező metastabil végtermék, a malondialdehid koncentrációját, valamint a glutation redox rendszer egyes elemeinek, a redukált glutation (GSH) mennyiségét és a glutation-peroxidáz (GPx) aktivitását. A konjugált diének és triének meghatározása a májminták lipiddtartalmának trimetil-pentánban való kivonását követően az abszorpciós spektrum alapján történt (AOAC, 1984). A malondialdehid-tartalmat savanyú közegben, magas hőmérsékleten való komplex képzéssel, 2-tiobarbitursavval határoztuk meg (Botsoglou és mtsai, 1994). A redukált glutation-tartalmat: Rahman és mtsai (2007) módszerével, a glutation-peroxidáz aktivitást pedig Lawrence és Burk (1976) módszere alapján mértük. Az eredmények statisztikai értékelését GraphPad Prism for Windows 5.04 szoftverrel (GraphPad Software Inc. San Diego, USA) végeztük. A program használatával alap statisztikai számításokat, t-próbát, valamint variancia-analízist végeztünk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A lipidperoxidációs folyamatok iniciációs szakaszát jelző konjugált diének (CD) (2. táblázat) mennyisége a multi-mikotoxin terhelés hatására csak kismértékben változott a kontrollhoz viszonyítva a májban. Egyedül a mikotoxinokkal szennyezett takarmány etetésének megkezdését követő 48. órában tapasztaltunk szignifikáns mértékű csökkenést ($p < 0,01$) az EU javaslati határértékeknek megfelelő mennyiségben mikotoxinokkal szennyezett takarmányt fogyasztó csoportban a kontrollhoz viszonyítva, míg a magas dózis esetében nem volt eltérés (1. ábra).

Ennek a csökkenésnek a hátterében a mikotoxin-terhelés hatására bekövetkező, a májszövetlipidek zsírsav-összetételében bekövetkező változás állhat, amelyet fumonizin B₁ és T-2 toxin individuális terhelés hatására korábban nyúlban már kimutattak (Szabó és mtsai, 2016). A megváltozott zsírsavösszetétel ugyanis befolyásolhatja a lipidek oxidáció iránti érzékenységet, azaz a reaktív oxigén gyökök hatására bekövetkező lipidperoxidációs folyamatokat (Holman, 1954).

A lipidperoxidációs folyamatok terminációs szakaszát jelző malondialdehid (MDA) koncentrációja (2. táblázat) a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan kisebb volt ($p < 0,05$) a mikotoxinokkal szennyezett takarmány etetését követő 72. órában az alacsony dózissal kezelt csoportban, de tendenciájában, bár nem szignifikáns

mértékben, a magas dózissal terhelt csoport értékei is csökkentek a kontrollhoz képest (2. ábra).

Ez az eredmény is alátámasztja a CD esetében leírt feltételezésünket, mely szerint a mikotoxin-terhelés dóziszfüggően befolyásolhatja a májszövet zsírsav-összetételét, ennek révén a lipidperoxidációs folyamatok intenzitását is, amely a 48. órában még csak a folyamat iniciációs szakaszát jelző CD, míg egy nappal később már a terminációs szakaszra utaló MDA koncentrációban is kimutatható volt.

A glutation redox paraméterek közül a redukáltglutacion (GSH)-tartalom a vérplazmában szignifikánsan nagyobb volt a magas dózis hatására a mikotoxin-terhelés 72. órájában (3. táblázat).

A 24. órában is tendenciaszerűen nagyobb értékeket mértünk, de akkor a kisebb dózis hatására (3. ábra). Ez alapján feltételezhetjük, hogy mivel a T-2 toxin és a DON közel azonos dózisban történt individuális adagolásakor a GSH-tartalom nőtt (Nakade és mtsai, 2018), ezért az azok együttes adagolásakor kimutatott változás

2. táblázat

A vérplazma és a májhomogenizátum lipidperoxidációs paramétereinek változása eltérő dózisu T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatására (n=6; átlag±SD)

Vérplazma (1)									
	24. óra (2)			48. óra (3)			72. óra (4)		
	Kontroll (5)	L (6)	H (7)	Kontroll	L	H	Kontroll	L	H
MDA (µmol/l)	5,32 ± 1,02	4,40 ± 0,76	5,12 ± 1,26	5,00 ± 0,67	4,35 ± 0,49	4,21 ± 1,10	5,05 ± 0,76	5,08 ± 1,44	4,13 ± 1,18
Májhomogenizátum (8)									
CD (OD 232nm)	0,25 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,25 ^B ± 0,02	0,22 ^A ± 0,01	0,25 ^{AB} ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,26 ± 0,02
CT (OD 268nm)	0,13 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,15 ± 0,01
MDA (nmol/g)	22,75 ± 4,84	20,52 ± 7,35	19,65 ± 7,36	20,06 ± 2,05	17,40 ± 4,33	20,49 ± 8,55	25,52 ^A ± 7,49	17,33 ^B ± 2,41	18,45 ^{AB} ± 2,58

L: alacsony dózis - 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány (6); H: magas dózis - 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON/kg és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány (7)

MDA - malondialdehid (9); CD - konjugált dién (10); CT - konjugált trién (11)

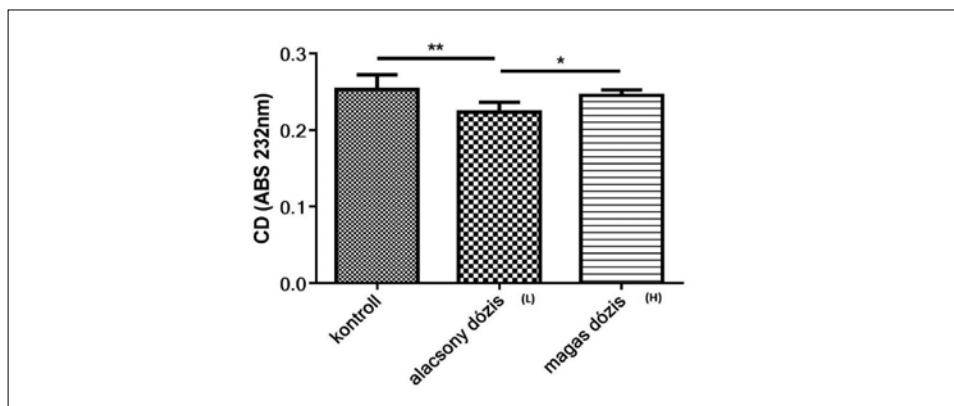
A, B - az eltérő betűvel jelölt átlagértékek azonos mintavételi időpontban szignifikáns mértékben különböznek (p<0,05)

Table 2. Effect of different doses of T-2/HT-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on the lipid peroxidation parameters of blood plasma and liver homogenates (n=6; mean±SD)

blood plasma (1); 24th hour (2); 48th hour (3); 72nd hour (4); control (5); low dose: 0.25 mg T-2/HT-2 toxin+5 mg DON+20 mg fumonisin B₁/kg feed (6); high dose: 1 mg T-2/HT-2 toxin+20 mg DON+80 mg fumonisin B₁/kg feed (7); liver homogenate (8); MDA - malondialdehyde (9); CD - conjugated dienes (10); CT - conjugated trienes (11)

A, B - different superscripts in the same row at the same sampling time mean significant difference (p<0.05)

1. ábra T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatása a májszövet konjugált dién (CD) tartalmára a mikotoxin-terhelés 2. napján (48 óra) (n=6; átlag±SD)

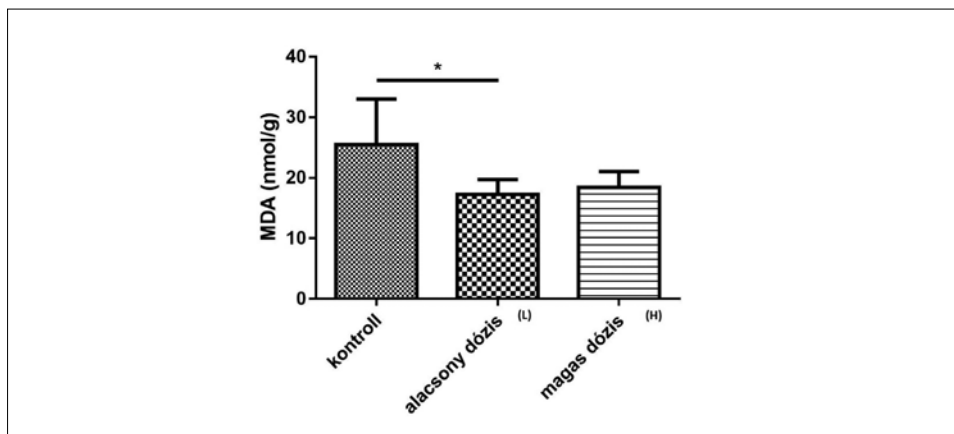


Alacsony dózis: 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány; Magas dózis: 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány. *p<0,05; **p<0,01

Figure 1. Effect of T-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on the amount of conjugated dienes of liver homogenates collected on 48th h of the trial (n=6; mean±SD)

low mix (L): 0.25 mg T-2 toxin, 5 mg DON and 20 mg fumonisin B₁/kg feed, high mix (H): 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON and 80 mg fumonisin B₁/kg feed. *p<0.05; **p<0.01

2. ábra T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatása a májszövet malondialdehid (MDA) koncentrációjára (nmol/g) a 72. órában történt mintavétel során (n=6; átlag±SD)



Alacsony dózis: 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány; Magas dózis: 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány; *p<0,05

Figure 2. Effect of T-2/HT-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on the amount (nmol/g) of malondialdehyde of liver homogenates collected on the 72nd h of the trial (n=6; mean±SD)

Low mix (L): 0.25 mg T-2 toxin, 5 mg DON and 20 mg fumonisin B₁/kg feed, high mix (H): 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON and 80 mg fumonisin B₁/kg feed; *p<0.05

3. táblázat

A vérplazma és a májhomogenizátum glutation redox paramétereinek változása T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatására (n=6; átlag±SD)

Vérplazma (1)									
	24. óra (2)			48. óra (3)			72. óra (4)		
	Kontroll (5)	L (6)	H (7)	Kontroll	L	H	Kontroll	L	H
GSH (μmol/g feh.)	8,46 ± 0,87	9,00 ± 2,21	8,16 ± 1,13	7,14 ± 0,24	8,13 ± 1,08	7,55 ± 1,31	8,12 ^B ± 0,88	8,84 ^{AB} ± 0,91	9,75 ^A ± 0,59
GPx (E/g feh.)	9,90 ± 1,05	11,05 ± 2,27	10,50 ± 1,72	9,85 ± 1,33	11,50 ± 2,70	12,39 ± 4,39	10,33 ^B ± 0,58	11,89 ^{AB} ± 3,34	15,73 ^A ± 3,55
Májhomogenizátum (8)									
GSH (μmol/g feh.)	7,93 ± 0,93	8,70 ± 1,46	8,52 ± 1,25	6,38 ± 0,78	6,74 ± 1,17	7,24 ± 1,02	6,50 ± 1,07	6,95 ± 0,74	6,69 ± 0,83
GPx (E/g feh.)	7,10 ± 0,94	7,86 ± 1,28	7,37 ± 1,04	6,55 ± 1,50	7,55 ± 0,49	6,32 ± 0,96	8,37 ± 1,50	8,37 ± 1,73	8,53 ± 1,01

L: alacsony dózis - 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány; H: magas dózis - 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON/kg feed and 80 mg fumonizin B₁/kg feed

A, B – az eltérő betűvel jelölt átlagértékek azonos mintavételi időpontban szignifikáns mértékben különböznek (p<0,05)

Table 3. Effect of different doses of T-2/HT-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on some glutathione redox parameters of blood plasma and liver homogenates

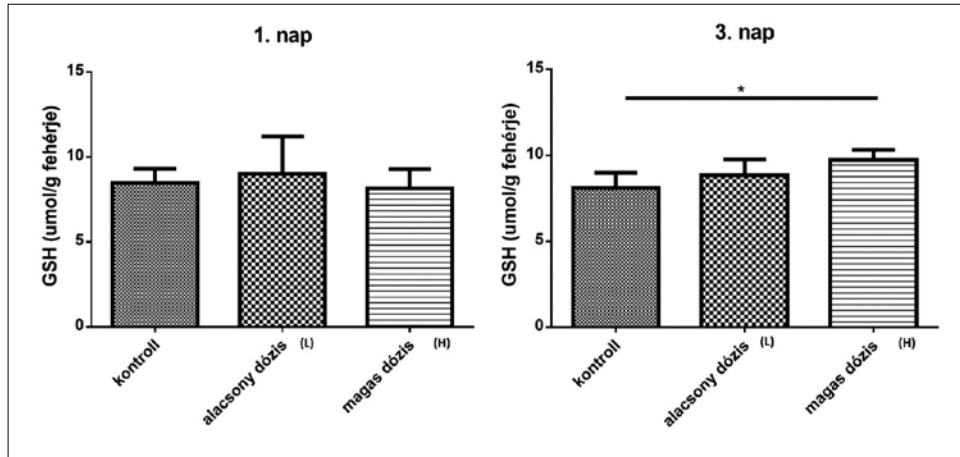
blood plasma (1); 24th hour (2); 48th hour (3); 72nd hour (4); control (5); low dose: 0.25 mg T-2/HT-2 toxin+5 mg DON+20 mg fumonisin B₁/kg feed (6); high dose: 1 mg T-2/HT-2 toxin+20 mg DON+80 mg fumonisin B₁/kg feed (7); liver homogenate (8)

A, B – different superscripts in the same row at the same sampling time mean significant difference (p<0.05)

is antagonista hatást valószínűsít. A májban ugyanakkor a GSH-tartalomban nem volt kimutatható mértékű változás (3. táblázat).

