

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2021. 70. 1

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



> Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának mérése computer tomográffal

> A hosszú élettartam genetikai becslése kettőshasznú magyartarka állományban

> Búzakorpa-kiegészítés hatása a vakbél mikrobiom összetételére csirkékben

> Csontoshalak korai fejlődési stádiumú ivarsejtjeinek mélyhűtése és átültetése

> Reproductive performance of indigenous pig breeds in Southeast Asia

TARTALOM - CONTENTS

<i>Somsy Xayalath – Rátky József – Komlósi István: Reproductive performance of indigenous pig breeds in Southeast Asia - A review (Délkelet-ázsiai őshonos sertésfajták szaporasági teljesítménye – Irodalmi áttekintés)</i>	3
<i>Török Evelin – Béri Béla – Füller Imre – Vágó Barnabás – Komlósi István – Posta János: A hosszú élettartam genetikai becslésének lehetősége kettőshasznú magyartarka állományban (Genetic evaluation of longevity in dual purpose simmental cows)</i>	15
<i>Such Nikoletta – Farkas Valéria – Pál László – Koltay Ilona Anna – Mezőlaki Ákos – Mohamed Ali Rawash – Husvéth Ferenc – Dublecz Károly – Molnár Andor: Pecsényecsirke tápok búzakorpa kiegészítésének hatása a vakbél-mikrobiom összetételére új generációs szekvenálási módszer alkalmazásával (The effects of wheat bran supplementation on the caecal microbiome of broiler chickens using next generation sequencing)</i>	25
<i>Horváth Ákos – Marinović Zoran – Lujčić Jelena – Kitanović Nevena – Šćekić Ilija – Hoitsy György – Urbányi Béla: Csontoshalak ősvarsejtjeinek, spermatogóniumainak és oogóniumainak mélyhűtése és átültetése (Cryopreservation and transplantation of primordial germ cells, spermatogonia and oogonia of teleost fish)</i>	36
<i>Kasza Rozália – Szendrő Zsolt – Matics Zsolt – Gerencsér Zsolt – Nagy István – Kovács György – Csóka Ádám – Petneházy Örs – Garamvölgyi Rita – Repa Imre – Donkó Tamás: Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának becslése computer tomográffal (Estimation of total body fat content in growing rabbits by means of computed tomography)</i>	47
2020-ban sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói - Summaries of PhD dissertations in the year of 2020	58

Címlap kép (Frontpage photograph)

Pannon fehér nyúlfiókák a fészekben (Fotó: Dr. Petneházy Örs)
Pannon white rabbit kits in the nest (Photo: Dr. Örs Petneházy)

REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF INDIGENOUS PIG BREEDS IN SOUTHEAST ASIA - A REVIEW

SOMSY XAYALATH – RÁTKY JÓZSEF – KOMLÓSI ISTVÁN

SUMMARY

Many factors affect the reproductive performance of pigs; one of those factors might be from their genotype, parity contribution, disease, and nutritional problems, environment, and management practice. There have been several factors mentioned in the scientific literature on reproductive performance in commercial pig farms (modern breeds), but very few were indicated on native pig breeds, especially in some countries of Southeast Asia (SEA). However, native or indigenous pigs are still considered as the main domestic animal species in rural areas of the SEA region. The present review aimed to explore the main constraints or barriers to the reproductive and productive performance of native pig breeds in some countries in the SEA region. Moreover, the review aimed at exploring options that could be adopted to improve the productive and reproductive performance of the native pigs in the region. The review found many factors influencing the reproductive performance of the native pigs in some countries in the region, among which include; genotype of native pigs, poor feed supply in both quantity and quality, parasite and disease problem, and poor management practices. One of the most significant factors might be the management practice of farmers. However, it was observed that farmers in Vietnam perform quite well, where numerous of them provide better feed to the native pigs with commercial feeds. They also improved their prolificacy of certain local pig breeds like Mong Cai and Ban pig breeds by crossbreeding them with exotic breeds such as Large White, Yorkshire, among others. In this case, the crossbreeding might not be suitable/favourable for gene preservation; in consequence, most of the best pure native pig breeds in Vietnam almost disappeared. Lastly, the management practices should be taken into consideration on improving the reproductive performance of indigenous pigs in some countries of Southeast Asia, particularly in countries like Laos, Vietnam, Philippines, Cambodia, and Timor East.

