

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2017. 66. 3

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



> Fusarium mycotoxinok
kölcsonhatása

> Egy probiotikum
emésztésre gyakorolt
hatása lovakban

> Lacaune anyajuhok
tejtermelése

> PhD értekezések
összefoglalói

TARTALOM - CONTENTS

<i>Kachalek, M. – Szabó-Fodor, J. – Kovács, M.:</i> Interactions of the <i>fusarium</i> mycotoxins, fumonisin B1, deoxynivalenol and zearalenone. A review (A fumonisin B1, a deoxynivalenol és a zearalenaone <i>fusarium</i> mycotoxinok kölcsönhatása. Irodalmi áttekintés)	181
<i>Such Nikoletta – Koltay Ilona – Ujj Zsófia – Bányai Adél – Bartos Ádám:</i> Egy probiotikumos kiegészítő hatása a takarmány táplálóanyagok látszólagos emészthetőségére lovakkal végzett kísérletben (Effect of a probiotic supplement on the apparent digestibility of nutrients in horses)	196
<i>Bene Szabolcs – Szűcs Márton – Polgár J. Péter – Szabó Ferenc:</i> Különböző modellekkel becsült örökölhetőségi és tenyésztési értékek fajtatiszta és keresztezett hústípusú borjak választási adatbázisában (Heritability and breeding values for weaning weights of purebred and crossbred calves estimated with different models).....	206
<i>Kurucz Evelin – Bene Szabolcs:</i> Választási eredmények egy hazai charolais húsmarha állományban (Weaning results in a Charolais beef herd in Hungary) ...	225

Rövid Közlemény/Short Communication

<i>Tóth Gábor – Póti Péter – Tokár Alexandra – Abayné Hamar Enikő – Tózsér János – Pajor Ferenc:</i> Lacaune anyajuhok tejtermelését befolyásoló egyes tényezők vizsgálata (Effect of certain factors on milk production in Lacaune ewes)	240
---	-----

PhD disszertációk összefoglalói – Summaries of PhD dissertations	246
---	-----

Címlap kép (Frontpage photograph)

Az egri érseki uradalom gazdasága. Szarvasmarha istálló belső az állatokkal és a felettük elhelyezett törzskönyvi táblák. Felnémet, Andrassy Iván felvétele, 1938.
A Magyar Mezőgazdasági Múzeum tulajdona
Dairy cattle in stable. Felnémet, 1938. Photo Iván Andrassy. Hungarian Agricultural Museum.

INTERACTIONS OF THE *FUSARIUM* MYCOTOXINS, FUMONISIN B1, DEOXYNIVALENOL AND ZEARELENONE. A REVIEW

MARIAM KACHLEK - JUDIT SZABÓ-FODOR - MELINDA KOVÁCS

SUMMARY

Multi-mycotoxin exposure is quite frequent since farm animals consume a mixture of commodities potentially contaminated with different types of mycotoxins. Combined toxicity has gained increased attention the last 15 years. In this review, the *in vitro* and *in vivo* combined toxicity studies of fumonisin B1 (FB1), deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) have been summarised. The interactions revealed, varied from antagonism to synergism which can be attributed to different animals/cell lines, mycotoxin concentrations and mathematical designs used. However, addition and synergism occurred more often suggesting that animals are more adversely affected by the combined toxins than the single exposure. *Fusarium* mycotoxins are the most studied mycotoxins, yet there are few studies regarding their ternary mixtures. Thus more *in vitro* studies on ternary mixtures are needed with further confirmation of the effects by *in vivo* studies. In this fashion time and resources can be saved and animal welfare is respected as well.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kachlek M. – Szabó-Fodor J. – Kovács M.: A FUMONIZIN B1, A DEOXINIVALENOL ÉS A ZEARELENON *FUSARIUM* MIKOTOXINOK KÖLCSÖNHATÁSA. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A multi-mikotoxin expozíció meglehetősen gyakori, minthogy a gazdasági állatok olyan keverék-takarmányokat fogyasztanak, amelyek különböző típusú mikotoxinokkal lehetnek szennyezettek. A kombinált toxicitás az utóbbi 15 évben kapott nagyobb figyelmet. Tanulmányunkban a fumonizin B1 (FB₁), a deoxinivalenol (DON) és a zearalenon (ZEN) kombinált toxicitására irányuló kutatásokat összegezzük. A megfigyelt interakciók, amelyek az antagonizmustól a szinergizmusig terjednek, a vizsgálatokban szereplő különböző állatfajoknak/sejtvonalaknak, a mikotoxinok koncentrációjának és a statisztikai elemzéshez használt matematikai modelleknek tulajdoníthatók. Jóllehet, az additív és szinergista hatás sokkal gyakrabban előfordul, ami arra utal, hogy az állati szervezetet fokozottan károsítja a kombinált, mint az önálló toxinnal történő expozíció. A *Fusarium* mikotoxinok a leginkább vizsgált mikotoxinok közé tartoznak, azonban hármass kombinációban történő vizsgálatuk kevésbé kutatott. Ennélfogva a háromszoros kombinációra vonatkozóan több *in vitro* kísérlet tűnik szükségesnek, hogy alátámaszthatók legyenek az *in vivo* kísérletek során nyert tapasztalatok. Ilyen módon nem csak az állati jóléttel szemben támasztott követelmények vehetők figyelembe, de idő és erőforrás is megtakarítható.

INTRODUCTION

Mycotoxins are secondary metabolites of filamentous fungi. The most important genera are *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Claviceps* and *Alternaria*. Around 300 to 400 mycotoxins are known so far (Bennet and Klich, 2003). The most important mycotoxins' groups the most thoroughly studied are fumonisins, trichothecenes, zearalenone, aflatoxins and ochratoxins. The occurrence of mycotoxins worldwide is a very important issue in the aspect of both food and feed safety. The *European Commission* has set guidance levels for several mycotoxins (2006/576/EC).

Many fungal species can produce more than one mycotoxin simultaneously. In addition to that crops can be infected by different genera of fungi at the same time and last but not least the complete feed is prepared by various commodities. All these factors (can) lead to frequent co-contamination of grains and feed, which is supported by several reviews and surveys (Speijers and Speijers, 2004; Monbaliu *et al.*, 2010; Rodrigues and Naehrer, 2012). Legislation is enacted based on risk assessment studies which depend on the toxicity and exposure data of single mycotoxins. However when mycotoxins interact with each other, they may exert synergistic, antagonistic or additive effects. Thus determination of the interactive effects of mycotoxins and especially in low concentrations is important for the revision/reconsideration of tolerable daily intake (TDI; Speijers and Speijers, 2004) and/or maximum/guidance levels (Verstraete, 2006). In a survey by Streit *et al.* (2013) that lasted from 2004 to 2012 all the samples were co-contaminated with 7 to 69 metabolites with 28 being the most frequent number of metabolites per sample.

Three *Fusarium* toxins (deoxynivalenol, fumonisins and zearalenone) are of particular interest since they are frequent contaminants of cereal grains such wheat and corn and they co-occur very frequently. In a survey conducted over a period of 4.5 years in countries of Southern Europe (Portugal, Spain, Italy, Greece and Cyprus) the *Fusarium* mycotoxins were found to be the major contaminants (fumonisins, type B trichothecenes and zearalenone) of feedstuffs and compound feed samples (Griessler *et al.*, 2010). *BIOMIN* (2015) analysed 8271 feed commodities from 75 countries. Deoxynivalenol (DON) had a prevalence of 73%, fumonisin B1 (FB1) 61% and zearalenone (ZEN) 56%. DON poses the most frequent threat to farm animals on the grounds that 56% exceeded the risk thresholds although levels of fumonisins and ZEN indicated a cause of concern too. In their most recently conducted survey 94% of the samples were contaminated with more than ten mycotoxins with DON, ZEN and FUMs being present in over 50% of the samples tested worldwide (*BIOMIN*, 2016).

Fumonisin B1

Fumonisin B1 consists of four series (A, B, C and P), fumonisin A (FA), fumonisin B (FB), fumonisin C (FC), and fumonisin P (FP) respectively (Rheeder, 2002). The most important analogues in toxicology are the FB analogues. Fumonisin B group comprises of six compounds; fumonisins B1, B2, B3, B4, B5 and B6 (FB1, FB2, FB3, FB4, FB5 and FB6) with FB1 being the major metabolite (Månsson *et al.*, 2010; Bartók *et al.*, 2013) which chemically is a diester (Marasas, 2001).

The commodity that is mostly affected by FB1 is maize as well as maize-based products. FB1 is mainly produced by *Fusarium verticillioides* (*syn. F. moniliforme*) and *F. proliferatum*, which mostly occur in corn.

The main mechanism of action of FB1 is a result of its similarity (long-chain hydrocarbon unit) to sphingosine and sphinganine thus disturbing their ratio (Sa/So). FB1 inhibits the ceramide synthase which essentially leads to impairment of cell membrane (Riley *et al.*, 2001). Apart from disrupting the ceramide synthase, FB1 is suggested to stimulate apoptosis in cells but the mechanism is not clear. Some possible explanations could be the induction of lipid peroxidation and the decreased concentrations of antioxidants such as glutathione (GSH) (Surai and Dvorska, 2005).

Regarding animals, FB1 is the causative factor of equine leucoencephalomalacia (Marasas *et al.*, 1988; Kellerman *et al.*, 1990; Ross *et al.*, 1993), porcine pulmonary oedema syndrome (Colvin and Harisson, 1992) and hepatocellular carcinoma in rats (Gelderblom *et al.*, 1994). FB1 is possibly carcinogenic for humans; it has been classified as a possible carcinogen (group 2B) by IARC (2002). FB1 has been associated with esophageal cancer in rural regions of Southern Africa and China. FB1 can also induce hepatotoxicity and elevate the serum cholesterol concentration (Haschek *et al.*, 2001).

Deoxynivalenol

DON is a member of trichothecene family, which is consisted of approximately 200 compounds (Grove, 2000; Pestka, 2010). Trichothecenes are structurally related (sesquiterpenes) include four basic types, from which the most important representatives belong to types A, B and D (Pestka, 2007). Although DON is the least toxic among them it has been thoroughly studied because it is one of the most common contaminants of grains (Pestka, 2010).

Like the rest trichothecenes, DON inhibits the protein synthesis (the initiation and/or elongation of the polypeptide chain is inhibited) because of its ability to bind to eukaryotic ribosomes (Ueno *et al.*, 1968; Ueno, 1984).

In swine DON is causing feed refusal (threshold concentration is 1 mg/kg) and emesis (vomiting; minimum oral dose is 100µg/kg of body weight) thus given the trivial name vomitoxin (Vesonder *et al.*, 1973). DON (as well as other trichothecenes) has immunomodulatory abilities. It was suggested by Rotter *et al.* (1996) that the immunosuppression induced by trichothecenes is due to the inhibition of translation (Bamburg, 1983) whereas the mechanism of immunostimulation is not so clear. DON is not classified as carcinogenic (Group 3) (IARC, 1993).

Zearalenone

Chemically ZEN is a resocyclic acid lactone (6-[10-hydroxy-6-oxo-trans-1-undecenyl]-β-resocyclic acid lactone (Urry *et al.*, 1966). Zearalenone was isolated from Christensen *et al.* (1965) which gave it the name F-2 toxin. The next year Urry *et al.* (1966) characterised its chemical structure and gave its present name Zearalenone. ZEN is produced by various species of *Fusarium* genus, namely *Fusarium graminearum* (*Giberella zeae*), *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. sambucinum*

and *F.crokwelense* (Placinta et al., 1999; Bennet and Klich, 2003). ZEN very often co-occurs with DON due to their common i.e. *F. graminearum* and *F. culmorum*.

ZEN is considered by many not a real toxin but rather a mycoestrogen due to its similarity to oestrogens. This similarity leads to an antagonistic binding to estrogenic receptors which affects the reproduction system of both male and female animals (Abdelhamid et al., 1992; Nakaido et al., 2004). Apart from its pronounced ability to affect the reproductive system ZEN may cause effects in non-reproductive systems of the organisms (*in vitro* and *in vivo*), i.e. it has been proven to be cytotoxic, genotoxic and inducing immune response (Ouanes et al., 2003; Abid-Essefi et al., 2004; Vlata et al., 2006; Marin et al., 2010; Gao et al., 2013). In the case of ZEN swine is the most sensitive species as well (Tiemann and Dänicke, 2007). ZEN has not yet been classified as a carcinogen (Group 3) for humans by IARC (1993).

Taking the aforementioned into account this review focuses on the interaction studies of FB1, DON and ZEN in binary and ternary mixtures *in vivo* and *in vitro*. In the present paper the reviews on combined mycotoxins studies' are also presented briefly as well as the mathematical designs used for the interpretation of the observed interactions in separate sections.

REVIEWS ABOUT COMBINED EFFECTS OF MYCOTOXINS

The first studies on mycotoxin interactions were performed in the 1980's but a special focus was given to studies of combined mycotoxins in the last years. As mentioned in the introduction, the chromatographic methods that have been developed recently have allowed for multi-mycotoxin analysis, revealing the fact that multi-mycotoxin occurrence is not the exception but the rule. Although there are a few reviews on the interactions of mycotoxins, their focus is not specific. Reviews about *in vitro* studies were published recently (Alassane-Kpembi et al., 2016; Smith et al., 2016). Alassane-Kpembi et al. (2016) analysed the methodological aspects and the biological relevance of interactive studies. Smith et al. (2016) apart from the analysis of combined toxicity studies made an extent reference to the legislation regarding mycotoxin exposure as well as the natural occurrence of mycotoxins worldwide.

A very robust and extensive meta-analysis of combined toxicity *in vivo* studies was published a few years ago (Grenier and Oswald, 2011). Although a lot of different classes are mentioned in the review the most of the studies published concern aflatoxins and their respective mixtures with other mycotoxins (especially fumonisins, trichothecenes, ochratoxin A (OTA) etc.).

The review of Escrivá et al. (2015) focuses on the *in vivo* studies on *Fusarium* mycotoxins during the last decade have been summarized but only 15% of the studies mentioned regarded interactions.

STUDIES ON COMBINED TOXICITY OF FB1, DON AND ZEN

There are several studies about mycotoxins' interaction (Grenier and Oswald, 2011; Alassane-Kpembi et al., 2016; Smith et al., 2016) but fewer report the combined

Table 1.

The in vivo studies on combined effects of fumonisin B1 (FB1), deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN)

Animal (1)	Mycotoxin (2)	Interaction (3)	Exposure period (4)	Parameters examined (5)	References (6)
B6C3F1 mice (7)	DON + ZEN	No interaction (8)	56 days	Productive traits and blood parameters, organ weights, histopathology (9)	Forsell <i>et al.</i> , 1986
B6C3F1 mice (7)	DON + ZEN	Synergism (10)	14-21 or 56 days	Immune response (11)	Pestka <i>et al.</i> , 1987
Growing barrows (12)	FB1 + DON	Additive and greater-than additive (13)	28 days	Productive traits and blood parameters, immune response, histopathology (14)	Harvey <i>et al.</i> , 1996
Broiler chickens (15)	FB1 + DON/ T-2	Additive and less than additive (16)	19 or 21 days	Productive traits and blood parameters (17)	Kubena <i>et al.</i> , 1997
Piglets (18)	DON + FB1	Synergism (10)	35 days	Productive traits and blood parameters, histopathology, immune response (19)	Grenier <i>et al.</i> , 2011
Piglets (18)	FB1 + DON	Antagonistic to synergistic (20)	35 days	Morphology, histology, cytokines' expression (intestine) (21)	Bracarense <i>et al.</i> , 2012
Swiss mice (7)	FB1 + DON	Additive or more than additive, synergistic (22)	7 days	Serum and urine chemistry, renal DNA methylation (23)	Kouadio <i>et al.</i> , 2013
Rabbit bucks (24)	FB1, DON + ZEN	Antagonistic to synergistic (20)	65 days	Reproductive parameters (25)	Szabó-Fodor <i>et al.</i> , 2015
Kunming mice (7)	DON+ZEN	Sub-additive (26)	4 days	Serum chemistry, antioxidant status of kidney, cell apoptosis (27)	Liang <i>et al.</i> , 2015
Kunming mice (7)	DON+ZEN	Additive and synergistic (28)	4 days	Antioxidant status of spleen, interferon levels, T-cell subsets (29)	Ren <i>et al.</i> , 2016

1. táblázat Fumonizín B₁ (FB₁), deoxinivalenol (DON) és zearalenon (ZEN) kombinált hatására vonatkozó in vivo kísérletek

állat (1); mikotoxin (2); kölcsönhatás (3); expozíció hossza (napokban megadva) (4); a vizsgált hatás (5); hivatkozás (6); egér (7); nincs kölcsönhatás (8); termelési és vér paraméterek, szervek súlya, kórszövetten (9); szinergizmus (10); immunválasz (11); növekedék artány (12); additív, vagy erősebb, mint additív hatás (13); termelési és vér paraméterek, immunválasz, kórszövetten (14); broiler csirke (15); additív, vagy kisebb, mint additív hatás (16); termelési és vér paraméterek (17); malac (18); termelési és vér paraméterek, kórszövetten, immunválasz (19); antagonistizmustól a szinergizmusig (20); alaki elváltozások, szövetten, citokin expresszió (bél) (21); additív, vagy erősebb, mint additív hatás, illetve szinergizmus (22); vér és vizelet kémia, vese DNS-metiláció (23); baknyúl (24); szaporodási paraméterek (25); kisebb mint additív hatás (26); széklet kémia, a vese antioxidáns státusza, apoptózis (27); additív és szinergista (28); a lép antioxidáns státusza, interferon szint, T-sejt típusok (29)

Table 2.

***In vitro* studies on combined effects of fumonisin (FB1), deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN)**

Cell line (1)	Mycotoxin (2)	Interaction (3)	Exposure period (4)	Parameters examined (5)	References (6)
Mouse fibroblasts (L929) (7)	FB1, DON, ZEN, NIV ¹ , T2	Addition and in few exceptions synergism (8)	Not specified (9)	DNA synthesis (10)	Groten <i>et al.</i> , 1998
Mouse fibroblasts (L929) (7)	FB1, DON, ZEN, NIV, T2	Less than addition to synergism (11)	24h	DNA synthesis (10)	Tajima <i>et al.</i> , 2002
Caco-2	FB1, DON, ZEN	Antagonism, less than addition, synergism (12)	24/72h	Cell viability, protein synthesis, MDA levels, DNA synthesis, methylation and fragmentation (13)	Kouadio <i>et al.</i> , 2007
Mononuclear cells (from cord blood from placenta) (14)	FB1, DON, ZEN, BEA, ENB ² , T2	Antagonism and addition (15)	14 days	Myelotoxicity (16)	Ficheux <i>et al.</i> , 2012
Intestinal porcine enterocytes (IPEC-J2) (17)	FB1, DON, ZEN, NIV	Addition and synergism (18)	48h	Cell viability, cytokine expression (19)	Wan <i>et al.</i> , 2013a, b
Porcine granulosa cells (20)	FB1 + DON/ZEN	No interaction, addition and synergism (21)	24 and 48h	Cell proliferation, steroid production, gene expression (22)	Cortinovis <i>et al.</i> , 2014
Human colorectal carcinoma (HCT116) (23)	DON + ZEN	Sub-addition (24)	24h/48h	Cell cycle and viability, mitochondrial transmembrane potential, PTP ³ opening (25)	Bensassi <i>et al.</i> , 2014
Bovine granulosa cells (26)	FB1, DON, α -ZEL ⁴ , β -ZEL	No interaction (27)	48h	Cell proliferation, steroid production (28)	Albonico <i>et al.</i> , 2016

2. táblázat Fumonizin B₁ (FB₁), deoxinivalenol (DON) és zearalenon (ZEN) kombinált hatására vonatkozó *in vitro* kísérletek

sejtvonal (1); mikotoxin (2); kölcsönhatás (3); expozíció hossza (órákban vagy napokban megadva) (4); a vizsgált hatás (5); hivatkozás (6); egér fibroblaszt (7); additív hatás, néhány esetben szinergizmus (8); nem meghatározott (9); DNS szintézis (10); gyengébb mint additív hatástól a szinergizmusig (11); antinergizmus, gyengébb mint additív, szinergista (12); sejt életképesség, fehérjeszintézis, MDA szint, DNS szintézis, DNS-metiláció és fragmentáció (13); mononukleáris sejtek (köldökérből) (14); antagonista és additív (15); mielotoxicitás (16); sertés bélhámsejtek (17); additív és szinergista (18); sejt életképesség, citokin expresszió (19); sertés granulóza sejtek (20); nincs interakció, additív és szinergista (21); sejtosztódás, szteroid termelés, génextpresszió (22); humán colorectalis carcinoma sejt (23); gyengébb mint additív hatás (24); sejtciklus és életképesség, mitokondriális transzmembrán potenciál, PTP nyitás (25); szarvasmarha granulóza sejt (26); nincs interakció (27); sejtosztódás, szteroid termelés (28)

effects of three specific *Fusarium* mycotoxins which are more likely to co-occur; i.e. FB1, DON and ZEN (Tables 1, 2). Most of the studies about the interactions of FB1, DON and ZEN regard binary mixtures although there are some ternary mixtures studies (Forsell *et al.*, 1986; Pestka *et al.*, 1987; Harvey *et al.*, 1996; Kubena *et al.*, 1997; Grenier *et al.*, 2011; Bracarense *et al.*, 2012; Fichoux *et al.*, 2012; Bensassi *et al.*, 2014; Cortinovis *et al.*, 2014; Kouadio *et al.*, 2007; Wan *et al.*, 2013a, b; Szabó-Fodor *et al.*, 2015; Albonico *et al.*, 2016; Tables 1, 2).

IN VIVO STUDIES

Animal experiments with combined *Fusarium* toxins have been performed on swine, poultry, mice and rabbits. On the following paragraphs an overview of these studies will be provided.

Mice were used in the early studies (Forsell *et al.*, 1986; Pestka *et al.*, 1987; Table 1). In the study of Forsell *et al.* (1986) weanling female mice (B6C3F1) were exposed to dietary DON and ZEN (5 and 10mg/kg of feed respectively). No interaction was observed for any of the endpoints (production traits and blood parameters, organ weights, histopathology and immune parameters).

Pestka *et al.* (1987) studied the interactions of DON and ZEN on the immune function of B6C3F1 mice that were infected with the bacteria *Listeria monocytogenes*. The mycotoxin combination resulted in a decreased resistance to the bacteria suggesting synergism. Kouadio *et al.* (2013) performed a study on Swiss mice which superseded their *in vitro* study about FB1, DON and ZEN on Caco-2 cell line (Kouadio *et al.*, 2007). Differences among male and female mice were also investigated. The combination of DON (45 µg/kg bw/day) and FB1 (110 µg/kg bw/day) for 7 days, exerted an additive or more than additive effect on kidney of female mice regarding DNA methylation. Moreover for both male and female mice the renal clearances of creatinine were higher when the two toxins were combined (synergistic effect). The most recent study on mice regarding mycotoxins' interactions was performed by Ren *et al.* (2016). Female Kunming mice were used for the investigation of the combined effects of DON and ZEN (intraperitoneal injection in both studies) by Liang *et al.* (2015) and Ren *et al.* (2016). In the study of Liang *et al.* (2015) the target organ was the kidney. The endpoints used were serum chemistry, antioxidant capacity of kidneys and cell apoptosis. The combination of DON and ZEN resulted in sub-additive nephrotoxic effect. Ren *et al.* (2016) had as a target organ the spleen. The endpoints used were antioxidant status of the spleen, interferon levels and T-cell subsets. The combined effects were additive and synergistic.

Swine is an animal species quite suitable for mycotoxin research because of its confirmed sensitivity to *Fusarium* mycotoxins (FB1, DON and ZEN) (Colvin and Harisson, 1992; Pestka, 2007; Marin *et al.*, 2010; Cortinovis *et al.*, 2013). The first study was conducted by Harvey *et al.*, (1996) on growing barrows (Table 1). The barrows were fed FB1 (56mg/kg of feed) and DON (3.6 mg/kg of feed). The interactions were additive and greater-than-additive for most of the investigated endpoints. Ingestion of subclinical doses of DON (3.1 mg/kg of feed or 130 µg/kg of body weight) and FBs (6.5 mg/kg of feed- 4.5 mg/kg FB1 and 2.0 mg/kg of FB2 or 260 µg/kg of body weight) respectively for 5 weeks by pigs, induced greater

histological damages and higher immunosuppression when these two toxins were consumed simultaneously than the single toxins (Grenier *et al.*, 2011). From the same research group a similar study (using the same toxin concentrations) revealed interactions which varied from synergistic to antagonistic depending on the parameters examined (Bracarense *et al.*, 2012). For example in jejunum the villi height was significantly lower for the combined mycotoxins than FB1 alone (synergism), whereas in the ileum there was no significance difference among the groups (less than addition). The lymphocytic infiltration was decreased in the ileum of the animals consuming DON+FB1 (antagonism). The authors' conclusion was that chronic ingestion of mycotoxins in low doses could predispose farm animals to infections caused by enteric pathogens due to alterations in the intestine.

Poultry is another species commonly used in mycotoxins research, because poultry is frequently exposed to mycotoxins due to the nature of their feeds. Although they are not as sensitive as swine, stress and potential high concentrations of mycotoxins due to special weather conditions could lead to hazardous health effects (Kubena *et al.*, 1997). There are several studies concerning combined effects of mycotoxins on poultry (Grenier and Oswald, 2011) but regarding FB1, DON and ZEN there is only one (Kubena *et al.*, 1997). In this trial the combination of FB1 and DON (300 mg/kg and 15 mg/kg of feed respectively) was studied. The interactions observed were synergistic (serum chemistry), less than additive (body weight gain) and antagonistic (relative heart weight).

Rabbits are widely used as model animals in toxicological studies due to their high reproduction rate and the facilitation of measurement of various physiological parameters (Kachlek *et al.*, 2016). Thus they have also been used in mycotoxin research although mycotoxicoses occur less frequently than in other animal species. The only study about the combination of FB1, DON and ZEN was performed by Szabó-Fodor *et al.* (2015). Rabbit bucks were exposed (subchronically) to dietary FB1, DON+ZEN and their ternary mixture (FB1+DON+ZEN). The toxin concentrations used were chosen according to the lowest limits as set (for piglets in the lack of limits for rabbit feed) by the *European Commission* (2006/576/EC). The combined toxins DON+ZEN (1 and 0.25 mg/kg respectively) and FB1+DON+ZEN (5, 1 and 0.25 mg/kg respectively) were fed to the bucks for a period of 65 days. The study was focused on the combined effects on the reproductive system. An additive or less than additive effect was observed regarding spermatogenesis and sperm cell morphology; a synergistic effect was observed concerning testosterone production whereas antagonism of FB1 against DON and ZEN was observed in the case of genotoxicity.

In vivo studies are important to determine the effect on complex systems as living organisms. Still unravelling the mechanisms of actions in *in vitro* level is equally important. In addition, sparing animal experiments is in agreement with the Three Rs (replacement, reduction and refinement; Fenwick *et al.*, 2009).

In some of the studies other *fusariotoxins* like trichothecenes (T-2 and nivalenol-NIV), metabolites of ZEN (α -ZEN) and emerging mycotoxins [Beauvericin (BEA), enniatin B (ENB)] were used. The toxins are only referred in the tables (Tables 1, 2) for the convenience of the readers but they will not be analysed since they are not in the scope of this review.

IN VITRO STUDIES

Bensassi et al. (2014) studied the interaction of DON and ZEN in human colon carcinoma (HCT116) cell line. The endpoints used were cell viability, cycle analysis, mitochondrial apoptosis (mitochondrial membrane potential and permeability transition pore (PTP) opening). The combination of the toxins increased the cell proliferation as compared to the individual toxins thus showing an antagonistic effect on cytotoxicity whereas a subadditive effect was observed in the mitochondrial apoptosis.

Kouadio et al. (2007) studied the combined effects of FB1, DON and ZEN in binary and ternary mixtures using the human intestinal cell line Caco-2. In this study a lot of endpoints were investigated: cytotoxicity, protein synthesis, malondialdehyde (MDA) levels and DNA synthesis, methylation and fragmentation. The least cytotoxic mixture was the FB1+ZEN (far less than additive) and the most cytotoxic was FB1+DON+ZEN (synergism). The binary mixtures of DON with ZEN or FB1 increased lipid peroxidation in a synergistic manner. The binary mixtures acted synergistically since they induced greater DNA damage than that of the individual toxins. On the other hand the percentage of DNA synthesis of the ternary mixture was lower (25%) than of any of the three mycotoxins individually (45, 70 and 43% for ZEN, DON and FB1 respectively) indicating antagonism.

Two studies by the same research group have been performed in swine jejunal epithelial cells on cytotoxicity and the expression of pro-inflammatory cytokines respectively (*Wan et al.*, 2013a, b). The study about cytotoxicity revealed that even at non-cytotoxic concentrations the different combinations of FB1, DON, and ZEN were cytotoxic. Particularly, the greatest loss (synergism) of viability was induced by the ternary mixture DON-ZEN-FB1 (*Wan et al.*, 2013a). The second study investigated the mRNA expression of pro-inflammatory cytokines genes (IL1 α , IL1 β , IL6, IL8, TNF α and MCP-1). Non-cytotoxic and cytotoxic concentrations of the toxins were used. Surprisingly the mixtures in non-cytotoxic concentrations acted in a synergistic manner causing a significant up-regulation of pro-inflammatory cytokine mRNA which can lead to immunostimulation (*Wan et al.*, 2013b).

A recent study on porcine granulosa cells exposed to FB1 alone and in combination with DON or α -ZEN was performed by *Cortinovis et al.* (2014). DON inhibited cell proliferation, but when it was combined with FB1 no significant difference was detected (no interaction). The same (no interaction) was observed regarding steroid (progesterone and oestradiol) production. Bovine granulosa cells were studied for the first time regarding *Fusarium* mycotoxins interactions. The combination of FB1 (30 ng/ml and 100 ng/ml) and DON (100 ng/ml) did not result in interaction for neither cell proliferation nor steroid (progesterone and oestradiol) production (*Albonico et al.*, 2016).