A glutation-peroxidáz (GPx) aktivitás a vérplazmában a mikotoxin-terhelés 72. órájában mutatott dózis-hatás összefüggést (3. táblázat). A kisebb mikotoxin-dózis hatására is tendenciaszerűen nagyobb volt, mint a kontroll, de még nem szignifikáns mértékben, míg a nagyobb mikotoxin-dózzal szennyezett takarmányt fogyasztó csoportban már szignifikáns eltérés volt kimutatható (4. ábra). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a nagyobb mértékű mikotoxin-terhelés hatására mérsékelt oxidatív stressz alakult ki, amelynek hatására aktiválódott a glutation-redoxrendszer, amely azonban csak a vérplazmában volt kimutatható. Ezt a hatást T-2 toxin és DON individuális terhelése során baromfiban korábban már megfigyeltük (Nakade és mtsai, 2018). A májban ugyanakkor a GPx aktivitás nem változott, amely arra utal, hogy a multi-mikotoxin terhelés hatására nem alakult ki olyan mértékű oxidatív stressz, amely a májban is kimutatható változást indukált volna. Miután a T-2 toxin és a DON közel azonos dózissal történt individuális terhelés során a májban is nőtt a GPx aktivitás (Nakade és mtsai, 2018), ezért feltételezhető, hogy multi-mikotoxin terhelés hatására antagonista hatás lép fel az oxidatív stressz indukációjában.

3. ábra T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatása a vérplazma redukált glutation (GSH) koncentrációjára az első és a harmadik mintavételi napon (n=6, átlag ±SD)

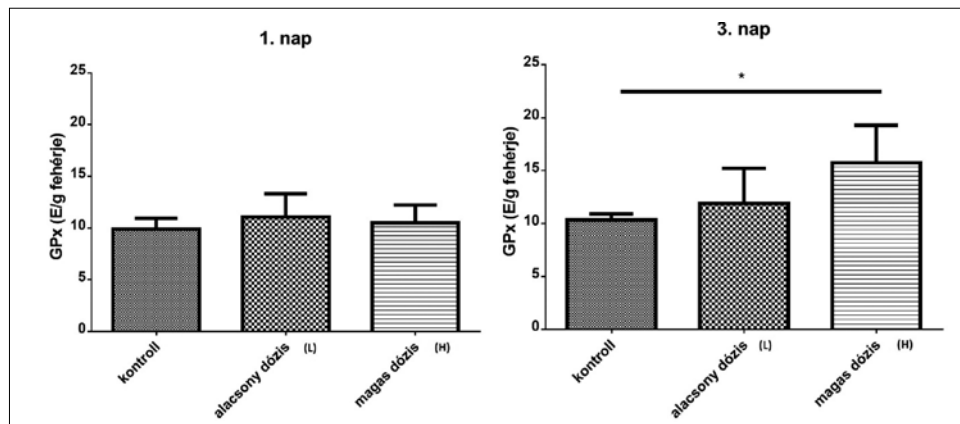


Alacsony dózis: 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány; Magas dózis: 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány; *p<0,05

Figure 3. Effect of T-2/HT-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on the amount (μmol/g protein) of reduced glutathione content of blood plasma on days 1 and 3 (n=6, mean±SD)

Low mix (L): 0.25 mg T-2 toxin, 5 mg DON and 20 mg fumonisin B₁/kg feed, high mix (H): 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON and 80 mg fumonisin B₁/kg feed; *p<0.05

4. ábra T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ együttes adagolásának hatása a vérplazma glutation-peroxidáz aktivitására az első és a harmadik mintavételi napon (n=6; átlag±SD)



Alacsony dózis: 0,25 mg T-2 toxin, 5 mg DON és 20 mg fumonizin B₁/kg takarmány; Magas dózis: 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON és 80 mg fumonizin B₁/kg takarmány; *p<0,05

Figure 4. Effect of T-2/HT-2 toxin, DON and fumonisin B₁ co-exposure on the activity (E/g protein) of glutathione peroxidase of blood plasma on days 1 and 3 (n=6, mean±SD)

Low mix (L): 0.25 mg T-2 toxin, 5 mg DON and 20 mg fumonisin B₁/kg feed, high mix (H): 1 mg T-2 toxin, 20 mg DON and 80 mg fumonisin B₁/kg feed; *p<0.05

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A vizsgálatok eredményei szerint a brojlercsirkék májszövetében a T-2/HT-2 toxin, DON és fumonizin B₁ mikotoxinok együttes hatására csökkentek a lipidperoxidációs folyamatok: a kísérlet 48. órájára az EU javaslati határérték alkalmazásakor az iniciációs fázist jelző konjugált diének, míg a 72. órájára a folyamat terminációs fázisát jelző malondialdehid koncentrációja csökkent. Az eredmény háttérében az egyes mikotoxinok között antagonizmus feltételezhető, amely nem növeli, hanem mérsékelten csökkenti az oxidatív stressz mértékét, másrészt az is ismert, hogy a jelen vizsgálat során alkalmazott mikotoxinok befolyásolhatták a zsírok zsírsav-összetételét, így azok oxidáció iránti érzékenységét.

A glutation-redoxrendszer a vizsgált *Fusarium* mikotoxinok hatására aktiválódott a vérplazmában, ugyanakkor érdeemben nem változott a májban. A kísérlet 3. napjára a redukált glutation mennyisége és a glutation-peroxidáz aktivitása is nőtt a három mikotoxin, négyszeres EU javaslati határértékű dózissal történt egyidejű terhelésének hatására a vérplazmában. Ennek alapján feltehető, hogy a nagyobb dózisú terhelés hatására mérsékelt oxidatív stressz alakult ki, amely azonban a májban még nem érte el azt a kritikus értéket, amely a glutation-redoxrendszer érdemi aktiválódását váltotta volna ki. Az eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy a vizsgált *Fusarium* mikotoxinok együttes expozíciójakor azok individuális hatása mérséklődött az oxidatív stressz indukciója szempontjából, amelynek alapján az egyes vizsgált mikotoxinok között antagonista hatás feltételezhető.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az NVKP_16-1-2016-0016, GINOP-2.2.1-15-2016-00021 és az Európai Unió valamint az Európai Szociális Alap által támogatott EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projektek támogatták.

IRODALOMJEGYZÉK

- AOAC (1984): Official Methods of Analysis (28.054) 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 243.
- Battilani, P. - Costa, L. G. - Dossena, A. - Gullino, M. L. - Marchelli, R. - Galaverna, G. - Pietri, A. - Dall'Asta, C. - Giorni, P. - Spadaro, D. - Gualla, A. (2008): Scientific information on mycotoxins and natural plant toxicants. Scientific/ Technical Report submitted to EFSA. CFP/EFSA/CONTAM/2008/01, EFSA, Parma, 26.
- Botsoglou, N. A. - Fletouris, D. J. - Papageorgiou, G. E. - Vassilopoulos, V. N. - Mantis, A. J. - Trakatellis, A. G. (1994): Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. J. Agric. Food Chem., 42. 1931–1937.
- Diaz, D. E. (2005): The Mycotoxin Blue Book. Nottingham University Press, Nottingham, 125.
- EU (2006): A Bizottság 2006/576/EK ajánlása a deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról. EU Hiv. Lapja, L229. 7.
- Guerre, P. - Eeckhoutte, C. - Burgat, V. - Galtier, P. (2000): The effects of T-2 toxin exposure on liver drug metabolising enzymes in rabbit. Food Addit. Contam., 12. 1019–1026.
- Greiner, B. - Applegate, T. J. (2013): Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: Meta-analysis of published experiments in animals. Toxins, 5. 396–430.

- Holman, R. T. (1954): Autoxidation of fats and related substances. In: Progress in chemistry of fats and other lipids, Vol. 2. Eds.: Holman, R. T. - Lundberg, W. O. - Malkin, T., Pergamon Press, London, 51–98.
- Lawrence, R. A. - Burk, R. F. (1976): Glutathione peroxidase activity in selenium deficient rat liver. Biochem. Biophys. Res. Commun., 71. 952–956.
- Mézes, M. - Virág, Gy. - Barta, M. - Abouzeid, A. D. (1996): Effect of lipid peroxide loading on lipid peroxidation and on the glutathione and cytochrome systems in rabbits. Acta Vet. Hung., 44. 443-450.
- Mézes, M. - Barta, M. - Nagy, G. (1998): Comparative investigation on the effect of T-2 mycotoxin on lipid peroxidation and antioxidant status in different poultry species. Res. Vet. Sci., 66. 19–23.
- Nakade, M. - Pelyhe, Cs. - Kövesi, B. - Balogh, K. - Kovács, B. - Szabó-Fodor, J. - Zándoki, E. - Mézes, M. - Erdélyi, M. (2018): Short-term effects of T-2 toxin or deoxynivalenol on glutathione status and expression of its regulatory genes in chicken. Acta Vet. Hung., 66. 28-39.
- Pelyhe, Cs. - Kövesi, B. - Zándoki, E. - Kovács, B. - Erdélyi, M. - Kulcsár, Sz. - Mézes, M. - Balogh, K. (2018): Multi-trichothece mycotoxin exposure activates glutathione-redox system in broiler chicken. Toxicol., 153. 53–57.
- Rahman, I. - Kode, A. - Biswas, S. K. (2007): Assay for quantitative determination of glutathione and glutathione disulphide levels using enzymatic recycling method. Nat. Protoc., 1. 3159–3165.
- Smith, M. C. - Madec, S. - Coton, E. - Hymery, N. (2016): Natural co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. Toxins, 8. 94.
- Streit, E. - Schatzmayr, G. - Tassis, P. - Tzika, E. - Marin, D. - Taranu, I. - Tabuc, C. - Nicolau, A. - Aprodu, I. - Puel, O. - Oswald, I. P. (2012): Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed--focus on Europe. Toxins, 4. 788-809.
- Surai, P. F. - Dvorska, J. E. - Sparks, N. H. C. - Jaques, K. A. (2002): Impact of mycotoxins on the body's antioxidant defence. In: Nutritional biotechnology in the feed and food industries, Eds: Lyons, T. P. - Jaques, K. A. Nottingham University Press, Nottingham, 131-142.
- Szabó, A. - Szabó-Fodor, J. - Fébel, H. - Mézes, M. - Bajzik, G. - Kovács, M. (2016): Oral administration of fumonisin B1 and T-2 individually and in combination affects hepatic total and mitochondrial membrane lipid profile of rabbits. Acta Physiol. Hung., 103. 321-333.
- Szabó-Fodor, J. - Kachlek, M. - Cseh, S. - Somoskői, B. - Szabó, A. - Blochné Bodnár, Zs. - Tornay, G. - Mézes, M. - Balogh, K. - Glávits, R. - Hafner, D. - Kovács, M. (2015): Individual and combined effects of subchronic exposure of three Fusarium toxins (fumonisin B, deoxynivalenol and zearalenone) in rabbit bucks. J. Clin. Toxicol., 5. 4. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0495.1000264>
- Szabó-Fodor, J. - Szabó, A. - Kócsó, D. - Marosi, K. - Bóta, B. - Kachlek, M. - Mézes, M. - Balogh, K. - Kövér, Gy. - Nagy, I. - Glávits, R. - Kovács, M. (2019): Interaction between the three frequently co-occurring Fusarium mycotoxins in rat. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 103. 370–382.
- Ványi, A. - Sályi, G. - Majoros, G. - Glávits, R. - Sándor, G. - Bagó, Gy. (1989): A T-2 fuzáritoxin és a monenzin közötti kölcsönhatás vizsgálata coccidiumokkal fertőzött brojlercsirkében. Magy. Állatorv. Lapja, 44. 293–298.
- Wood, G. E. (1992): Mycotoxins in foods and feeds in the United States. J. Anim. Sci., 70. 3941–3949.

Érkezett: 2020. február

Szerzők címe: Kulcsár Sz. - Kövesi B. - Mézes M. - Balogh K. - Zándoki E. - Ancsin Zs.
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental
Sciences, Department of Nutrition
H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.
szabina.kulcsar@gmail.com

THE RECENT STATE OF EMBRYO PRODUCTION TECHNIQUES IN SHEEP BREEDING - A REVIEW

MUJITABA MALAM ABULBASHAR - VASS NÓRA - BODÓ SZILÁRD - ANGYAL ESZTER

SUMMARY

Conventionally, embryos can either be produced *in vivo* or *in vitro*, both procedures aimed at improving farm animals' reproductive performance. The former being the easiest or less invasive, while the latter is the most cumbersome, has many advantages and potential to rapidly foster genetic improvement. However, the efficiency and prospects of *in vitro* embryo production (IVEP) techniques in sheep are limited by so many factors. Among these include the reproductive system's anatomy, oocytes and embryo quality, and cytoplasmic lipid droplets. This review aimed to highlight some of the procedures/steps involved in embryo production in sheep and recent developments in the techniques for breeding purposes. It covers the two EP methods; *in vivo* (estrus synchronization of the donor and the recipient ewes, multiple ovulation and embryo transfer, insemination of the donor ewe and recovery of oocytes/embryos) and *in vitro* (grading and selection of best quality oocyte, *in vitro* oocyte maturation, *in vitro* fertilization, *in vitro* culture of embryos, selection of best quality embryos for transfer, mature *in vitro* embryo transfer (MIVET) and juvenile *in vitro* embryo transfer (JIVET)). The use of short-term protocol (5-7 days) of estrus synchronization with fixed-time artificial insemination by a laparoscopic method can result in a high pregnancy rate, reduce time and cost of EP in ewes than with the conventional method. The JIVET and nonsurgical embryo recovery techniques and a transfer would enable the commercialization of IVEP and transfer in sheep. More intense researches are needed on the strategies of improving the viability of *in vitro* produced sheep embryos. There is also the need to ascertain whether the oocyte source (abattoir and laparoscopic ovum pick-up) affects the sheep oocytes' quality and developmental competence.

ÖSSZEFOGLALÁS

Mujitaba, M. A. - Vass, N. - Bodó, Sz. - Angyal, E.: AZ EMBRIÓELŐÁLLÍTÁSI TECHNIKÁK AKTUÁLIS HELYZETE A JUHTENYÉSZTÉSBN - IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az állattenyésztési gyakorlatban az *in vivo* és *in vitro* embrió-előállítást alkalmazzák. Mindkét módszer javítja a gazdasági haszonállatok reprodukciós teljesítményét. Az *in vivo* embrióprodukciónál a legkönnyebben kivitelezhető és kevésbé invazív, míg az *in vitro* embrióelőállítás bonyolult eljárás, amely számos előnye mellett meggyorsítja a genetikai előrehaladást. Ugyanakkor juh fajban az *in vitro* embrió-előállítás hatékonyságát és a technikában rejlő lehetőségeket számos tényező befolyásolja: az anyajuhok nemi szerveinek anatómiája, a petesejt és az embriók minősége, a citoplazmában fellelhető lipidcseppek száma. A review közlemény célja egyrészt olyan eljárások kiemelése, melyek a juh embrióprodukciónál részét képezik, másrészt azoknak a legújabb tudományos eredményeknek a bemutatása, amelyek a tenyésztők érdeklődésére is számot tarthatnak. Juhoknál kétféle embrió-előállító eljárásról beszélhetünk: *in vivo* (a donor és recipiens anyajuhok ivarzásszinkronizálása, többszörös ovuláció és embriótranszfer, a donor anyák termékenyítése, a petesejtek/embriók kinyerése) és *in vitro* (a petesejtek osztályozása és a legjobb minőségű petesejt kiválasztása, *in vitro* oocytá érlelés, *in vitro* termékenyítés, *in vitro* embrió tenyésztés, a legjobb minőségű embriók kiválogatása az átültetéshez, érett *in vitro* embrió előállítás (MIVET), juvenilis *in vitro* embrió előállítás (JIVET)). Anyajuhokban az 5-7 napos ivarzásszinkronizálási protokoll és a fix időpontban végzett laparoskopos mesterséges termékenyítés alkalmazása magasabb vemhesülési arányt eredményezhet, mint a hagyományos módszer, sőt, költség- és időhatékonyabb is. A JIVET technológia, valamint a nem-sebészi embriókinyerési és átültetési technológia alkalmazása a közeljövőben az IVEP és embrió átültetés térhódítását teheti lehetővé a juhtenyésztésben. Azonban az *in vitro* előállított juh embriók életképességének javításához további kutatások szükségesek. Fontos lenne azt a kérdést is tisztázni, hogy a petesejt forrása (vágóhíd, laparoskopos ovum pick-up) befolyásolja-e a petesejt minőségét és fejlődési kompetenciáját.

INTRODUCTION

Embryo production (EP) from the donor and embryo transfer (ET) to a surrogate opened a new way to produce several progenies from a superior female within the required possible time. The conventional biotechnological approach of EP and ET requires to hormonally superovulate the selected donor females and at the appropriate time (depending upon species and breed of animals) induced to artificial insemination (AI) (Gupta et al., 2018). Conventionally, embryos can either be produced *in vivo* or *in vitro*, both procedures aimed at improving farm animals' reproductive performance. The former being the easiest or less invasive while the latter is the most cumbersome, though, has many advantages. *In vitro* embryo production (IVEP) involves a sequence of events which include; oocytes *in vitro* maturation (IVM), *in vitro* fertilization (IVF), and *in vitro* culture of the resultant embryos to the blastocyst stage (Hyttel et al., 2019). The technique allows for the production of offspring from selected genetically superior females that would not be able to reproduce using AI, multiple ovulation and embryo transfer (MOET), or recently using juvenile *in vitro* embryo transfer (JIVET) (Menchaca et al., 2018). According to the European Embryo Transfer Association cited by Paramio and Izquierdo, (2014), when compared to a cow, research and commercial embryo activities in small ruminant (SR) are low in the European Union.

Similarly, International Embryo Transfer Association also reported that there exist few IVEP studies in SR compared to other livestock species. Ovine EP, particularly *in vitro*, is still associated with many challenges that include low efficiency majorly due to poor quality embryos, leading to poor viability after the transfer/cryopreservation process. The technique is still relevant and vital, especially in increasing genetic progress by shortening generation interval compared to the natural breeding system. Addressing such problems would virtually enable breeders to exploit the best out of this technique. This review's principal aim was to highlight some of the procedures/steps involved in sheep EP and recent developments recorded in the techniques for breeding purposes. It covers EP methods (*in vivo* and *in vitro*).

EMBRYO PRODUCTION METHODS

In EP, one of the initial steps is the selection of good quality spermatozoa for the IVF. Conventionally, it involves selecting a frozen-thawed sperm based on a *percoll* separation method; in Hungary, work showed that sperm with a high viability and chromosome integrity could be obtained by *percoll* separation than by swim-up method (Gordon, 2017). One of the advantages of EP techniques is that embryos are more resistant than gametes when subjected to high body temperatures due to thermal stress. Thus, the pregnancy rates are better in ET than in AI throughout the year (Sanchez et al., 2018). Embryo development is influenced by several factors: maternal, paternal, breed, age, individual variation, follicle, oocyte diameter, and environment (Camargo et al., 2018).

In vivo embryo production

In vivo EP activities in SR started as early as the 1930s. Since then, the great majority of embryo recovery (ER) and ET attempts were performed by surgery procedures (Gordon, 2017). Recently, a novel and noninvasive ER and ET procedure was invented in SR and had been proven to be successful (Fonseca, 2016). The *in vivo* produced embryos are of more outstanding quality than their *in vitro* counterparts because of higher survival, implantation, and birth rate (Zhu *et al.*, 2018).

Estrus synchronization of the donor and the recipient ewes

Reproduction in SR can be controlled by administering exogenous hormones to modify the physiological chain of events involved in the estrous cycle. The manipulation of the estrus cycle can concentrate the insemination and births and induce cyclicity, shorten the interval between births, schedule births for a favorable season of the year with available feed, and use genetically improved animals (Ramos and Silva, 2018). Estrus can be synchronized in cyclic or anoestrus ewes by using either prostaglandin or progesterone/progestagens (a synthetic hormone with a similar action to progesterone). In sheep, PGF 2α (≥ 15 mg) or cloprostenol (125 mg) is effective after day 5 of the cycle (estrus is day 0). Estrus may be synchronized by two doses of prostaglandin, 7-9 days apart. Controlled internal drug release (CIDR) intra-vaginal plastic device impregnated with progesterone (300 mg) can also be used. The CIDR uses for 7 days, and a luteolytic dose of PGF 2α is administered 1 day before or at device removal. The estrus response is high within 72-84 h (Romano, 2019).

The latest development in estrus synchronization (ES) and AI is the short-term protocols for fixed-time artificial insemination (FTAI). It consists of exposure to exogenous progesterone (usually in a CIDR-type) for 5-7 days, associated with a dose of equine chorionic gonadotropin (eCG) and PGF 2α at the time of device removal. This system reduced the exposure period to progesterone from 10-14 days to 5-7 days and the detrimental effects of the decline in fertility due to low progesterone concentration experienced in the 10-14 days protocol (Menchaca *et al.*, 2018). Estrus, LH peak, and ovulation occur approximately 30, 40 and 60 h after a device removal, respectively (Vilariño *et al.*, 2010). For first-use devices, FTAI should be performed on the morning of day 8 (46-50 h after device removal) by the cervical route or in the afternoon (52-56 h) by the intrauterine route. For second-use devices, FTAI could be performed by both insemination routes in the morning or afternoon without affecting fertility (Menchaca *et al.*, 2018). Menchaca *et al.* (2018) reported a higher pregnancy rate 43.5% in short-term (6 days) than 37.8% in long-term (14 days) protocol in multiparous ewes that were inseminated by laparoscopic method. This suggests that the short-term protocol would shortly become the best method of choice for breeding purposes in SR.

Multiple ovulation and embryo transfer

The MOET program is based on ES and superovulation of donor ewes, followed by AI and collection of embryos with uterine lavage, and subsequent transfer to

recipient ewes or cryopreservation. The technique offers rapid multiplication of the number of offspring from the genetically superior ewe, increases selection pressure, and reduces generation interval (GI), making the technique an instrument of genetic progress (Ramos and Silva, 2018). Donor ewes are treated with progestagens/prostaglandin and gonadotropins so that estrus and ovulation are control and to enhance large production (10-20) and release of ova from the ovary. Doses of the hormones used usually range between 500-800 IU of PMSG and/or 120-140 mg of FSH, while 40-50 μg of GnRH is mostly used to increase ovulation synchrony (Cottle, 2010). The GnRH is administered two days before removing the progesterone device. At the same time, FSH injections need to be continued for a total of 4-6 shots, and animals are allowed to breed naturally or by AI. After 6-7 days of embryo development, morula/ blastocyst stage embryos need to be flushed and preserved or transfer to the surrogate (Gupta et al., 2018). Protocols using vaginal progesterone pessary for 7-8 days can achieve similar results (Driancourt, 2001). Despite advances in the technique recorded in recent years, there is still ovarian response variability, which remains the major limitation in MOET programs (Pinto et al., 2018). The super-stimulatory treatment (ST) and the difference in the composition of commercially available FSH preparations are seen as some of the causes (Cognié et al., 2003). However, the ovarian response to ST also depends on factors such as follicular condition, genetics, season, and nutritional status of animals. Between 20 and 40% of the treated females do not respond to the ST (Brasil et al., 2016). The onset of estrus variability and the LH peak after hormonal treatment and the lack of synchrony at the onset of superovulation are among the problems leading to failed fertilization (Amiridis and Cseh, 2012). Therefore, ST should consider ewes' ovary status at CIDR insertion (size of antral follicles and presence of luteal structures). It should begin on Days 5 or 9 of CIDR treatment in ewes without corpus luteum and ovaries bearing medium-sized follicles (Bartlewski, 2019).