Despite the classic cell lines, there are studies using less common cell lines to assess the adverse effects of mycotoxins. In the study of *Ficheux et al.* (2012) human hematopoietic progenitors were used for the assessment of *in vitro* myelotoxicity (by CFU-GM clonogenic assay) after co-exposure to six *Fusarium* mycotoxins (BEA, ENB, T-2, FB1, DON and ZEN) in binary mixtures. DON+ZEN and DON+FB1 showed additive and antagonistic myelotoxic (as measured by CFU-GM colorimetric assay) effects respectively.

The aforementioned studies focused either on binary or ternary mixtures. In the studies of the same research group i.e. *Groten et al.* (1998) and *Tajima et al.* (2002), the interactions of five *Fusarium* toxins (FB1, DON, NIV, T-2 and ZEN) were investigated using DNA synthesis as only endpoint on mouse fibroblast (L929) cells. The observed effects were mostly addition and in a lesser extent synergism (*Groten et al.*, 1998) and in the other study five of the mixtures produced less than additive effect and other four mixtures revealed significant synergistic interactions (*Tajima et al.*, 2002). These studies were mainly performed to prove the importance of the use of a robust mathematical design (further details in the following chapter) so the details of the interactions are not mentioned here.

MATHEMATICAL AND STATISTICAL ANALYSIS OF THE INTERACTIONS

A quite crucial issue regarding toxicological interactions is the experimental design in order to be able to characterize the nature of interaction(s) (*Chou*, 2006; *Šegvić Klarić*, 2012). The selection of the right experimental design is essential for accurate mathematical and statistical analysis.

The simplest and most commonly used mathematical model is the arithmetic definition of additivity. The expected combined effect is the sum of the effects of the individual toxins [cytotoxic effect (mycotoxin 1+ mycotoxin 2) = cytotoxic effect (mycotoxin 1) + cytotoxic effect (mycotoxin 2)]. Half of the analysed studies employed this model (*Kouadio et al.*, 2007; *Ficheux et al.*, 2012, *Bensassi et al.*, 2014; *Cortinovis et al.*, 2014). Although arithmetic definition of additivity is widely used it is a disputed model and it is not considered as the most reliable (*Alassane-Kpembi et al.*, 2016).

On the other hand factorial (fractional, full, central composite) designs are considered more robust and reliable. In this review the other 50% of the studies discussed used factorial designs (*Groten et al.*, 1998; *Tajima et al.*, 2002; *Wan et al.*, 2013a, b). The use of factorial designs is very useful when a lot of mycotoxins are tested simultaneously and in various concentrations each. It thus dramatically decreasing time and costs since the combinations tested are far less than the originally calculated (*Groten et al.*, 1988; *Tajima et al.*, 2002).

CONCLUSION

Legislation for mycotoxins' levels or maximum limits has been enacted in many countries worldwide but it regards only single toxin exposure. However, in nature mycotoxins are most likely to co-occur. The first experiments on mycotoxin interaction were performed quite early (in the 1980's) a systematic investigation on mycotoxins' combinations mostly occurred the last 15 years. FB1, DON and ZEN are not highly toxic or confirmed carcinogens, nevertheless their occurrence is ubiquitous. Hence the investigation of their combined effects is crucial for animal and human health.

From the studies analysed in this review it is concluded that interactions vary from antagonism to synergism even within the same trial. Despite that addition and synergism occur more frequently than the antagonism which is a fact highlighting

the need of multi-mycotoxin investigations. The observed variation is due to the use of different animals/cell lines, mycotoxins' concentrations, endpoints and mathematical designs.

In the future more studies on combined effects of FB1, DON and ZEN (especially in ternary mixtures) should be performed. Furthermore the results of *in vitro* studies could be confirmed *in vivo*. This practice can save resources, time and as it was aforementioned and it respects animal welfare as well.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was supported by the Hungarian Academy of Sciences (within the frame of the MTA-KE "Mycotoxins in the food chain" Research Group) and the National Research, Development and Innovation Office (GINOP-2.2.1-15-2016-00021 project) to Melinda Kovács.

REFERENCES

- Abdelhamid, A.M. - Kelada, I.P. - Ali M.M., El-Ayouty, A. (1992): Influence of Zearalenone on some metabolic, physiological and pathological aspects of female rabbits at two different ages. Arch. Anim. Nutr., 42. 63-70.
- Abid-Essefi, A. - Ouannes, Z. - Hassen, W. - Baudrimont, I. - Creppy, E. - Bacha, H. (2004): Cytotoxicity, inhibition of DNA and protein syntheses and oxidative damage in cultured cells exposed to zearalenone. Toxicol. in Vitro, 18. 467-474.
- Alassane-Kpembé, I. - Schatzmayr, G. - Taranu, I. - Marin, D. - Puel, O. - Oswald, I.P. (2016): Mycotoxins co-contamination: Methodological aspects and biological relevance of combined toxicity studies. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 26. (Epub ahead of print)
- Albonico, M. - Schütz, L.F. - Caloni, F. - Cortinovis, C. (2016): Toxicological effects of fumonisin B1 alone or in combination with other fusariotoxins on bovine granulosa cells. Toxicon, 118. 47-53.
- Bamburg, J.R. (1983): Biological and biochemical actions of trichothecenes mycotoxins. In: Progress in molecular and subcellular biology, Eds: Hahn F.E., Kopecko D.J., Müller W.E.G., Springer-Verlag GmbH., Berlin, 41-110.
- Bartók T. - Tölgyesi L. - Szécsi A. - Varga J. - Bartók M. - Mesterhazy A. - Gyimes E. - Véha A. (2013): Identification of unknown isomers of fumonisin B5 mycotoxin in a *Fusarium verticillioides* culture by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization time-of-flight and ion trap mass spectrometry. J. Liquid Chromatogr. R.T., 36. 1549-15961.
- Bennet, J.W. - Klisch, M. (2003): Mycotoxins. Clin. Microbiol. Rev., 16. 497-516.
- Bensassi, F. - Gallerne, C. - Sharaf el Dein, O. - Hajlaoui, M.R. - Lemaire, C. - Bacha, H. (2014): *In vitro* investigation of toxicological interactions between fusariotoxins deoxynivalenol and zearalenone. Toxicon, 84. 1-6.
- BIOMIN Mycotoxin Survey (2015): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, URL: [http://info.biomin.net/acton/attachment/14109/f-018d/1/-/I-0009/I-0009/MTX_Report2015_4S_EN_0316_SMS.pdf].
- Bracarense, A.P.F.L. - Lucoli, J. - Grenier, B. - Drociunas Pacheco, G. - Moll, W.D. - Schatzmayr, G. - Oswald, I.P. (2012): Chronic ingestion of deoxynivalenol and fumonisin, alone or in interaction, induces morphological and immunological changes in the intestine of piglets. Brit. J. Nutr., 107. 1776-1786.
- Chou, T.C. (2006): Theoretical basis, experimental design, and computerized simulation of synergism and antagonism in drug combination studies. Pharmacol. Rev., 58. 621-681.
- Christensen, C.M. - Nelson, G.H. - Mirocha, C.J. (1965): Effect on the white rat uterus of a toxic substance isolated from *Fusarium*. Appl. Microbiol., 13. 653-659.

- Cochereau, C. - Sanchez, D. - Creppy, E.E. (1997): Tyrosine prevents capsaicin-induced protein synthesis inhibition in cultured cells. *Toxicology*, 117. 133-139.
- Colvin, B.M. - Harisson, L.R. (1992): Fumonisin-induced pulmonary edema and hydrothorax in swine. *Mycopathologia*, 117. 79-82.
- Cortinovis, C. - Pizzo, F. - Spicer, L.J. - Caloni, F. (2013): *Fusarium* mycotoxins: Effects on reproductive function in domestic animals-A review. *Theriogenology*, 80. 557-564.
- Cortinovis, C. - Caloni, F. - Schreiber, N.B. - Spicer, L.J. (2014): Effects of fumonisin B1 alone and combined with deoxynivalenol or zearalenone on porcine granulosa cell proliferation and steroid production. *Theriogenology*, 81. 1042-1049.
- European Commission (2006): Commission Recommendation of 17 August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding. *Official Journal L*. 229. 7-9.
- Escrivá, L. - Font, G. - Manyes, L. (2015): *In vivo* toxicity studies of fusarium mycotoxins in the last decade: A review. *Food Chem. Toxicol.*, 78. 185-206.
- Fenwick, N. - Griffin, G. - Gauthier, C. (2009): The welfare of animals used in science: How the "Three Rs" ethic guide improvements. *Can.Vet. J.*, 50. 523-530.
- Ficheux, A.S. - Sibiril, Y. - Parent-Massin, D. (2012): Co-exposure of *Fusarium* mycotoxins: *In vitro* myelotoxicity assessment on human hematopoietic progenitors. *Toxicol.*, 60. 1171-1179.
- Forsell, J.H. - Witt, M.F. - Tai, J.H. - Jensen, R. - Pestka, J.J. (1986): Effects of 8-week exposure of the B6C3F1 mouse to dietary deoxynivalenol (vomitoxin) and zearalenone. *Food Chem. Toxicol.*, 24. 213-219.
- Gao, F. - Jiang, L.P. - Chen, M. - Geng, C.Y. - Yang, G. - Ji, F. - Zhong, L.F. (2013): Genotoxic effects induced by zearalenone in a human embryonic kidney cell line. *Mutat. Res.*, 755. 6-10.
- Gelderblom, W.C. - Cawood, M.E. - Snyman, S.D. - Marasas, W.F. (1994): Fumonisin B1 dosimetry in relation to cancer initiation in rat liver. *Carcinogenesis*, 15. 209-214.
- Grenier, B. - Loureiro-Bracarense, A.P. - Luciola, J. - Pacheco, G.D. - Cossalter, A.M. - Moll, W.D. - Schatzmayr, G. - Oswald, I.P. (2011): Individual and combined effects of subclinical doses of deoxynivalenol and fumonisins in piglets. *Mol. Nutr. Food Res.*, 55. 761-771.
- Grenier, B. - Oswald, I.P. (2011): Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. *World Mycotoxin J.*, 4. 285-313.
- Griessler, K. - Rodrigues, I. - Handl, J. - Hofstetter, U. (2010): Occurrence of mycotoxins in Southern Europe. *World Mycotoxin J.*, 3. 301-309.
- Groten, J.P. - Tajima, O. - Feron, V.J. - Schoen, E.D. (1998): Statistically Designed Experiments to Screen Mixtures for Possible Interaction. *Environ. Health Persp.*, 106. 1361-1365.
- Grove, J.F. (2000): Non-macrocyclic trichothecenes Part 2. In: *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*, Eds: Herz, W., Kirby, G.W., Moore R.E., Steglich W., Tamm C., Springer-Verlag, Vienna, 69. 1-70.
- Harvey, R.B. - Edrington, T.S. - Kubena, L.F. - Elissalde, M.H. - Casper, H.H. - Rottinghaus, G.E. - Turk, J.R. (1996): Effects of dietary fumonisin B₁-containing culture material, deoxynivalenol-contaminated wheat, or their combination on growing barrows. *Am. J. Vet. Res.*, 57. 1790-1794.
- Haschek, W.M. - Gumprecht, L.A. - Smith, G. - Tumbleson, M.E. - Constable, P.D. (2001): Fumonisin Toxicosis in Swine: An Overview of Porcine Pulmonary Edema and Current Perspectives. *Environ. Health Persp.*, 109. 251-257.
- IARC (*International Agency for Research on Cancer*) (1993): *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* No 56. Lyon (France): IARC Press, 397-444.
- IARC (*International Agency for Research on Cancer*) (2002): *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* No 82. Lyon (France): IARC Press, 275-366.
- Kachlek, M. - Szabó-Fodor, J. - Kovács, M. (2016): Rabbits in mycotoxin research at Kaposvár University. In: *Matics Zs (ed.) 28th Hungarian Conference on Rabbit Production*. 25.05.2016 Kaposvár, Hungary, 71-76.

- Kellerman, T.S. - Marasas, W.F. - Thiel, P.G. - Gelderblom, W.C. - Coetzer, J.A. (1990): Leucoencephalomalacia in two horses induced by oral dosing of fumonisin B₁. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 57. 269-275.
- Kouadio, J.H. - Dano, S.D. - Moukha, S. - Mobio, T.A. - Creppy, E.E. (2007): Effects of combinations of *Fusarium* mycotoxins on the inhibition of macromolecular synthesis, malondialdehyde levels, DNA methylation and fragmentation, and viability in Caco-2. *Toxicol.*, 49. 306-317.
- Kouadio, J.H. - Moukha, S. - Brou, K. - Gnakri, D. (2013): Lipid metabolism disorders, lymphocytes cells death, and renal toxicity induced by very low levels of Deoxynivalenol and fumonisins B₁ alone or in combination following 7 days oral administration to mice. *Toxicol. Int.*, 20. 218-223.
- Kubena, L.F. - Edrington, T.S. - Harvey, R.B. - Buckley, S.A. - Phillips, T.D. - Rottinghaus, G.E. - Casper, H.H. (1997): Individual and combined effects of fumonisin B₁ present in *Fusarium moniliforme* culture material and T-2 toxin or deoxynivalenol in broiler chicks. *Poul. Sci.*, 76. 1239-1247.
- Liang, Z. - Ren, Z. - Gao, S. - Chen, Y. - Yang, Y. - Yang, D. - Deng, J. - Zuo, Z. - Wang, Y. - Shen, L. (2015): Individual and combined effects of deoxynivalenol and zearalenone on mouse kidney. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 40. 686-691.
- Månsson, M. - Klejnstrup, M.L. - Phipps, R.K. - Nielsen, K.F. - Frisvad, J.C. - Gotfredsen, C.H. - Larsen, T.O. (2010): Isolation and NMR characterization of fumonisin B₂ and a new fumonisin B₆ from *Aspergillus niger*. *J. Agric. Food Chem.*, 58. 949-953.
- Marasas, W.F.O. - Kellerman, T.S. - Gelderblom, W.C.A. - Coetzer, J.A.W. - Thiel, P.G. - Van Der Lugt, J.J. (1988): Leucoencephalomalacia in a Horse Induced by Fumonisin B₁ Isolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 55. 197-203.
- Marasas, W.F.O. (2001): Discovery and Occurrence of the Fumonisin: A Historical Perspective. *Environ. Health Persp.*, 109. 239-243.
- Marin, D.E. - Taranu, I. - Burlacu, R. - Tudor, D.S. (2010): Effects of zearalenone and its derivatives on the innate immune response of swine. *Toxicol.*, 56. 956-963.
- Monbaliu, S. - Van Poucke, C. - Detavernier, C. - Dumoulin, F. - Van de Velde, M. - Schoeters, E. - Van Dyc, S. - Averkieva, O. - Van Peteghem, C. - De Saeger, S. (2010): Occurrence of Mycotoxins in Feed as Analyzed by a Multi-Mycotoxin LC-MS/MS Method. *J. Agric. Food Chem.*, 58. 66-71.
- Nakaido, Y. - Yoshizawa, K. - Danbara, N. - Tsujita-Kyotoku, M. - Uri, T. - Uehara, N. - Tsubura, A. (2004): Effects of maternal xenoestrogen exposure on development of the reproductive tract and mammary gland in female CD-1 mouse offspring. *Reprod. Toxicol.*, 18. 803-811.
- Ouanes, Z. - Abid, S. - Ayed, I. - Anane, R. - Mobio, T. - Creppy, E.B. - Bacha, H. (2003): Induction of micronuclei by zearalenone in Vero monkey kidney cells and in bone marrow of mice: protective effect of vitamin E. *Mutat. Res.*, 538. 63-70.
- Pestka, J.J. - Tai, J.H. - Witt, M.F. - Dixon, D.E. - Forsell, J.H. (1987): Suppression of immune-response in the B6C3F₁ mouse after dietary exposure to the *Fusarium* mycotoxins deoxynivalenol (vomitoxin) and zearalenone. *Food Chem. Toxicol.*, 25. 297-304.
- Pestka, J.J. (2007): Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 137. 283-298.
- Pestka, J.J. (2010): Deoxynivalenol: mechanisms of action, human exposure, and toxicological relevance. *Arch. Toxicol.*, 84. 663-679.
- Placinta, C.M. - D'Mello, J.P.F. - Macdonald, A.M.C. (1999): A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 78. 21-37.
- Ren, Z.H. - Deng, H.D. - Wang, Y.C. - Deng, J.L. - Zuo, Z.C. - Wang, Y. - Peng, X. - Cui, H.M. - Fang, J. - Yu, S.M. - Shen, L.H. - Hu, Y.C. (2016): The *Fusarium* toxin zearalenone and deoxynivalenol affect murine splenic antioxidant functions, interferon levels, and T-cell subsets. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 41. 195-200.
- Rheeder, J.P. - Marasas, W.F.O. - Vismer, H.F. (2002): Production of fumonisins analogs by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microb.*, 68. 2101-2105.
- Riley, R.T. - Enongene, E. - Voss, K.A. - Norred, W.P. - Meredith, F.I. - Sharma, R.P. - Spitsbergen, J. - Williams, D.E. - Carlson, D.B. - Merrill, Jr A.H. (2001): Sphingolipid Perturbations as Mechanisms for Fumonisin Carcinogenesis. *Environ. Health Persp.*, 109. 302-308.

- Rodrigues, I. - Naehrer, K. (2012): A Three-Year Survey on the Worldwide Occurrence of Mycotoxins in Feedstuffs and Feed. *Toxins*, 4. 663-675.
- Ross, P.F. - Ledet, A.E. - Owens, D.L. - Rice, L.G. - Nelson, H.A. - Osweiler, G.D. - Wilson, T.M. (1993): Experimental equine leucoencephalomalacia, toxic hepatitis, and encephalopathy caused by corn naturally contaminated with fumonisins. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 5. 69-74.
- Rotter, B.A. - Prelusky, D.B. - Pestka, J.J. (1996): Toxicology of Deoxynivalenol (vomitoxin). *J. Toxicol. Environ. Health*, 48. 1-34.
- Šegvić Klarić, M. (2012): Adverse effects of mycotoxins. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 63. 519-530.
- Smith, M.C. - Madec, S. - Coton, E. - Hymenry, N. (2016): Natural Co-occurrence on Mycotoxin in Foods and Feeds and Their *in vitro* Combined Toxicological effects. *Toxins*, 8. 94.
- Speijers, G.J.A. - Speijers, M.H.M. (2004): Combined toxic effects of mycotoxins. *Toxicol. Lett.*, 153. 91-98.
- Streit, E. - Schwab, C. - Sulyok, M. - Naehrer, K. - Krska, R. - Schatzmayr, G. (2013): Multi-mycotoxin screening reveals the occurrence of 139 different secondary metabolites in feed and feed ingredients. *Toxins*, 5. 504-523.
- Surai, P.F. - Dvorska, J.E. (2005): Effects of Mycotoxins on Antioxidant Status and Immunity. In: Diaz, D.E. (ed) *The Mycotoxin Blue Book*, Nottingham University Press, Nottingham, 93-137.
- Szabó-Fodor J. - Kachlek M. - Cseh S. - Somoskői B. - Szabó A. - Blochné Bodnár Zs. - Tornyoos G. - Glávits R. - Hafner D. - Kovács M. (2015): Effects of subchronic exposure to Fusarium toxins (fumonisin B1, deoxynivalenol and zearalenone) in rabbit bucks. *J. Clin. Toxicol.*, 5. 1-11.
- Tajima, O. - Schoen, E.D. - Feron, V.J. - Groten, J.P. (2002): Statistically designed experiments in a tiered approach to screen mixtures of Fusarium mycotoxins for possible interactions. *Food Chem. Toxicol.*, 40. 685-695.
- Tiemann, U. - Dänicke, S. (2007): In vivo and in vitro effects of the mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol on different non-reproductive and reproductive organs in female pigs: A review. *Food Addit. Contam.*, 24. 306-314.
- Ueno, Y. - Hosoya, M. - Morita, Y. - Ueno, I. - Tatsuno, T. (1968): Inhibition of the Protein Synthesis in Rabbit Reticulocyte by Nivalenol, a Toxic Principle Isolated from *Fusarium nivale*-Growing Rice. *J. Biochem.*, 64. 479-485.
- Ueno, Y. (1984): Toxicological Features of T-2 Toxin and Related Trichothecenes. *Fund. Appl. Toxicol.*, 4. 124-132.
- Urry, W.H. - Wehrmeister, H.L. - Hodge, E.B. - Hidy, P.H. (1966): The structure of zearalenone. *Tetrahedron Lett.*, 7. 3109-3114.
- Verstraete, F. (2006): Decision-making process and overview of recent and future European Union legislation on mycotoxins in food and feed. In: *The Mycotoxin Factbook*, Eds: Barug, D., Bhatnagar, D., van Egmond, H.P., van der Kamp, J.W., van Osenbruggen, W.A., Visconti, A. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 51-82.
- Vesonder, R.F. - Ciegler, A. - Jensen, A.H. (1973): Isolation of the emetic principle from *Fusarium*-infected corn. *Appl. Microbiol.*, 26. 1008-1010.
- Vlata, Z. - Porichis, F. - Tzanakakis, G. - Tsatsakis, A. - Krambovitis, E. (2006): A study of zearalenone cytotoxicity on human peripheral blood mononuclear cells. *Toxicol. Lett.*, 165. 274-281.
- Wan, L.Y.M. - Turner, P.C. - El-Nezami, H. (2013a): Individual and combined cytotoxic effects of *Fusarium* toxins (deoxynivalenol, nivalenol, zearalenone and fumonisins B1) on swine jejunal epithelial cells. *Food Chem. Toxicol.*, 57. 276-283.
- Wan, L.Y.M. - Turner, P.C. - El-Nezami, H. (2013b): Individual and combined cytotoxic effects of *Fusarium* toxins on the mRNA expression of pro-inflammatory cytokines in swine jejunal epithelial cells. *Toxicol. Lett.*, 220. 238-246.

Érkezett: 2016. december

Authors' address: Kachlek M. - Kovács M.
Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental
Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40
mariam.kachlek@ke.hu

Szabó-Fodor J. - Kovács M.
MTA-KE Mycotoxins in the Food Chain Research Group, Kaposvár University,
Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40

IN MEMORIAM

Dr. Salamon István (1918-2017)

Simon De Graaf-tól a Sydney Egyetem professzorától (Animal Reproduction, School of Life and Environmental Sciences) érkezett, a hír, hogy egykori elődje Professzor Steven Salamon, az MTA Agrártudományok Osztálya külső tagja (1993-tól), 2017. szeptember 17-én, 99 éves korában Sydney-ben elhunyt. Salamon professzor 1918.10.08.-án született Marosvásárhelyen, és 1957-ben emigrált Ausztráliába. 1958-tól dolgozott a Sydney egyetemen, egészen 1983-as nyugdíjba vonulásáig. Nemzetközileg is kiemelkedő kutatómunkáját a szaporodásbiológia szakterületén végezte és számos (a mai napig sokat idézett) tudományos közlemény szerzője, társszerzője volt. Elsősorban a spermakonzerválás és a mesterséges termékenyítés volt a szakterülete, ezen belül pedig a juhok szaporításában végzett úttörő munkát. Salamon professzor idős korában is aktív volt, több tudományos rendezvényen is előadott és társszerzője volt meghatározó közleményeknek. 2008-ban részt vett a Budapesten rendezett szaporodásbiológiai világkongresszuson (ICAR 2008), ahol a magyar Szaporodásbiológiai Társaság Hetzel Henrik díjával is kitüntették. Temetése 2017. szeptember 11-én Sydney-ben volt.

EGY PROBIOTIKUMOS KIEGÉSZÍTŐ HATÁSA A TAKARMÁNY TÁPLÁLÓANYAGAINAK LÁTSZÓLAGOS EMÉSZT-HETŐSÉGÉRE LOVAKKAL VÉGZETT KÍSÉRLETBEN

SUCH NIKOLETTA - KOLTAY ILONA - UJJ ZSÓFIA - BÁNYAI ADÉL - BARTOS ÁDÁM

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők arra a kérdésre kerestek választ, hogy egy probiotikus készítmény milyen mértékben befolyásolja az etetett takarmány egyes táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét, valamint hatással van-e a vastagbél pH-jára és mikroflórájára lovak esetében. A kísérletet 4 kifejlett, átlagos testsúlyú lóval végezték. A kezelés megkezdése előtt valamennyi lóval fűszénát (1000g/ 100 kg élősúly (ÉT)), valamint (80 g/ 100 kg élősúly (ÉT)) nedvesített roppantott zabot etettek naponta kétszer. Az első bélsár mintákat a vizsgálatok megkezdése után 7 nappal vették. A mintavételt követően a lovak takarmányát, 40 ml probiotikus készítménnyel egészítették ki, melyet két részre osztva, a zabhoz keverve etettek hét napon át. Ezt követően, valamint a probiotikum etetésének befejezése után 7 nappal a bélsár mintavételt megismételték. Meghatározták a takarmány és bélsár minták szárazanyag, nyersfehérje, nyersrost és savban nem oldódó hamu (AIA) tartalmát. Utóbbi az emésztési együtthatók meghatározásakor indikátorként szolgált. Valamennyi mintavételi időpontban megvizsgálták a friss bélsár pH-ját, valamint a tejsav termelő baktériumok számát is. Egy héttel a probiotikum etetésének befejezését követően a szárazanyag emészthetősége 11%-kal, a nyersfehérjéé 12%-kal, a nyersrosté 18%-kal szignifikánsan ($p < 0,05$) megnőtt a kísérlet kezdetén mért értékekhez képest. A pH értékét a probiotikus készítmény nem befolyásolta jelentősen. A tejsavbaktériumok száma közvetlenül a kezelés után nem változott jelentősen, egy héttel később azonban közel ötszöröse nőtt. Eredményeik alapján arra következtethetnek, hogy a probiotikum kiegészítő eredményesen használható lovak takarmányában az egyes táplálóanyagok emészthetőségének javítására.

SUMMARY

Such, N. - Koltay, I. - Ujj, Zs. - Bányai, A. - Bartos, A.: EFFECT OF A PROBIOTIC SUPPLEMENT ON THE APPARENT DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN HORSE

The main goal of the research was to study the effects of a probiotic supplement on the digestibility of equine feeds, on the hindgut pH and microflora. The probiotic consisted of clear water, molasses, *Lactobacillus casei* ATCC 7469, *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 $> 3 \times 10^5$ CFU/ml, *Saccharomyces cerevisiae* IFO0203 $< 1 \times 10^6$ CFU/ml, zeolit and sea salt. Four adult horses were applied in the experiment, two mares (18, 20 y. old) and two geldings (15, 18 y. old). The diet consisted of 1000g/ 100 kg bodyweight (BW) grass hay and 80 g/ 100 kg BW mashed and damp oat, feeding twice a day (morning and evening). During the feeding and collecting of faeces samples the horses were kept separately. After 7 days the diet was supplemented with 40 ml probiotic added to the oat. Digestibility of the nutrients was measured by indicator methods using acid insoluble ash (AIA) as an indicator. Faeces samples were collected before the probiotic treatment, after feeding the supplemented diet for 7 days and 7 days after the end of the probiotic treatment. Dry matter, crude protein, crude fibre, and acid insoluble ash contents of feed and faeces samples were measured with laboratory analyses to calculate digestion rates of the nutrients. In each period of the experiment the pH and the number of lactic acid bacteria (LAB) was also measured from fresh faeces. Statistical analysis was carried out with paired-samples T test. Horses consumed the mixture with good appetite. Feed refusal was not experienced. At the end of the treatment we detected only a positive tendency by the digestibility of all the nutrients. One week later, however, the digestibility of dry matter was 11% higher, than before the treatment, while that of crude protein and crude fibre showed an increase of 12% and 18%, respectively. In all cases the difference was significant ($p < 0.05$). The pH was only slightly influenced by the treatment. The amount of lactic acid bacteria did not change directly after the treatment, but one week later was five times higher. On the basis of the results one can conclude that such a probiotic supplement applied in the experiment can be useful for horses to improve the digestibility of nutrients.

BEVEZETÉS

A lovak a háziasítás kezdete óta elsősorban munkájukkal szolgálják az embert. Különösen az utóbbi időben, az egyes ló- és lovassportok egyre nagyobb térhódításával a teljesítőképesség még inkább felértékelődött. A lovak teljesítménye, teljesítőképessége a genetikai háttér és edzésmunka mellett leginkább a takarmányozástól, az egyes táplálóanyagok hasznosításától függ. Köztudott, hogy lovaink emésztőrendszere a legérzékenyebb gazdasági állataink között. A mozgásszervi betegségek mellett előforduló leggyakoribb lóbetegségek, a kólikás megbetegedések is főként takarmányozási okokra vezethetők vissza (Durham, 2009). Lovak esetén kiemelkedő a jelentősége a hosszútávú egészségmegőrzésnek is, melyben szintén fontos tényezőnek számít az etetett takarmányok minősége és hasznosíthatósága. A lovak takarmányértékesítő képessége is rendkívül különböző, melyre többek között az életkor is jelentős hatással van. Az idősebb lovak emésztése általában gyengébb, melynek oka részben a fogazat kopása, részben pedig az emésztő enzimek elégtelen termelődése (Brosnahan és Paradis, 2003). Lovaink egészségének és teljesítőképességének fenntartása, valamint a takarmányminőség ingadozásának kompenzálása jelentősen javíthatja a sport és munka lovak teljesítményét, használhatóságát. Az egészséges emésztőrendszer és a hatékony emésztés a ló egész közérzetére pozitív hatással van (Self és Wishaw, 2014).