Insemination of the donor ewe

AI techniques enable ram to inseminate many more ewes that it could be possible by natural mating. Before collecting semen, ram should be performance tested and proven superior before using their semen (Cottle, 2010). In sheep, conventional AI protocols require daily estrus detection (ED) with teasers' aid, which is quite labor-intensive. For this reason, the traditional AI had now been replaced by the use of FTAI, which is a labor-effective option because ED becomes unnecessary (Olivera-Muzante et al., 2011). Miranda et al. (2018) highlighted that FTAI allows the synchronization of lambing periods, organization of lambs into batches suitable for meeting market demands, an earlier onset of puberty, and improved conception rates regardless of whether the estrus is observed or not. Usually, the treatment for FTAI in sheep is based on progesterone-releasing devices and eCG or GnRH administration at device removal, with an acceptable pregnancy rate (Menchaca et al., 2017). The eCG or GnRH are used to reduce the interval between sponge withdrawal and estrus and to improve the efficiency of ES and ovulation during the breeding season (Fornazari et al. 2018). Menchaca et al. (2017) noted an earlier appearance of estrus behaviors and subsequent preovulatory LH peaks

and ovulation in animals receiving CIDR-eCG than in the CIDR-GnRH. Based on eCG protocol, *De et al.* (2015) observed estrus response of 79.4% (374/471) and lambing rate of 60.42% (226/374), *Miranda et al.* (2018) reported a 55.4% lambing rate, while *Tekim* (2019) recorded 71.4% estrus response and 100% kidding rate in goats. Similarly, *Rekik et al.* (2016) reported that the use of flourogestone acetate for 14 days and 300 IU eCG administered at sponge removal resulted in a 70.4% lambing rate.

Recovery of oocytes/embryos

The ER in SR can be performed using surgical, laparoscopic, or trans-cervical methods (*Fonseca et al.*, 2016).

Surgical embryo recovery technique

Surgical/Laparotomy technique allows exact counting of corpora lutea and evaluation of total structures recovery rate. However, disadvantages are the relatively high cost of equipment, stress to the animal due to the manipulation of the exteriorized reproductive tract that can cause adhesions, and progressive reduction in the success of ER rates (*Fonseca et al.*, 2016). As a result, the technique is not mostly used nowadays by most farms.

Laparoscopic ovum pick-up

Laparoscopic ovum pick-up (LOPU) is generally regarded to be an effective and minimally invasive procedure for the oocyte/ER in SR (*Gordon*, 2017). Slaughterhouses represent a low-cost and abundant source of oocytes useful for research projects, oocytes from live animals are required for commercial application of IVEP. For this purpose, follicular aspiration by LOPU is mandatory in SR, providing approximately 10-14 oocytes per female in each session (*Baldassarre et al.*, 2002; *Teixeira et al.*, 2011) cited by *Menchaca* (2018). Follicular aspiration of live animals needs to be associated with ovarian stimulation, usually achieved by using a single dose of FSH and eCG 36 h before LOPU (*Baldassarre et al.*, 1996; *Gibbons et al.*, 2007). *Baldassarre* (2002) reviewed follicle aspiration by LOPU in SR and identified some important key steps which include; donor selection (it should be superior or high genetic merit), donor treatment (synchronized and hormonally-primed for LOPU) and lastly follicular aspiration (animal need to have fasted for 24 h for food and 12 h for water and the procedure should be performed under anesthetic condition). The technique is very flexible and does not interfere with the donors' productive or reproductive career yet allows the production of more embryos than the conventional superovulation (*Gordon*, 2017). Sometimes, it leads to fewer adhesions and, therefore, a donor could be collected more than seven times. However, this method still requires special equipment and highly trained personnel. Thus, regardless of the excellent efficiency described, this technique did not become popular (*Fonseca et al.*, 2016).

The non-surgical embryo recovery technique

Embryos can be recovered from sheep by nonsurgical embryo recovery (NSER) technique. It was first reported in SR in the 1980s. This technique's anesthetic protocols are much simpler, and animals may remain in a standing position under sedation combined with epidural block and local cervical anesthesia. To dilate the uterine cervix for transcervical embryo flushing and deposition. Several drugs have been used successfully with combined treatment using estradiol benzoate, d-cloprostenol (both administered 16 h before embryo flushing), and oxytocin (20 min before cervical penetration), providing the most optimal results in cycling and superovulated ewes. Recipient animals do not require any hormonal drug to induce cervical dilation. Embryos were transferred directly by a cervical route, which yields an excellent result (Fonseca et al., 2019) cited by Bartlewski (2019). The transcervical recovery method was successful in 61% of ewes receiving either cloprostenol or misoprostol, whereas no catheter passage was achieved in control-ewes.

Similarly, in Dorper ewes, animals receiving 200 mg misoprostol by vaginal route 5 h before ER reached 95% of cervical transposition, compared with 0% for control-ewes. On average, the technique was accomplished in 30 min and allowed recovery of six embryos per ewe, demonstrating its feasibility for Dorper ewes (Fonseca et al., 2016). The reduced or non-adhesion formations are pointed as the main advantage of this technique, suggesting that successive collections are more feasible in NSER than in laparotomy. Conversely, the introduction of a catheter through the cervix, mainly in sheep, and the incapability of rectal manipulation of the tract are the main difficulties for NSER procedures (Fonseca et al., 2016).

In vitro embryo production

The results of a meta-analysis study conducted by Zhu et al. (2018) indicated that slaughterhouse had been the primary resource for cumulus oocytes complexes for IVEP among many countries around the globe. The IVEP can produce more offspring from genetically superior animals than with the use of conventional MOET. This because it is capable of avoiding most of the causes of failure in MOET (Baldassarre, 2002). In addition to selective breeding, IVEP also permits; production of offspring from genetically superior senile or prepubertal females, species conservation programs and represents a valuable research tool in developmental biology and in the study of human infertility treatments (Menchaca et al., 2018). In sheep, the technique is still inefficient; approximately only 70-90% of immature oocytes undergo maturation, from prophase I to metaphase II out of which, 50-80% undergo fertilization and cleave to a two-cell stage at 24 to 48 h after insemination; only 20-50% of immature oocytes ever reach the blastocyst stage, on day 7 to 8 post-fertilization (Zhu et al., 2018). Viana (2017) reported that in bovine, the numbers of transferred in vitro produced embryos (IVP) exceeded that of their in vivo-derived (IVD) counterparts. Unfortunately, the reverse is still the case in ovine. Data collected from six different world regions; Africa, Asia, Europe, North America, Oceania, and South America, on the total number of ovine IVD and IVP transferrable embryos indicated that 18652 were IVD and only 66 were IVP. For transferred embryos, 12571 were IVD, out of which 10 were frozen, and only

55 were IVP and were all transferred fresh (Viana, 2017). This calls for the need for more intense research on this subject for possible improvement. The IVEP includes oocyte collection/recovery (previously discussed), grading and selection of best oocyte with more cumulus oophorus, IVM of selected oocytes, IVF of a matured oocyte, selection of best quality embryo at the morula stage, and then finally, transfer of the produced embryos to the recipient ewes (Gupta et al., 2018).

Grading and selection of best oocyte

The ability of oocytes to undergo maturation and support embryonic development varies; this is referred to as developmental competence (DC) or oocyte quality (OQ) (Reader et al., 2017). The oocyte source in goats was observed to have marked effects on oocyte maturation, viability, and developmental competence of in vitro produced embryos. The LOPU-sourced were reported to be of more outstanding quality than the abattoir-sourced oocytes (Rahman et al., 2009). Age of donor was also reported (O'Brien et al., 1996; 1997; Ledda et al., 1997; Ptak et al., 1999; Kochhar et al., 2002; Ptak et al., 2006) to affect the OQ (Table 1.).

The oocyte is known to be a unique and highly specialized cell responsible for creating, activating, and controlling the embryonic genome, as well as supporting basic processes, such as cellular homeostasis, metabolism, and cell cycle progression in the early embryo (Mtango et al., 2008) cited by Hoshino, (2018). It is essential, therefore, to assess the fertility potentials and guarantee the necessary health qualities of the oocytes since the DC of an embryo is principally dictated by the health and OQ (Reader et al., 2017; Hoshino, 2018). Usually, for IVF and intracytoplasmic sperm injection, oocyte selection is based on morphological parameters related to the cumulus cells, polar body, and cytoplasm (Hoshino, 2018; Wani et al., 2013). Wani et al. (2013) graded oocytes into three categories based on the number of cumulus cells and uniformity of the oocytoplasm, which include;

- a. Good: Oocytes with many complete layers of cumulus cells and uniform cytoplasm.
- b. Fair: Oocytes with thin or incomplete layers of cumulus cells and uniform cytoplasm.
- c. Poor: Oocytes with few or no cumulus cells.

Only good and fair oocytes should be used for better embryo DC. A potential technique that can be used to determine OQ is intracellular temperature imaging with a fluorescent polymer thermometer to evaluate the oocytes' thermal profile. Moreover, OQ can be determined by assessing molecular markers (microRNAs) and certain morphological factors that are related to OQ like; first polar body morphology, meiotic spindle, cumulus cells, and mitochondria (Hoshino, 2018). Reader et al. (2017) reported that follicle and oocyte size, mitochondria, lipid droplets, oocyte vesicles, and cortical granules could be examined to assess OQ. Similarly, OQ can be assessed by staining procedure using brilliant cresyl blue to measure glucose-6-phosphate dehydrogenase activity. By the end of maturation, the authors concluded that oocytes with a greater volume or number of evenly distributed mitochondria, lipid droplets and vesicles, and cortical granules located immediately below the oolemma have greater DC.

Table 1.

Comparison of developmental competence of oocytes of prepubertal and adult sheep

Parameters (%) (1)						
S/N	Oocyte source (2)	Type of media used (3)	Fertilization rate (4)	Cleavage rate (5)	Blastocyst rate (6)	Source (7)
1	Pre-pubertal (8)	Medium-199 (Earle's salt, L-G, 2200 mg/l SB, 25 mM HEPES, Gibco, BRL, Grand Island, NY) +0.3 mM P+0.3 mM G+10% FBS(v/v)+ 10 µg/l FSH+10 µg/l LH	71.7	81.9	15.4 ^a	<i>O'Brien et al.</i> (1996; 1997)
	Adult (9)		70.0	82.0	34.1 ^b	
2	Pre-pubertal (8)	TCM-199(10% v/v FBS, 10 mg/l FSH and 10 mg/l LH)	64.0 ^a	72.0	20.0 ^a	<i>Ledda et al.</i> (1997)
	Adult (9)		72.0 ^b	73.0	49.0 ^b	
3	Pre-pubertal (8)	B-b TCM-199 (275 mosm) supplemented with 2 mM G, 100 µg/ml C, 0.3 Mm SP, 10% FBS, 5 µg/ml FSH (Ovagen), 5 µg/ml LH and 1 µg/ml E ₂	NA	NA	22.9 ^a	<i>Ptak et al.</i> (1999)
	Adult (9)		NA	NA	35.8 ^b	
4	Pre-pubertal (8)	TMC-199+10% FCS under oil	69.0	63.2 ^a	17.8 ^a	<i>Kochhar et al.</i> (2002)
	Adult (9)		72.7	69.25 ^b	26.8 ^b	
5	Pre-pubertal (8)	B-b TCM-199 (2 mM G, 100 µg/ml C, 0.3 mM SP, 10% FBS, 5 µg/ml FSH (Ovagen), 5 µg/ml LH and 1 µg/ml E ₂	NA	75.5 ^a	12.0 ^a	<i>Ptak et al.</i> (2006)
	Adult (9)		NA	81.0 ^b	36.0 ^b	

B-b: Bicarbonate-buffered, BSA: Bovine Serum Albumin, C: Cysteamine, CB: Cytochalasin B, E₂: Estradiol, FBS: Fetal Bovine Serum, FSH: Follicle Stimulating Hormone, G: Glutamine, HEPES: 4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazineethanesulfonic acid, LH: Luteinizing Hormone, NA: Not Available, P: Pyruvate, SB: Sodium Bicarbonate, SP: Sodium Pyruvate, TCM: Tissue Culture Media (10)

Values in the same column between two oocyte sources with different superscripts are significantly different (11)

1. táblázat Prepubertás korú és felnőtt anyajuhokból származó petesejtek fejlődési kompetenciájának összehasonlítása

paraméterek (1); petesejt-forrás (2); felhasznált médium típusa (3); fertilizációs arány (4); osztódási arány (5); blastocysta arány (6); forrás (7); prepubertás (8); felnőtt (9)

B-p: Bikarbonát-pufferelt, BSA: szarvasmarha szérum albumin, C: Ciszteamin, CB: citokalazin B, E₂: ösztradiol, FBS: fetális borjú savó, FSH: folliculus stimuláló hormon, G: glutamin, HEPES: 4-(2-hidroxi-etil)-piperazin-1-etán-szulfonsav, LH: luteinizáló hormon, NA: nem áll rendelkezésre, P: Piruvát, SB:nátrium-bikarbonát, SP: nátrium piruvát, TCM: szövettenyésztő médium (10).