A korábban hozamfokozóként használt antibiotikumos készítmények részleges, vagy teljes tilalma, napjainkban a fogyasztók és kutatók figyelmét egyre inkább a természetes alapú takarmány kiegészítők felé irányítja. A gyógynövények és illóolajaik, valamint a különféle enzimes kiegészítések mellett az utóbbi időben egyre jelentősebb szerep jut a pre-, illetve probiotikumoknak is (Wenk, 2000). A probiotikumok először a humán táplálkozásban váltak ismertté. Jótékony hatásukat először Metchnikoff írta le 1907-ben. Vizsgálatai alapján megállapította, hogy a joghurtokban található hasznos baktériumflóra jelentősen gátolja a szervezet számára káros baktériumok szaporodását. Eredményeit később Rettger és Chaplin (1921) kutatásai is alátámasztották. Az utóbbi évtizedekben számos kutatási eredmény látott napvilágot a probiotikumok emberi szervezetre gyakorolt pozitív hatásaival kapcsolatban (Fuller, 1989; Mitsuoka, 1990; Van Niel és mtsai, 2002; Rouge és mtsai, 2009).

A probiotikus készítmények gazdasági állataink takarmányozásában betöltött szerepe azonban különösen az utóbbi 15 évben vált jelentőssé. A témával kapcsolatban az utóbbi időben több publikáció látott napvilágot (Gaggia és mtsai, 2010; Vohra és mtsai, 2016). Ezek olyan élő mikroorganizmusok melyek jelentős hatással vannak a bél mikroflórájának egyensúlyára, ami a bél homeosztázisának egyik legfontosabb feltétele (Szabó és Szabó, 2003). Az ilyen kiegészítők a mongasztrikus és kérődző állatok esetén egyaránt nagy jelentőségűek lehetnek (Chaucheyras-Durand és Durand, 2010). Ezt több kísérleti eredmény is bizonyítja. Swinney-Floyd és mtsai 1999-ben egyes mikrobakultúrák húsmarhák takarmány- hasznosítására és testsúlygyarapodására gyakorolt kedvező hatásairól számolnak be, Brydl és mtsai (1995) valamint Komari és mtsai (1999) egyaránt javuló tejtermelést állapítottak meg tejelő tehenek esetén. Stover és mtsai 2016-os publikációjukban arra hívják fel a figyelmet, hogy a probiotikumoknak nagy jelentősége lehet kérődző

állatok esetében a termelés növelése mellett állatjóléti szempontból, valamint a környezetterhelés csökkentése szempontjából egyaránt. *Li és mtsai* (2006) eredményei szerint a probiotikus kiegészítés hatására javult a tojótyúktojás-termelő képessége, a tojásbél vastagsága, valamint a takarmányhasznosítás. A pro- és prebiotikumok szerepe a biztonságos élelmiszer előállításban is egyre jelentősebb (*Gaggia és mtsai*, 2010). Az FDA (*U.S. Office of Regulatory Affairs of the Food and Drug Administration*) a probiotikumokat „az élő, természetesen előforduló mikroorganizmusok forrása” definícióval illette (*Yoon és Stern*, 1995). Az ilyen probiotikus kiegészítők legfőbb összetevői tejsavtermelő baktériumok, főként *Lactobacillus*ok (*Weese*, 2001).

Bár a kereskedelem, reklámokban sokszor találunk említést a probiotikus kiegészítők lovak emésztőrendszerére gyakorolt jótékony, emésztést segítő, kólikás megbetegedéseket megelőző hatásával kapcsolatban, jelenleg viszonylag kevés konkrét kísérleti eredmény látott napvilágot az említett hatások bizonyítására. Az egyes kutatásokat vizsgálva sokszor egymásnak ellentmondó eredményeket találhatunk. Ennek hátterében többek között az állhat, hogy a probiotikumok feltehetően gazdaállat specifikusak, így előfordulhat, hogy egyes sikeresen alkalmazott készítmények bizonyos állatfajoknál nem váltják be a hozzájuk fűzött reményeket (*Gibson és Fuller*, 2000). Az utóbbi időben *Weese és mtsai* (2003) a *Lactobacillus rhamnosus* fajjal folytatott kísérletükben megállapították, hogy a nevezett baktériumtörzs a csikók utóbelében kolonizálódott, de felnőtt lovaknál ez nem figyelhető meg. A *L. rhamnosus* törzs hatékonysága így erősen megkérdőjelezhető, mert a baktériumok bélben való megtelepedéséhez extra nagy dózisra lenne szükség. Később egészséges lovak bélsármintáiból izoláltak baktériumfajokat, melyek közül a *Lactobacillus pentosus* WE7 törzs tűnt a legígéretesebbnek. Megállapították annak aerotoleranciáját, savval és epével szembeni ellenálló képességét, valamint egyes patogénekre kifejtett gátló hatását in vitro kísérletben. Ezt követően csikók és felnőtt lovak szervezetébe szájon át *L. pentosus* csírát adagoltak öt napon át. A lovak nagy részénél a bélsármintákból sikerült kimutatni a nevezett baktérium törzset (*Weese és mtsai*, 2004).

Egyes szerzők a szopós csikókkal etetett *Lactobacillus* probiotikum semmi hasznát nem tapasztalták (*Swanson és mtsai*, 2003), viszont más kutatások szerint egyes a csikókban előforduló gazda-specifikus tejsavbaktériumok csökkenthetik a hasmenés előfordulásának gyakoriságát (*Yuyama és mtsai*, 2004). A viszonylag kevés bizonyító erejű konkrét kísérleti eredmény miatt inkább az mondható, hogy a probiotikumok lovak takarmányozásában betöltött szerepe pusztán más fajokkal történt kísérleti eredmények adaptálására épül (*Kelcey*, 2007).

Az általunk vizsgált készítmény élesztőt (*Saccharomyces cerevisiae*) is tartalmaz, melyet széles körben használnak probiotikumként az egész világon. Ismert, hogy javítja a táplálóanyagok hasznosulását, ezáltal fokozza a teljesítményt, melyet lovakkal végzett kísérletekben is igazoltak. Ezen túl csökkenti az utóbelben a tejsavas acidózis és a laminitis kialakulásának a kockázatát (*Vohra és mtsai*, 2016). Az élesztők könnyen emészthetőek, B12 vitamin kivételével, a B vitaminok gazdag forrásai is egyben. (*Frape*, 2013).

Kísérletünkben egy hazai forgalomban lévő, a gazdasági állatok takarmányozásában jó néhány éve alkalmazott készítmény lovak emésztésre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az említett készítmény jótékony hatásai már lovak esetén is ismertek

a korábbiakból (nem publikált eredmények), de konkrét kísérleti eredmények ezeket eddig nem igazolták. Viszonylag kevés információ áll rendelkezésre arra vonatkozólag, hogy a készítmény milyen mértékben befolyásolja az etetett takarmány látszólagos emészthetőségét, milyen hatással van az egyes táplálóanyagok emészthetőségére külön-külön, valamint befolyásolja-e a vastagbél pH-ját és mikroflóráját. Vizsgálatunkban ezekre a kérdésekre kerestük a választ.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatban szereplő állatok

A modell kísérletet átlagos testsúlyú magyar félvér lovakkal, két kancával (18, 20 éves) és két herélttel (15, 18 éves) végeztük. Az állatok napi munkavégzése a vizsgálat időtartama alatt nem változott. A lovakat az etetések és a mintavételek időpontjában egyedi bokszokban helyeztük el.

Az alkalmazott probiotikum összetétele és táplálóanyag tartalma

A készítmény klórmentes tiszta víz, cukornádmelasz, tejsavbaktériumok (*Lactobacillus casei* ATCC 7469, *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) $>3 \times 10^5$ CFU/ml, élesztő (*Saccharomyces cerevisiae* IFO0203) $< 1 \times 10^6$ CFU/ml, zeolit és tengeri só keverékéből állt.

A készítmény táplálóanyag tartalma az alábbiak szerint alakult: nyersfehérje 0,15%; nyershamu 0,5%; cukor 2%; kalcium $460 \mu\text{g/g}$; magnézium $190 \mu\text{g/g}$; foszfor $40 \mu\text{g/g}$.

A kísérlet menete

A kísérlet megkezdése előtt valamennyi lóval fűszénát ($1000\text{g}/100\text{kg}$ élőtömeg (ÉT)), valamint ($80\text{g}/100\text{kg}$ ÉT) nedvesített roppantott zabot etettünk naponta kétszer. Az első bélsár mintákat az említett takarmány etetésének megkezdése után 7 nappal vettük. Hosszabb szoktatási szakasz nem volt indokolt, mivel a lovak korábban is ugyanezt a takarmányt fogyasztották, egyedül az etetett mennyiségben volt eltérés. A mintavétel két egymást követő napon a reggeli órákban, minden lótól egyedileg, a talajról, több helyről kézzel felszedve történt. A gyűjtött mintákból valamennyi vizsgált ló esetén külön-külön átlagmintát készítettünk. A mintavételt követően a lovak takarmányát, a készítmény gyártójának ajánlása szerint, 40ml probiotikummal egészítettük ki, melyet a lovak naponta két részre osztva a zabhoz keverve kaptak a reggeli és esti etetéskor, hét napon át (Weese és *mtsai*, (2003) kísérlete és saját tapasztalataink szerint minimum ennyi etetési idő szükséges a probiotikum kiegészítés hatásának értékeléséhez). A hét nap elteltével a lovak ismételen a probiotikum nélküli takarmányt fogyasztották. További bélsár mintavételekre a probiotikum etetését követő 7. naptól, illetve a probiotikumos kiegészítő etetésének befejezése utáni 7. naptól került sor, a korábbiakban leírtak szerint.

Mérések

A kísérlet megkezdése előtt a későbbiekben felhasználni kívánt szénából és zabból mintát vettünk. A friss bélsármintákból, a mintavételt követő két órán belül, pH mérést végeztünk, valamint meghatároztuk a bélsárban található tejsav termelő baktériumok számát, a minták többi részét a labor vizsgálatokig – 20 °C-on fagyaszttva tároltuk. A kísérlet végén meghatároztuk a széna és a zab, valamint a bélsár minták szárazanyag, nyersfehérje, nyersrost, valamint a savban nem oldódó hamu (AIA) tartalmát, ez utóbbi a látszólagos emésztési együtthatók meghatározásakor indikátorként szolgált (Müller, 2012). A vizsgált takarmányok átlagos táplálóanyag tartalmát az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Az etetett fűszéna és zab átlagos táplálóanyag tartalma (%)

	Szárazanyag (1)	Nyersfehérje (2)	Nyersrost (3)	Savban nem oldódó hamu (4)
Fűszéna (5)	90,49	7,84	35,95	2,34
Zab (6)	86,39	10,39	11,45	1,21

Table 1. Average nutrient content of grass hay and oat (%)

dry matter (1); crude protein (2); crude fibre (3); acid insoluble ash (AIA) (4); grass hay (5); oat (6)

A vizsgálatokat a Magyar Takarmánykódex (2003) (*Codex Pabularis Hungaricus*) takarmányvizsgálati útmutatása alapján, a savban nem oldódó hamu tartalmát a 152/2009/EK rendeletben leírtak szerint mértük (*Európai Unió Hivatalos lapja*, 2009).

A rendelkezésre álló adatok segítségével kiszámítottuk lovanként az etetett takarmány egyes táplálóanyagainak emészthetőségét az alábbi képlet segítségével.

$$\text{Emésztési együttható (\%)} = \frac{A - (B \times \text{It/Ib})}{A}$$

ahol A= a takarmány táplálóanyag-tartalma
 B= a bélsár táplálóanyag-tartalma
 It= a takarmány indikátortartalma
 Ib= a bélsár indikátortartalma

pH mérés

20g friss bélsármintát 60 ml desztillált vízzel homogenizáltunk és a pH mérőt a kapott elegybe merítettük.

Mikrobiológiai vizsgálatok

Lovanként 10 g friss bélsármintát kimérünk és Erlenmeyer lombikban hozzáadtuk 90 ml Ringer oldathoz. Ezt követően 10 percig rázógépen rázattuk a mintákat, a megfelelő homogenizálás miatt. Ezt követően az oldatokból hígítási sort

készítettünk 10^{-7} nagyságrendig. A megfelelő hígításokból 1-1 ml-t Petri-csészébe pipettáztunk, erre MRS agar táptalajból 15 ml-t öntöttünk, annak $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra való hűlése után, és finoman elegyítettük vele. Majd még egy réteg táptalajt öntöttünk a penészedés megakadályozására. A mintákat állandó hőmérsékleten inkubáltuk, ($27\text{ }^{\circ}\text{C}$) és a telepeket 2 nap után számoltuk meg.

Statisztikai értékelés

Az egyes mérési időpontokban kapott eredményeket átlagoltuk. A normál eloszlás feltételezése mellett, mivel valamennyi vizsgált érték egyedileg azonosítható volt, az értékelés páros mintás T teszttel történt, 95%-os megbízhatósági szinten, az SPSS 22.0 program segítségével.

EREDMÉNYEK

A pH értékét a probiotikus készítmény kismértékben csökkentette ugyan, de statisztikailag bizonyítható különbségeket az egyes mérési időpontokban kapott eredmények között nem tapasztaltunk. A mért értékek mindvégig 6,9-7,1 között alakultak.

A szárazanyag és a nyersfehérje emésztését (2. táblázat) a probiotikum kiegészítés pozitívan befolyásolta, már közvetlenül a kezelést követően kismértékű javulást tapasztaltunk, ami az egy héttel későbbi mérési időpontban a szárazanyag esetén 11%-os, a nyersfehérjénél 12%-os ($p < 0,05$) növekedést mutatott a kísérlet kezdetén mért értékekhez képest. A táblázatban a kapott átlagértékek mellett a szórás értékei találhatóak.

2. táblázat

A vizsgált probiotikum kiegészítés hatása a szárazanyag és a nyersfehérje emésztésére (%)

	Kezelés előtt (1)	Kezelést követően (2)	Egy héttel később (3)
Szárazanyag (4)	$46,7 \pm 1,5^a$	$49,7 \pm 6,7^{ab}$	$58,0 \pm 0,8^b$
Nyersfehérje (5)	$53,7 \pm 1,7^a$	$56,0 \pm 5,5^a$	$66,2 \pm 3,8^b$
Nyersrost (6)	$46,2 \pm 5,3^a$	$53,5 \pm 6,4^a$	$64,0 \pm 2,5^b$

^{ab}Az eltérő betűkkel jelzett átlagok szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek (7)

Table 2. The effect of the probiotic supplement on the dry matter and crude protein digestibility (%)

at the beginning of the experiment (1); after the treatment (2); one week later (3); dry matter (4); crude protein (5); crude fibre (6)

^{ab}Averages with different letter marks differ significantly ($p < 0.05$) (7)

A nyersrost emésztését (2. táblázat) a vizsgált probiotikum a fehérjéhez hasonlóan kedvezően befolyásolta, ebben az esetben is már közvetlenül a kezelés befejezését követően 7,3 %-os (NS) javulás figyelhető meg, az egy héttel későbbi eredmény pedig 18 %-kal ($p < 0,05$) jobbnak mutatkozott a kezdeti értékhez képest. Említést érdemel, hogy a három vizsgált tapanyag közül, ebben az esetben volt tapasztalható a legnagyobb változás.

A tejsavbaktériumok száma (3. táblázat) közvetlenül a kezelés után nem változott jelentősen, egy héttel később azonban közel ötszörösére emelkedett, statisztikailag igazolható különbségeket azonban nem tapasztaltunk, ami feltételezhetően a viszonylag magas szórásértékekkel magyarázható.

3. táblázat

A vizsgált probiotikum kiegészítés hatása a friss bélsármintában mért tejsav termelő baktériumok számának alakulására (CFU/g x 10⁵)

	Lactobacillus (4)
Kezelés előtt (1)	3,07 ± 1,19
Kezelést követően (2)	2,98 ± 4,04
1 héttel később (3)	15,25 ± 9,70

Table 3.: The effect of the probiotic supplement on the amount of lactic acid bacteria (LAB)

at the beginning of the experiment (1); after the treatment (2); one week later (3); Lactobacillus (4)

EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Az állatok a probiotikummal kiegészített takarmányt szívesen fogyasztották, takarmány visszautasítást a kísérlet során egyáltalán nem tapasztaltunk. A bélsár pH-ját a kezelés jelentősen nem befolyásolta, ami egybeesik az irodalomban fellelhető adatokkal. Több szerző (*De Fombelle és mtsai, 2001; Willing és mtsai, 2009*) említi ugyanis, hogy a bélsár pH-ja még drasztikusan megnövelt keményítő terhelés esetén sem változott jelentősen. A kísérletben szereplő lovak egészségesek voltak, a relatív kis mennyiségű abrak pedig minimális keményítő terhelést eredményezett.

A vizsgált takarmányadag táplálóanyagainak emésztésére a probiotikus kiegészítés kedvező hatást gyakorolt, ami már közvetlenül a kezelés után végzett mérésnél megmutatkozott a szárazanyag, nyersfehérje és nyersrost esetében egyaránt, azonban statisztikailag igazolható különbségeket csak a kezelést követő 1 hét elteltével tapasztaltunk. Ennek hátterében feltételezhetően az állhat, hogy a vizsgálatban szereplő lovak eltérő gyorsasággal reagáltak a kezelésre, két ló esetében ugyanis, valamennyi vizsgált paraméter esetén a közvetlenül a kezelést követő mérésnél csak kismértékű eltérést tapasztaltunk. Ennek köszönhetőek a közvetlenül a probiotikus kiegészítés után kapott magasabb szórásértékek is. A különbségek az egy héttel későbbi eredményeknél kiegyenlítődtek. Ez megfigyeléseink szerint, sem a vizsgálatban szereplő állatok életkorával, sem pedig nemével nem áll összefüggésben és elsősorban az állatok közötti egyedi különbséggel magyarázható.

Eredményeink alapján lovak esetében is igazolni látszik, amit egyes szerzők más állatfajok esetén már bizonyítottak (*Swinney-Floyd és mtsai, 1999; Li és mtsai, 2006*), hogy egyes probiotikumok javíthatják a takarmányok emésztését. Ez a nyersrost esetén feltételezhetően főként a készítményben található élesztő kultúra (*Saccharomyces cerevisiae*) jótékony hatásával állhat összefüggésben. *Vohra és mtsai* egy 2016-ban megjelent összefoglaló publikációjukban arról számolnak be ugyanis, hogy az élesztő kiegészítés lovak esetén növeli az utóbélben élő baktériumok rostbontó enzimeinek aktivitását.

Az egyes táplálóanyagok emésztésének javulása feltételezhetően még a készítménnyel bekerült hasznos baktériumok mennyiségével, valamint a kiegészítésnek köszönhetően a bélcsatornában a hasznos mikroflóra számára javuló körülményekkel is összefüggésben állhat. Részben ezt támasztja alá a mikrobiológiai vizsgálat is, melynek során a kezelés után egy héttel a tejsav termelő baktériumok számának nagyságrendi emelkedését tapasztaltuk. A növekedés mértékében azonban az egyes állatok között jelentős különbségek mutatkoztak, elsősorban ez az oka, hogy a különbség statisztikailag nem igazolható. A tejsav termelő baktériumok számának növekedéséből azonban arra következtethetünk, hasonlóan Szabó és Szabó, 2003-ban leírt cikkéhez, valamint Weese és mtsai, 2004-es kísérletéhez, hogy az etetett probiotikum elérte a vastagbelet. Megemlítené ugyanakkor, hogy Vladár 2011-es vizsgálataihoz hasonlóan, a mi esetünkben sem volt lehetőség a baktériumok fajszintű vizsgálatára, így nem egyértelmű, hogy a készítményben található hasznos baktériumok kolonizálódtak a vastagbélben, vagy a probiotikus kiegészítő hatására az állatok saját tejsavbaktériumai szaporodtak el.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a vizsgált probiotikum sikeresen használható a lótakarmányok emészthetőségének javítása céljából, valamint a tejsav termelő baktériumok számának növekedésére gyakorolt kedvező hatása miatt előnyös lehet a bélflórára nézve. Véleményünk szerint a készítmény fontos szerepet játszhat az egyes takarmányok táplálóanyagainak hatékonyabb kihasználásában. Ez részben növelheti a takarmányozás gazdaságosságát, csökkentheti egyes kólikás betegségek kockázatát és az esetleges, főként gyengébb minőségű tömegtakarmányok esetén fellépő takarmány pangás kockázatát. A fehérjék emésztésére gyakorolt kedvező hatásának köszönhetően a vizsgált készítmény hatással lehet a környezet ammónia terhelésének csökkentésére is. A készítmény, főként az élesztő tartalma miatt előnyös lehet nagy abrakhányadot fogyasztó lovak esetén a tejsavas acidózis és a lamintis kialakulási kockázatának csökkentésében. Tapasztalataink szerint a készítményt kúraszerűen ajánlott használni, főként gyengébb minőségű tömegtakarmányok, valamint nagyobb abrakhányad etetésekor, illetve idősebb lovak esetén.

Fontos megemlíteni, hogy a viszonylag kis állatszám miatt jelen vizsgálat modell kísérletnek tekinthető. Az egyes hatásmechanizmusok vizsgálatához, valamint a kezelés pontos hosszának beállításához indokoltnak látszik további, nagyobb ló létszámmal történő vizsgálatok elvégzése.

Köszönetnyilvánítás

A cikk szerzői köszönetüket fejezik ki a Geenman Kft.-nek a kísérlet támogatásáért.

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3- VEKOP-16- 2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- * Az Európai Közösségek Bizottsága 152/2009/EK rendelete (2009. január 27.) a takarmányok hatósági ellenőrzése során alkalmazott mintavételi és vizsgálati módszerek megállapításáról Az Európai Unió Hivatalos Lapja 2009. 02. 26. L54/51 N. pontja (A módszer)
- Brosnahan M. M. - Paradis, M. R. (2003): Assessment of clinical characteristics, management practices, and activities of geriatric horses. J. Am. Vet. Med. Assoc., 223. 99-103.
- Brydl E. - Bata Á. - Rafai P. - Lásztity R. - Vajdovich K. - Nagy G. (1995): Élő *Saccharomyces cerevisiae* hatása a tejhasznú tehének bendőfermentációjára, sav-bázis anyagcseréjére, valamint tejtermelésére üzemi kísérletben. MÁL., 50. 543-548.
- Chaucheyras-Durand, F. - Durand, H. (2010): Probiotics in animal nutrition and health. Beneficial Microbes, 1. 3-9.
- De Fombelle, A. - Julliard, V. - Drogoul, C. - Jacotot, E. (2001): Feeding and microbial disorders in horses: 1- effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile activities. J. Equine Vet. Sci., 21. 439-445.
- Durham, A. E. (2009): The Role of Nutrition in Colic. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 25. 67-78.
- Fuller, R. (1989): A review: Probiotics in man and animals. J. Appl. Bacteriol., 66. 365-378.
- Frape, D. (2013): A ló takarmányozása – Mezőgazda kiadó, 396.
- Gaggia, F. - Mattarelli, P. - Biavati, B. (2010): Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. Intern. J. Food Microbiol. 141. 515-528.
- Gibson, G. R. - Fuller, R. (2000): Aspects of *in vitro* and *in vivo* research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. J. Nutr., 130. 391-395.
- Kelcey L. Swyers (2007): Effects of direct-fed microbial supplementation on Digestibility and fermentation end-products in horses fed Low- and high-starch concentrates. University of Maryland, College Park. MSc. dolgozat, 122.
- Komari, R. K. - Reddy Y. K. L. - Suresh, J. - Raj, D. N. (1999): Effect of feeding yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and *Lactobacillus acidophilus* on production performance of crossbred dairy cows. J. Dairy Sci., 82. 128.
- Li, L. - Xu, C. L. - Ji, C. - Ma, Q. - Hao, K. - Jin, Z. Y. - Li, K. (2006): Effects of a dried *Bacillus subtilis* culture on egg quality. Poultry Sci., 85. 364-368.
- Metchnikoff, E. (1907): Prolongation of Life. G. P. Putnam and Sons, New York.
- Mitsuoka, T. (1990): Bifidobacteria and their role in human health. J. Indust. Microbiol., 6. 263-268.
- Müller, C. E. (2012): Equine digestion of diets based on haylage harvested at different plant maturities. Anim. Feed Sci. and Technol., 177. 65-74.
- Rettger, L. F. - Chaplin, H. A. (1921): Treatise on the transformation of the intestinal flora with special reference to the implantation of *Bacillus acidophilus*. Yale University Press. New Haven, Connecticut, U.S.A.
- Rouge, C. - Piloquet, H. - Butel, M. J. - Berger, B. - Rochat, F. - Ferraris, L. - Des Robert, C. - Legrand, A. - de la Cochetie`re, M. F. - N'Guyen, J. M. - Vodovar, M. - Voyer, M. - Darmaun, D. - Roze, J. C. (2009): Oral supplementation with probiotics in very-low-birth-weight preterm infants: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial¹⁻⁴. Amer. J. Clin. Nutr., 1828-1835.
- Self, Hilary - Whishaw, Camilla (2014): Herbs for digestive health. Equine Wellness Magazin, 9. 16-19.
- Stover, M. G. - Watson, R. R. - Collier J. R. (2016): Pre- and Probiotic Supplementation in Ruminant Livestock Production. In: Watson R. R. - Preedy V. R. (szerk.): Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. Bioactive Foods in Health Promotion. Academic Press, Elsevier Inc. 25-36.
- Swanson, C. A. - Kronfeld, D. S. - Hoffman, R. M. - Splan, R. K. (2003): Effects of diet and probiotic supplementation on stress during weaning in Thoroughbred foals. in Proc. 18th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing, MI. 243.

- Swinney-Floyd, D. - Gardiner, B. A. - Owens, F. N. - Rehberger, T. - Parrott, T. (1999): Effects of inoculation with either strain P-63 alone or in combination with *Lactobacillus acidophilus* LA53545 on performance of feedlot cattle. J. Anim. Sci., 77. 77.
- Szabó J. - Szabó L. (2003): Pre- és probiotikumok a gazdasági állatok takarmányozásában. Állattenyésztés és Takarmányozás, 52. 423-431.
- Van Niel, C. W. - Feudtner, C. - Garrison, M. M. - Christakis, D. A. (2002): *Lactobacillus* therapy for acute infectious diarrhea in children: a meta-analysis. Pediatrics. 109. 678-684.
- Vladár D. (2011): Probiotikum tartalmú takarmánykiegészítők vizsgálata lovakon. Diplomadolgozat. Szent István Egyetem Állatorvos-Tudományi Kar, Budapest 37.
- Vohra, Ashima - Syal, Poonam - Madan, Anshu (2016): Probiotic yeasts in livestock sector, Anim. Feed Sci. Technol. 219. 31-47.
- Weese, J. S. (2001): A Review of Probiotics: „Are They Really Functional Foods”? AAEP Proc. 47. 27-31.
- Weese, J. S. - Anderson, M. E. C. - Lowe, A. - Monteith, G. J. (2003): Preliminary investigation of probiotic potential of *Lactobacillus rhamnosus* strain GG in horses: fecal recovery following oral administration and safety. Can. Vet. J., 44. 299-302.
- Weese, J. S. - Anderson, M. E. C. - Lowe, A. - Penno, R. - Da Costa, T. M. - Button, L. - Goth, K. C. (2004): Screening of the equine intestinal microflora for potential probiotic organisms. Equine Vet. J., 36. 351-355.
- Wenk, C. (2000): Recent Advances in Animal Feed Additives such as Metabolic Modifiers, Antimicrobial Agents, Probiotics, Enzymes and Highly Available Minerals - Review - Asian Australasian J. Anim. Sci., 13. 86-95.
- Willing, B. - Vörös, A. - Roos, S. - Jones, C. - Jansson, A. - Lindberg, J. E. (2009): Changes in faecal bacteria associated with concentrate and forage-only diets fed to horses in training. Equine Vet. J., 41. 908-914.
- Yoon, I. K. - Stern, M. D. (1995): Influence of direct-fed microbials on ruminal fermentation and performance of ruminants: a review. Australian J. Anim. Sci., 8. 533-555.
- Yuyama, T. - Yusa, S. - Takai, S. - Tsubaki, S. - Kado, Y. - Morotomi, M. (2004): Evaluation of a host-specific *Lactobacillus* probiotic in neonatal foals. Int. J. Appl. Res. Vet. Med., 2. 26-33.

Érkezett: 2016. december

Szerzők címe: Such N. - Koltay I. - Ujj Zs. - Bányai A. - Bartos Á.
Pannon Egyetem Georgikon Kar, Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszék
Author's address: University of Pannonia, Georgikon Faculty, Department of Animal Sciences
and Animal Husbandry
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
bartos-a@georgikon.hu

GRATULÁLUNK

Augusztus 20-án **Sütő Zoltán** egyetemi tanár a *Magyar Érdemrend Lovagkeresztje* kitüntetésben részesült.

KÜLÖNBÖZŐ MODELLEKKEL BECSÜLT ÖRÖKÖLHETŐSÉGI ÉS TENYÉSZÉRTÉKEK FAJTATISZTA ÉS KERESZTEZETT HÚSTÍPUSÚ BORJAK VÁLASZTÁSI ADATBÁZISÁN

BENE SZABOLCS - SZÚCS MÁRTON - POLGÁR J. PÉTER -
SZABÓ FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők a Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete adatbázist dolgozták fel, melyben összesen 18746 limousin és blonde d'Aquitaine apaságú, fajtatiszta és keresztezett borjú választási súlya és választási életkora szerepelt. A borjak genotípusát figyelembe véve a kiindulási adatokból három adatbázist (kettő csak fajtatiszta, a harmadik fajtatiszta és keresztezett borjak adatait együtt tartalmazta) alakítottak ki, majd ezeket négy különböző BLUP modellel (két-két apamodellel és egyedmodellel) dolgozták fel. Összesen hat futtatás történt, melyek során a választási súly tulajdonságra örökölhetőségi értéket, a vizsgálatban részt vevő apákra pedig választási súly tenyésztési értéket becsültek. A választási súly tulajdonság örökölhetősége a különböző futtatások eredményei alapján meglehetősen tág határok között változott ($h^2 = 0,20-0,60$). Nevezetesen jelentős különbség mutatkozott a fajtatiszta és a vegyes genotípusú állományok között. Valamennyi apa esetén a négy különböző BLUP modellel történő becslés más és más eredményeket adott. Az apák rangsorában is számottevő különbségeket találtak ($r_{\text{rang}} = 0,32-0,95$; $p < 0,01$).

SUMMARY

Bene, Sz. - Szúcs, M. - Polgár, J. P. - Szabó, F.: HEREDITABILITY AND BREEDING VALUES FOR WEANING WEIGHTS OF PUREBRED AND CROSSBRED CALVES ESTIMATED WITH DIFFERENT MODELS

Based on the database of Association of Hungarian Limousin and Blonde d'Aquitaine Breeders weaning weight and age at weaning of 18746 purebred and crossbred calves sired by Limousin and Blonde d'Aquitaine bulls were evaluated. Considering the genotype of calves, three databases (two for purebred, one for mixed genotypes) were formed from the initial data. Estimation was done with four different BLUP models (two sire models and two animal models). Altogether six runnings were applied. For weaning weight heritability value, for the sires breeding value were estimated. According the results of six runnings, the heritability estimates of weaning weight ranged between 0.20 and 0.60. Substantial differences were found between purebred and mixed genotype populations. Breeding values of sires estimated with different BLUP models showed differences according to the genotype of their progeny. Rank correlations of the sires' breeding values were between 0.32 and 0.95 depending on the way of prediction.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A borjú-előállításra szakosodott húshasznú szarvasmarha állományokban gyakran alkalmaznak közvetlen és kombinatív haszonállat-előállító keresztezéseket. Ezen „árutermelő” keresztezések egyrészt a heterózis hatás, másrészt a végtermék típusú apák komplementer hatásának kiaknázására irányulnak. A kistestű, kisigényű fajták fajtatiszta borjainak a 205 napra korrigált választási súlya a legtöbb esetben elmarad a keresztezett társaikétól, különösen akkor, ha ez utóbbiak apja egy nagy testű, intenzív, francia származású tenyészbika volt. A húsmarhatenyésztés gyakorlatából jól ismert, hogy az egymástól meglehetősen nagy genetikai távolságra lévő brit és francia fajták kombináló képessége kiváló. A kombinálódó képesség akkor a legjobb, ha a brit fajtákat anyaként, a francia fajtákat pedig apaként használjuk. Ilyenkor a keresztezett borjú súlya nemcsak a szülők átlagát, hanem a jobbik szülő teljesítményét is számottevő mértékben felülmúlhatja.

A végtermék típusú - így a limousin és a blonde d'Aquitaine - apákat saját fajtájukba, illetve más fajtákba tartozó tehenek és üszők termékenyítésére használhatjuk, azaz velük mind fajtatiszta, mind keresztezett ivadékok előállítása a célunk lehet. Számos irodalmi forrásmunka arra utal, hogy az adott tulajdonság örökölhetőségi értéke attól is függ, hogy azt fajtatiszta, keresztezett, vagy vegyes genotípusú (fajtatiszta és keresztezett együtt) állomány adatbázisán kaptuk. Nyilvánvaló különbségek mutatkozhatnak a tenyészértékben is, ugyanis fajtatiszta ivadékok teljesítménye alapján megnyilvánuló, általános tenyészérték elsősorban az additív génhatásokkal, amíg a keresztezett ivadékok teljesítménye alapján kapott speciális tenyészérték az additív génhatások mellett a génkölcönhatásokkal magyarázható.

Ezek következtében a húsmarhatenyésztők az utóbbi időben világszerte egyre több figyelmet fordítanak az apaállatok keresztezésekben betöltött szerepére. A „többfajtás” tenyészérték becslés (*multibreed breeding value estimation*, MBVE) mellett „fajtaközi” (*across breed breeding value estimation*, ABBVE) becsléseket végeznek. E módszer lényege, hogy egyidejűleg több fajta, vagy fajták és keresztezett állományok adatbázisát egyidejűleg értékelik. Az eljárást elsősorban keresztezett, vagy olyan állományokban használják, amelyekben egyszerre több fajta van jelen. Ezek előnye elsősorban az, hogy alkalmazásukkal a keresztezési célra használt tenyészállatok megítélése pontosabb, megbízhatóbb lesz, ugyanis a módszer figyelembe veszi a kombinálódó képességet, azaz a keresztezések során megnyilvánuló speciális tenyészértéket is. Az ilyen tenyészértékbecslés a genetikai előrejelzéshez tehát több fajtába tartozó állatok értékmérő tulajdonságait - így a fajtatiszta, vagy keresztezett borjak adatait - használja. Ez a módszer nem csak a borjak közötti különbséget használja fel a tenyészértékek becsléséhez, hanem a fajták közötti különbséget, és a heterózis hatást is figyelembe veszi.

A vegyes genotípusú állományokban használt tenyészértékbecslés módszere abban különbözik a fajtatiszta állományokétól, hogy itt a fajták közötti genetikai különbségekkel és kapcsolatokkal, valamint a heterózis hatással is számolni kell (*Greaser*, 1999).

Keresztezett populációban elsőként *Notter* és *Cundiff* (1991) közöltek tenyészértékbecslési eredményeket, de azoknak a gyakorlat akkoriban csak kis

jelentőséget tulajdonított. *Rodríguez-Almeida és mtsai* (1997) szerint a keresztezett populációkban történő tenyésztérbecsülés növekvő fontosságú, ugyanis a többfajtás becslés során kapott eredmények kiterjeszthetők a fajtatiszta és a keresztezett állományok még teljesebb körű jellemzésére is.

Az évek során több modell (*Elzo és Famula*, 1985; *Arnold és mtsai*, 1992; *Pollak és Quaas*, 1998) készült a többfajtás tenyésztérbecsülés még pontosabb elvégzéséhez.

Számos szerző szerint a fajtatiszta és a vegyes genotípusú állományokon megállapított populációgenetikai paraméterek különbözhetnek egymástól (*Splan és mtsai*, 1998, 2002; *Sullivan és mtsai*, 1999; *Newman és mtsai*, 2002). Vegyes genotípusú állományokban gyakran a direkt-anyai genetikai korreláció (r_{dm}) értéke kisebb, mint fajtatiszta populációkban (*Gregory és mtsai*, 1995). *Szabó* (1993) ugyanakkor azt tapasztalta, hogy azonos körülmények között tartott fajtatiszta és keresztezett állományok fontosabb tulajdonságainak genetikai varianciája és örökölhetősége nem tért el számottevő mértékben.

Az előzőeken kívül számos külföldi kutatócsoport foglalkozott a különböző BLUP módszerek használatával, az örökölhetőségi értékek becslésével, valamint a tenyésztérbékek meghatározásával is (*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 stb.). E munkák eredményeit korábbi dolgozatainkban (*Bene és mtsai*, 2006, 2007a, 2013) részletesen ismertettük, így azokat itt nem részletezzük.

A fentiek tükrében vizsgálatunk célja fajtatiszta populációk, valamint vegyes genotípusú állomány adatai alapján számított populációgenetikai paraméterek összehasonlítása volt. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az apák választási súly tulajdonság esetén, fajtatiszta populációban becsült tenyésztérbéke milyen mértékben különbözik azoktól az értékektől, melyeket vegyes genotípusú állományban becsülhetünk. Szerettünk volna választ kapni arra is, hogy az apák fajtatiszta és vegyes genotípusú populációkban, eltérő BLUP modellekkel felállított rangsora mennyiben különbözik egymástól.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során a Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesületének országos borjú választási adatbázist dolgoztunk fel. A kiindulási adatbázisok szerkezetét, valamint néhány kiindulási paramétert az 1. táblázatban foglaltunk össze.

A feldolgozott törzskönyvi adatbázisban 18746 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 három adatbázist alakítottunk ki. Az első adatbázis (adatbázis 1., $N = 9233$) kizárólag a fajtatiszta limousin, a második adatbázis (adatbázis 2., $N = 3310$) pedig kizárólag a fajtatiszta blonde d'Aquitaine borjak adatait tartalmazta. A harmadik adatbázisban (adatbázis 3., $N = 18746$) az előző kettőt egyesítettük, de az ezek mellett tartalmazta olyan keresztezett borjak adatait is, melyek apai ágról limousin, vagy blonde d'Aquitaine származásúak voltak. Ez az adatbázis tehát „vegyes” genotípusú volt. A keresztezett borjak anyai származását

1. táblázat

A kiindulási adatbázisok szerkezete

Felhasznált adatbázisok (1)	AB1	AB2	AB3			
Genotípus struktúra (2)	fajtatiszta (12)	fajtatiszta (12)	vegyes genotípusú (fajtatiszta és keresztezett együtt) (13)			
- apa genotípusa (3)	LIM	BDA	LIM	BDA	LIM	BDA
- anya genotípusa (4)	LIM	BDA	LIM	BDA	vegyes (14)	vegyes (14)
- borjak száma (5)	9233	3310	9233	3310	4380	1823
Borjak száma összesen (6)	9233	3310	18746			
Tenyészetek száma (7)	27	6	37			
Borjak születési ideje (8)	1992-2009	1993-2009	1992-2009			
Anyák ellésszáma (9)	1-12	1-11	1-12			
Választási életkor (nap) (10)	120-365	120-365	120-365			
Választási súly (kg) (11)	100-350	100-350	100-350			

AB = adatbázis (15); LIM = limousin; BDA = blonde d'Aquitaine; random = az anya az apai fajtától eltérő bármilyen fajtájú (pl. magyar tarka), vagy akár keresztezett genotípusú (pl. limousin x magyar tarka) lehet (16)

Table 1. The structure of the database

used database (1); genotype structure (2); genotype of sire and dam (3; 4); number of calves (5); number of calves in database (6); number of herds (7); birth date of calves (8); parity of dam (9); age at weaning (day) (10); weaning weight (11); purebred (12); mixed genotype (purebred and crossbred together) (13); mixed (14); database (15); genotype of dam can be any breed (typically Hungarian Simmental, or crossbred (Limousin x Hung. Simmental) (16)

nem határoztuk meg, az anyák (tehének) a limousin, illetve a blonde d'Aquitaine kivételével bármilyen fajtájúak, vagy akár keresztezett genotípusúak is lehetnek.

A vizsgálatba vont 18746 borjú mindegyike apai ágon tehát limousin, vagy blonde d'Aquitaine származású volt, azaz az adatbázisainak apai féltestvér csoportok választási eredményeit tartalmazták. A választott borjak összesen 148 apa ivadékai voltak, melyek közül 110 tenyészbika limousin, 38 pedig blonde d'Aquitaine fajtájú volt (2. táblázat).

Az értékelésbe, vagyis a kiindulási adatbázisba csak olyan apák kerültek be, melyek után legalább 15 borjú választási adatai a rendelkezésre álltak. Az egy apára jutó ivadékok száma átlagosan 126,7 volt. A 148 értékelt apa közül 120 olyan tenyészbikát találtunk, melyeknek fajtatiszta és keresztezett ivadékai is voltak. Így a kiindulási adatbázisban 17825 olyan borjú adata állt rendelkezésre, melyeknek voltak fajtatiszta, illetve keresztezett féltestvérei is. Hozzáátve, hogy az értékelésbe vont 37 tenyészet közül majdnem mindegyikében választottak fajtatiszta és keresztezett borjakat, a vegyes genotípusú adatbázisunk (adatbázis 3.) a tenyészetekben történő apahasználat, valamint az árutermelő keresztezések következtében létrejött genotípus struktúra meglehetősen sokszínű, sok átfedést és rokoni kapcsolatot tartalmazó volt.

2. táblázat

A vizsgálatba vont apák

Apa fajtája (1)	LIM	BDA	Összesen (2)
A vizsgálatba vont apák száma összesen (3)	110	38	148
- ezek ivadékaiknak a száma (4)	13611	5135	18746
Egy apára jutó ivadékok száma átlagosan (5)	123,7	135,1	126,7
Egy apára jutó ivadékok száma minimum (6)	15	15	15
Csak fajtatizta ivadékokkal rendelkező apák száma (7)	21	2	23
- ezek ivadékaiknak a száma	719	64	783
Fajtatizta és keresztezett ivadékokkal is rendelkező apák száma (8)	85	35	120
- ezek ivadékaiknak a száma	12799	5026	17825
- ebből fajtatizta (9)	8514	3246	11760
- ebből keresztezett (10)	4285	1780	6065
Csak keresztezett ivadékokkal rendelkező apák száma (11)	4	1	5
- ezek ivadékaiknak a száma	93	45	138

LIM = limousin; BDA = blonde d'Aquitaine

Table 2. The examined sires

breed of sire (1); total (2); number of the examined sires (3); number of their progeny (4); the average number of progeny per sire (5); minimum number of progeny per sire (6); number of sires with purebred progeny only (7); number of sires with purebred and crossbred progeny (8); from this purebred or crossbred (9, 10); number of sires with crossbred progeny only (11)

Munkánk során az előzőekben bemutatott adatbázisokat különböző BLUP modellekkel (Henderson, 1975) értékeltük ki. Vizsgálataink során négy különböző modellt állítottunk össze, majd az ezekkel kapott eredményeket egymással összehasonlítottunk. A négy modell közül kettő apamodell, kettő pedig egyedmodell volt (Szőke és Komlósi, 2000). Mind az apamodellt, mind pedig az egyedmodellt a fajtatizta borjak adatbázisain (adatbázis 1. és adatbázis 2.), mind pedig a vegyes genotípusú adatbázison (adatbázis 3.) 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.

Az apamodellek

A számításaink során használt két különböző apamodell számos hatást tartalmazott. Az első apamodellt (modell 1) kizárólag a fajtatizta adatbázisokon (adatbázis 1. és 2.) alkalmaztuk. Ennek összeállítása során az apát (a pedigriből csak az apára vonatkozó adatokat használtuk) 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),

3. táblázat

Az alkalmazott modellek

Modell száma (1)	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Modell típusa (2)	Apamodell (20)	Apamodell (20)	Egyedmodell (21)	Egyedmodell (21)
A populáció genotípusa (3)	fajtatiszta (22)	vegyes geno-típusú (23)	fajtatiszta (22)	vegyes geno-típusú (23)
Random hatások (4)				
- apa (5)	+	+	+	+
- egyed (6)	-	-	+	+
- anya (7)	-	-	+	+
Fix hatások (8)				
- borjú genotípusa (9)	-	+	-	+
- tenyészet (10)	+	+	+	+
- anya ellésszáma (11)	+	+	+	+
- születési évjárat (12)	+	+	+	+
- születési évszak (13)	+	+	+	+
- borjú ivara (14)	+	+	+	+
Egyéb hatások (15)				
- anyai genetikai hatás (16)	-	-	+	+
- anya állandó körny. hatása (17)	-	-	+	+
Kovariáns (vál. életkor) (18)	+	+	+	+
Viszsgált tulajdonság (választási súly) (19)	+	+	+	+

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

Table 3. The used models

number of model (1); type of model (2); genotype of population (3); random effects (4); sire (5); animal (6); dam (7); fix effects (8); genotype of calf (9); herd (10); parity of dam (11); birth year (12); birth season (13); sex of calf (14); other effects (15); maternal genetic effect (16); maternal permanent environmental effect (17); covariant (age at weaning) (18); trait (weaning weight) (19); sire model (20); animal model (21); purebred (22); mixed genotype (23); the model include this effect (24); the model doesn't include this effect (25)

illetve *Tőzsér és mtsai* (1996) eredményei alapján - fix hatásként vettük figyelembe. A munka során a választási életkort, mint kovariánst is a modellbe építettük. A második apamodell (modell 2) - melyet kizárólag a vegyes genotípusú adatbázison (adatbázis 3.) futtattunk - felírása során a többfajtás tenyésztékbecslés irányelveit vettük figyelembe. A két apamodell csupán annyiban különböztek egymástól, hogy az egyik tartalmazta a borjú genotípusát (fajtatiszta limousin, fajtatiszta blonde d'Aquitaine, limousin apaságú keresztezett, blonde d'Aquitaine

A modell futtatások száma és tartalma

Futtatás sorszám (1)	Alkalmazott modell (2)			Értékelésbe vont borjak (3)			Falhasznált adatbázis száma* (6)
	Apa (7)	Egyed (8)	Számá# (9)	Fajtatiszta (4)		Vegyes genotípusú (5)	
				LIM	BDA		
F1	+		modell 1	+			AB1
F2	+		modell 1		+		AB2
F3	+		modell 2			+	AB3
F4		+	modell 3	+			AB1
F5		+	modell 3		+		AB2
F6		+	modell 4			+	AB3

*az 1. táblázat alapján (10); #a 3. táblázat alapján (11); LIM = limousin; BDA = blonde d'Aquitaine; + = a futtatás során a megjelölt kiindulási feltételek teljesültek (12)

Table 4. The number and content of the model runned

number of run (1); used model (2); examined calves (3); purebred (4); mixed genotype (5); number of used database (6); sire or animal model (7; 8); number of model (9); as it seen on Table 1 and 3 (10; 11); during the runs, the signed starting conditions have been fulfilled (12)

apaságú keresztezett), mint fix hatást, a másik pedig nem. A két apamodellt a következőképp írtuk fel:

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

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

(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 = az születési évszak fix hatása; C_n = a borjú ivarának fix hatása; b = regressziós koefficiens (választási életkor); $e_{ijklmno}$ = véletlen hiba)

A munka során mindkét apamoddellel két variancia komponenst becsültünk. Ezek a genetikai variancia (ivadékcsoportok közötti variancia; V_g), valamint a környezeti variancia (ivadékcsoporton belüli variancia; V_k) voltak. Az apamoddellel becsült genetikai varianciát (V_{ga}) a következő képlet segítségével számítottuk ki: $V_{ga} = (MS_{apa} - MS_E) / k_1$ (ahol k_1 az apa szabadságfokából számított koefficiens). A becslés során kapott MS_E (hiba, vagy maradék) értéke megegyezett a környezeti variancia (V_k) értékével. Azaz $MS_E = V_k$. A fenotípusos varianciát (V_f) a genetikai variancia ($V_g = V_{ga} \times 4$) és a környezeti variancia (V_k) összegeként határoztuk meg ($V_f = V_g + V_k$). Az örökölhetőségi 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 tenyésztékét megbecsültük a választási súly tulajdonságra. A tenyésztékét az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a teljes populáció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg. Minden apa esetén két tenyésztékét számítottunk. Egyet a fajtatiszta, egyet pedig a vegyes genotípusú populációban. Ennek eredményeit táblázatos formában csak a 20-20 legtöbb ivadékkal rendelkező apa esetén mutatjuk be. A két különböző apamoddellel becsült tenyésztékek ismeretében az apák rangsorait is meghatároztuk a vizsgált tulajdonságban.

Az apamoddell futtatását *Harvey (1990) „Least Square Maximum Likelihood”* eljárása szerint, „*Harvey*” programmal végeztük.

Az egyedmodellek

Az előzőekhez hasonlóan a számításainak 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 hatásként beleépítettük. Ezen kívül a modellek teljesen azonosak voltak, mindkettő egyformán tartalmazta a pedigrere vonatkozó random hatásokat (a rokonsági mátrixban az apákra, anyákra és a nagyszülőkre vonatkozó adatok szerepeltek), az apamoddellnél 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 korábbi munkánk (*Bene, 2007*) során részletesen bemutattuk, így azt itt nem ismételjük. Az egyik egyedmodell tehát a „hagyományos” elveken alapult, a másikinál pedig a „többfajtás” tenyésztékbecslés (*Van Vleck és mtsai, 1992; Núñez-Dominguez és mtsai, 1995; Roso és mtsai, 2005*) irányelveit érvényesítettük.

Az *egyedmodell* általános alakja az alábbiak szerint írható fel (ahol: y = a megfigyelés vektora (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; p_e = az anya állandó környezeti hatásának vektora; e = hiba vektor; X = a fix hatások előfordulási mátrixa; Z = az additív genetikai hatások előfordulási mátrixa; W = az anyai genetikai hatás előfordulási mátrixa; S = az anya állandó környezeti hatásának előfordulási mátrixa):

$$\text{Modell 3: } y = Xb_1 + Zu + Wm + Spe + e$$

$$\text{Modell 4: } y = Xb_2 + Zu + Wm + Spe + e$$

Az egyedmodellel történő becslés során a következő variancia és kovariancia komponenseket, valamint populációgenetikai paramétereket határoztuk meg: additív direkt genetikai variancia (σ_a^2); anyai genetikai variancia (σ_m^2); direkt-anyai genetikai kovariancia (σ_{dm}); anyai állandó környezeti hatás (σ_{pe}^2); hiba variancia (σ_e^2); fenotípusos variancia (σ_p^2); direkt örökölhetőség (h_d^2); anyai örökölhetőség (h_m^2); teljes örökölhetőség (h_r^2); direkt-anyai genetikai korreláció (r_{dm}); az állandó

környezeti variancia (c^2), illetve a hiba variancia (e^2) aránya a fenotípusos varianciában. A komponensek számításának menetét *Willham* (1972), valamint *Lengyel* (2005) részletesen ismertette, így annak újbóli bemutatásától itt eltekintünk.

A vizsgálatban szereplő összes apa tenyésztékét 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 tenyésztékeket - *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 számított tenyésztéke alapján négy különböző rangsort állítottunk fel, fajtánként külön-külön. A modellnek az apák rangsorára gyakorolt hatást *Núñez-Domínguez és mtsai* (1995), valamint *Lengyel* (2004, 2005) vizsgálataihoz hasonlóan rangkorreláció számításal határoztuk meg. Ehhez a MS Excel statisztikai programcsomagját használtuk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az előzőekben bemutatott négy különböző BLUP modellel becsült, hat futtás során számított populációgenetikai paramétereket az 5. táblázatban ismertetjük. A választási súly tulajdonság örökölhetősége a különböző futtatások eredményei alapján meglehetősen tág határok között változott. A legkisebb h^2 értéket ($0,20 \pm 0,03$) a fajtatiszta limousin borjak adatbázisának apamodellel történő kiértékelése, a legnagyobbat ($0,60 \pm 0,014$) pedig a fajtatiszta blonde d'Aquitaine borjak adatbázisának egyedmodellel történő kiértékelése során kaptuk. Ezek alapján összességében megállapítható, hogy a vizsgált populációban a választási súly örökölhetősége gyenge és jó közötti volt.

A vizsgált genotípusok közül - mind az apamodell, mind pedig az egyedmodell esetén - a limousin fajtában kisebbnek találtuk a választási súly örökölhetőségét ($h^2 = 0,20 \pm 0,03$, ill. $h^2 = 0,28 \pm 0,05$) annál, mint amit a blonde d'Aquitaine fajta esetén tapasztaltunk ($h^2 = 0,35 \pm 0,09$, ill. $h^2 = 0,60 \pm 0,14$). A vegyes genotípusú adatbázison számított örökölhetőségi értékek ($h^2 = 0,32 \pm 0,04$, ill. $h^2 = 0,57 \pm 0,06$) az előző kettő közé estek. A nagyobb létszámú, fajtatiszta limousin populációban számított megbízhatósági értékek jobbak voltak azoknál az adatoknál, mint amiket a kisebb létszámú fajtatiszta blonde d'Aquitaine állományban becsültünk. A vegyes genotípusú adatbázison becsült hiba értékek az előzőeknél is kisebbek voltak.

A két fajta közti különbségek az örökölhetőségi értékekben egyrészt az eltérő környezethatással, másrészt a különböző mértékű megbízhatósággal magyarázhatók. Mivel a limousin állomány több tenyészeten volt, feltehetően nagyobbak lehettek a tenyészetek közti környezeti és technológiai különbségek, mint a kevesebb tenyészeten tartott blonde d'Aquitaine esetében. Emiatt az előző fajtánál nagyobb környezethatás, és kisebb genetikai hatás lehetett, emiatt az örökölhetőség kisebb volt, mint az utóbbi fajta esetében.

A két különböző apamoddellel (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±0,05) és a vegyes genotípusú populációban (0,57±0,06) számított h² érték esetén. Eredményeink alapján az is megállapítható, hogy valamennyi adatbázis esetében az egyedmoddellel nagyobb - bizonyos esetekben sokkal nagyobb - örökölhetőségi értékeket kaptunk, mint az apamoddellel. A számított h² értékek statisztikai értelemben vett megbízhatósága a négy modell esetén számottevő mértékben nem különbözött.

5. táblázat

A számított populációgenetikai paraméterek

Paraméter (1)	Apamodell (2)			Egyedmodell (3)		
	Modell 1		Modell 2	Modell 3		Modell 4
	Fajtatiszta (4)		Vegyes genotíp. (5)	Fajtatiszta		Vegyes genotípusú
	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 (egyéb környezeti) variancia (11); σ_p^2 = fenotípusos variancia (12); h_d^2 = direkt örökölhetőség (13); h_m^2 = anyai örökölhetőség (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 örökölhetőség (18)

Table 5. The calculated population genetics parameters

parameter (1); sire model (2); animal model (3); purebred (4); mixed genotype (5); number of run (6); σ_d^2 = additive direct genetic variance (7); σ_m^2 = maternal genetic variance (8); σ_{dm} = direct maternal genetic covariance (9); σ_{pe}^2 = maternal permanent environmental effect (10); σ_e^2 = residual variance (11); σ_p^2 = phenotypic variance (12); h_d^2 = direct heritability (13); h_m^2 = maternal heritability (14); r_{dm} = direct-maternal genetic correlation (15); c^2 = the ratio of the permanent environmental variance to the phenotypic variance (16); e^2 = the ratio of the residual variance to the phenotypic variance (17); h_T^2 = total heritability (18)

A fajtatizsza 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. Fajtatizsza limousin borjak esetén a számított adataink teljesen azonosak voltak azokkal az eredményekkel, melyeket Lengyel és mtsai (2003), valamint Lengyel (2004) apa- és egyedmodellel határozott meg.

A fajtatizsza blonde d'Aquitaine adatbázison számított értékeink mind az apamodell, mind pedig az egyedmodell tekintetében korábbi dolgozatunk (Bene és mtsai, 2007b) eredményeihez teljesen hasonlóak voltak.

A vegyes genotípusú adatbázis alapján számított populációgenetikai paramétereink részben a már meglévő szakirodalmi adatokhoz hasonlóan, részben attól eltérően alakultak. A választási súly esetén Crews és Kemp (1999), valamint Splan és mtsai (1998) limousin keresztezett populációkban az általunk számítottnál jóval kisebb örökölhetőségi értékeket becsültek. 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 állomány 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 ivadékainak számát, valamint a különböző adatbázisok alapján, különböző BLUP modellekkel számított választási súly tenyésztékét, illetve az e tenyésztékek alapján felállított rangsorát a 6. táblázatban mutatjuk be.

Eredményeink alapján egyértelműen megállapítható, hogy valamennyi apa esetén a négy különböző BLUP modellel más és más tenyésztékét becsültünk a választási súly tulajdonságra. A legtöbb apa esetén a becsült tenyészték populációátlaghoz viszonyított iránya (átlag alatti vagy feletti) ugyan hasonló volt, de a számszerű értékekben nagyon nagy különbségeket találtunk közöttük (pl.: 16444-es apa tenyésztékéi a választási súly tulajdonságban: modell 1: +7,68 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 tenyésztéke a választási súly tulajdonságra nézve fajtatizsza populációkban átlag alatti, de a vegyes genotípusú állományban átlag feletti volt. A négy modell közül a legkiugróbb eredményeket a vegyes genotípusú állományon futtatott apamodell (modell 2) esetén tapasztaltuk. Az ezzel a modellel becsült tenyésztékek számos apa (pl.: 14712-es apa tenyésztékéi 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 jelentősen eltértek a másik három modellel kapott adatoktól.

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

A fajtatizsza limousin adatbázis alapján apamodellel (modell 1) és egyedmodellel (modell 3) meghatározott rangsor egymáshoz nagyon hasonlóan bizonyult

6. táblázat

A limousin apák választási súly tulajdonság alapján becsült tenyésztéértéke és rangsora

KLSZ	N		Apamodel (1)				Egyedmodell (2)			
			Modell 1 (AB1) (3)		Modell 2 (AB3)		Modell 3 (AB1)		Modell 4 (AB3.)	
	AB1	AB3	Fajtatiszta populációban (4)		Vegyes genotípusú populációban (5)		Fajtatiszta populációban		Vegyes genotípusú populációban	
			TÉ	SR	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	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 ivadékaik száma (7); TÉ = tenyésztéérték (kg) (8); SR = a tenyésztéértékek alapján felállított rangsorban lévő pozíció (9); FÁ = a populáció főátlaga (kg) (10)

Table 6. The weaning weight breeding value and rank of Limousin sires

sire model (1); animal model (2); database (3); in purebred population (4); in mixed genotype population (5); registration number of sires (6); number of progeny of sire (7); breeding value (8); the position of sires in the rank based on their breeding value (9); overall mean (10)

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

r_{rang}	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Modell 1	0,37*	0,92*	0,68*
Modell 2		0,36*	0,32*
Modell 3			0,75*

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

Table 7. Rank correlation values between the ranks of sires (Limousin sires)

model 1 = database 1 (purebred limousin) + sire model (1); model 2 = database 3 (mixed genotype) + sire model (2); model 3 = database 1 (purebred limousin) + animal model (3); model 4 = database 3 (mixed genotype) + animal model (4)

($r_{\text{rang}} = 0,92$; $p < 0,01$), 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 ($r_{\text{rang}} = 0,32-0,37$; $p < 0,01$) 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 kevésbé ($r_{\text{rang}} = 0,68-0,75$; $p < 0,01$) hasonlított a fajtatiszta populációban meghatározott sorrendekhez. Ez az eredmény hasonlóságot mutatott a legtöbb szakirodalmi forrásban (*Sullivan és mtsai*, 1999; *Newman és mtsai*, 2002; *Splan és mtsai*, 2002 stb.) fellelhető információhoz.