A két különböző petesejt-forráshoz tartozó, de egyazon oszlopban szereplő értékek között akkor van szignifikáns különbség, ha a felső indexben eltérő betű szerepel (11).

In vitro oocyte maturation

Maturation is the most critical stage of IVEP; this is majorly due to immature oocytes' heterogeneous nature (*Paramio and Izquierdo, 2014*). The quality of the embryo to be produced depends mainly on the OQ. High-grade oocytes can only be achieved by using the right maturation media and maturation processes. For immature oocytes to become fertilizable they must undergo; cytoplasmic and nuclear maturation, extrude the first polar body, and have entered metaphase II (*Cognié et al., 2003*). As stated by *Zhu et al. (2018)*, the most commonly used media for the maturation of oocytes is the traditional medium-Tissue Culture Medium-199 (TCM-199), supplemented with various serum at 10% including fetal bovine serum (FBS) (13 of 25 laboratories), sheep serum (5 of 25), bovine serum albumin (5 of 25), follicular fluid (1 of 25). FSH and LH combinations or 17 β -estradiol are the most common hormones added to the maturation media and maintained under 38.5-39 °C, 5% CO₂ for 20-24 h.

In vitro fertilization

Here, both the oocytes and sperm cells are involved; therefore, their quality determines their fertilization ability and overall success of the process. Moreover, both gametes' ability to fertilize is time-dependent, which is limited and generally referred to as the „fertile span” (FS) beyond which they cannot fertilize. The FS is variable even in the same individual and is greatly determined by certain factors breeds, season, donor's age, donor nutrition, gamete quality, culture or preservation conditions including pH value, osmolality, compounds, gases, and so on (*Zhu et al., 2018*). Sometimes, FS may vary depending on OQ; poor quality or aged oocytes may have shorter FS. Therefore, timing is a vital factor that affects the success of IVF. Matured oocytes and spermatozoa must be co-incubated together within their FS to ensure that a greater proportion of the matured oocytes can be fertilized by capacitated and appropriate spermatozoa (*Zhu et al., 2018*). Besides, IVF success depends on proper oocyte maturation, sperm selection, sperm capacitation, and IVF media (*Paramio and Izquierdo, 2014*). The most common fertilization medium for sheep oocytes is SOF medium supplemented with 1-2 μ g/mL heparin + 2-20% either FBS or SS, respectively. Besides other conditions, the blastocyst rate of oocytes IVF with 2% serum ranges from 20.0% to 59.2%, whereas that with 20% serum, it ranges from 24.1% to 42%. After insemination, the IVF drops are incubated at 38.5 °C in a humidified atmosphere incubator with 5% CO₂ in the air for 15 to 20 h (*Baldassarre, 2002*). Semen can be sex-sorted before the IVF process is carried out (*Paramio and Izquierdo, 2016*). Sex is determined in farm animals by sex chromosomes content of sperm; females are produced by gamete containing X-chromosomes and males by those carrying the Y-chromosomes. The former is larger and has more DNA than the latter, 4.2% and 3.5%, respectively (*Gordon, 2017*). Different methods are now available for semen sexing, including albumin gradient, percoll density gradient, free-flow electrophoresis, identification of H-Y antigen, or Flow-cytometry (*Boro et al., 2016*). With the flow-cytometry technique or cell sorting machine, semen from many mammalian species can be sexed at about 90% accuracy without

damaging them. This development permitted the production of many offspring of the desired sex (Boro et al., 2016).

In vitro culture of embryos

Among all the stages involved in the IVEP, the culture stage is longest (6-8 days) and also has a marked influence on the embryo developmental competence (EDC), viability, pregnancy rate, fetal development, and birth weight (Zhu et al., 2018). Ovine zygotes are cultured in SOF supplemented with amino acids (AA) and BSA. This combination is the standard or conventional culture medium for sheep embryos production. Keeping oxygen concentration at 5 % (5% O₂, 5% CO₂, and 90% N₂) reduces oxidation incidence. The blastocyst is formed on day 6-8 of culture. The culture medium is usually changed after every 48 h, or applied with two-step culture, namely; embryos are cultured in SOF+ AA+ BSA on the first three days, and on day 4, they are transferred into a SOF+ AA+ glucose+ bovine/ovine serum albumin and cultured in the medium up to day 8 (Zhu et al., 2018). Fernández-Gonzalez et al. (2014) observed that blastocyst culture in FBS's presence significantly affects some imprinting genes' mRNA expression. In 2013 an entire serum-free ready-to-use media suite for all the steps, maturation, fertilization, and culture, was made commercially available by IVF Bioscience, UK, combining synthetic serum replacements and BSA (Hyttel et al., 2019).

Selection of best quality embryos for transfer

Embryos can be assessed for quality by placing them under a magnifying glass. According to their morphological aspect, their quality is estimated due to the time after insemination and the pellucid membranes' integrity that surrounds the embryo (Rizos et al., 2002). Embryos grading is mostly focused on the state of development and morphology, and only embryos graded as «excellent» or «good» will allow good results of cryoconservation (Brem and Wiener, 1990). Jones et al. (2001) reported some of the criteria that can be adopted to optimize the selection of embryo development, including; the rate of embryo development, blastocyst development, pronuclei expression and nucleoli orientation, ovarian/follicular vascularity, noninvasive assessment of metabolic products of embryos during development, pre-implantation genetic diagnosis, and morphological evaluation. Geber et al. (2002) identified the following criteria for assessing EDC in the human being;

a. Developmental rate: embryos must be assessed in culture, during the 1-cell, cleaving, and morula/blastocyst stages, and classified according to quality. On day 2, the first cleavage division occurs. After this, embryos double their number of blastomeres each day. Thus embryos have an expected 2-4 cells on day 2, 6-10 cells on day 3, become morula at day 4, and blastocysts at day 5 and 6. Embryos with odd numbers of blastomeres probably have cells with slower division than others.

b. Morphology: best embryos are those that are having thinner zonae and blastomeres of similar size without fragments. Thicker zonae might impair hatching,

while greater degrees of fragmentation and blastomere irregularity gives a poor prognosis of pregnancy.

A combination of all these criteria to select the most likely embryos to implant might improve pregnancy rates.

Mature in vitro embryo transfer and juvenile in vitro embryo transfer

Transferrable embryos can be produced in vitro after ovum pick-up from super-stimulated donor ewes. The ewes can either be matured, in which case the technique is termed „mature in vitro embryo transfer” (MIVET), or immature/prepubertal ewe that is as young as 3 weeks old „juvenile in vitro embryo transfer” (JIVET) (Cottle, 2010). This technique offers a great opportunity for rapid genetic improvement through reduction of GI to as low as 6 months. Moreover, it also circumvents the problems of variation in fertilization rate and the super-stimulatory response observed in MOET (Cottle, 2010). However, juvenile embryos were observed to have lower viability following cryopreservation or transfer to recipient ewes. This was presumably, due to lower volume fraction and size of cortical granules in juvenile oocytes than adult oocytes following IVM, which may be related to the increased rate of polyspermy reported in oocytes from juvenile animals (O'Brien *et al.*, 2000). There is a need for intense studies on the other causes of poor DC/low viability of juvenile oocytes after maturation and/or cryopreservation.

Embryo transfer

ET can be used to expand the population of a particular breed or elite strain of sheep in demand; a further consideration is in import and export of sheep in the form of frozen embryos rather than animals on the hoof (Gordon, 2017). One of the most challenging aspects of assisted reproductive technologies is determining which embryos are most suitable for transfer into the uterus. The two most important factors that need consideration here are; the choice of the embryo with the best DC (previously discussed) and the risk of multiple pregnancies associated with the number of embryos transferred (Jones *et al.*, 2001). Usually, two embryos are transferred to each recipient ewe via laparoscopic insertion into the uterine horns ipsilateral to the ovary containing corpus luteum. Moreover, the recipient needs to be the same breed as the donor, and their estrus and ovulation be synchronized simultaneously (Cottle, 2010).

The most significant obstacles limiting the widespread use of the ET technique in sheep include:

- a. Considerably limited available data on pedigree and performance
- b. A lack of simple and cost-effective methods of dispersing superior gene in female sheep (i.e., laborious and non-standardized superovulatory protocols); and
- c. The unique ewes' anatomical structure of the reproductive tract; this precludes the simple transcervical passage of an insemination/ET apparatus (Bartlewski, 2019).

Addressing those mentioned above and other problems associated with ET in sheep could improve the efficiency and farmers' acceptability of the technique.

CONCLUSION

The techniques of IVEP in sheep breeding can offer overwhelming promising results on livestock improvement in the future. Techniques like JIVET help accelerate the rate of genetic gain by shortening GI to as low as 6 months. The recent development of short-term protocol (5-7 days) of ES with FTAI using laparoscopic insemination method, if adopted, can increase the success rate and reduce the cost and time of EP. The use of a combination of different oocyte and embryo quality indicators could improve ovine IVEP. More researches are needed on the strategies of enhancing the viability of *in vitro* produced sheep embryos. There is a need to ascertain whether the oocyte source (abattoir and LOPU) affects the DC of sheep oocytes.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Complex rural economic development and sustainability research, development of the service network in the Carpathian Basin (EFOP-3.6.2-16-2017-00001).

REFERENCES

- Amiridis, G. - Cseh, S.* (2012): Assisted reproductive technologies in the reproductive management of small ruminants. *Anim. Repr. Sci.*, 130. 152-161.
- Baldassarre, H. - Furnus, C. - De Matos, D. - Pessi, H.* (1996): *In vitro* production of sheep embryos using laparoscopic folliculocentesis: alternative gonadotrophin treatments for stimulation of oocyte donors. *Theriogenology*, 45. 707-717.
- Baldassarre, H. - Wang, B. - Kafidi, N. - Keefer, C. - Lazaris, A. - Karatzas, C.* (2002): Advances in the production and propagation of transgenic goats using laparoscopic ovum pick-up and *in vitro* embryo production technologies. *Theriogenology*, 57. 275-284.
- Bartlewski, P. M.* (2019): Recent advances in superovulation in sheep. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 43. 126-128.
- Boro, P. - Naha, B. C. - Madkar, A. - Prakash, C.* (2016): Sexing of semen in bulls: A mini review. *Int. J. Appl. Res.*, 2. 460-462.
- Brasil, O. O. - Moreira, N. H. - Santos, G. - Silva, B. D. - Mariante, A. S. - Ramos, A. F.* (2016). Superovulatory and embryo yielding in sheep using increased exposure time to progesterone associated with GnRh agonist. *Small Rum. Res.*, 136. 54-58.
- Brem, G. - Wiener, G.* (1990): Future biotechnological possibilities in preserving animal germplasm. *FAO Animal Production and Health Paper* (FAO).
- Camargo, L. S. d. A - Viana, J. H. M. - Sá, W. F. d. - Ferreira, A. d. M. - Ramos, A. d. A. - Vale Filho, V.* (2018): Factors influencing *in vitro* embryo production. *Anim. Reprod.*, 3. 19-28.
- Cognié, Y. - Baril, G. - Poulin, N. - Mermillod, P.* (2003): Current status of embryo technologies in sheep and goat. *Theriogenology*, 59. 171-188.
- Cottle, D. J.* (2010): *International sheep and wool handbook*.
- De, K. - Kumar, D. - Sethi, D. - Gulyani, R. - Naqvi, S. M. K.* (2015): Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination in sheep under field conditions of a semi-arid tropical region. *Trop. Anim. Health Prod.*, 47. 469-472.