Az előzőekhez hasonlóan a blonde d'Aquitaine fajtájú apák ivadékainak számát, valamint a különböző adatbázisok alapján, különböző BLUP modellekkel számított választási súly tényészértékét, illetve az e tényészérték alapján felállított rangsorát a 8. táblázatban mutatjuk be. Szintén az előzőekhez hasonlóan az apák különböző modellekkel felállított rangsora közti összefüggéseket a 9. táblázatban ismertetjük.

A blonde d'Aquitaine apák esetén a limousin fajtánál tapasztaltakhoz nagyon hasonló eredményeket kaptunk. Mind az apák becsült tényészértékében, mind pedig az apák rangsorában számottevő különbségeket találtunk a négy BLUP modell között, ezért a limousin apák esetén leírtakat itt nem ismételjük. A blonde d'Aquitaine és a limousin fajtájú apák rangsorának vizsgálatát követően csupán egy dologban tapasztaltunk jelentős és említésre méltó különbséget. A blonde d'Aquitaine apák esetében a vegyes genotípusú adatbázis kiértékelésére használt apamodell (modell 2) és egyedmodell (modell 4) nagyon hasonló rangsort ($r_{\text{rang}} =$

8. táblázat

A blonde d'Aquitaine apák választási súly tulajdonság alapján becsült tenyésztéke és rangsora

KLSZ	N		Apamodell (1)				Egyedmodell (2)			
			Modell 1 (AB2) (3)		Modell 2 (AB3)		Modell 3 (AB2)		Modell 4 (AB3)	
	AB2	AB3	Fajtatiszta populációban (4)		Vegyes genotípusú populációban (5)		Fajtatiszta populációban		Vegyes genotípusú populációban	
			TÉ	SR	TÉ	SR	TÉ	SR	TÉ	SR
11273	43	198	+10,35	4	-10,12	16	-0,50	12	-14,39	15
12392	117	360	+1,82	11	+13,04	7	+0,89	11	+20,29	6
12708	10	66	+0,01	12	-5,39	14	+2,97	10	-3,14	13
13229	108	248	-16,70	19	-2,98	13	-28,74	18	-11,84	14
13729	58	146	+9,96	5	+23,45	1	+13,09	6	+48,07	2
13730	142	278	-10,27	15	+9,14	9	-23,64	16	+15,26	8
14053	63	106	-1,13	13	+13,31	6	-7,18	14	+22,66	5
14347	257	356	-11,18	16	+7,28	11	-23,69	17	-2,48	12
15076	50	92	-1,20	14	+15,71	4	-3,88	13	+13,50	10
15641	109	153	-22,25	20	-9,81	15	-40,26	20	-34,46	17
15911	699	1019	+3,48	9	+11,13	8	+7,43	8	+11,66	11
16477	51	60	+8,05	7	+4,93	12	+16,84	5	+14,87	9
16788	492	587	+9,49	6	+8,88	10	+17,72	4	+18,90	7
17032	57	59	+19,15	2	+23,07	2	+37,73	1	+49,00	1
17086	119	129	+17,33	3	+14,96	5	+34,52	3	+33,55	4
17680	265	299	+20,39	1	+16,33	3	+36,85	2	+35,92	3
19335	121	128	-13,62	18	-34,80	20	-31,59	19	-55,24	20
20226	68	77	+5,22	8	-13,58	17	+12,14	7	-24,77	16
20283	53	56	-12,22	17	-28,13	19	-19,79	15	-54,70	19
20284	65	69	+2,73	10	-21,31	18	+5,99	9	-39,36	18
FÁ	3310	18746	252,3±21,3		227,4±11,5		252,3±21,3		227,4±11,5	

KLSZ = az apa központi lajstromszáma (6); N = az apa ivadékaik száma (7); TÉ = tenyésztéke (kg) (8); SR = a tenyésztékek alapján felállított rangsorban lévő pozíció (9); FÁ = a populáció főátlaga (kg) (10)

Table 8. The weaning weight breeding value and rank of Blonde d'Aquitaine sires

sire model (1); animal model (2); database (3); in purebred population (4); in mixed genotype population (5); registration number of sires (6); number of progeny of sire (7); breeding value (8); the position of sires in the rank based on their breeding value (9); overall mean (10)

0,93; $p < 0,01$) eredményezett, vagyis a 2-es modellel ez esetben nem becsültünk a többtől olyan mértékben eltérő tenyésztési értékeket, mint a limousin apák esetében.

9. táblázat

Rangkorrelációs értékek az apák különböző modellekkel felállított rangsora között a blonde d'Aquitaine apák esetén (N=38)

r_{rang}	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Modell 1	0,40*	0,95*	0,54*
Modell 2		0,45*	0,93*
Modell 3			0,56*

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

Table 9. Rank correlation values between the ranks of sires (Blonde d'Aquitaine sires)

model 1 = database 2 (purebred blonde d'Aquitaine) + sire model (1); model 2 = database 3 (mixed genotype) + sire model (2); model 3 = database 2 (purebred blonde d'Aquitaine) + animal model (3); model 4 = database 3 (mixed genotype) + animal model (4)

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesületének országos borjú választási adatbázis kiértékelését követően az alábbi megállapításokat tehetjük:

A fajtatiszta és a vegyes genotípusú borjak adatait tartalmazó adatbázisok négy különböző BLUP modellel történő kiértékelése során számottevően különböző populációgenetikai paramétereket kaptunk. A kiindulási adatbázis borjúlétszáma, annak genotípus struktúrája, valamint az alkalmazott modellek különbözősége révén egy azon tulajdonságra többféle, egymástól jelentősen eltérő örökölhetőségi értéket tapasztaltunk.

A kiindulási adatbázisok különbözősége mellett számottevően befolyásolhatta az örökölhetőségi értékek alakulását az is, ha az anyai genetikai hatást a modellbe építettük. Eredményeink alapján megállapítható, ha ezt a hatást a modellben szerepeltettük, akkor a fenotípusos variancia értéke kisebb lett, aminek következtében a h^2 érték nőtt. Ez a választási súly esetén jórészt az additív direkt genetikai variancia és az anyai genetikai variancia közti negatív előjelű kovarianciával magyarázható. E két hatás közti kapcsolatot nagyon sok kutatócsoport értékelte az elmúlt időszakban, azonban a meglehetősen sokszínű eredmények következtében ezek összefüggése, illetve kapcsolatuk milyenségének az örökölhetőségi érték alakulására gyakorolt hatása még nem tűnik teljes mértékben tisztázottnak.

A vizsgált limousin és blonde d'Aquitaine fajták esetén fajtatiszta populációkban, valamint a vegyes genotípusú állományban meghatározott örökölhetőségi értékek csak arra a populációra igazak, amelyek adataiból azok kiszámításra kerültek. Ezért, illetve számított adataink tükrében a fajtatiszta állományok értékelése során becsült örökölhetőségi értékeket nem javasoljuk felhasználni a vegyes genotípusú, vagy keresztezett borjakat, illetve azok adatait (is) tartalmazó populációkban végzett nemesítő és tenyésztői munka során.

A fajtatiszta állományok adatainak a kiértékelése során az apamoddell és az egyedmoddell kapott eredmények (populációgenetikai paraméterek, tenyésztértékek) egymástól ugyan különböztek, de ezek a különbségek az apák választási súly tulajdonság alapján becsült tenyésztértéke alapján felállított rangsorában jelentős eltéréseket nem okoztak. Ezt igazolják az ide vonatkozó nagyon szoros rangkorrelációs értékek is.

Az alkalmazott modellek közül a vegyes genotípusú adatbázison futtatott apamoddell (modell 2) eredményei - különösen a limousin bikák tenyésztértékeinek tekintetében - számottevő mértékben különböztek azoktól az adatoktól, amiket a másik három modellel becsültünk. A blonde d'Aquitaine apák esetében ilyen mértékű különbségeket az eltérő modellekkel becsült tenyésztértékekben nem tapasztaltunk. Úgy gondoljuk, nem lenne értelme találgatásokba belemenni, a két fajta apaállatainak rangsorában kapott eltérő tendenciák tisztázásához mindeképp további vizsgálatok szükségesek.

Mindemellét a limousin bikák 2-es számú apamoddell becsült tenyésztértékeinek a többitől való különbözőségére nem könnyű magyarázatot találni. Az apamoddell elsősorban a környezeti tényezők hatásának a becslésére (korrigálására), az additív génhatások kimutatására, és az azok következtében létrejövő fenotípusos teljesítmények elemzésére, a szelekciós munka elősegítésére szokták felhasználni. Különösen abban az esetben, ha a populáció pedigre adatbázisa nem bonyolult, vagyis jellemzően apa-ivadék kapcsolatról van szó. Ezért az apamoddell használata - a vonatkozó szakirodalmi források túlnyomó része szerint - a fajtatiszta populációk adatbázisainak az értékelésére ajánlható, és kizárólag az apa tenyésztértékének becslését teszi lehetővé. Néhány szakirodalmi forrásban ugyan található adatok az apamoddell vegyes genotípusú állományokon történő használatára, de ezek száma viszonylag kevés. Ezek, valamint a számított adataink tükrében úgy gondoljuk, hogy a választási eredmények értékelése során az apamoddell vegyes genotípusú állományok adatbázisán történő alkalmazhatóságát újra át kell gondolni.

Véleményünk szerint a vizsgált modellek közül összességében a 2-es modellel kapott eredmények szakmai megbízhatósága volt a legkisebb. Ezért az apamoddell inkább fajtatiszta populációk adatbázisainak az értékelésére ajánljuk, különösen olyan esetekben, ahol a rendelkezésre álló létszám kicsi, vagy az értékelt tulajdonság jellege (pl. vágási %) nem teszi lehetővé a bonyolultabb rokonsági mátrixok összeállítását.

Vizsgálatunk eredményei alapján a 4-es számú modell használatát javasoljuk olyan adatbázisok kiértékeléséhez, amelyek fajtatiszta és keresztezett egyedek mért teljesítményeit egyaránt tartalmazzák.

A négy különböző BLUP modell esetén számottevő különbségeket találtunk - a becsült populációgenetikai paraméterek mellett - az apák választási súly tulajdonságra becsült tenyésztértékében is. Munkánk eredményei alapján egyértelműen kijelenthető, ha egy fajtatiszta populációk adatai alapján átlag felettinek bizonyult apát egy vegyes genotípusú állományban keresztezésre használunk, akkor nem biztos, hogy ott az apának a tenyésztértéke szintén átlag feletti lesz. Javasoljuk ezért, hogy a húsmarhatenyésztés gyakorlatában a fajtatiszta populációk adatai alapján becsült tenyésztérték mellett a „keresztezett” tenyésztérték becslésére is sor kerüljön. Véleményünk szerint nagyban segítené a tenyészbikák kiválasztását

az, ha róluk - adott tulajdonságot tekintve - a „fajtatiszta” tenyészték mellett a „keresztezett” tenyészték is rendelkezésre állna.

Természetesen attól függően, hogy milyen genotípusú a keresztezési partner, illetve a rendelkezésre álló állományban milyen a genotípus struktúra, a keresztezett tenyészték jelentése, használata akár tulajdonságonként is más és más lehet. Munkánk eredményei talán jelenthetnek egy kiindulási alapot ahhoz, hogy létrehozásra kerüljön egy olyan modell, melynek segítségével egységes szempontrendszer szerint, sztenderd kiindulási és matematikai feltételek mellett lehetőség nyílik a „keresztezett” tenyésztékek becsülésére, valamint az így nyert eredmények gyakorlati felhasználására is. Úgy gondoljuk, ennek megvalósításához további lépések, vizsgálatok szükségesek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- 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.
- 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. (2007): Különböző fajtájú húshasznú tehének néhány értékmérője azonos környezetben. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely.
- Bene Sz. - Balika S. - Lengyel Z. - Nagy B. - Zsuppán Zs. - Szabó F. (2007b): Blonde d'Aquitaine borjak választási eredménye. 2. Genetikai paraméterek, tenyésztékek. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56.299-311.
- Bene Sz. - Füller I. - Lengyel Z. - Nagy B. - Fördös A. - Szabó F. (2006): Húshasznú magyar tarka borjak választási eredménye. 2. Közlemény: Genetikai paraméterek, tenyésztékek. Állattenyésztés és Takarmányozás, 55.505-519.
- Bene, Sz. - Giczi, A. - Rádli, A. - Polgár, J. P. - Szabó, F. (2013): Multibreed breeding value estimation based on weaning results in a beef herd in Hungary. Hung. J. Anim. Prod., 62.218-233.
- Bene Sz. - Komlósi I. - Nagy B. - Lengyel Z. - Szabó F. (2007a): Többfajtás húsmarha tenyésztékbecsülés a választási eredmények alapján. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56.521-539.
- 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. U.S.A.
- 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.
- 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, U.S.A.
- Henderson, C. R. (1975): Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics* 31.2:423-447.
- 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.
- Kovács A. - Szűcs E. - Völgyi Csik 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 co-variance components for weaning weight in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75:325-330.
- Lengyel Z. (2005): Húshasznú borjak választási eredményét befolyásoló környezeti és genetikai tényezők. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely.
- Lengyel Z. - Balika S. - Polgár J. P. - Szabó F. (2004): Hazai limousin állományok ellés lefolyásának és választási eredményeinek vizsgálata. 2. közlemény: Apa- és egyedmodell összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53:199-211.
- 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. *Liv. 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.
- Newman, S. - Reverter, A. - Johnston, D. J. (2002): Purebred-crossbred performance and genetic evaluation of postweaning growth and carcass traits in *Bos indicus* x *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. - 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.
- 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.

- 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.
- Szöke Sz. - Komlósi I.* (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49.231-246.
- Tózsér J. - Dobra L. - Domokos Z. - Kertész I. - Zsoltész S.* (1996): Charolais borjak választási teljesítményének értékelése egy törzstenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 45.349-357.
- Trus, D. - Wilton, J. W.* (1988): Genetic parameters for maternal traits in beef cattle. *Can. J. of Anim. Sci.*, 68.119-128.
- 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.
- 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.
- 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: 2017. január

Szerzők címe: Bene Sz. - Polgár J. P.
Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Author's address: University of Pannonia, Georgikon Faculty
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
e-mail: bene-sz@georgikon.hu
Tel.: +36(83)545-398

Szűcs M.
Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete
Association of Hungarian Limousin and Blonde d'Aquitaine Breeders
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 2.

VÁLASZTÁSI EREDMÉNYEK EGY HAZAI CHAROLAIS HÚSMARHA ÁLLOMÁNYBAN

KURUCZ EVELIN - BENE SZABOLCS

ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők egy hazai charolais állományban 567 borjú (286 bika és 281 üsző) választási súlyát (VS) és 205 napra korrigált választási súlyát (KVS) értékelték 2013 és 2015 között. Munkájuk során arra keresték a választ, hogy a szőben forgó értékmérő tulajdonságokat hogyan befolyásolja az apának, az tehén elléskori életkornak, az évjáratnak, a születési évszaknak, valamint a borjú ivarának a hatása. A vizsgált tulajdonságok néhány populációgenetikai paraméterét, valamint az apák tenyésztését három különböző BLUP modellekkel határozták meg. A vizsgált tulajdonságok főatlaga a következő volt: választási súly $190,6 \pm 2,7$ kg, 205 napra korrigált választási súly $235,2 \pm 3,1$ kg. Valamennyi vizsgált tényező hatása statisztikailag igazolható volt az értékelt tulajdonságokra. A választási súly alakulására a választási életkor (60,26%), a 205 napra korrigált választási súly alakulására pedig az évjárat (53,74%) gyakorolta a legnagyobb hatást. A vizsgált tulajdonságok örökölhetősége gyengének ($h^2=0,12-0,14$) bizonyult. Az apamoddell és az egyedmodelllel kapott eredmények egymástól ugyan különböztek, de ezek a különbségek az apák választási súly és 205 napra korrigált választási súly tulajdonság alapján becsült tenyésztéské alapján felállított rangsorában jelentős eltéréseket nem okoztak. Ezt igazolják az ide vonatkozó nagyon szoros rangkorrelációs értékek is ($r_{\text{rang}}=0,96-0,99$; $p<0,01$). A három különböző BLUP modellel becsült eredmények egymáshoz nagyon hasonlóak voltak.

SUMMARY

Kurucz, E. - Bene, Sz.: WEANING RESULTS IN A CHAROLAIS BEEF HERD IN HUNGARY

Based on database of one Hungarian Charolais herd, weaning weights (VS) and 205-day weights (KVS) of 567 calves (286 bull and 281 heifers) were evaluated between 2013 and 2015. During at work is aimed to answer, how the sire, age of dam at calving, calving year, calving season and sex of calves affect the in traits question. As well, some population genetic parameters and breeding value of sires for the evaluated traits were estimated with three different BLUP models. The grand means of the evaluated two traits were as follows: weaning weight 190.6 ± 2.7 kg, 205-day weight 235.2 ± 3.1 kg. The effects of the examined factors were significant on the evaluated traits. The greatest impact to the weaning weight the effect of age at calving (60.26%), to the 205-day weight the effect of calving year (53.74%) were exercised. The heritability of the examined traits was low ($h^2=0.12-0.14$). The results of sire and animal model were different from each other, but these differences did not cause significant deviations in the rank of sires, what based on the breeding value of sires in weaning weight and 205-day traits were identified. As well, this confirmed by the relevant very high rank correlation values ($r_{\text{rank}}=0.96-0.99$; $p<0.01$). The results, estimated with three different BLUP models were very similar to each other.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A húsmarha tenyésztésben a szaporasággal összefüggő tulajdonságokon kívül egyéb paramétereket is célszerű figyelembe venni. A hízóalapanyag - így a jövedelem legnagyobb része - az anyatehéntől származik. A gazdaságos felnevelést nemcsak a borjú kisigényűsége, jó takarmányhasznosító-képessége, növekedési erélye és konstitúciója határozza meg, hanem a tehén borjúnevelő-képessége is. A jó anyaállat a borját úgy neveli, hogy az törésmentesen növekszik, zavartalanul fejlődik, annak rendszeres szopását tűri, azt óvja és védelmezi. A tehén tejtermelésére vonatkozóan kijelenthető, hogy sem a túl sok tej (tőgygyulladás eredményezhet), sem a túl kevés tej (borjú igényét nem elégíti ki) nem kívánatos. A szakirodalom a határt 2500 kg/laktáció maximális hozamnál határozta meg, lehetőség szerint lapos laktációs görbével, mely napi 2,5-6,8 kg tejet jelent (Guba, 1985; Kovács, 1997).

A borjúnevelő-képesség tehát az anyatehén azon tulajdonságainak összessége, amelyek együttes hatással vannak a borjú fejlődésére. Fő tényezője az anya tejtermelése, az egyéb, ösztönös anyai megnyilvánulásokat (pl. szopástűrés, borjú védelmezése stb.) nem tudjuk mérni. Az adott életkorra elért választási súly - közvetve - a tehén tejtermelésének, tehát a borjúnevelő-képességének legjobb kifejezője, így e tulajdonság fontos értékmérő tulajdonság és szelekciós szempont (Szabó, 1998).

A tehenek tejtermelését, valamint a borjak növekedési erélyét - illetve ezek eredőjéből a borjak választási súlyát - számos tényező (hatás) befolyásolhatja. Ilyen tényező lehet a fajta, a környezeti hatások, mint a tenyészet, a takarmányozás, az évjárat, az évszak, az anyai ösztönök, az egyedek közti különbségek, vagy a borjak ivara. Korábbi dolgozatunkban (Bene, 2007) összefoglaltuk a környezeti tényezők hatásának becsléséről szóló legfontosabb forrásmunkák (Bölcskey és mtsai, 1980; Nelsen és Kress, 1981; Szabó és Gajdi, 1993; Gáspárdy és mtsai, 1998; Jakubec és mtsai, 2003; Zándoki és mtsai, 2003; Szabó és mtsai, 2005 stb.) eredményeit, így azokat itt nem ismételjük.

A borjúnevelő-képesség, mint fontos értékmérő tulajdonság jól értékelhető a populációgenetikai paraméterek segítségével is. A választási tulajdonságok genetikai paramétereinek, variancia és kovariancia komponenseinek becslésével számos külföldi és hazai kutató foglalkozott. Ezen munkák eredményeit részletesen korábbi munkánkban (Bene, 2007; Bene és mtsai, 2007) bemutattuk. Az ott felsorolt publikációkban néhány általános összefüggés, és a charolais fajtára vonatkozó konkrét eredmény is található.

Eler és mtsai (1995), valamint Dodenhoff és mtsai (1999) szerint a választási súly direkt örökölhetősége (h^2_d) 0,13-0,26, anyai örökölhetősége (h^2_m) 0,13-0,34 között változott angus, charolais, hereford és limousin állományokban. Keeton és mtsai (1996) limousin fajtában $h^2_d=0,53$ és $h^2_m=0,18$, Van Vleck és mtsai (1996) charolais fajtában $h^2_d=0,16$ és $h^2_m=0,12$, Lee és mtsai (1997) szinentáli fajtában $h^2_d=0,21$ és $h^2_m=0,09$, illetve Splan és mtsai (1998) keresztezett állományban $h^2_d=0,16$ és $h^2_m=0,34$ értékeket számoltak.

Ma a külföldi szakirodalomban sokat vizsgált kérdés a direkt és az anyai genetikai hatás közötti kapcsolat. A direkt- és az anyai genetikai hatás közötti korreláció (r_{dm}) vizsgálatának eredményéül angus és hereford fajtában

Núnez-Dominguez és mtsai (1993) a választási súly tulajdonság esetében 0,25 és 0,63 értéket kaptak. Limousin fajtában a direkt-anyai genetikai korrelációs értékre *Keeton és mtsai* (1996) -0,44, *Lee és mtsai* (1997) -0,07, *Kaps és mtsai* (2000) -0,51 értékeket becsültek. *Dodenhoff és mtsai* (1999) vizsgálatai alapján ezek az értékek charolais, hereford, limousin és szimentáli fajtában a következőképp alakultak: -0,12, -0,37, -0,18, -0,10.

A becsült populációgenetikai paraméterek és örökölhetőségi (h^2) értékek nagysága attól is függ, hogy azt milyen módszerrel számoltuk. Az egyes értékelési módok ugyanis eltérő pontossággal választják szét a különböző variancia komponenseket, ami által a hiba variancia kisebb, vagy nagyobb lehet (*Szőke és Komlósi*, 2000; *Fördös és mtsai*, 2009).

Munkánk célja egy hazai charolais fajtát tenyésztő gazdaság húsmarha állományában a választási adatok elemzése volt. Ennek során arra kerestük a választ, hogy a borjúnevelő-képesség mutatószámaként használt választási súlyt és 205 napra korrigált választási súlyt milyen mértékben befolyásolja az anya elléskori életkora, az évjárat, az évszak, valamint a borjak ivara. Megvizsgáltuk azt is, hogy mekkora a választási tulajdonságok örökölhetősége, valamint azt, hogy a gazdaságban használt apaállatok a vizsgált tulajdonságokban milyen tenyészértékeket mutattak.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során egy fajtatiszta charolais állománnyal rendelkező gazdaság 2013 és 2015 közötti választási adatbázisát dolgoztuk fel, melyben 567 borjú adata szerepelt.

Az értékelésbe vont állatok tartása, takarmányozása a vizsgálatot megelőzően és a vizsgálat alatt is azonos volt. Az állatok elhelyezése legelőn (300 ha), valamint karámban, szabad kifutós rendszerben történt. Az átlagos legelőn töltött időszak hossza 160-180 nap volt. Ezt rendszerint alkalmi legelőkkal (pl. kukoricatárló) hosszabbították meg. A gazdaságban szakaszos legeltetési módszert alkalmaztak.

A tehének takarmányellátását tavaszi és nyári időszakban a legelő gyepterme-se biztosította, de a széna egész évben az állatok rendelkezésére állt. A széna mellett a késő őszi és a téli időszakban silókukorica szilázs és siló cirok etetése történt. A borjak számára a borjúnevelés időszakában borjúóvodát helyeztek el a legelőszakaszokon, ahol azok korlátlan mennyiségben (ad libitum) szénát és abrakot fogyaszthattak.

A telepen szezonális szaporítási gyakorlatot alkalmaztak, de azokat a teheneket és növendéküszöket, melyek üresen maradtak, újra bika alá helyezték. Ezért az adatbázisban előfordulhattak olyan borjak is, amelyek nem a főszézonban születtek. A bikák kihelyezése május végén, június elején történt, majd szeptemberben vették le azokat a gulyáról. Hormonkezelést, illetve ivarzás-szinkronizálást a vizsgált időszakban nem alkalmaztak.

A telepen a borjak születési súlyát egyedileg, az ellést követően mérték. A borjak választása és választáskori súlymérése szeptember és november hónapokban történt. Így valamennyi állat esetén rendelkezésre állt a születési és a választási dátum (ezekből kiszámítható a választási életkor; EN), valamint a születési (SZS) és a választási súly (VS).

Munkánk során két tulajdonságot, a választási súlyt (VS) és a 205 napra korrigált választási súlyt (röviden 205-napos súlyt; KVS) értékeltük. Ez utóbbi kiszámítása a következő képlet segítségével történt:

$$KVS = [(VS - SZS) / EN \times 205] + SZS$$

Az adatbázis normál eloszlásának ellenőrzésére *Kolgomorov-Smirnov* tesztet használtunk. A varianciák homogenitásának vizsgálata *Levene* tesztel történt. Mindkét vizsgált tulajdonság esetén a normál eloszlást és a varianciák homogenitását igazolni tudtuk.

A választási súlyt és a 205 napra korrigált választási súlyt befolyásoló környezeti tényezők hatását apamodellrel (*Harvey*, 1990) értékeltük. A modellek összeállítása során az apát véletlen (random), a többi tényezőt (anya elléskori életkora, születési évjárat és évszak, borjú ivara) - korábbi vizsgálataink, valamint *Kovács és mtsai* (1993), illetve *Tózsér és mtsai* (1996) eredményei alapján - fix hatásként vettük figyelembe. A munka során mind a két tulajdonságot egymástól külön kezeltük és külön-külön modellszámítást végeztünk. Az alkalmazott modellek általános alakját a következőképp írtuk fel:

$$\text{VS esetén: } Y_{ijklmno} = \mu + S_i + C_j + Y_k + M_l + I_m + b(x_{ijklmn} - X) + e_{ijklmno}$$

$$\text{KVS esetén: } Y_{ijklmn} = \mu + S_i + C_j + Y_k + M_l + I_m + e_{ijklmn}$$

(ahol: Y_{ijklmn} = i-edik apától, j korú anyától, k évben, m évszakban, n ivarú, o korú választott borjú választási súlya (ill. 205 napra korrigált választási súlya). μ = az összes megfigyelés átlaga; S_i = a bika véletlen hatása; C_j = a tehén életkorának fix hatása; Y_k = a születési év fix hatása; M_l = az születési évszak fix hatása; I_m = a borjú ivarának fix hatása; b = regressziós koefficiens (választási életkor); e_{ijklmn} = véletlen hiba)

A vizsgált tényezők közül egyet függő, a többit pedig független változóként kezeltünk. Így az adott tényezőre kapott eredmény mindig a fennmaradó hatások alapján korrigálva lett. A dolgozatban szereplő eredmények tehát becsült adatok, melyek az adott tényező hatását a vizsgált tulajdonságra a többi tényező hatását kiszűrve mutatják.

Valamennyi tulajdonság esetén a fent említett hatások szignifikancia vizsgálatát is elvégeztük. Azokban az esetekben, ahol az F-próba szignifikáns különbséget mutatott, a csoportok közti különbségek kimutatására - a homogén variancia következtében - *Tukey* tesztet használtunk.

Munkánk során az előzőekben bemutatott adatbázist különböző BLUP modellekkel (*Henderson*, 1975) is kiértékeltek. Három különböző modellt állítottunk össze, majd az ezekkel kapott eredményeket egymással összehasonlítottunk. A három modell közül egy apamodell, kettő pedig egyedmodell volt (*Szőke és Komlósi*, 2000). A munka során a két tulajdonságot egymástól itt is külön kezeltük és külön-külön modellszámítást végeztünk. A három különböző modellt, valamint az összeállításuk során figyelembe vett kiindulási paramétereket az 1. táblázatban mutatjuk be.

Az apamodell (M1) teljesen azonos volt azzal, mint amivel a környezeti tényezők

1. táblázat

Az alkalmazott modellek

Modell száma (1)	Modell 1 (M1)	Modell 2 (M2)	Modell 3 (M3)
Modell típusa (2)	Apamodell (16)	Egyedmodell (17)	Egyedmodell
Random hatások (3)			
- apa (4)	+	+	+
- egyed (5)	-	+	+
- anya (6)	-	+	+
Fix hatások (7)			
- anya elléskori életkora (8)	+	+	+
- születési évjárat (9)	+	+	+
- születési évszak (10)	+	+	+
- borjú ivara (11)	+	+	+
Egyéb hatások (12)			
- anyai genetikai hatás (13)	-	-	+
- anya állandó körny. hatása (14)	-	-	+
Kovariáns (választási életkor)* (15)	+	+	+

*csak a választási súly esetén (18); + = a modell ezt a hatást tartalmazza (19); - = a modell ezt a hatást nem tartalmazza (20)

Table 1. The used models

number of model (1); type of model (2); random effects (3); sire (4); animal (5); dam (6); fix effects (7); age of dam at calving (8); birth year (9); birth season (10); sex of calf (11); other effects (12); maternal genetic effect (13); maternal permanent environmental effect (14); covariant (age at weaning) (15); sire model (16); animal model (17); only in case of weaning weight (18); the model include this effect (19); the model doesn't include this effect (20)

hatását határoztuk meg, így azt itt nem ismétljük. A munka során az apamoddellel két variancia komponenset becsültünk. Ezek a genetikai variancia (ivadékcsoportok közötti variancia; V_g), valamint a környezeti variancia (ivadékcsoporton belüli variancia; V_k) voltak. A fenotípusos varianciát (V_f) a genetikai variancia és a környezeti variancia összegeként határoztuk meg ($V_f = V_g + V_k$). Az örökölhetőségi értéket (h^2) a genetikai variancia és a fenotípusos variancia hányadosaként számítottuk ki ($h^2 = V_g / V_f$) (Bene, 2013).