- Driancourt, M.* (2001): Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 55. 1211-1239.
- Fernández-Gonzalez, R. - Moreira, P. - Bilbao, A. - Jimenez, A. - Perez-Crespo, M. - Ramirez, M. A. - Rodriguez De Fonseca, F. - Pintado, B. - Gutierrez-Adan, A.* (2004): Long-term effect of *in vitro* culture of mouse embryos with serum on mRNA expression of imprinting genes, development, and behaviour. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 16. 101. 5880-5885.
- Fonseca, J. F. - Souza-Fabjan, J. M. G. - Oliveira, M. E. F. - Leite, C. R. - Nascimento-Penido, P. M. P.-Brandão, F. Z. - Lehloenya, K. C.* (2016): Nonsurgical embryo recovery and transfer in sheep and goats. *Theriogenology*, 86. 144-151.
- Fonseca, J. F. - Oliveira, M. E. F. - Brandão, F. Z. - Batista, R. I. - Garcia, A. R. - Bartlewski, P. M. -Souza-Fabjan, J. M.* (2019): Non-surgical embryo transfer in goats and sheep: the Brazilian experience. *Reprod. Fert. Develop.*, 31. 17-26.
- Fornazari, R. R. - Mateus, Ó. - Correia, T. M. - Quintas, H. - Maurício, R. - Conradi, A. - Francisco, L. F. - Álvaro, A. - Valentim, R.* (2018): Estrus synchronization and artificial insemination with fresh and chilled semen in Assaf ewes. *Agricult. Sci.*, 9. 8-22.
- Geber, S. - Sales, L. - Sampaio, M. A.* (2002): Laboratory techniques for human embryos. *Reprod. Biomed. Online*, 5. 211-218.
- Gibbons, A. - Bonnet, F. P. - Cueto, M. - Catala, M. - Salamone, D. - Gonzalez-Bulnes, A.* (2007): Procedure for maximizing oocyte harvest for *in vitro* embryo production in small ruminants. *Reprod. Domest. Anim.*, 42. 423-426.
- Gordon, I.* (2017): Reproductive technologies in farm animals. *CABI International*, UK, 307.
- Gupta, A. - Chaudhary, M. - Goyal, R. K. - Yadav, V. - Chandra, S. - Sinha, S.* (2018): Recent advances in reproductive biotechnologies in small ruminants. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 6. 62-66.
- Hoshino, Y.* (2018): Updating the markers for oocyte quality evaluation: intracellular temperature as a new index. *Reprod. Med. Biol.*, 17. 434-441.
- Hyttel, P. - Pessôa, L. J. B. - Dittlau, K. S. - Freude, K. - Hall, V. J. - Fair, T. - Assey, R. J. - Laurincik, J. - Callesen, H.* (2019): Oocytes, embryos and pluripotent stem cells from a biomedical perspective. *Anim. Reprod.*, 16. 508-523.
- Jones, G. M. - Trounson, A. O. - Vella, P. J. - Thouas, G. A. - Lolatgis, N. - Wood, C.* (2001): Glucose metabolism of human morula and blastocyst-stage embryos and its relationship to viability after transfer. *Reprod. Biomed. Online*, 4. 124-132.
- Ledda, S. - Bogliolo, L. - Calvia, P. - Leoni, G. - Naitana, S.* (1997): Meiotic progression and development competence of oocytes collected from juvenile and adult ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 109. 73-78.
- Kochhar, H. - Wu, B. - Morris, L. - Buckrell, B. - Pollard, J. - Basrur, P. - King, W.* (2002): Maturation status, protein synthesis and developmental competence of oocytes derived from lambs and ewes. *Reprod. Domest. Anim.*, 37. 19-25.
- Menchaca, A. - dos Santos-Neto, P. C. - Cuadro, F. - Souza-Neves, M. - Crispo, M.* (2018): From reproductive technologies to genome editing in small ruminants: An embryo's journey. *Anim. Reprod.*, 15(Suppl1). 984-995.
- Menchaca, A. - No, S. P. - Cuadro, F.* (2017): Estrus synchronization treatments in sheep: brief update. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 41. 340-344.
- Miranda, V. O. - Oliveira, F. C. - Dias, J. H. - Júnior, S. F. V. - Goularte, K. L. - Sá Filho, M. F. - de Sá F. - Ocilon, G. - Baldassarre, H. - Vieira, A. D. - Lucia Jr, T.* (2018): Estrus resynchronization in ewes with unknown pregnancy status. *Theriogenology*, 106. 103-107.
- Mtango, N. R. - Potireddy, S. - Latham, K. E.* (2008): Oocyte quality and maternal control of development. *International Rev. Cell Mol. Biol.*, 268. 223-290.
- O'Brien, J. - Catt, S. - Ireland, K. - Maxwell, W. - Evans, G.* (1997): *In vitro* and *in vivo* developmental capacity of oocytes from prepubertal and adult sheep. *Theriogenology*, 47. 1433-1443.

- O'Brien, J. - Dwarthe, D. - Ryan, J. - Maxwell, W. - Evans, G. (1996): Developmental capacity, energy metabolism and ultrastructure of mature oocytes from prepubertal and adult sheep. *Reprod. Fertil. Dev.*, 8. 1029-1037.
- O'Brien, J. - Dwarthe, D. - Ryan, J. - Maxwell, W. - Evans, G. (2000): Comparison of in vitro maturation, in vitro fertilization, metabolism and ultrastructure of oocytes from prepubertal and adult pigs. *Reprod. Domest. Anim.*, 35. 101-107.
- Olivera-Muzante, J. - Gil, J. - Fierro, S. - Menchaca, A. - Rubianes, E. (2011): Alternatives to improve a prostaglandin-based protocol for timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology*, 76. 1501-1507.
- Paramio, M. - Izquierdo, D. (2014): Current status of in vitro embryo production in sheep and goats. *Reprod. Domest. Anim.*, 49. 37-48.
- Paramio, M. - Izquierdo, D. (2016): Recent advances in in vitro embryo production in small ruminants. *Theriogenology*, 86. 152-159.
- Pinto, P. - Bragança, G. - Balaro, M. - Arashiro, E. - Dos Santos, G. - de Souza, G. - Souza-Fabjan, J. - Da Fonseca, J. - Brandão, F. (2018): Colour-Doppler ultrasound imaging as a laparoscopy substitute to count corpora lutea in superovulated sheep. *Reprod. Domest. Anim.*, 53. 266-269.
- Ptak, G. - Loi, P. - Dattena, M. - Tischner, M. - Cappai, P. (1999): Offspring from one-month-old lambs: studies on the developmental capability of prepubertal oocytes. *Biol. Reprod.*, 61. 1568-1574.
- Ptak, G. - Matsukawa, K. - Palmieri, C. - Salda, L. D. - Scapolo, P. A. - Loi, P. (2006): Developmental and functional evidence of nuclear immaturity in prepubertal oocytes. *Hum. Reprod.*, 21. 2228-2237.
- Rahman, A. N. M. A. - Abdullah, R. B. - Wan-Khadijah, W. E. (2009): Effects of oocyte source on the developmental competence of in vitro matured goat oocytes fertilized by the intracytoplasmic sperm injection technique. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 33. 323-331.
- Ramos, A. F. - Silva, B. D. (2018): Hormonal protocol in small ruminants. In T. G. Bergstein-Galan, & T. G. Bergstein-Galan (Ed.), *Reprod. Biotech. Farm Anim.*, 138 - 154. Avid Science.
- Reader, K. - Stanton, J. - Juengel, J. (2017): The role of oocyte organelles in determining developmental competence. *Biology*, 6. 35.
- Rekik, M. - Haile, A. - Abebe, A. - Muluneh, D. - Goshme, S. - Ben Salem, I. - Hilali, M. E. - Lassoued, N. - Chanyalew, Y. - Rischkowsky, B. (2016): GnRH and prostaglandin-based synchronization protocols as alternatives to progesterone-based treatments in sheep. *Reprod. Domest. Anim.*, 51. 924-929.
- Rizos, D. - Ward, F. - Duffy, P. - Boland, M. P. - Lonergan, P. (2002): Consequences of bovine oocyte maturation, fertilization or early embryo development in vitro versus in vivo: implications for blastocyst yield and blastocyst quality. *Mol. Reprod. Dev.*, 61. 234-248.
- Romano, J. E. (2019). Hormonal control of estrus in goats and sheep. USA: Merck Sharp & Dohme Corp., a subsidiary of Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA. Retrieved 10 03, 2019, from: <https://www.msdsmanual.com/management-and-nutrition/hormonal-control-of-estrus/hormonal-control-of-estrus-in-goats-and-sheep>.
- Sanches, B. V. - Zangirolamo, A. F. - da Silva, N. C. - Morotti, F. - Seneda, M. M. (2018): Cryopreservation of in vitro-produced embryos: challenges for commercial implementation. *Anim. Reprod.*, 14. 521-527.
- Teixeira, P. P. M. - Padilha, L. C. - Oliveira, M. E. F. - Motheo, T. F. - da Silva, A. S. L. - Barros F. F. P. C. Coutinho, L. N. - Flóres, F. N. - Lopes, M. C. S. - Bandarra, M. B. - Silva, M. A. M. - Vasconcelos, R. O. - Rodrigues, L. F. S. - Vicente, W. R. R. (2011): Laparoscopic ovum collection in sheep: Gross and microscopic evaluation of the ovary and influence on oocyte production. *Anim. Reprod. Sci.*, 127. 169-175.
- Tekim, K. (2019): Cervical insemination with frozen thawed semen in goats at different breeding age. *Kocatepe Veterinary Journal*, 12. 357-362.
- Viana, J. (2017): Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*, 36. 8-25.

- Vilariño, M. - Rubianes, E. - Van Lier, E. - Menchaca, A. (2010): Serum progesterone concentrations, follicular development and time of ovulation using a new progesterone releasing device (DICO®) in sheep. *Small Rum. Res.*, 91. 219-224.
- Wani, A. - Khan, M. - Sofi, K. - Malik, A. - Lone, F. - Bhat, F. (2013): Effect of follicular size on in vitro maturation, fertilization and culture of sheep embryos. *Iran. J. Vet. Res.*, 14. 299-309.
- Zhu, J. - Moawad, A.R. - Wang, C. - Li, H. - Ren, J. - Dai, Y. (2018): Advances in in vitro production of sheep embryos. *Int. J. Vet. Sci. Med.*, 6. 15-26.

Érkezett: 2020. február

Szerzők címe: Mujitaba M. A. - Vass N. - Angyal E.
Debreceni Egyetem

Authors' address: University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
malam.abulbashar@agr.unideb.hu

Bodó Sz.
Nemzeti Agrártudományi és Innovációs Központ
National Agricultural Research and Innovation Center
H-2100 Gödöllő, Szent-Györgyi Albert utca 4.

KÖSZÖNET A LEKTOROKNAK

Köszönjük az alább felsorolt kollegáknak, hogy a 2020. év 69. évfolyamában megjelent közleményeknél lelkiismeretes bírálatukkal hozzájárultak folyóiratunk tudományos színvonalának megőrzéséhez:

Anton István,
Bajcsy Csaba,
Bársony Péter,
Borka György,
Dublecz Károly,
Farkas Orsolya,
Gregosits Balázs,
Fébel Hedvig,
Halas Veronika,
Hullár István,
Húth Balázs,
Jakabné Sándor Zsuzsanna,
Jurkovich Viktor,
Komlói István,
Kovács-Weber Mária,
Mézes Miklós,
Milisits-Németh Tímea,
Molnár Tamás Gergely,

Nemes-Terényi Melinda,
Pajor Ferenc,
Pál László,
Póti Péter,
Seenger Julianna,
Szabó András,
Szabó Csaba,
Tasi Julianna,
Tempfli Károly,
Tóth Tamás,
Tózsér János,
Varga László,
Zenke Petra,
Zomborszky Zoltán,
Zsarnóczai Gabriella.

Szerkesztőbizottság

2019-BEN SIKERESEN MEGVÉDETT PHD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI SUMMARIES OF PHD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2019

A KÜLÖNBÖZŐ MÓDON TARTOTT ANYA- ÉS NÖVENDEKNYULAK TERMELÉSÉNEK ÉS VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

FARKAS TAMÁS PÉTER

Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Témavezető: Gerencsér Zsolt PhD

A közeljövőben a csoportos anyanyúl és növendéknyúl tartási rendszereket bevezetik az EU-ban, éppen ezért a nyúlágazaton belül aktuális és az egyik legfontosabb célterület a tartási rendszerek és az állatok viselkedésének vizsgálata.

A fészekanyaggal végzett kísérletek célja annak vizsgálata volt, hogy az anyanyulak a faforgáccsal, szénával, szalmával, vagy Lignocellel kibélelt fiaztatóládák közül melyiket választották a fialáshoz, továbbá a szénával, szalmával, vagy Lignocellel feltöltött szénazsebek közül melyikből milyen gyakorisággal hordták be a fészekanyagot a fiaztatóládába fészük elkészítéséhez. A jelölt megállapította, hogy az anyanyulak 40,5%-a fából készült, hosszú szálú rostos anyaggal (Lignocel), 5,4%-a szalmával és 2,7%-a szénával feltöltött fiaztató ládát választott a fiókák világra hozatalához. Az anyanyulak 51,4%-a többféle (Lignocel, szalma, széna) fészekanyagot használt fel fészke elkészítéséhez a fiaztatóládába helyezett fészekanyagok közül. Az anyanyulak a szénazsebből felkínált fészekanyagok közül 87,5%-ban tisztán fából készült, hosszú szálú rostos anyagból (Lignocel), 6,3-6,3 %-ban tisztán szalmából és szénából készítették el fészüküket. Az anyanyulaknál a fészekanyagok hordási gyakorisága a fialást megelőző három napon jelentős ingadozást mutat, és a fialás előtti 4-5 órás időintervallumban a legintenzívebb.