Ezt követően a vizsgálatban szereplő összes apa tenyésztértékét megbe-csültük a választási súly és a 205 napra korrigált választási súly tulajdonságra. A tenyésztértéket az apa ivadékcsoportjának átlagos teljesítménye, valamint a teljes populáció átlagos teljesítményének a különbségeként határoztuk meg. A becsült tenyésztértékek ismeretében az apák rangsorait is felállítottuk a vizsgált tulajdonságokban.

Az apamodell futtatását Harvey (1990) „Least Square Maximum Likelihood” eljárása szerint, „Harvey” programmal végeztük.

Munkánk során az adatbázis kiértékelésére két különböző egyedmodellt (M2 és M3) alkalmaztunk. Ezek annyiban különböztek egymástól, hogy a 3-as mo-

dellbe (M3) beépítettük az anyai genetikai hatást és az anya állandó környezeti hatását is (Bene, 2007). 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, valamint a választási életkort (a választási súly tulajdonság esetén). Az alkalmazott egyedmodellek általános alakja az alábbiak szerint írható fel:

$$M2: y = Xb_1 + Zu + e$$

$$M3: y = Xb_1 + Zu + Wm + Spe + e$$

(ahol: y = a megfigyelés vektora (választási súly, ill. 205 napra korrigált választási súly); b = a fix hatás(ok) vektora; 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)

Az egyedmodellel becsülhető populációgenetikai paramétereket, valamint azok számításának menetét *Willham* (1972), valamint *Lengyel* (2005) részletesen ismertette, így annak újbóli bemutatásától itt eltekintünk.

A vizsgálatban szereplő összes apa tenyésztékét 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 tenyésztékeket - *Lengyel és mtsai* (2004), valamint *Lengyel* (2005) iránymutatása alapján - a DFREML (*Meyer*, 1998) és az MTDFREML (*Boldman és mtsai*, 1993) programokkal becsültük.

A három különböző BLUP modellel az apák választási súly és 205 napra korrigált választási súly tulajdonságra számított tenyésztéke alapján három rangsort állítottunk fel. A modellnek az apák rangsorára gyakorolt hatást *Núñez-Dominguez és mtsai* (1995), valamint *Lengyel* (2004, 2005) vizsgálataihoz hasonlóan rangkorreláció számítással határoztuk meg. Ehhez a MS Excel statisztikai programcsomagját használtuk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Eredményeink szerint - amint az 2. táblázatban látható - az apa, a tehének elléskori életkora, az év, az évszak, az ivar, valamint a választási életkor szignifikánsan ($p < 0,05$, ill. $p < 0,01$) befolyásolta a választási súlyt, illetve a 205 napra korrigált választási súlyt. A vizsgált tényezők közül a legnagyobb hatása a választási súly esetében a választási életkornak (60,26%), a 205 napra korrigált választási súly esetén pedig a születési évjáratnak (53,74%) volt. Az ivar hatása mindkét tulajdonság alakulására számottevő mértékűnek bizonyult (15,53%, ill. 27,51%). A fenotípusra a legkisebb hatást mind a két tulajdonság esetén az apa (0,81%, ill. 1,65 %) gyakorolta. Ezek az eredményekhez hasonlóak ahhoz, mint amit munkájuk során *Nelsen és Kress* (1981), *Kovács és mtsai* (1993), *Szabó és Gajdi* (1993), *Jakubec és mtsai* (2003), valamint *Nagy és mtsai* (2004) tapasztaltak.

2. táblázat

A vizsgált tényezők hatása az értékelt tulajdonságokra

Tényező (1)	Osztályok (2)	A tényező hatása és aránya a fenotípusban (3)			
		VS		KVS	
		p	%	p	%
Apa (S) (4)	11	<0,01	0,81	<0,05	1,65
Anya elléskori életkora (D) (5)	9	<0,001	2,86	<0,001	5,68
Évjárat (Y) (6)	3	<0,001	16,87	<0,001	53,74
Évszak (S) (7)	2	<0,001	3,38	<0,001	10,79
Ivar (I) (8)	2	<0,001	15,53	<0,001	27,51
Választási életkor (b)* (9)	-	<0,001	60,26	-	-
Hiba (10)	-	-	0,29	-	0,63
Összesen (11)	-	-	100,00	-	100,00

VS = választási súly (12); KVS = 205-napra korrigált választási súly (13); * = kovariáns (14); - = a modell ezt a hatást nem tartalmazza (15)

Table 2. The effect of different factors on the examined traits

factor (1); classes (2); the effect and rate of factors in phenotype (3); sire (4); age of dam at calving (5); year (6); season (7); sex of calf (8); age at weaning (9); error (10); total (11); VS = weaning weight (12); KVS = 205-day weight (13); * = covariant (14); the model doesn't include this effect (15)

A különböző környezeti tényezők hatását a választási tulajdonságokra a 3. táblázatban mutatjuk be. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a tehenek életkorának növekedésével 7 éves korig nőtt a választási súly (199,1 kg), valamint a 205 napra korrigált választási súly (244,7 kg). A 8 éves tehenek borjai azonban mind a fiatalabb, mind a 9-10 éves tehenek borjaitól kisebb választási eredményeket mutattak (187,6 kg, ill. 232,0 kg). A 9-10 éves korosztály eredményei hasonlóak voltak a 6-7 éves tehenek borjainak választási mutatóihoz. A 11 éves és annál idősebb tehenek esetében csökkenés volt tapasztalható mind a választási súlyban, mind pedig a 205 napra korrigált választás súlyban. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a javakorabeli tehenek borjai jobb választási eredményeket mutattak, mint a fiatal, vagy idős egyedek ivadékai. Ez a tendencia a húsmarhatenyésztésben jól ismert, a mértékadó szakirodalmi források túlnyomó része (Bölcsey és mtsai, 1980; Lengyel és mtsai, 2004; Nagy és mtsai, 2004; Szabó és mtsai, 2007ab) hasonló adatokról számolt be.

Az évjárat hatását vizsgálva megállapítható, hogy a legjobb választási eredmények (választási súly 202,7 kg, ill. 205 napra korrigált választási súly 254,2 kg) 2014-ben születtek. A 2015-ös év adatai azonban az előző két évhez képest jóval szerényebbek bizonyultak (választási súly 174,0 kg, ill. 205 napra korrigált választási súly 211,5 kg), mely valószínűleg a rendkívül száraz és meleg nyárnak volt tulajdonítható. Az évjárat hatását szintén több szerző (Pell és Thayne, 1978; Bölcsey és mtsai, 1980; Tózsér és mtsai, 1996; Jakubec és mtsai, 2003) eredményeihez hasonlónak találtuk.

A születési évszak és az ivar hatása vizsgálatunkban a meglévő szakirodalmi források (Bölcsey és mtsai, 1980; Szabó és Gajdi, 1993; Nagy és mtsai, 2004) adataihoz hasonlóan alakult. A tavasszal született borjak választási mutatószámai (206,6 kg, ill. 249,0 kg) nagyobbak voltak a nyári ellésekből származó társaikénál (180,6 kg, ill. 221,4 kg). A bikák (198,0 kg, ill. 243,9 kg) pedig nagyobbak voltak az üszőkénél (183,2 kg, ill. 226,5 kg).

3. táblázat

A környezeti tényezők hatása a vizsgált tulajdonságokra

Tényezők (1)	N	Tulajdonságok (2)	
		VS (kg)	KVS (kg)
	567	Főátlag (3)	
		190,6±2,7	235,2±3,1
		eltérés a főátlagtól (4)	
Anya életkora elléskor (év) (5)			
- 3	102	^a -18,2	^a -22,7
- 4	116	^b -10,5	^b -13,8
- 5	74	^c -1,0	^c -1,8
- 6	41	^d +6,2	^d +7,9
- 7	53	^d +8,8	^{de} +9,5
- 8	60	^c -3,0	^c -3,2
- 9	42	^{de} +8,4	^e +12,2
- 10	39	⁺ 12,5	^e +15,9
- 11≤	40	^c -3,3	^c -3,9
Évjárat (6)			
- 2013	157	^a +4,5	^a +4,7
- 2014	196	^b +12,1	^b +19,0
- 2015	214	^c -16,6	^c -23,7
Születési évszak (7)			
- tavasz (8)	537	^a +10,0	^a +13,8
- nyár (9)	30	^b -10,0	^b -13,8
Borjú ivara (10)			
- üsző (11)	281	^a -7,4	^a -8,7
- bika (12)	286	^b +7,4	^b +8,7

VS = választási súly (13); KVS = 205-napra korrigált választási súly (14); az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek (15)

Table 3. The effect of the environmental factors on the evaluated traits

factors (1); traits (2); grand mean (3); distance from grand mean (4); age of dam at calving (year) (5); calving year (6); calving season (7); spring (8); summer (9); sex of calves (10); heifer (11); bull (12); weaning weight (13); 205-day weight (14); treatments without the same superscript differ significantly ($p < 0.05$) (15)

4. táblázat

A számított populációgenetikai paraméterek

Para- méter(1)	VS			KVS		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
σ_d^2	92,96	73,71	75,74	140,48	113,01	114,90
σ_m^2	-	-	53,29	-	-	83,52
σ_{dm}	-	-	-57,11	-	-	-86,64
σ_{pe}^2	-	-	0,00	-	-	0,00
σ_e^2	550,79	497,69	499,42	945,72	864,50	865,23
σ_p^2	643,75	571,10	571,33	1086,20	977,51	977,00
h_d^2	0,14±0,11	0,13±0,09	0,13±0,10	0,13±0,11	0,12±0,08	0,12±0,10
h_m^2	-	-	0,09±0,00	-	-	0,09±0,06
r_{dm}	-	-	-0,90±0,36	-	-	-0,88±0,36
c^2	-	-	0,00±0,06	-	-	0,00±0,00
e^2	0,86±0,11	0,87±0,09	0,87±0,09	0,87±0,12	0,88±0,08	0,89±0,09
$h_m^2+c^2$	-	-	0,09	-	-	0,09
h_T^2	0,14	0,13	0,03	0,13	0,12	0,03

σ_d^2 = direkt additív genetikai variancia (2); σ_m^2 = anyai genetikai variancia (3); σ_{dm} = direkt-anyai kovariancia (4); σ_{pe}^2 = anyai állandó környezeti variancia (5); σ_e^2 = hiba (egyéb környezeti) variancia (6); σ_p^2 = fenotípusos variancia (7); h_d^2 = direkt örökölhetőség (8); h_m^2 = anyai örökölhetőség (9); r_{dm} = direkt-anyai genetikai korreláció (10); c^2 = állandó környezeti variancia aránya a fenotípusban (11); e^2 = a hiba variancia aránya a fenotípusban (12); h_T^2 = teljes örökölhetőség (13); VS = választási súly (14); KVS = 205-napra korigált választási súly (15); M1, M2, M3 = alkalmazott modellek (16)

Table 4. The calculated population genetics parameters

parameter (1); σ_d^2 = additive direct genetic variance (2); σ_m^2 = maternal genetic variance (3); σ_{dm} = direct maternal genetic covariance (4); σ_{pe}^2 = maternal permanent environmental effect (5); σ_e^2 = residual variance (6); σ_p^2 = phenotypic variance (7); h_d^2 = direct heritability (8); h_m^2 = maternal heritability (9); r_{dm} = direct-maternal genetic correlation (10); c^2 = the ratio of the permanent environmental variance to the phenotypic variance (11); e^2 = the ratio of the residual variance to the phenotypic variance (12); h_T^2 = total heritability (13); weaning weight (14); 205-day weight (15); M1, M2, M3 = used models (16)

Az 567 charolais borjú választási adatbázisán becsült populációgenetikai paramétereket a 4. táblázatban foglaltuk össze. A választási súly és a 205 napra korigált választási súly direkt örökölhetősége apamoddellel becsülve $h_d^2 = 0,14 \pm 0,11$, illetve $h_d^2 = 0,13 \pm 0,11$, míg egyedmoddellel becsülve $h_d^2 = 0,13 \pm 0,10$, illetve $h_d^2 = 0,12 \pm 0,10$ volt. Az vizsgált választási mutatószámok örökölhetősége tehát gyengének bizonyult. Ezek az értékek ugyan hasonlóak voltak *Eler és mtsai* (1995), *Van Vleck és mtsai* (1996), valamint *Splan és mtsai* (1998) eredményeihez, de a szakirodalom nagyobb részében az általunk tapasztaltnál rendszerint nagyobb h^2 értékekkel találkozhatunk.

A 3-s számú modell (M3) adataiból látható, hogy a direkt additív genetikai hatás és az anyai genetikai hatás közötti korreláció előjele negatív ($r_{dm} = -0,90 \pm 0,36$ és

-0,88±0,36) volt, azaz a két hatás között szoros negatív összefüggést találtunk. Ez hasonló volt Keeton és mtsai (1996), Lee és mtsai (1997), Kaps és mtsai (2000), valamint Roso és mtsai (2005) eredményeihez. Eltérés mutatkozott viszont Meyer (1992) és Núñez-Dominguez és mtsai (1993) vizsgálataitól, akik pozitív értékeket tapasztaltak.

Az 5. táblázat a vizsgált 11 charolais apa becsült tenyészértékét, a 6. táblázat az apák becsült tenyészértékei alapján felállított rangsorát tartalmazza a választási súly és a 205 napra korrigált választási súly tulajdonságra. A direkt additív genetikai hatás alapján becsült tenyészértékek alapján az adatbázisban szereplő apák közül a legjobbnak a 22077-es számú bizonyult. Ennek tenyészértéke - a három különböző BLUP modell adatai szerint - a választási súlyra vonatkozóan +10,9 kg, +12,7 kg, +12,8 kg, a 205 napra korrigált választási súlyra vonatkozóan pedig +14,3 kg, +14,3 kg, +14,4 kg volt. A legkisebb tenyészértékű apának a 23579-es számú tenyészbika bizonyult, melynek ivadékai a választási súly esetén nagyságrendileg 11 kg-mal, 205 napra korrigált választási súly esetén pedig mintegy 13 kg-mal voltak kisebbek a populáció átlagánál. A többi apa tenyészértéke mindkét tulajdonság esetén egymáshoz hasonló volt.

5. táblázat

Tenyész bikák becsült tenyészértékei a vizsgált tulajdonságokban

Apa száma (1)	n*	VS (kg)				KVS (kg)			
		M1	M2	M3		M1	M2	M3	
				Direkt (2)	Anyai (3)			Direkt	Anyai
20474	16	-0,8	-2,1	-2,2	+1,7	-3,2	-3,2	-3,2	+2,4
20477	26	+6,3	+3,5	+3,5	-2,7	+3,9	+3,9	+3,9	-3,0
22077	103	+10,9	+12,7	+12,8	-9,7	+14,3	+14,3	+14,4	-10,8
22107	79	+6,1	+4,9	+5,0	-3,8	+6,8	+6,8	+6,9	-5,2
23579	85	-5,2	-11,0	-11,1	+8,4	-13,6	-13,6	-13,3	+10,3
23583	41	+0,3	-1,1	-1,1	+0,9	-2,6	-2,6	-2,6	+2,0
24655	84	+3,0	+1,0	+1,0	-0,8	+3,9	+3,9	+3,9	-3,0
24656	32	+3,0	+0,9	+1,0	-0,8	+0,8	+0,8	+0,8	-0,6
25384	76	+3,7	+1,9	+1,9	-1,4	+1,6	+1,6	+1,6	-1,2
25633	6	-22,9	-6,9	-7,1	+5,3	-8,2	-8,2	-8,4	+6,3
25634	19	-4,4	-3,8	-3,8	+2,9	-3,6	-3,6	-3,6	+2,7
FÁ	567	190,6±2,7				235,2±3,1			

*ivadékok száma (4); VS = választási súly (5); KVS = 205-napra korrigált választási súly (6); M1, M2, M3 = alkalmazott modellek (7); FÁ = főátlag (8)

Table 5. The breeding value of sires on the estimated traits

registration number of sires (1); direct (2); maternal (3); number of progeny of sire (4); weaning weight (5); 205-day weight (6); M1, M2, M3 = used models (7); grand mean (8)

6. táblázat

Tenyészbikák rangsora a vizsgált tulajdonságokban

Apa száma (1)	n*	VS (kg)				KVS (kg)			
		M1	M2	M3		M1	M2	M3	
				Direkt (2)	Anyai (3)			Direkt	Anyai
20474	16	8	8	8	4	8	8	8	4
20477	26	2	3	3	9	3	3	3	9
22077	103	1	1	1	11	1	1	1	11
22107	79	3	2	2	10	2	2	2	10
23579	85	10	11	11	1	10	11	11	1
23583	41	7	7	7	5	7	7	7	5
24655	84	6	5	6	6	4	4	4	8
24656	32	5	6	5	7	6	6	6	6
25384	76	4	4	4	8	5	5	5	7
25633	6	11	10	10	2	11	10	10	2
25634	19	9	9	9	3	9	9	9	3

*ivadékok száma (4); VS = választási súly (5); KVS = 205-napra korrigált választási súly (6); M1, M2, M3 = alkalmazott modellek (7)

Table 6. The rank of sires on the estimated traits

registration number of sires (1); direct (2); maternal (3); number of progeny of sire (4); weaning weight (5); 205-day weight (6); M1, M2, M3 = used models (7)

7. táblázat

Rangkorrelációs értékek az apák különböző modellekkel felállított rangsora között

r	VS-M2	VS-M3D	VS-M3A	KVS-M1	KVS-M2	KVS-M3D	KVS-M3A
VS-M1	0,97*	0,98*	-0,98*	0,96*	0,96*	0,96*	-0,96*
VS-M2		0,99*	-0,99*	0,98*	0,99*	0,99*	-0,99*
VS-M3D			-0,99*	0,96*	0,97*	0,97*	-0,97*
VS-M3A				-0,96*	-0,97*	-0,97*	0,97*
KVS-M1					0,99*	0,99*	-0,99*
KVS-M2						0,99*	-0,99*
KVS-M3D							-0,99*

*p<0,01; VS = választási súly (1); KVS = 205-napra korrigált választási súly (2); M1, M2, M3 = alkalmazott modellek (3)

Table 7. Rank correlation values between the ranks of sires

weaning weight (1); 205-day weight (2); M1, M2, M3 = used models (3)

Azon bikák (pl.: 23579, 25633), melyek anyai hatásra becsült tenyésztértékei átlag felettié voltak, a direkt hatásra becsült tenyésztértékek esetén utolsók lettek a rangsorban, és ez fordítva is igaz volt (pl.: 22077, 22107). Ez a két hatás közti erős negatív korrelációval ($r_{dm} = 0,88-0,90$) magyarázható. Az eredmények azt is tükrözik, hogy az a bika (pl.: 22077), melynek választási súlyra becsült tenyésztértékei jók voltak, tenyésztértékei a 205-napos súly estében is hasonlóan jónak bizonyultak.

A vizsgálatban szereplő 11 tenyészbika apa- és egyedmodellel becsült direkt (és anyai) tenyésztértékét összehasonlítva látható, hogy a tenyésztértékek között abszolút értékben jelentős eltérések lehettek, sőt, előjelváltás (javító - rontó hatás) is előfordulhat (pl. a 23583-as bika esetében). Ezért rangkorreláció segítségével azt is megvizsgáltuk, hogy az említett különbség okoz-e eltérést az apák rangsorában. Az eredményeket a 7. táblázat mutatja. A különböző modellel becsült direkt rangsorok alapján kapott rangkorrelációs együtthatók (r_{rang}) minden esetben 0,90 feletti szoros és pozitív irányú, statisztikailag megbízható ($p < 0,01$) kapcsolatot mutattak. Ez azt jelenti, hogy a rangsor kevésbé változik, akár apa-, akár egyedmodellel becsüljük a tenyésztértékeket. Az anyai és a direkt rangsorok között minden esetben -0,90-nél kisebb, szoros negatív irányú összefüggést találtunk, mely az r_{dm} értékek ismeretében várakozásainknak megfelelő volt. Vizsgálatai során Lengyel (2004) hasonlóan szoros összefüggésekről számolt be fajtatiszta limousin állományok választási adatainak apa- és egyedmodellel történő értékelését követően.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A vizsgált gazdaságban a charolais borjak választási eredményei a korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan alakultak. A 205 napra korrigált választási súly megfelelt a fajta hazai elvárásainak, de a választási súly - feltehetően a korai választás következtében (az átlagos választási életkor csupán 160 nap volt) - kisebb volt annál, mint amit a fajtában rejlő potenciál következtében elvárhatnánk. A nagyobb gazdasági eredmény elérése céljából javasolható, hogy az értékesítésre szánt borjak választása három, vagy akár négy héttel később történjen. Ezt alátámasztja az is, hogy a választási életkornak 60% feletti szerepe volt a választási súly tulajdonság kialakításában.

A környezeti tényezők hatásának vizsgálata során az előzetesen várt eredményeket kaptuk. Vizsgálatunk ismételtén megerősíti azokat a korábbi tudományos eredményeket, gyakorlati tapasztalatokat és megállapításokat, melyek szerint a javakorabeli tehének nagyobb borjakat nevelnek, mint a fiatal, vagy öreg egyedek, a tavaszi borjak nagyobbak, mint a nyári születésűek, a bikaborjak pedig jobb választási mutatószámokkal rendelkeznek, mint az üszőborjak. Ezek a szarvasmarha tejtermelésének sajátosságaival, a tavaszi legelők jobb állapotával, illetve a fajban megfigyelhető ivari dimorfizmussal magyarázhatók.

Számos korábbi információval rendelkezünk arról, hogy erősen szelektált állományban (pl. jelen esetben, egy gazdaság adatainak feldolgozása esetén) a h^2 értékek eltérhetnek attól, mint amit nagy létszámú, országos méretű populációk esetén kaphatunk. Ennek következtében számításaink során a vizsgált értékmérő tulajdonságok örökölhetőségét - a szakirodalmi források egy részének eredményeitől eltérően - kicsinek ($h^2 = 0,12-0,14$) találtuk. Megállapítható, hogy a szóban

forgó választási tulajdonságok alakulására a környezet jóval nagyobb hatást gyakorolt, mint az örökletes genetikai háttér. A számított h^2 értékek csak arra a populációra igazak, amelyek adataiból meghatározásra kerültek, így azok felhasználást a nemesítő munka során csak a szóban forgó gazdaságban javasolhatjuk.

Véleményünk szerint az anyai genetikai hatás (szűkebb értelemben a tejtermelő-képesség genetikailag meghatározott része) számottevő fontosságú lehet a borjú fenotípusának alakulására, ugyanis eredményeink alapján mindkét tulajdonság esetén az anyai és a direkt örökölhetőség majdnem egyforma nagyságú volt. Ez a megállapítás ismételten felhívja a figyelmet a borjúnevelő-képesség fontosságára a húsmarha tenyésztésben.

A fajtatiszta charolais állomány adatainak a kiértékelése során az apamodellel és az egyedmodellel kapott eredmények (populációgenetikai paraméterek, tenyészértékek) egymástól ugyan különböztek, de ezek a különbségek az apák választási súly és 205 napra korrigált választási súly tulajdonság alapján becsült tenyészértéke alapján felállított rangsorában jelentős eltéréseket nem okoztak. Ezt igazolják az ide vonatkozó rangon szoros rangkorrelációs értékek is.

Nem találtunk ugyanakkor nagymértékű különbségeket a gazdaságban használt tenyészbírák tenyészértékei között. Ha a vizsgált tulajdonságok szempontjából legjobb (leginkább javító hatású) 22077-es és legrosszabb (leginkább rontó hatású) 25633-as bika tenyészértékét kivesszük az értékelésből, a fennmaradó kilenc apa ivadékai között csak nagyon kis eltéréseket találhatunk. Az apák ilyenforma hasonlósága egyrészt magyarázatot adhat a viszonylag kicsi örökölhetőségi értékekre, másrészt pedig jól jellemzi a gazdaságban az apák kiválasztáshoz és használatához fűződő tenyésztői szemléletet is.

A három különböző BLUP modellel becsült paraméterek nagyon hasonlóak voltak egymáshoz. Az eredmények olyan szintű hasonlóságot mutattak, hogy nem láttuk értelmét annak, hogy a modellek közül kiválasszuk a legjobbat. Mindezekből az a következtetés vonható le, hogy az azonos körülmények között tartott állományok esetében - ahol a genotípus x környezet kölcsönhatás nem mérhető - az egyszerűbb modellek alkalmazásával is szakmailag megbízható tenyészértékeket kaphatunk.

Valószínűsíthetően a kis egyedszám miatt a kapott örökölhetőségi- és tenyészértékek hibavariációjára meglehetősen nagyra bizonyult. A dolgozatunkban bemutatott, ide vonatkozó eredmények ezért csak tájékoztató jellegűnek tekinthetők.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bene Sz.* (2007): Különböző fajtájú húshasznú tehének néhány értékmérője azonos környezetben. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
- Bene Sz.* (2013): Különböző fajtájú mének STV eredménye hazánkban 1998-2010 között. 6. közlemény: Populációgenetikai paraméterek, tenyészértékek. Állattenyésztés és Takarmányozás, 62. 21-36.
- Bene Sz. - Komlósi I. - Nagy B. - Lengyel Z. - Szabó F.* (2007): Többfajtás húsmarha tenyészértékbecslés a választási eredmények alapján. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 521-539.
- 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, USA

- Bölcskey K. - Enyedi S. - Lányi I.-né - Szuromi A. (1980): A tavaszi és az őszi születésű húsborjak választási teljesítménye. *Állattenyésztés*, 29. 225-231.
- 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.
- Eler, J. P. - Van Vleck, L. D. - Ferraz, J. B. S. - Lobo, R. B. (1995): Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. *J. Anim. Sci.*, 73. 3253-3258.
- Fördős A. - Márton I. - Keller K. - Bene Sz. (2009): Angus borjak választási eredménye. 3. Genotípus x környezet kölcsönhatás. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 55-64.
- Gáspárdy A. - Szabára L. - Sváb L. - Bodó I. (1998): Charolais borjak választási súlyának üzemi értékelése egyedi állatmodell alkalmazásával. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 47. 503-513.
- Guba S. (szerk.) (1985): A szarvasmarha tenyésztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 103-105.
- 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, USA
- Henderson, C. R. (1975): Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics* 31. 423-447.
- Jakubec, V. - Schlote, W. - Riha, J. - Majzlik, I. (2003): Comparing of growth traits of eight beef cattle breeds in the Czech Republic. *Arch. Tierz.*, 46. 143-153.
- Kaps, M. - Herring, W. O. - Lamberson, W. R. (2000): Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. *J. Anim. Sci.*, 78. 1436-1442.
- 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.
- 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.
- Kovács A. Z. (1997): Magyarországon tartott néhány húshasznosítású szarvasmarhafajta tejének összetétele. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 46. 175-187.
- Lee, C. - Van Tassel, C. P. - Pollak, E. J. (1997): Estimation of genetic variance and co-variance components for weaning weight in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 325-330.
- Lengyel Z. (2005): Húshasznú borjak választási eredményét befolyásoló környezeti és genetikai tényezők. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
- Lengyel Z. - Balika S. - Polgár J. P. - Szabó F. (2004): Hazai limousin állományok ellés lefolyásának és választási eredményeinek vizsgálata. 2. közlemény: Apa- és egyedmodell összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 199-211.
- Meyer, K. (1998): DFREML. Version 3.0. User Notes.
- Meyer, K. (1992): Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Liv. Prod. Sci.*, 31. 179-204.
- Nagy B. - Bodó I. - Gera I. - Lengyel Z. - Török M. - Szabó F. (2004): Magyar szürke szarvasmarha állományok választási eredményei. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 503-513.
- Nelsen, T. C. - Kress, D. D. (1981): Additive and multiplicative correction factors for sex and age of dam in beef cattle weaning weight. *J. Anim. Sci.*, 53. 1217.
- Núñez-Dominguez, 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-Dominguez, 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.
- Pell, E. - Thyne, W. (1978): Factors influencing weaning weight and grade of West Virginia beef calves. *J. Anim. Sci.*, 46. 596-603.

- 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.
- Szabó F. (szerk.) (1998): Húsmarhatenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szabó F. - Balika S. - Szűcs M. - Bene Sz. (2007a): Limousin borjak választási eredményei, 1. közlemény, Környezeti hatások, Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 541-549.
- Szabó F. - Bene Sz. - Nagy L. - Erdei I. - Márton D. - Török M. - Lengyel Z. (2005): Néhány tényező hatása a húshasznú borjak választási súlyára. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 15-25.
- Szabó F. - Domokos Z. - Lengyel Z. - Zsuppán Zs. - Bene Sz. (2007b): Charolais borjak választási eredménye. 1. Környezeti hatások. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 56.3. 213-223.
- Szabó F. - Gajdi J. (1993): Néhány tényező hatása a hereford borjak választási tömegére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 499-505.
- Szőke Sz. - Komlósi I. (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 231-246.
- Tőzsér J. - Dobra L. - Domokos Z. - Kertész I. - Zsoltész S. (1996): Charolais borjak választási teljesítményének értékelése egy törzstenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 45. 349-357.
- Van Vleck, L. D. - Gregory, K. E. - Bennett, 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.
- Zándoki R. - Balázs F. - Márton I. - Tőzsér J. (2003): Az angus fekete és vörös színváltozatának választási teljesítményei egy tenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 52. 203-213.