A csoportos anyanyúl-tartást vizsgáló kísérlet célja volt az egyedi és csoportos tartás kombinációjának hatásának vizsgálata az anyanyulak termelésére és viselkedésére a fülkén belül a közös tér mellett, négy egyedi ketrecrészt is tartalmazó fülkében. Az anyanyulak a fémrács oldalfalú egyedi ketrecrészekből és közös térből felépített fülkékben nagyobb arányban tartózkodtak egyedül és az egyedi ketrecrészekben szemben a közös térrel a csoport kialakítását követő 13. napon, mint a műanyag, zárt oldalfallal felépített fülkében tartott társaik. Az anyanyulak a fémrács oldalfalú egyedi ketrecrészekből és közös térből felépített, valamint a fele részben fémrács fele részben műanyag, zárt oldalfalú egyedi ketrecrészekből felépített fülkékben a véletlenszerű választáskor várható 25%-os arányhoz képest szignifikánsan nagyobb arányban választották a saját egyedi ketrecrészt, a másik hárommal szemben. A zárt oldalfalakkal felépített fülke esetén ez csak az első három napon volt igaz, azt követően a saját ketrecrészt választása nem tért el szignifikánsan a véletlenszerű választáskor várható 25%-tól.

A növendéknyulakkal végzett kísérlet célja volt a két szinten beszerelt, különböző anyagú (fémrácsból vagy műanyag rács) polc esetén a növendéknyulak

helyválasztásának vizsgálata az életkortól és a napszaktól függően. Továbbá megvizsgálni, hogy a polc nélküli fülkéhez viszonyítva hogyan alakult a növendéknyulak termelése, vágási és húsmínőségi tulajdonsága. A növendéknyulak gyakrabban használták a műanyag rácsból készült polcokat, mint a fémrácsból készületeket abban az esetben is, ha azok két szinten vannak elhelyezve. A növendéknyulak előnyben részesítették a második szinten beszerelt polcokat, az első szinten lévőekkel szemben. A két szinten beszerelt műanyag vagy drótrács polcokkal gazdagított fülkében és a polc nélküli fülkében nincs különbség a nyulak termelési és vágási tulajdonságaiban, továbbá nincs különbség a bélsárban mért kortikoszteron metabolitok koncentrációjában sem.

EXAMINATION OF PRODUCTION AND BEHAVIOUR OF RABBIT DOES AND GROWING RABBITS HOUSED IN DIFFERENT CONDITIONS

PÉTER TAMÁS FARKAS

University of Kaposvár, Kaposvár
Doctoral School in Animal Science
Supervisor: Zsolt Gerencsér PhD

There is an animal welfare pressure from West-Europe to accept regulations in the European Union based on antropomorphic ideas and emotions. If these regulations will be valid, that could mean the end of the European rabbit breeding. Consequently the task is clear for the researches to investigate the real demand and animal welfare of the rabbits. Examination of the group housing systems and the behaviour of rabbit does is current topic because some of the consumers show great interest about the products, which are produced under natural conditions.

The goal of the experiments in connection with nest building behaviour was to examine which nest materials (placed on nest boxes) are preferred by the rabbit does building their nest. Furthermore the aim of the experiments was to examine which nest materials are preferred by the rabbit does for building their nest from the hay racks. In the results the 40.5% of the rabbit does chose the nest boxes bedded with fine fibre wooden material (Lignocel®), 5.4% chose straw bedding and 2.7% chose nest boxes bedded with hay for parturition. 51.4% of the rabbit does used more different nest materials (Lignocel®, straw, hay) to make their nests from the materials placed in nest boxes. In 87.5% of cases rabbit does purely used fine fibre wooden material (Lignocel®) to make their nests and in 6.3-6.3% of the cases purely used straw and hay among the nest materials placed in hay racks. Furthermore the nest material carrying frequency showed fluctuation during the 3 days prior to parturition, and this behaviour was the most intensive in the intervallum 4-5 hours before parturition.

The aim of the experiment in connection with rabbit does group housing system was to test a special pen system of combination of group and individual housing, examination of production and preference of rabbit does. It was established that, in the pens included individual cages made of wire-mesh walls the rabbit does located more often alone than together and more often in the individual cages than in the common area on the 13th observation day compared to pens plastic slat covered walls cages. It was established that, the rabbit does chose their own

cages more frequently than the expected probability (25%) opposite to the other three individual cages in pens included common area and four individual cages. It was true only on the first three experimental days in the case of pens include only solid walls individual cages, later on that there was not significant difference from the expected probability (25%). It was established that, the rabbit does which were accustomed to solid wall cages preferred to stay more frequently in the solid wall cages in all observed days and does accustomed to wire-mesh cages stood more frequently in wire-mesh cages in the pens included two individual cages half made of plastic slat and two cages made of wire-mesh.

In the last experiment the productive performance, carcass traits, meat quality, faecal cortisol metabolites and location (preference) of growing rabbits housed in different type of pens (without or with wire-mesh or plastic-mesh elevated platforms) were examined. It was established that, growing rabbits used the plastic platforms more often than the wire-mesh platforms were installed in two levels. The growing rabbits used the second level of platforms more frequently than on the first level. In the results there were no significant differences in any of production traits and carcass parameters among rabbits housed in pens without or with two levels of wire-mesh or plastic-mesh elevated platforms. Furthermore no difference was noticed in cortisol metabolites concentration measured in faeces.

EGYES GYÓGNÖVÉNYEK ÉS FŰSZEREK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A TELJESÍTMÉNYRE ÉS A HÚSMINŐSÉGRE NÖVENDÉK NYÚLON

CHIARA-CARMEN CELIA

Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola

Témavezető: Szendrő Zsolt MTA levelező tagja, Antonella Dalle Zotte PhD

A növedéknyulak egészségi állapota befolyással van a termelésükre. Az emésztőszervi rendellenességek, a morbiditás és a mortalitás komoly gazdasági veszteséget okoznak a nyúltenyésztőknek. Az EU 2006-ban élelmiszerbiztonsági okokból betiltotta a hozamfokozóként használt antibiotikumok állattenyésztési célú használatát. A gazdasági állatfajok takarmányozásában a gyógy- és fűszernövények fitokémiai vegyületei, mint antimikrobiális, antioxidáns és növekedést serkentő anyagok fontos szerepet töltenek be az emésztőrendszerben, javítják a táplálóanyagok emészthetőségét és az állatok termelését.

A PhD értekezés kísérleteinek célja egy gyógy- és fűszernövény keverék (Digestarom®) és egy gyógynövény (máriatövis: *Silybum marianum*), mint takarmány-kiegészítő növedéknyulak termelésére, egészségi állapotára, vágási és húsmínőségi tulajdonságaira kifejtett hatásának vizsgálata.

Az első kísérletben egy kereskedelmi termék (Digestarom®) kihasználási együtthatókra, termelési eredményekre és a mikrobióta szám alakulására gyakorolt hatását vizsgálta, attól függően, hogy a növedéknyulak a választás előtt vagy csak azt követő időszakban kapták a kísérleti takarmányt. A takarmány 300 mg/kg of Digestarom® kiegészítése csak 5 és 8 hetes életkor között javította a súlygyarapodást, a takarmányértékesítést és az elhullást. Az egész hizlalási

időszakot vizsgálva a Digestarom® kiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan a termelési tulajdonságokat, illetve a mikroba számot a vakbélben és a bélsárban, annak ellenére, hogy romlottak az emésztési együtthatók. Az eredmények alapján a takarmány Digestarom® kiegészítése a növendéknyulak takarmányában nem járt hozamfokozó hatással.

A második kísérletben a Digestarom®-mal kiegészített takarmány etetésének a vágási és a húsminőségi tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgálta. A kísérlet eredményei alapján úgy tűnik, hogy a Digestarom® kiegészítés hatására nem javultak a vágási tulajdonságok, különösen akkor, ha azt választás után kapták a nyulak. Annak ellenére, hogy nem változott a hús puhasága, a választás előtti kiegészítés hatására nőtt a combhús sütési vesztesége. Bár az általános érzékelésre adott átlagos pontszám minden csoportban megegyezett, a bírálók magasabb pontszámot adtak a kezelt csoport húsmintáinak fűszeres és avas megítélésekor. A fentiek alapján a Digestarom® nem tűnik hatékony természetes takarmány-kiegészítőnek a növendéknyulak vágási tulajdonságainak és a húsminőség javításához.

A harmadik kísérlet célja annak vizsgálata volt, hogy három hetes kortól a takarmány máriatövissel történő kiegészítése milyen hatással van az egészségi állapotra, valamint a növendéknyulak termelési, vágási és húsminőségi tulajdonságaira.

A máriatövis hatására csökkent az elhullás, tehát úgy tűnik, hogy alkalmas természetes takarmány-kiegészítő lehet a nyúltelepeken a növendéknyulak egészségi állapotának javítására. Ezzel szemben, a jelen kísérletben alkalmazott bekeverés mellett, nem sikerült bizonyítani, hogy a kiegészítés befolyásolná a friss húsminta antioxidáns aktivitását. A nyúlhús több érzékszervi tulajdonságra pozitív hatást gyakorolt, amelynek a jövőben a fogyasztói megítélés szempontjából fontos szerepet játszhatnak. Mivel a máriatövis takarmány-kiegészítőként történő kipróbálásával kapcsolatban ez volt az első kísérlet nyulakkal, további kísérletek szükségesek a kapott eredmények megerősítésére és a hatásmechanizmus feltárására, különös tekintettel a táplálóanyagok emészthetőségére és a mikrobiótára gyakorolt hatásra.

TESTING OF SOME HERBS AND SPICES ON GROWING RABBITS AND MEAT QUALITY

CHIARA-CARMEN CELIA
Kaposvár University, Kaposvár
Doctoral School in Animal Science

Supervisors: Zsolt Szendrő, correspondance member of MHAS, Antonella Dalle Zotte PhD

The health status influences the growing phase of the rabbits and digestive disturbances are the main cause of the morbidity and mortality that create important economic losses for rabbit farmers. An alternative to antibiotics, banned in EU since 2006 due to safety issues, was the utilization of herbs, spices, and botanicals. Known to have a wide range of activities, some have been associated with improvements in animal performance and increased nutrient availability.

The aim of this PhD thesis was to study the effect of the dietary supplementation of a single herb, or of a mix of selected herbs and spices on the productive performances, health status and meat quality of growing rabbits.

The first study focused on the effect of a commercial product (Digestarom®) on productive performances, nutrients balance and gastrointestinal microbiota when administered to growing rabbit. Inclusion of 300 mg/kg of Digestarom® in a diet for growing rabbits was mainly effective when administered after weaning (from 5 to 8 wk of age), as it was able to increase the growth rate, improve feed efficiency and reduce mortality rate. When considering the whole growing period, Digestarom® supplement had no effect either on the live performance of rabbits or on the microbial counts of the caecal and faecal content, whereas it impaired nutrient digestibility. On the whole, this study did not provide convincing evidence of the efficacy of the Digestarom® dietary supplement.

The second study aimed at exploring the effect of the Digestarom® on the rabbit carcass and meat quality. In this study, Digestarom® dietary supplementation appeared to be ineffective in improving growing rabbit carcass traits, especially when given after weaning. Furthermore, even without affecting meat tenderness, before weaning supplementation increased hind leg cooking losses. Moreover, despite the fact that overall flavour perception reached the same scores in all groups, panellists recorded higher scores for spiciness and rancidity descriptors in meat of rabbits fed the supplement. On the basis of the considerations above, Digestarom® does not appear to be an effective natural feed additive for the improvement of carcass traits or meat quality in growing rabbits.

The third study involved a single plant, *Silybum marianum*, which was included in the growing rabbit's diet from their third week of age, with the aim to improve their health status, productive performances, carcass traits, antioxidant effect and sensory trait. *Silybum marianum* dietary supplementation reduced the mortality rate in growing rabbits under health stress, thus being a promising natural feed additive in improving the sanitary status of a commercial rabbit farm. The dietary supplementation with *Silybum marianum* changed the sensory characteristics of rabbit loin thus, in the future; consumer acceptability should be carefully assessed. As the present study was the first attempt to test the dietary supplementation of *Silybum marianum* in the diet for growing rabbits, further studies need to implement the present results considering also digestibility of nutrients as well as the effect of this herb on the intestinal microbiota.

FUMONISIN MIKOTOXINOK ÉS A BÉLRENDSZER MIKROBIÓTÁJÁNAK KÖLCSÖNHATÁSA JUHBAN ÉS SERTÉSBEN

DANG HUU ANH

Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola

Témavezető: Zsolnai Attila PhD

A kutatás célja a fumonizin B1 és a gasztrointesztinális mikrobioták közötti kölcsönhatás meghatározása a következő szempontok alapján:

1 - A fumonizin mikotoxin hatása a gasztrointesztinális traktus bakteriális közösségére juhban és sertésben.

2 - A juh- és a sertésbél mikrobióta hatása a fumonizin metabolizmusára.

Az elvégzett vizsgálatok alapján az alábbi új vagy újszerű tudományos eredményeket fogalmazták meg:

In vitro körülmények között elsőként vizsgálták tenyésztéses és qPCR technikával a sertés bélsár mikrobióta (összes baktérium, anaerob és anaerob baktériumok, Coliform, E. coli, Enterobacteria, Lactobacillus, Bacteroides and Prevotella baktériumok) interakcióját FB1-gyel. Szignifikáns különbséget nem észleltek a kontroll (bélsártartalom FB1 nélkül) és kísérleti csoport (bélsártartalom FB1-gyel) között.

Kimutatták, hogy a FB1 indukálja a Bacteroides és Prevotella baktériumok növekedését 48 órás inkubáció elteltével; $8,04 \pm 0.16$ vs. $7,73 \pm 0.04$ (log10 kópiaszám/g).

In vivo kísérletben a takarmány Fusarium verticillioides gombatenyésztettel történő kiegészítésével (10 mg FB1/egyed/nap) néhány baktérium az egyes időpontokban változást mutatott. Klasszikus baktériumtenyésztéses eljárással vizsgálva a 4. napon átmenetileg csökkent az aerob baktériumok mennyisége, qPCR technikával kimutatható volt az összes baktériumszám csökkenése a 2., illetve annak emelkedése a 6. napon a kontrollcsoportéhoz képest. A Firmicutes baktériumszám a 2. napon, az E. coli és Enterobacteria baktériumszám a 4. napon kisebb volt a kontrollcsoportéhoz képest.

INTERACTION OF FUMONISIN MYCOTOXINS AND GASTROINTESTINAL MICROBIOTA IN SHEEP AND SWINE

DANG HUU ANH

Kaposvár University, Kaposvár

Doctoral School in Animal Science

Supervisor: Attila Zsolnai PhD

The aim of the research was to determine the interaction between fumonisins and the gastrointestinal microbiota from the following aspects:

1 - The effect of fumonisin mycotoxin on the bacterial communities of the gastrointestinal tract in sheep and swine.

2 - The effect of the microorganisms of the gastrointestinal tract of swine on the metabolism of fumonisin.

Main findings and conclusions are the followings:

For the first time, several types of pigs' caecal bacteria were investigated by dependent and independent culturing techniques in the *in vitro* interaction with FB1, including total bacteria, aerobic, anaerobic bacteria and several specific intestinal bacteria such as Coliform, *E. coli*, Enterobacteria, *Lactobacillus*, *Bacteroides* and *Prevotella*. However, no significant differences were observed between control 1 group (caecal content without FB1) and experimental group (caecal content with FB1).

The result of this research highlighted that FB1 induces the increase of *Bacteroides* and *Prevotella* group, 8.04 ± 0.16 compared with 7.73 ± 0.04 (log₁₀ copy number/g), after 48-hour incubation.

The *in vivo* study screened the change of several types of the pigs' caecal bacteria during *Fusarium verticillioides* feeding treatment (FB1 intake of 10 mg/animal/day equally). Changes of some bacteria in some points of feeding times have been detected. By plate count agar technique, the difference between control groups and experimental group was only presented in aerobic bacteria at d4. By qPCR significantly different log₁₀ copy number/g were observed between the control and experimental groups in total bacteria at d2 and d6; in Firmicutes at d2; in *E.coli* and Enterobacteria at d4.

CSIKÓK SZÜLETÉSI KÖRÜLMÉNYEINEK ÉS IMMUNSTÁTUSZÁNAK FELMÉRÉSE

KUMMER LUCA LAURA

Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár

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

Témavezető: Egri Borisz DSc, MRANH

A tenyészkanca tartása akkor válhat gazdaságossá, ha az minden évben ellik egy egészséges csikót. Az elletési protokoll célja a tenyészkanca felkészítése az ellésre, annak szakszerű levezetése, az újszülött ellátása és a veszélyhelyzetek időben történő észlelése.

A kancák testi és viselkedésbeli változásainak megfigyelése során könnyebben megbecsülhető az ellés időpontja, így fokozott figyelem fordítható a vemhesség terminális szakaszában. Az ellés során az emberi jelenlét indokolt, mivel az esetleges komplikációk végzetes kimenetelűek lehetnek mind a kancára, mint az újszülöttre nézve. Az abnormalitások időben történő észlelése és a megfelelő közbelépés életet menthet.

Az újszülöttek veszélyeztetettségi mértékének meghatározásában a „vitalitás teszt” módosító és kiegészítő táblázat nyújt segítséget, mellyel az emberi beavatkozásnak az optimális időpontját és mértékét lehet meghatározni.

Az egészséges újszülött csikókból könnyűszerrel kinyerhető minták (vér, vizelet), valamint az egyszerű módszerekkel megállapítható paraméterek (szívfrekvencia, légzésszám) sok hasznos információt jelentenek a tenyésztőnek már akár az első órában is.

A refraktométer mind a kolosztrum minőségének meghatározásában (fagyasztható főcstej betárolása), mind az ellés előjelzésben hasznos (nem drága) és megbízható műszer.

Az immunstátusz ellenőrzésére szolgáló, könnyen alkalmazható gyors tesztek közül a biztosan egészséges csikóknál a Gamma-Check E teszt használata az ajánlottabb, azonban olyan csikók esetében, ahol feltételezhető egy esetleges gyulladás, vagy ha a vérminta hemolizált, akkor az SNAP Foal teszt ajánlott.

Az egészséges csikók vérében a születés pillanatában található immunglobulin, amely megerősíti azt a feltételezést, hogy már a méhben is megkezdődik némi antitest-fejlődés.

A placenta szakszerű vizsgálata az alapszintű elletési segítségnyújtás egyik alapja kell, hogy legyen.

SURVEY OF THE BIRTH CONDITIONS AND IMMUNE STATUS OF FOALS

LUCA LAURA KUMMER

Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár

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

Supervisor: Borisz Egri DSc, MRANH

The keeping a broodmare could be economically only, if that delivers a healthy foal in every year. The point of the foaling protocol is to prepare the breeding mare to the delivery, to conduct the process expertly, to provide the newborn properly and detect the occurrent emergency in time.

During the continuous monitoring of the corporal and behavioural changes of the mare, the date of the delivery can be estimated more accurately.

The human presence is necessary during the delivery, because the occurrent complications could be fatal for the mare, and the newborn foal as well. The observation of the abnormalities and the adequate intervention in time can save lives.

To determine the newborn foal's endangered rate, the modified and complemented vitality test can be assist. It helps to determine the correct time to impact.

Samples (blood, urine) that can be easily sampled from healthy newborn foals and diagnosable parameters with simple method (e.g. heart rate, respiratory rate) are useful to the breeder already in the first hour, so the reference levels of these parameters were set in this study.

The refractometer is a very beneficial and reliable instrument for determining the quality of colostrum (frozen colostrum storing) and the foaling time prediction.

The Gamma-Check E test is more recommended for safely healthy newborns, however for foals where there may be a possible inflammation or if the blood sample is hemolytic, the Snap Foal test is more offered from the on-field quick tests.

Some serum Ig was demonstrated in the healthy foals at the time of delivery.

The professional examination of the placenta should be one of the base of the foaling management.

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

Magyar Állatorvosok Lapja
100. évf. 1-2. szám, Budapest, 2018. március 15.
Helyettes főszerkesztő: Dr. Kovács Zoltán
Szerkesztő: Dr. Péter István, 2018

100. évf. 1-2. szám
A lapban közölt cikkeket szerkesztésük során a szerkesztőség nem vállal felelősséget a tartalmáért, illetve az abban közölt adatok pontosságáért. A szerkesztőség nem vállal felelősséget a közölt anyagok jogszabályok szerinti megjelentetéséért, illetve a szerkesztőség által közölt anyagok jogszabályok szerinti megjelentetéséért.

100. évf. 1-2. szám
A lapban közölt cikkeket szerkesztésük során a szerkesztőség nem vállal felelősséget a tartalmáért, illetve az abban közölt adatok pontosságáért.

100. évf. 1-2. szám
A lapban közölt cikkeket szerkesztésük során a szerkesztőség nem vállal felelősséget a tartalmáért, illetve az abban közölt adatok pontosságáért.



HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH



HERMAN OTTÓ INTÉZET HALÁSZAT

Magyarországi Halászati Kutató Intézet
11. évfolyam 1-2. szám, 2018. márc.

1. fejezet: Áttekintés
1-10. oldal

2. fejezet: Halgazdálkodás
11-20. oldal

3. fejezet: Haltermelés
21-30. oldal

4. fejezet: Halgazdálkodás és Haltermelés
31-40. oldal

www.sportfish.hu

HERMAN OTTÓ INTÉZET NÖVÉNYTERMELÉS

Magyarországi Növénytermelési Kutató Intézet
87. évfolyam 1-2. szám, 2018. március

1. fejezet: Áttekintés
1-10. oldal

2. fejezet: Növénytermelés
11-20. oldal

3. fejezet: Növénytermelési technológiák
21-30. oldal

4. fejezet: Növénytermelési technológiák
31-40. oldal

www.sportfish.hu

HERMAN OTTÓ INTÉZET a falu

A vidékfejlesztés és a vidékfejlesztés hírhelye
2018. évi
XXII. évfolyam 1. szám
Magyarországi vidékfejlesztési központ



Társadalmi helyzet
1-10. oldal

Területfejlesztés
11-20. oldal

Az állati eredetű élelmiszer biztonságos előállítása
21-30. oldal

A vidéki gazdaságok versenyképességének erősítése
31-40. oldal

www.sportfish.hu

HERMAN OTTÓ INTÉZET ÁLLATTENYÉSZTÉS TAKARMÁNYOZÁS

Magyarországi Állattenyésztési és Takarmányozási Kutató Intézet
100. évf. 1-2. szám



1. fejezet: Áttekintés
1-10. oldal

2. fejezet: Állattenyésztés
11-20. oldal

3. fejezet: Takarmányozás
21-30. oldal

4. fejezet: Állattenyésztés és Takarmányozás
31-40. oldal

www.sportfish.hu

HERMAN OTTÓ INTÉZET GAZDÁLKODÁS

Magyarországi Gazdálkodási Kutató Intézet
100. évf. 1-2. szám



1. fejezet: Áttekintés
1-10. oldal

2. fejezet: Gazdálkodás
11-20. oldal

3. fejezet: Gazdálkodási technológiák
21-30. oldal

4. fejezet: Gazdálkodási technológiák
31-40. oldal

www.sportfish.hu

HERMAN OTTÓ INTÉZET KERTGAZDASÁG HORTICULTURE

Magyarországi Kertgazdasági Kutató Intézet
87. évfolyam 1-2. szám, 2018. március



1. fejezet: Áttekintés
1-10. oldal

2. fejezet: Kertgazdaság
11-20. oldal

3. fejezet: Horticulture
21-30. oldal

4. fejezet: Kertgazdaság és Horticulture
31-40. oldal

www.sportfish.hu

Állattenyésztés és Takarmányozás

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉBEL Hedvig

Társfőszerkesztő (Co-editor): MÉZES Miklós

Technikai szerkesztő: SIPICZKI Bojana

MANABE, N. (Japán),

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

ANTON István (Herceghalom),

BALOGH Krisztián (Gödöllő),

BODÓ Imre (Szentendre),

DUBLECZ Károly (Keszthely),

HIDAS András (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

HORN Péter (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

PÓTI Péter (Gödöllő),

RÁTKY József (Budapest),

RÓZSA László (Herceghalom),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

URBÁNYI Béla (Gödöllő), WA-

GENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

Szerkesztőség:

(Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

NARIC Research Institute for Animal Breeding, Nutrition and Meat Science

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana@athk.naik.hu

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

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

Felelős kiadó (Publisher): Bozay Péter ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230 1614

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Agriculture founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az info@agrarlapok.hu címen, vagy az alábbi postacímen:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park u. 2.

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

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8500Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

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

Nyomta: OOK Press Kft.

8200 Veszprém, Pápai út 37/A