Érkezett: 2017. február

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

Rövid közlemény

LACAUNE ANYAJUHKOK TEJTERMELÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ EGYES TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA

TÓTH GÁBOR - PÓTI PÉTER - TOKÁR ALEXANDRA - ABAYNÉ HAMAR ENIKŐ – TŐZSÉR
JÁNOS – PAJOR FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők célja volt értékelni, hogy a lacaune anyajuhok életkora, laktáció száma, ellési típusa, valamint választási és éves kori testsúly milyen mértékben befolyásolja az anyajuhok tejtermelését. Vizsgálataikat a Győr-Moson-Sopron megyében található mórniczuidai tenyészetben végezték. A kísérletben véletlenszerűen kiválasztott (n=89) anyajuh vett részt. A vizsgált egyedek életkora 2 és 6 év, a laktációk száma 1 és 5 között változott. Választási súly szerint három (20> kg, 20-25 kg és 25 kg <), éves korban szintén három (42-49 kg, 50-59 kg, 60-69 kg) kategóriába sorolták az anyajuhokat, és ezek alapján értékelték az anyajuhok fejési időszak hosszát, illetve a termelt tej mennyiségét. Eredményeik alapján megállapítható, hogy az anyajuhok laktáció száma és az éves kori súlya befolyásolta a fejési időszak alatt termelt tej mennyiségét. A 60-69 kg éves kori súly közötti lacaune jerekék szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) több tejet termeltek (227 kg), mint a kisebb súlyú egyedek (42-49 kg: 190 kg). Ezzel szemben az anyák életkorának, a választási súlynak és az ellési típusnak nem volt érdemleges hatása az anyajuhok tejtermelésesre.

SUMMARY

Tóth, G. – Póti, P. – Tokár, A. – Abayné, H.E. – Tózsér, J. – Pajor, F.: EFFECT OF CERTAIN FACTORS ON MILK PRODUCTION IN LACAUNE EWES

Aim of this study was to investigate the effect of the age, number of lactation, litter size as well as weaning and yearling weight on Lacaune ewes' milk production. The study was carried out in a sheep farm in Mórchida (Győr-Moson-Sopron County), 89 randomly selected Lacaune ewes were involved. The age of the animals was between 2 and 6 years and the number of lactation was between 1 and 5. The animals were allocated to three groups by weaning weight (below 20 kg, 20-25 kg and above 25 kg) and also to three groups by yearling weight (42-49 kg, 50-59 kg and 60-69 kg). In our experiment evaluated the lactation length and the lactation milk yield. The result showed that the number of lactation and yearling weight of ewes had significantly influenced the lactation length and milk production. Those ewes that had higher yearling weight (60-69 kg) had higher milk production (227 kg; $p < 0.05$) than those animals had lower weight (42-49 kg: 190 kg). In contrast, age of ewes, weaning weight and litter size did not influenced the ewes' milk production.

BEVEZETÉS

Napjainkra Magyarországon a juhtenyésztés jelentősége, aránya egyre inkább csökkenést mutat a többi állattenyésztési ágazatokhoz képest, különösen igaz ez a juhtejre, illetve a belőle készült termékekre. Annak ellenére, hogy a juhtejből készült termékek nemcsak az Európai Unióban, hanem a világpiacon is keresettek, fogyasztását semmilyen vallás, vagy egyéb más hagyomány, szokás nem korlátozza. A szakszerűen kialakított tejtermelő juhtartó gazdaságok könnyen beilleszthetők az EU által támogatott környezetgazdálkodási rendszerekbe. Ezeket figyelembe véve javasolt a juhtej termelésének a jelentős növelése. A juhtej előállítás kedvező lehetőségeit már korábban is felismerték hazánkban (*Kukovics, 1990*), de az ágazatban jelentősebb elmozdulás nem figyelhető meg. Pedig az elmúlt időszakban több, a juhtej-termeléssel foglalkozó közlemény jelent meg (*Kukovics és Nagy, 2000; Nagy és mtsai, 2008; Gáspárdy és mtsai, 2016*).

Jelenleg a hazai juhágazat elsődleges bevételi forrását a vágóbárányok értékesítése jelenti, de az ágazat jövedelmezőségének további növeléséhez hozzájárulhat a tejhasznosítású állományok esetén a tej értékesítéséből származó bevétel is (*Jávor, 2005*). Ehhez a jelenlegi állomány összetételének megváltoztatására, tejelő fajtákkal történő célirányos, nagyarányú keresztezésekre van szükség (*Jávor, 1994*).

Becslések szerint 5 és 10 millió liter tej között lenne az a szint, amely még gond nélkül feldolgozható, jó áron eladható a belföldi és a külföldi piacokon (*Gulyás és mtsai, 2008*). Ami messze elmarad a jelenlegi 720 ezer literes szinttől (*Kukovics és mtsai, 2015*).

A gazdaságos juhtejtermelés feltétele a megfelelő minőségű, mennyiségű, időbeni ütemben (folyamatosan) és áron előállított tej. Hazánkban a juhtejtermelés egyik fő problémája a rendkívül alacsony termelési színvonal, ami önmagában gazdaságtalanná teheti a tejtermelést, illetve termék előállítást. Ezért a hazai juhszektor megköveteli az tejtermelő anyajuhok kvantitatív tulajdonságainak javítását, amely a magas hozzáadott értékkel kiegészülve versenyképessé teheti az ágazatot a prémium termékek piacán.

Magyarország legelterjedtebb tejelő fajtája a lacaune, ez a fajta a legelőre alapozott tejtermelésre alkalmas. A juhtej termelésében hazánkban is a beltartalom növelése a cél a tej mennyiségének azonos szinten tartása mellett. A gazdaságosság eléréséhez ugyanis nem elég önmagában a termelt tej mennyiségét növelni, ahhoz elengedhetetlenül szükséges a tej megfelelő beltartalma, a juhtej higiéniai minőségének javítása, a takarmányárak megfelelő szinten tartása és a reális felvásárlási ár. A kiváló minőségű tejtermék így válhat igazán versenyképessé minőségében és árában egyaránt a külpiacon (*Jávor és mtsai, 1999*).

Ezért vizsgálatunk célja a lacaune anyajuhok tejtermelését befolyásoló egyes tényezőinek a vizsgálata (életkor, laktációs szám, ellési típus, választási és éves kori súly).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat a Kisalföldön Győr-Moson-Sopron megyében, Móriczhidán végeztük. A gazdaságban lacaune fajtájú juhok tenyésztésével, illetve fejésével foglalkoznak, mintegy 375 anyajuh volt megtalálható a tenyészetben, amely a Magyar Juh és Kecsketenyésztők Szövetsége (MJKSZ) által folyamatos terme-

léellenőrzés alatt áll. A vizsgálatba olyan véletlenszerűen kiválasztott anyajuhok kerültek, melyek a fajta törzskönyvi feltételeinek megfeleltek és zárt laktációval rendelkeztek ($n=89$) a 2013. évben. Az anyajuhok fejését március 14-én kezdték meg és átlagosan 228 napig tartott. Az anyajuhok tejtermelését az MJKSZ által végzett havi befejek adatai alapján számítottuk ki. A vizsgált egyedek életkora 2 és 6 év, a laktációk száma 1 és 5 között változott. Az anyajuhokat naponta kétszer, géppel fejték 2x24-es párhuzamos fejőállású Hungaro Lact típusú fejőházban. A fejek reggel 5-6 óra között, valamint délután 5-6 óra között történtek. A juhot legelőn áprilistól novemberig (190 nap) tartották (jellemző fajok: angol perje, réti perje, vörös csenkesz, szarvaskerep) pásztoroló legeltetést alkalmazva. Az anyajuhok legeltetés mellett napi 400 g abrakot (60 %-ban kukorica, 40 %-ban zab), réti és lucernaszénát, továbbá nyalósót kaptak. Az anyajuhokat évente egyszer, a tavaszi hónapokban elletik, a bárányokat természetes módon, szoptatva nevelik, választásuk átlagosan 50 nap körül történt. A vizsgálatban a választási súlyt 60 napra, az éves súlyt 365 napra korrigáltuk.

A vizsgálatban az anyajuhok laktációs tejtermelését és a fejési időszak hosszát értékeltük az anyák életkora, laktáció száma, az ellés típusa, valamint a választási és éves kori testsúly szerint. Választási súly esetén három (20 kg alatti, 20-25 kg és 25 kg feletti), valamint éves korban szintén három (42-49 kg, 50-59 kg, 60-69 kg) kategóriába soroltuk az anyajuhokat, és ezek alapján értékeltük az adataikat.

Az adatok statisztikai értékelését az SPSS 23.0 programcsomaggal végeztük. Az adatok eloszlásvizsgálatát Shapiro-Wilk tesztel végeztük. Az adatok vizsgálatát többtényezős általános lineáris modell (GLM Multivariate teszt) segítségével végeztük az alábbiak szerint:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + e_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = vizsgált tulajdonság; μ = átlag, A_i = élekor hatása (fix hatás: 5 osztály), B_j = laktáció számának hatása (fix hatás: 5 osztály), C_k = ellési típus hatása (fix hatás: 2 osztály), D_l = választási súly hatása (fix hatás: 3 osztály), E_m = éves súly hatása (fix hatás: 3 osztály), e_{ijklm} = hiba. A csoportok közötti eltéréseket Tukey tesztel értékeltük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Vizsgálatunkban a lacaune anyajuhok életkora, laktáció száma, ellési típusa, a választási súly, valamint az éves kori testsúlyának függvényében értékeltük a tejtermelésük alakulását. Az eredményeket az 1. táblázat mutatja be.

A termelt tej átlagos mennyisége (200,1 l) és a fejési időszak (228,8 nap) alapján a gazdaság tejtermelése hazai viszonyok között nagyon kedvezőnek tekinthető. A vizsgált időszakban jelentősen meghaladta mind a korábbi hazai adatokat (pl. *Németh és mtsai, 2007*) (laktáció hossz: 101-154 nap; termelt tej mennyisége: 65-143 l), mind a MJKSZ (2013) hivatalos adatait (átlagos laktáció hossz: 129,7 nap; átlagosan termelt tej mennyisége: 145,4 l) is.

Vizsgálataink alapján az életkor nem befolyásolta a fejési időszak hosszát és a termelt tej mennyiségét. A leghosszabb laktációt a 2 éves egyedek érték el (238 nap). A legrövidebb laktációt teljesítő 5 és 6 éves korcsoportnak mindösszesen 10-11 nappal volt rövidebb a fejési időszaka (227-228 nap).

Hasonlóan az életkorhoz a laktációk száma sem befolyásolta a fejési időszak hosszát. Ezzel szemben a laktáció számának szignifikáns hatása volt a termelt tej mennyiségére. A legtöbb tejet a 3. laktáció során termelték a lacaune juhok. Az 5. laktációtól kezdődően a tejmennyiség szerény mértékű csökkenést mutatott. Hasonlóan *Antunac és mtsai (2007)* eredményeihez, akik a 2. és a 3. laktációban nagyobb tejhozamot mértek, mint az első, valamint a negyedik. és az annál több laktációjú egyedeknél. *Rovai és mtsai (1999)* a harmadik, *Fuertes és mtsai (1998)* a második-harmadik (2,5-3,5 éves anyák) ellést követő termelést ítélték

1. táblázat

Anyajuhok tejtermelésének alakulása különböző tulajdonságok szerint (LSM±SEM)

Tulajdonságok(1)	n	Fejési időszak hossza (nap)(2)	Tejtermelés (kg)(3)
Életkor(4)		N.S.	N.S.
2	11	238,05±3,92	215,45±13,38 _a
3	29	230,81±3,34	212,28±11,38 _a
4	8	231,07±4,14	201,97±14,13
5	9	227,39±4,10	201,21±14,00
6	32	228,68±2,50	181,76±8,53 _b
Laktáció szám(5)		N.S.	<0,05
1	6	232,52±4,23	170,93±14,44 _a
2	42	227,36±2,30	213,89±7,86 _b
3	12	232,67±3,55	224,11±12,12 _b
4	21	230,62±2,86	207,57±9,77 _b
5	8	232,83±4,70	196,19±16,05
Ellési típus(6)		N.S.	N.S.
1	30	231,94±2,69	204,99±8,88
2	59	230,76±1,96	208,18±6,49
Választási súly, kg(7)		N.S.	N.S.
20>	36	230,42±2,66	205,74±9,06
20-25	38	232,24±2,25	201,86±7,67
25<	15	230,94±3,00	200,00±10,26
Éves súly, kg(8)		N.S.	<0,05
42-49	41	229,64±1,86	190,47±6,16 _a
50-59	36	232,36±2,72	200,97±9,01 _a
60-69	12	232,04±3,71	226,98±12,25 _b

^{ab}= az azonos oszlopban szereplő különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek, p<0,05(9); N.S.: nincs szignifikáns különbség(10)

Table 1. Ewes' milk production according to different traits

traits (1); length of milking period (2); milk production (3); age (4); number of lactation (5); litter size (6); weaning weight (7); yearling weight (8); ^{ab}=p<0.05 - different letters in a row mean significant differences (9); no significance difference (10)

kedvezőbbnek. *Gergátz és Gulyás* (1999) lacaune anyajuhok hazai állományában azt tapasztalták, hogy az első ellésű anyák tejtermelése mind napi tejtermelés, mind egy fejési időszakban termelt tej mennyiségének paraméterében magasabb szintet értek el a többször ellett anyákhoz viszonyítva.

Értékeljük az ellés típusának hatását is a tejtermelési adatokra. Az 1-es és 2-es születési típusú juhok tejtermelési eredményei között nem találtunk különbséget. Ezzel szemben *Gonzalo és mtsai* (1994) vizsgálata szerint az ikerellésből származó anyák statisztailag igazolt módon ($p < 0,05$) 4,4%-al több tejet termelnek, mint az egyes ellésből származóak. Az ikerellésből származó anyák tejének fehérje- és zsírtartalma 1,7 és 0,8 %-al csökkent. Hasonló eredményről számol be *Carriedo és San Primitivo* (1982) is.

A választási súly kategóriák során szintén nem volt szignifikáns eltérés a fejt időszak hosszában, és a termelt tej mennyiségében. A 20 kg választási súly alatti, ill. a 25 kg feletti csoport tejtermelése nem különbözött, ami a tenyésztés eredményességét mutatja, mivel a korábbi vizsgálatok (*Komlósi*, 2012) alapján a lacaune fajtában a választási súly antagonizmust mutatott a tejtermelési tulajdonságokkal szemben.

Az éves korban három kategóriába sorolt jerekék (42-49, 50-59, 60-69 kg) közül a legjobb termelési eredményeket az éves korban 60-69 kg-os kategóriába tartozó egyedek érték el, a fejt időszak során több tejet termeltek, mint az éves korban 42-49 kg-os kategóriába tartozó anyák. Az eredmények megerősítik, hogy az éves kori testsúly statisztikailag igazolható mértékben ($p < 0,05$) befolyásolja tejelő juhok esetében a laktációs tejtermelést. A szakszerűen nevelt (és így tömege-sebb) növendék állatok későbbi tejtermelésével nem versenyezhet a gyengébben táplált nőivarú állatok eredményeivel (*Veress és mtsai*, 1982). Az éves kori súly tenyésztésben betöltött jelentőségét, jól mutatja, hogy *Komlósi* (2012) által végzett vizsgálata alapján a lacaune fajtában az éves kori testsúly örökölhetőségi értékét (h^2) 0,23-nak állapította meg, míg a választási súly h^2 értékét 0,05-nek.

KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálataink alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- Vizsgálataink alapján a laktációk számának és az éves kori testsúlynak volt statisztikailag igazolható módon hatása a termelt tej mennyiségére.
- A legnagyobb mennyiségű tejet a 3-szor ellett anyajuhok termelték ($p < 0,05$).
- Az eredményeink megerősítik, hogy a növendék állatok szakszerű felnevelése elengedhetetlen feltétele a későbbi sikeres tejtermelés megvalósításának.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Sipos Edének a vizsgálatunkhoz nyújtott segítségét. A munkánkat az Emberi Erőforrások Minisztériuma által biztosított Kutató Kari Kiválósági Támogatás – 1476-4/2016/FEKUT azonosító számú pályázat támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

Antunac, N. – Mioc, B. – Mikulec, N. – Kalit, S. – Pecina, M. – Havranek, J. – Pavic, V. (2007): The influence of some non-genetic factors on the production and quality of east Friesian sheep milk in Croatia. *Mljekarstvo*, 57. 195-208.

- Carriedo, J.A. – San Primitivo, F.* (1982): Estudio genético de los factores que influyen en la producción láctea del ganado ovino. III Heredabilidad y repetibilidad. (Genetic studies on factors affecting sheep milk production. III Heritability and Repeatability.) Proc. II World Congr. on Genetics Appl. to Livest. Prod., Vol. VIII. Madrid, Spain, 753–757.
- Fuertes, J.A. – Gonzalo, C. – Carriedo, J.A. – San Primitivo, F.* (1998): Parameters of test day milk yield and milk components for dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 81. 5. 1300-1307.
- Gáspárdy A. – Simon Cs. – Andrásófszky E. – Sáfár L. – Kósa E.* (2016): Az őshonos cigája tejelékenységének történeti összehasonlító értékelése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 65. 24-36.
- Gergátz E. – Gulyás L.* (1999): A lacaune fajtáról. *Kistermelők Lapja*, 6. 15.
- Gonzalo, C. – Carriedo, J.A. – Baro, J.A. – San Primitivo, F.* (1994): Factors influencing variation of test day milk yield, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 77. 1537-1542.
- Gulyás L. – Gergátz E. – Mihályfi S. – Németh A. – Nagy Zs.* (2008): A hazai juhtenyésztés versenyképességének javítása lacaune fajta felhasználásával. A juhtenyésztés jelene és jövője az EU-ban. In.: *Kukovics S. és Jávor A. szerk. Magyar Juhtejgazdasági Egyesület (Herceghalom) és Debreceni Egyetem Agrár és Műszaki Tudományok Centruma (Debrecen) 193-218.*
- Jávor A.* (1994): A tejelő keresztezett juhok legeltetése. *Természetes Állattartás*, 4. 13-47.
- Jávor A.* (2005): A magyar juhtenyésztés „zászlóshajói” (VI.). *Magyar Mezőgazdaság Melléklete, Magyar Juhtenyésztés és Kecsketenyésztés*. 14. 9. 2-5.
- Jávor A. – Molnár Gy. – Kukovics S.* (1999): Juhtartás összehangolása a legelővel. In: *Nagy G., Vinczeffy I. (szerk.): Agroökológia – Gyep - Vidékfejlesztés 169-172.*
- Komlósi I.* (2012): Juh és szarvasmarha tenyésztési programok fejlesztését megalapozó kutatások. *MTA Doktori Értekezés*. 316.
- Kukovics S.* (1990): A juhteje minőségét befolyásoló beltartalmi értékek alakulása a mennyiség függvényében. *Tejipar*, 40. 54-55.
- Kukovics S. – Nagy Z.* (2000): A juhteje, nem mint melléktermék. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 51-61.
- Kukovics S. – Kukovics F. – Stummer I. – Tóth P. – Jávor B.* (2015): Hatékonyság a magyar juh- és kecske ágazatban. *MÁL.*, 137. Supplet I.: 360–376.
- MJKSZ* (2013): Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetség, lacaune anyajuhok létszámadatai, tenyésztési és termelési eredményei 2013-ban. www.mjksz.hu (utolsó letöltés: 2015. 10. 01.)
- Nagy Zs. – Toldi Gy. – Sáfár L. – Kukovics S.* (2008): A tejelő cigája versenyképessége hazai tejtermelési és vágóbárány-előállítási feltételek között. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57. 339-356.
- Németh A. – Mihályfi S. – Salamon I. – Gergátz E. – Gulyás L.* (2007): A lacaune juh fajta szerepe a magyar juhágazat versenyképességének javításában. *AVA3 – Agrárgazdaság, Vidékfejlesztés és Informatika Nemzetközi Konferencia*, március 20-21.
- Rovai, M. – Such, X. – Piedrafita, J. – Caja, G. – Pujol, M.R.* (1999): Evolution of mammary morphology traits during lactation and its relationship with milk yield of Manchega and Lacaune dairy sheep. In: *Barillet, F. – Zervas, N.P. (Eds.) Milking and milk production of dairy sheep and goats. EAAP Publication No. 95. Wageningen Pers.*, 107-109.
- Veress L. – Jankowski, S.T. – Schwark, H.J.* (szerk)(1982): *Juhtenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest*. 213.

Érkezett: 2016. december

Szerzők címe: Tóth G. – Póti P. – Tokár A. – Abayné H. E. – Tózsér J. – Pajor F
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-2100 Gödöllő, Péter Károly út 1.
pajor.ferenc@mkk.szie.hu

PHD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI – SUMMARIES OF PHD DISSERTATIONS

A KÜLÖNBÖZŐ KORÚ MAGYAR SZÜRKE SZARVASMARHA LEGELŐI VISELKEDÉSE AZ IDŐJÁRÁSTÓL ÉS LEGELŐKÍNÁLATTÓL FÜGGŐEN, HAGYOMÁNYOS LEGELTETÉS MELLETT

HALÁSZ ANDRÁS
Debreceni Egyetem, Debrecen

A szarvasmarha viselkedése egyaránt függ a belső (fajta, kor, ivarzás, hierarchia, test homeosztázisa) és külső tényezőktől (hőmérséklet, páratartalom, szélesebbesség, karám méret, fű minősége és mennyisége). Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy hogyan befolyásolják az időjárási körülmények a viselkedést és a naponta megtett távolságot. Magyar szürke tehenekeket és borjakat figyeltünk meg a Hortobágyi pusztán. Meteorológiai, térbeli és viselkedési adatokat gyűjtöttünk, időjárási állomások, GPS nyakörv és etogram segítségével. Pozitív összefüggést ($r = 0,389$, $p < 0,05$) találtunk a naponta megtett távolság és a légköri nyomás között. Az állatok következetesen használták ugyanazokat az útvonalakat és pihenőhelyeket. A táplálékfelvétel–anyagcsere viselkedés előfordulása (legelés, kérődzés, ivás, bélsár–vizeletürítés) szignifikáns ($r = 0,445$, $p < 0,05$) összefüggést mutatott, a vizsgálati napot követő napon uralkodó időjárási fronttípusokkal, melyeket a Péczely-féle módszer szerint osztályoztunk. Megállapítottuk, hogy a magyar szürke marha sajátos viselkedési mintát mutat alacsony nyomásviszonyok mellett. Az időjárással összefüggő viselkedésváltozás ismerete segíthet a napi munkaszervezésben és az állatokkal való bánásmód finomításában. Mivel a viselkedés fő szabályozója a neuroendokrin rendszer, feltételezzük, hogy a fentebb említett környezeti tényezők erre a rendszerre is hatással vannak, ami további kutatást igényel

HUNGARIAN GREY CATTLE BEHAVIOUR RESPONSE TO WEATHER AND GRASS SUPPLY IN RANGELAND CONDITIONS

ANDRÁS HALÁSZ
University of Debrecen, Debrecen

Cattle behaviour depends both on internal factors (breed, age, oestrus, hierarchy, body homeostasis) and external factors (air temperature, humidity, wind speed, paddock size, grass quality and quantity). We studied how weather conditions modify behaviour and daily walking distance. Direct observations of Hungarian grey cows and calves were carried out in Eastern Hungary on a rangeland called Hortobágy. Meteorological, spatial and behavioural data were collected using weather stations, GPS collars and ethogram recordings. Data

showed a positive correlation between daily walked distance and atmospheric pressure ($r=0.389$, $p<0.05$). Animals consistently used the same daily routes and resting sites. Moreover, frequency of metabolic behaviour (grazing, rumination, drinking, defecation, and urination) depended significantly on type of weather fronts experienced on the day following the examined day ($r=0.445$, $p<0.05$). These weather fronts were classified according to the system developed by Peczely. In summary, our study suggests that Hungarian grey cattle show specific behavioural patterns during low-pressure conditions. Therefore, understanding their behavioural responses to different environmental factors may help to improve the handling techniques of extensively farmed beef cattle. As behavioural adaptation is usually driven by the neuroendocrine system, we suggest that this type of regulation could also depend on environmental changes, therefore, this relationship needs further research.

CSIKÓMAGZATOK EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA LIPICAI KANCÁKBAN

VINCE BOGLÁRKA NÓRA
Állatorvostudományi Egyetem, Budapest

A fejlett diagnosztikai eszközök és terápiás eljárások ellenére lovakban a perinatális morbiditás és mortalitás még mindig jelentős. Ahhoz, hogy ezt a gazdaságilag is komoly veszteséget csökkenteni lehessen, még a méhen belül fel kellene ismerni a csikómagzat egészségi állapotának romlását. Az esetleges korai terápia, vagy az újszülött intenzív ellátása csökkentheti a veszélyeztetett vagy elpusztult magzatok/újszülöttek számát. A PhD-kutatásom keretén belül ötféle vizsgálatot végeztem lipicai anyakancákon azzal a céllal, hogy megismerjem a vemhesség hatását a mérhető anyai és magzati paraméterekre, továbbá, hogy találjak egy vagy több változót, amely diagnosztikai jelentőséggel bír a csikómagzat egészségi állapotának, jóllétének szempontjából. Az anyakancák vérenek hematológiai és biokémiai vizsgálatokor (1. és 2. vizsgálat) kiderült, hogy a vemhes lipicai kancák hematokrit, hemoglobin, vörösvértest és vérlemezke, valamint a triglicerid-értékei szignifikánsan eltértek a nem vemhes társaikétól. A ló alfa-főtoprotein értékeinek vizsgálatokor kiderült, hogy jelentős eltérés van az egészséges vemhes és vemhességét elvesztett kancák (kései embriófelszívódás vagy vetelés) AFP-szintjei között (3. vizsgálat), továbbá, hogy e glikoproteid értékeire hatással van a kanca kora, a magzat kora, és a vemhesüléshez szükséges termékenyítések száma is. Az egyes kancák között egyedi eltérések is megfigyelhetők voltak. A lipicai kancák és magzataik szívfrekvencia-változékonyságának vizsgálata (4. vizsgálat) rámutatott arra, hogy a HRV-paraméterek némelyike a vemhesség előrehaladásával összefüggésben volt, illetve arra, hogy a vemhes és nem vemhes lipicaiak HRV-értékei szignifikánsan eltértek egymástól. A transzabdominális ultrahang-vizsgálatok (5. vizsgálat) jelentősége a magzati jóllét megállapításában kiemelt jelentőségű, mivel a szívfrekvencia mérésén túl számos paraméter meghatározható, és ezek értékeiből következtetni lehet a csi-

kómagzat fejlettségére, életképességére. A tapasztalataim alapján könnyen kivitelezhető, és az általam összeállított gyors vizsgálati protokoll („*rapid examination protocol*”) pedig segítséget nyújthat az állatorvosoknak a jövőben ahhoz, hogy a csikómagzat egészségi állapotát 15 percen belül a kanca tartási helyén elbírálják. www.huveta.hu/bitstream/10832/1383/1/Vincze__PhDdolg-küld.pdf

HEALTH STATUS EXAMINATION OF FOAL FOETUSES IN LIPIZZANER MARES

BOGLÁRKA NÓRA VINCZE

University of Veterinary Sciences, Budapest

Although advanced diagnostic and therapeutic procedures are available in veterinary medicine, equine perinatal morbidity and mortality are still significant. To decrease economic losses in connection with perinatal mortality, one possibility is to recognise fetal compromise *in utero*. Early intervention/therapy or the emergency treatment of the neonate could decline the number of high-risk fetuses/neonates. During my PhD research years I performed five studies on Lipizzaner mares to evaluate pregnancy associated changes in fetal and maternal parameters. In addition, my plan was to find a detectable diagnostic marker(s) of equine fetal well-being. Regarding hematological and biochemical examination of broodmares (studies 1. and 2.), significant changes could be detected in hematocrit, hemoglobin, red blood cell, platelet counts and triglycerides between pregnant and non-pregnant Lipizzaner mares. According to the third study, a significant difference has been confirmed in equine alpha-fetoprotein levels in broodmares with normal pregnancy and with pregnancy loss (late embryonic loss or abortion). Additionally, mares' age, fetal age, and conceptus rate affected AFP concentration and remarkable individual differences have been shown between mares. Heart rate variability assessments (4th study) pointed out that some parameters do change throughout pregnancy and noticeable differences exist between pregnant and barren mares. In the fifth study, transabdominal fetal ultrasound examinations were performed. Its importance in clinical practice has been confirmed not only because the fetal heart rate can be measured, but because it's favourable properties in monitoring fetal well-being and viability. A rapid examination protocol has been created to support veterinary work and examine fetal well-being in late pregnant mares within 15 minutes in their keeping place.

A HALSPERMA MINŐSÍTÉSI RENDSZERÉNEK GAZDASÁGI CÉLÚ FEJLESZTÉSE

BERNÁTH GERGELY
Szent István Egyetem, Gödöllő

A sperma fagyasztásos tárolásának számos előnye lehet, pl. az aszinkron gametogenezis során mind a két ivarban a legjobb minőségű ivarterméket használhatjuk, egyszerűsítheti a termelést, lehetővé teszi az ivarsejtek szállítását és kereskedelmét, segíti a veszélyeztetett fajok megmentését, a genetikai szelekciót és irányított tenyésztést, valamint a génbankok létrehozását (Cabrita et al. 2010). A halak esetében az első sikeres spermamélyhűtés egyidős más háziállatokéval, ám míg a nagytestű emlősök körében az elmúlt több mint 50 évben a módszer sok (szóismétlés miatt) millárd dolláros üzletággá nőtte ki magát, addig a halak esetében a gyakorlati alkalmazás továbbra is várat magára (Tiersch, 2008). A kutatás során két tokféle (lénai tok (*Acipenser baerii*), vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*)), a ponty (*Cyprinus carpio*), sebes pisztráng (*Salmo trutta m. fario*) és márványpisztráng (*Salmo marmoratus*), valamint adriai pér (*Thymallus thymallus*) fajok esetében a sperma tárolhatóságát vizsgáltam és a mélyhűtés egységesítését végeztem el. A sügér (*Perca fluviatilis*) esetében a sperma minőség-vizsgálatának, tárolhatóságának optimalizálását és effektív fagyasztásának fejlesztését hajtottam végre. Meghatároztam a lénai és vágótok sperma felolvasztás utáni felhasználhatóságának időben korlátait (lénai tok: 6 óra, vágótok: 2 óra). Kidolgoztam egy hatékony spermavizsgálati (módosított Lahnsteiner féle immobilizáló illetve aktiváló és általános sügér aktiváló) és két mélyhűtési módszert a sügér fajban [módosított Tanaka hígító, 1:10 és 1:20 hígítási arány, 3 cm-en a folyékony nitrogén gőzében 3 percig, vagy programozható fagyasztó berendezéssel (hűtés kezdete: 7,5 °C, hűtés befejezése: -160 °C, hűtési sebesség: 56 °C/perc)]. A fagyasztás kis és nagy mennyiségű minta esetében egyaránt magas termékenyülést eredményezett. Egységesítettem a pontysperma mélyhűtésének egyes paramétereit (pér hígító, 1:9 hígítási arány). A módszert sikeresen teszteltem nagy mennyiségű sperma mélyhűtése során (programozható fagyasztó berendezés, hűtés kezdete: 7,5 °C, hűtés befejezése: -160 °C, hűtési sebesség: 56 °C/perc). Meghatároztam a sebes pisztráng és márványpisztráng mélyhűtött spermájának fejsz utáni felhasználhatóságának időbeni korlátait (60, illetve 10 perc). Utóbbi esetében kísérletesen bizonyítottam, hogy a metanol eredményesebben alkalmazható védőanyag a spermamélyhűtés során, mint a DMSO. Az adriai pér sperma esetében eredményesen alkalmazható, felolvasztás utáni alacsony spermium/ikra arányt ($5 \times 10^4:1$) megállapítottam, valamint kísérletesen kiválasztottam a fagyasztás során jól működő leggazdaságosabb módszert.

PRACTICAL IMPROVEMENT OF FISH SPERM QUALITY ASSESSMENT METHODS

GERGELY BERNÁTH
Szent István University, Gödöllő

The cryogenic storage of fish sperm could efficiently support the synchronization of spermiation and ovulation during the spawning season, preservation and trade of high-quality gametes, gene banking for the conservation of endangered species, and simplification of broodstock management (*Cabrera et al.* 2010). Initial success in sperm cryopreservation occurred at about the same time for aquatic species and livestock. However, in the 50-plus years since then, cryopreserved sperm of livestock has grown into a billion-dollar global industry, while cryopreserved sperm of aquatic species remains a research activity with little commercial application). In the study, the standardization of sperm quality assessment, cryopreservation and the evaluation of effective post-thaw storage period were carried out in various sturgeon (Siberian sturgeon-*Acipenser baerii*, Russian sturgeon-*Acipenser gueldenstaedtii*), in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*), in common carp (*Cyprinus carpio*), in brown trout (*Salmo trutta m. fario*), in marble trout (*Salmo marmoratus*), and in the Adriatic grayling (*Thymallus thymallus*). The effective storage time for cryopreserved sperm following thawing was defined in Siberian (6 hours) and Russian (2 hours) sturgeons. The effective storage time for cryopreserved sperm following thawing was defined in Siberian (6 hours) and Russian (2 hours) sturgeons. An optimal sperm quality assessment (modified Lahnsteiners immobilizing and activating solution, common activating solution for perch) and 2 cryopreservation methods [modified Tanaka extender, 1:10 and 1:20 dilution ratios, 3 cm above the surface of liquid nitrogen for 3 minutes or controlled-rate freezer (from 7.5 °C to -160 °C, cooling rate: 56 °C/min)] was established in the Eurasian perch. A high fertilizing capacity was recorded using small and increased-scale cryopreserved sperm. In common carp, parameters (Grayling extender, 1:9 dilution ratio) of sperm cryopreservation were optimized. The method was successfully tested in the controlled-rate freezer (from 7.5 °C to -160 °C, cooling rate: 56 °C/min) for increased-scale sperm cryopreservation. In brown and marble trout, an effective storage time (60 and 10 min) following thawing was identified. Methanol as cryoprotectant was used more efficient for sperm cryopreservation in marble trout. A small sperm to egg ratio ($5 \times 10^4:1$), was effectively used for fertilization following thawing in Adriatic grayling, whereas the method was identified as the most applicable for sperm cryopreservation.

HÍMIVARSEJTEK ÉS KORAI IVARSZERV-SZÖVETEK MÉLYHŰTÉSES TARTÓSÍTÁSÁNAK FEJLESZTÉSE BAROMFIFAJOKBAN GÉNMEGŐRZÉSI CÉBÓL

Váradai Éva
Szent István Egyetem, Gödöllő

A genetikai diverzitás biztonságos megőrzése érdekében *ex situ in vitro* génbankok kialakítása szükséges, melyekben az *in situ* állományokból származó hím- és női ivarsejteket mélyhűtött állapotban, hosszútávon őrzik. A hímivar genetikai állományának biztonságos megőrzési módja az ondó mélyhűtéses tartósítása. Jelenleg a baromfifajok közül csupán a házityúk-faj ondómélyhűtésével kapcsolatban található ajánlott mélyhűtési protokollokat a génbankok kialakítását célzó FAO ajánlásban (FAO, 2012). A többi baromfifaj esetében - helytelenül - a házi tyúknál használt protokollok alkalmazását javasolja a leírás, annak a közismert ténynek az ellenére, hogy *fajspecifikus* mélyhűtési protokollokat kell kidolgozni. A kutatásaink során olyan ondómélyhűtési eljárások kidolgozását céloztuk három baromfifaj esetében, melyek hatékonyan alkalmazhatók intézetünk *in vitro* génbanki munkájában, segítve a nemzeti baromfi spermabank kialakítását.

A **házityúk-fajon** végzett ondómélyhűtési kísérleteink során a FAO által ajánlott klasszikus glicerolos eljárás hatékonyságát kívántuk elérni a pellet-módszerrel. Sem *in vitro* vizsgálataink során, sem a termékenyítési kísérleteket követően sem találtunk szignifikáns eltérést a spermiumok túlélésében a két eljárás között.

A **gyöngytyúk**faj esetében kétféle (lassú, ill. gyors) programozott, a nitrogéngőzös, valamint a pellet-módszer összehasonlításával kívántunk a faj sajátosságainak leginkább megfelelő protokollt kidolgozni. Kísérletünkben a spermiumok a lassú, programozott és a pellet-módszer esetében eredményezték a legmagasabb sejt-túlélést. Utóbbival szignifikánsan jobb túlélési arányt értünk el, ezért a módszer *in vivo* tesztelése (termékenyítési kísérletek) során a pellet-módszerrel mélyhűtött spermiumokkal a világon elsőként 63,6%-os termékenységet sikerült elérnünk.

A **házilúd-fajjal** kapcsolatos ondómélyhűtési kísérleteinkben a programozott módszert hasonlítottuk össze a nitrogéngőzös eljárással, emellett különböző krio- és ozmoprotektánsok hatását is vizsgáltuk. Mivel *in vitro* vizsgálataink szerint az ozmoprotektánsok nem javítottak a túlélési eredményeken, valamint a programozott és nitrogéngőzös módszer között nem volt szignifikáns különbség a spermiumok túlélésében, ezért a nitrogéngőzös eljárással mélyhűtött ondómin-tákkal végzett termékenyítési kísérleteket követően közel 60%-os termékenységet sikerült elérni.

A hímivar genetikai állományának megőrzése az ondómélyhűtéssel biztosítható, azonban a nőivar esetében erre egyedüli megoldást csak a naposkori petefészekszövet mélyhűtése, majd az így konzervált ivarszerv azonos korú recipiens állatokba való beültetése jelenthet. A módszer génmegőrzési programokban való alkalmazásához különböző mélyhűtési technikákat (nitrogéngőzben történő mélyhűtés, pellet-módszer, illetve vitrifikációs eljárás) kívántunk kidolgozni házi tyúk **korai ivarszerv-szöveleinek** hatékony tartósítására. A különböző eljárásokkal mélyhűtött naposkori petefészekszövetek esetében mindhárom mélyhűtési eljárás

megőrizte a szervek normális szerkezetét. A mélyhűtött ivarszervek épségét a szövettani és szövettenyésztési vizsgálatainkkal is alátámasztottuk, mely igazolta, hogy a naposkori ivarszervek túléltek a mélyhűtés/felolvasztás procedúráját. Az *in vitro* génmegőrzést elősegítő vizsgálataink során hatékony ondómélyhűtési protokollt sikerült kidolgoznunk három baromfifaj esetében a spermabanki tárolás számára, valamint közelebb kerültünk a női genom megőrzéséhez is a korai pefészszövetek mélyhűtésének adaptálásával házityúk-fajra.

CRIOPRESERVATION OF POULTRY SPERMATOZOA AND GONADAL TISSUES FOR GENE CONSERVATION PURPOSES

ÉVA VÁRADI

Szent István University, Gödöllő

It is well known that for safe maintenance of valuable genes, creation of both *in situ* and *ex situ in vivo* and/or *in vitro* gene banks are necessary. In the *in vitro* gene banks cryopreserved spermatozoa and oocytes are stored for long term. Semen cryopreservation is a reliable conservation way of the haploid male genetic material. Presently, in FAO guideline - regarding gene banks - only in the case of domestic fowl are references for advanced freezing protocols (FAO, 2012), although, it is evident that species specific freezing protocols are needed for the various avian species.-The purpose of my study was to create optimal freezing protocols for three poultry species, which are adaptable for the national poultry sperm bank.

The aim on **domestic fowl** sperm was to achieve the efficiency of the classical programmable freezing protocol recommended by FAO with a newly modified pellet-method. According to the results no significant differences were found between the two protocols in the survival rate of live, normal spermatozoa and in the fertility.

For creating the most efficient freezing protocol for **guinea fowl** sperm two different programmable (slow and fast) protocols, a static nitrogen vapour and a pellet-method were compared. The slow programmable and the pellet-method produced the highest survival rate of spermatozoa, however, significantly higher survival rate was found with the pellet-method. In *in vivo* comparison of the two most efficient protocols pellet-method resulted in 63.6% fertility rate, which was the highest value in the world, up to that time.

In the cryopreservation study of **domestic geese** sperm programmable methods were compared with the static nitrogen vapor methods, using different cryo- and osmoprotectants. According to the results osmoprotectants could not improve the sperm survival and there were no significant differences between the programmable and static methods in the survival rate of live, intact spermatozoa, either. Therefore after fertility examinations with frozen/thawed sperm originating from the static nitrogen vapor method near 60% fertility rate was achieved. Preservation of male genetic material can be covered by using frozen semen, but in the case of female gamete, cryopreservation and transfer of frozen/thawed *ovarian tissues* to the recipients is the only solution for conservation purposes. For elaboration of an

efficient freezing method applicable for gene banks different **cryopreservation methods** (freezing in cryo tube in nitrogen vapour, in pellet form and with a special vitrification) **of early ovary tissues** of domestic fowl were tested, as well. The normal structure of the frozen/thawed ovaries of day old chicken was preserved in all case of the mentioned three different freezing methods. Intact character of frozen/thawed ovaries was confirmed by both histological and tissue culture examinations, thus it is verified that the early ovaries survived the cryopreservation procedure. In the present studies on *in vitro* gene conservation efficient alternative species specific sperm freezing protocols were elaborated in three poultry species, as well as, by adaptation and development of the cryopreservation of early ovarian tissues of domestic fowl the conservation of avian female genome became accessible for the future.

SZARVASFÉLÉK *Dictyocaulus* TÜDŐFÉRGEINEK ELŐFORDULÁSI JELLEMZŐI ÉS GAZDAFAJLAGOSSÁGA DNS VIZSGÁLATOK SEGÍTSÉGÉVEL

ÁCS ZOLTÁN

Kaposvári Egyetem, Kaposvár

A kérődzők és lófélék nagy tüdőféreg (*Dictyocaulus* spp.) fertőzöttsége (dictyocaulosis) jól ismert probléma az állattenyésztők és vadgazdák számára világszerte. A tüdőférgesség enyhébb fertőzéskor növekedésbeli visszaesést, míg súlyosabb esetben elhullást okozhat. A háziállatok közt szórványosan kialakuló dictyocaulosis járványok oka nem teljesen tisztázott, egyesek szerint a vadon élő állatok szolgálnak rezervoárként e parazitáknak. A szarvasfélék (Cervidae) legfontosabb parazitájának a tüdőféreget tekintik, legalábbis kerti tartás esetén. Az egyes *Dictyocaulus* fajok elkülönítése morfológiai jellegeik alapján kétséges, a molekuláris módszerek viszont jelentős segítséget jelentenek e téren. Munkám célja volt a hazai nagy tüdőféreg faji azonosítása, filogenetikai rokonsági viszonyainak elemzése, gazda-parazita kapcsolatok megállapítása, populációgenetikai jellemzőik leírása. Kifejlett tüdőféregket gyűjtöttünk be vadászatokon elejtett dámszarvasok, gímszarvasok és őzek légcsőveiből és hörgőiből Magyarországon 23 helyéről, illetve a Keleti-Kárpátokból. Több mint 300 tüdőféreg egyed vizsgáltam, melyekből öt génszakasz DNS szekvencia sorrendjét határoztam meg. A filogenetikai analízis szerint a magyarországi szarvasokban élő tüdőféreg 3 fajba sorolhatóak. A hazai őzekben kizárólag a *D. capreolus* fajt azonosítottam, mely Magyarországon területére új faj. A genetikai elemzés során egy leíratlan *Dictyocaulus* faj is előkerült dél-dunántúli gímszarvasokból. A *D. eckerti* tüdőféregnek Magyarországon a gímszarvas az elsődleges gazdaállata, de dámban is szórványos. Eredményeim alapján a hazai szarvasfélék nem rezervoárjai a szarvasmarhában élősködő *D. viviparus* tüdőféregnek. Populációgenetikai elemzéseim alapján a *D. eckerti* a vadon élő kérődzők diverz genetikai hátterű, generalista élősködője, mely elterjedt az északi mérsékelt övben. Az Európából és Kis-Ázsiából ismert *D. capreolus* féregnek kisebb a genetikai változékonysága.

A *D. eckerti* magyarországi állományai közt igen magas a génáramlás, míg a *D. capreolus* populációi genetikailag elkülönültek. A gazdaállatok eltérő vándorlása, csoportosulási viselkedése jelentősen befolyásolja a tüdőféreg populációgenetikai szerkezetét. E felismeréseknek jelentős következmény elehet a tüdőféreg elleni kezelésekben, mivel a génáramlás elősegíti az anthelmintikum rezisztencia elterjedését, amit már kimutattak szarvasmarha tüdőféregénél.

CHARACTERISTICS OF INCIDENCE AND HOST SPECIFICITY OF *Dictyocaulus* LUNGWORMS IN DEER INVESTIGATED BY DNA EXAMINATIONS

ZOLTÁN ÁCS

University of Kaposvár, Kaposvár

Lungworm (*Dictyocaulus* spp.) infection (dictyocaulosis) in ruminants and horses is a well known problem for livestock farmers and wildlife managers throughout the world. Mild dictyocaulosis infection causes growth decline, while more severe cases may cause mortality. The cause of sporadic outbreaks of dictyocaulosis in domestic animals is not completely understood, but it has been suggested that wild animals may serve as reservoirs for the parasites. Lungworms are considered to be the most important parasites in deer (Cervidae), at last in farms. It is often difficult to morphologically distinguish closely related *Dictyocaulus* species, but molecular markers provide a powerful means to define them. The aims of my work were the followings: identification of lungworm species living in Hungary, analysis of their phylogenetic relationships, investigation of the host-parasite relationships and description of their characteristics related to population genetics. Adult large lungworms were collected from the trachea and bronchi of fallow deer, red deer and roe deer harvested during hunting, from 23 sites in Hungary and Eastern Carpathians. More than 300 lungworm specimen were investigated, their five gene fragments were sequenced. Phylogenetic analyses revealed that lungworm from Hungary grouped into 3 species. In roe deer from Hungary I identified only the *D. capreolus*, which new record that area. An undescribed *Dictyocaulus* species living in red deer from Southern Transdanubia appeared during the genetic analysis. I show that red deer is the primary host for *D. eckerti* within Hungary. *D. eckerti* samples were recovered from fallow deer occasionally also. Based on my results deer are not reservoirs for the cattle parasite *D. viviparus*. The population genetic study suggests *D. eckerti* is a widespread generalist parasite in ungulates with a diverse genetic background widespread in Northern temperate zone. *D. capreolus* is recorded only from Europe and Asia Minor and that species has less genetic diversity. *D. eckerti* revealed high gene flow among populations within Hungary, while populations of *D. capreolus* differ genetically. I suggest that the differing vagility and dispersal behaviour of host species are important contributing factors to the population structure of lungworms. The findings in this work have considerable implications for lungworm management, particularly since high gene flow enhances the efficient spread of anthelmintic resistance, which in lungworm of cattle has yet been published.

DÍJUGRATÓ LOVAK EDZETTSÉGÉNEK JAVÍTÁSA MÉLYVIZES FUTÓPAD EDZÉSEL ÉS TAKARMÁNYOZÁSSAL

VINCZE ANIKÓ
Debreceni Egyetem, Debrecen

A lovak vízben való edzése az edzettség javítása érdekében nem újkeletű, azonban a mélyvizes futópaddock fejlesztése új távlatokat nyitott. Több tanulmány foglalkozik a mélyvizes futópad edzések hatására létrejövő szívverésszám és vér laktát szint változásával. Azonban kevés információ áll rendelkezésre más vérparaméterek változásáról különösen díjugrató lovak esetében. Ezért vizsgálatsorozatunk fő céljai a következők voltak: az életkor és a verseny időpont hatásának vizsgálata a díjugrató lovak vérplazmájának verseny után mért biokémiai paramétereire és enzim aktivitására; a mélyvizes futópad edzés intenzitásának hatása a szívverésszáma és néhány biokémiai plazmaparaméterre díjugrató lovak mélyvizes futópad edzése során és versenyt követően; a díjugrató lovak biokémiai vérparamétereire közötti összefüggések vizsgálata mélyvizes futópad edzés előtt, alatt és azt követően, valamint díjugrató versenyek alkalmával; a díjugrató lovak biokémiai vérparamétereinek vizsgálata különböző fő energiaforrású abrak etetése esetén mélyvizes futópad edzés előtt, alatt és azt követően. Eredményeink alapján az alábbi főbb következtetések vonhatók le: a 100 cm magas és 300 m/perc iramú díjugrató pálya teljesítése nem jár jelentős anaerob energiaellátással; a mélyvizes futópad edzés javítja az edzettséget még alacsonyabb kategóriájú díjugrató lovak esetében is; az abraktakarmányban rendelkezésre álló energiaforrások csekély mértékű különbsége is szignifikánsan módosíthatja a vérplazma biokémiai paramétereit; a vérplazma laktát szintje önmagában nem tükrözi helyesen a mélyvizes futópad edzések terhelését, ezért több vérparaméter mérése szükséges egyidejűleg (például CK, AST).

FITNESS IMPROVEMENT OF SHOW JUMPERS BY HIGH INTENSITY AQUA TREADMILL TRAINING AND FEEDING STRATEGY

ANIKÓ VINCZE
University of Kaposvár, Kaposvár

The training of horses in water to improve fitness is not new, but the development of aqua treadmills for horses opened new possibilities. Several studies had been performed with aqua treadmill to test its effect on fitness using mainly heart rate and lactate as indicative variables. However, little information is available on the changes of other blood parameters and especially in show jumping horses. Therefore, the main aims of our research project were the following: to study the effect of age and event on show jumpers plasma biochemical and enzyme activity parameters measured post competition; to study the effect of increasing aqua treadmill training intensity on the heart rate and several plasma biochemical parameter of show jumpers during aqua training and after competition; to examine the correlation between plasma biochemical parameters of show jumpers before,

during and after deep water training and jumping course completion; to determine the effect of different main dietary energy sources on several blood biochemical parameters of show jumpers before, during and after deep water training. Based on our results, the following main conclusions can be drawn: show jumping competitions on up to 100 cm height and a minimum of 300 m/min average speed do not involve substantial anaerobic energy supply in horses; aqua training improves the fitness even of lower class show jumpers; differences in concentrate composition occurring in practice can result in significant difference in some plasma parameter; plasma lactate alone does not reflect correctly the level of workload in case of high water level training, therefore measurement of several blood parameters is necessary (such as CK, AST).

A HAZAI NEMESÍTÉSŰ TETRA-H FEJLESZTÉSÉT CÉLZÓ, ELTÉRŐ GENETIKAI HÁTTÉRŰ TISZTA VONALÚ ÉS KERESZTEZETT IVADÉKCSOPORTOK HÚSTERMELŐ KÉPESSÉGÉNEK ÉS VÁGÓTULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

ALMÁSI ANITA

Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Kutatási programomat a lassúbb növekedésű TETRA-H hibrid szülővonalaitól származó tisztavonalú, keresztezett, illetve reciprok keresztezett ivadékcsoportjaival végeztem zárt - és szabadtartásban, valamint kiemelt szerepet kapott egy új, potenciálisan javító hatású kakasvonal vizsgálata, és eredményeinek visszacsatolása a tenyésztési program számára. A kísérletsorozat keretében a hústermelő képesség megítélése szempontjából minden fontos értékmérő vizsgálatára (élőtömeg, takarmány-értékesítés, elhullás, testösszetétel CT segítségével, vágási paraméterek, húsmínőség) sor került. Az élőtömeg és a vágási tulajdonságok tekintetében a keresztezett és reciprok keresztezett ivadékok teljesítményében nem volt érdemi különbség. A növekedés alatti testösszetétel változás tomográfias mérése során megállapítást nyert, hogy az izomszövet testen belüli aránya a lassú növekedésű TETRA-H esetében 12 hetes, míg az intenzívebb növekedési erélyű genotípusok esetében csupán 8-9 hetes korig tart. A zsírszövet testen belüli aránya 8 hetes korig magasabb a lassú növekedésű vonalak esetében. A zárt, intenzív körülmények között hizlalt csirkék testsúlya, hasúri zsírja és testen belüli zsírszövet aránya magasabb, míg az egész comb és testen belüli izomszövet aránya alacsonyabb értéket ért el, a szabadban tartott egyedekhez képest. A tartásmód a vizsgált genotípusok hústermelő képességével kapcsolatos értékmérő tulajdonságok többségére hatással volt.

COMPARISON OF MEAT PRODUCTION AND SLAUGHTER PERFORMANCE OF PURE LINES AND CROSSED OFFSPRING OF CHICKEN WITH DIFFERENT GENETIC ORIGIN FOR THE PURPOSE OF IMPROVING A DOMESTIC CHICKEN HYBRID, TETRA-H

ANITA ALMÁSI

University of Kaposvár, Kaposvár

The most important aim was to provide helpful information as feedback for the selection program of a new color feathered broiler: TETRA HB COLOR. The main objectives were the definition of traits related to meat production (bodyweight, feed conversion, mortality, slaughter yield, CT, meat quality) of the slow-growing TETRA-H hybrid, its pure lines and experimental crosses compared to standard commercial controls and a new, heavier male line and its crosses under intensive and free range management conditions. No significant difference found between the performance of the crossed and reciprocal crossbred progeny. During the CT examinations, it was verified that the proportion of muscle tissue within the body increase for 12 weeks in case of slow-growing TETRA-H, while for genotypes with more intensive growth, lasts only until 8-9 weeks of age. The proportion of body fat is higher in the case of slow-growing lines until 8 weeks of age. Bodyweight, abdominal fat and fat tissue ratio within the body was higher in chickens kept in intensive conditions, while whole thigh muscle weight and ratio of muscle tissue within the body reached a lower value, compared to individuals are kept outdoor. Most traits related to meat production were effected by the management system (indoor vs. free range).

A PIKKELYALAK VIZSGÁLATA HALAKON GEOMETRIAI MORFOMETRIAI MÓDSZEREKKEL

Staszny Ádám

Szent István Egyetem, Gödöllő

Az élőlények csoportosításával a morfometria – azaz az alaktan – tudománya foglalkozik. Számos biológiai folyamat okozhat eltérést az egyed vagy egyes részeinek alakjában, mint például a betegségek, az ontogenetika (egyedfejlődés), a helyi környezethez történő alkalmazkodás, vagy a hosszú távú evolúciós változások. Az elmúlt két évtizedben ez a tudományág is jelentős változásokon ment keresztül, aminek eredményeképpen kialakult a mérőpont-alapú geometriai morfometria. A dolgozatban a pikkelyalak alapján eddig még nem vizsgált halfajok elkülöníthetőségének lehetőségét és a különbségek mintázatának összefüggéseit vizsgálatára került sor összefüggésben filogenetikai elhelyezkedésükkel. Négy halfaj (ezüstkárász, ponty, bodorka, sügér) populációinak pikkelyalak alapján történő intraspecifikus elkülöníthetőségét vizsgálta. Labor kísérletben vizsgálta továbbá zebradánió halfajon a genetikai háttér, illetve a környezet hatását a pikkelyalakra. Vizsgálta a halaknál gyakran előforduló ivari dimorfizmus megjelenésének lehető-

ségét is a pikkelyalakban (ezüstkárász és zebraadánió egyedeken). Végül pedig az ontogenezis (egyedfejlődés) során fellépő pikkelyalak változást vizsgálta ezüstkárász halfajon. A vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy ezzel a módszerrel az egyes vizsgált halfajokat sikeresen el lehet elkülöníteni és elrendeződési mintázatuk nem különbözik jelentősen a genetikai vizsgálatokból származó filogenetikai fától. Az is kiderült továbbá, hogy a populációk intraspecifikus elkülönítése is megvalósítható. Mindezt laboratóriumi kísérletek is alátámasztották, amelyekben mind a genetikai, mind pedig a környezeti különbségek hatását sikerült bizonyítani. Két halfaj példáján az is kiderült, hogy az ivari különbségek nem jelennek meg markánsan a pikkelyalakban. Végül kimutatta, hogy a vizsgált egyedek kora (ontogentikus fejlettségi állapota) jelentősen befolyásolja a pikkely alakját, így az szintén fejlődésen megy keresztül az egyedfejlődéssel párhuzamosan.

INVESTIGATION OF SCALE SHAPE ON FISHES WITH GEOMETRIC MORPHOMETRIC METHODS

Ádám Staszny
Szent István University, Gödöllő

The discipline of morphometry deals with the grouping of organisms or objects in general. Many biological processes may cause alterations in the shape in individual or intraindividual level, such as diseases, ontogenetic development, adaptation to the local environment or long-term evolutionary changes. In the thesis the separability of previously not tested species were analyzed based on their scale shape, using the landmark-based geometric morphometry. Additionally, the relationship of phylogenetic position was assessed. Thereafter the intraspecific, population-level separability of four species (gibel carp, common carp, roach, perch) were assessed based on their scale shape. The effects of genetic background and environmental impact on zebrafish scale shape were studied in a laboratory experiment. The potential appearance of the common phenomenon of sexual dimorphism in scale shape level (in case of gibel carp and zebrafish), was also examined. Finally, the ontogenetic development of scale shape was studied on previously aged gibel carp scales. Differences in scale shapes were discovered using landmark-based geometric morphometrics complemented with uni- and multivariate statistical methods (Canonical Variates Analysis, Discriminant Function Analysis, Cluster Analysis, Mantel-test, Multiple Linear Regression, Analysis of Covariance). Geometric morphometric analyses on scale shape proved to be successful in separating fish species, and showed similar patterns to phylogenetic studies. The methodology was also effective at population level. Genetic background and environmental impacts on scale shape were studied simultaneously in laboratory experiments, therefore the effect of feeding regime on scale shape was demonstrated on zebrafish. No sexual dimorphism was found regarding the scale shape in case of the two studied species (gibel carp and zebrafish). Finally the effect of ontogenetic development on shape was demonstrated on gibel carp scales.

Állattenyésztés és Takarmányozás

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

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Németország)

HODGES, J. (Ausztria)

MANABE, N. (Japán)

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország)

BODÓ Imre (Szentendre)

FÉBEL Hedvig (Herceghalom)

GUNDEL János (Herceghalom)

HIDAS András (Gödöllő)

HOLLÓ István (Kaposvár)

HORN Péter (Kaposvár)

HULLÁR István (Budapest)

KOVÁCS József (Keszthely)

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár)

MÉZES Miklós (Gödöllő)

MIHÓK Sándor (Debrecen)

NÉMETH Csaba (Budapest)

RÁTKY József (Herceghalom)

RÓZSA László (Herceghalom)

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár)

TÖZSÉR János (Gödöllő)

VÁRADY László (Szarvas)

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest)

ZSARNÓCZAY Gabriella (Szeged)

Szerkesztőség:

(Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsupari Kutatóintézet

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

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

T/F: (+36)23-319-133 – E-mail: sipiczki.bojana@atk.naik.hu

Technikai szerkesztő: SÍPICZKI Bojana

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): Bárányné Erdei Rita ügyvezető, HOI

HU ISSN: 0230 1614

A lap a Földművelésügyi Minisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Rural Development, founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Földművelésügyi Minisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

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

Herman Ottó Intézet 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: HunPress Nyomda – ADU-PRESS KFT.

1139 Budapest, Fáy u. 5.