ÖSSZEFOGLALÁS

Xayalath, S. – Rátky, J. – Komlósi, I.: DÉLKELET-ÁZSIAI ÓSHONOS SERTÉSFAJTÁK SZAPORASÁGI TELJESÍTMÉNYE – IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Sok tényező befolyásolhatja a sertés szaporasági teljesítményét, így pl. a genetikai háttér, a keresztezés, az állategészségügyi és takarmányozási problémák, a környezeti és menedzsment hatások. Sokat tárgyalt a tudományos szakirodalom a kereskedelmi vagy modern fajták esetében, de nagyon kevés elemzés született az őshonos fajtákról, különösen néhány délkelet-ázsiai ország sertéseiről, pedig a régió vidéki térségeiben ezeket tekinthetjük az elsődleges háziállatoknak. A jelen közlemény rövid áttekintést kíván adni néhány délkelet-ázsiai ország őshonos sertésfajtáiban a termelési és szaporasági mutatók korlátairól. Továbbá fejlesztési irányokat is megjelöl, amelyek révén a fenti mutatókat javítani lehet. Számos tényező befolyásolja a régió országaiban az őshonos sertések szaporasági teljesítményét: a genotípus, a mennyiségben és minőségben gyenge takarmányellátás, az élősködők okozta és egyéb megbetegedések, és az alacsony színvonalú menedzsment. Talán az egyik legfontosabb az utóbbi, a termelők napi gyakorlata. Például Vietnámban a gazdák egy része viszonylag hatékonyan termel, mivel magasabb értékű kereskedelmi tápot etetnek és a helyi fajtákban javították a reprodukciós paramétereket. Egyebek mellett nagyfehér és Yorkshire fajtával keresztezték őshonos Mong Cai és Ban fajtáikat. Ugyanakkor a keresztezés nem szolgálta a génmegőrzést, ezáltal majdnem kihalt néhány kiváló őshonos vietnami fajta. Következésképpen a menedzsment fejlesztését és a genetikai érték megőrzését is figyelembe kell venni a szaporasági mutatók fejlesztése érdekében pl. Laoszban, Vietnámban, a Fülöp-szigeteken, Kambodzsában és Kelet-Timorban.

INTRODUCTION

Southeast Asia (SEA) has considered as a diversity area of domestic animal breeding primarily indigenous pig breeds smallholders raise most of them, and always in the rural areas (*Deka et al.*, 2014) and 15 different phenotype and genotypes of indigenous pig breeds are in Vietnam (*Van Ba et al.*, 2019). *Huynh et al.* (2007) reported that smallholders performed around 80 percent of pig production in Vietnam, Laos, the Philippines, and Cambodia. In a similar report of *Herold et al.* (2010), more than 80% of national pig herd in Vietnam was kept by smallholder pig farms, and more than 90% of the pig population in Laos in 2018 was native pigs (*Keonouchanh*, 2018). Therefore, indigenous pigs are considered as a valuable component in the rural animal farming system (*Shrestha et al.*, 2014). Although, most of the indigenous pigs are considered as having lower productivity performance compared to modern pig breeds, but most of the indigenous pigs are considered as hardy, resistant to various diseases, and can adapt to harsh rural conditions with low inputs of the productive process (*Nidup et al.*, 2010). Native pig production systems in Southeast Asia are generally linked to rural farmers and always depended on rice production and the use of locally available feed with low investment and, consequently, as the low nutrient content (*Thanh Hai*, 2002; *Noronha et al.*, 2017).

There are many problems of reproductive performance in indigenous pig breeds, i.e., higher fat to muscle ratio, late puberty, seasonal breeding, low parturition rate per year, low growth rate, low weight at birth and weaning, high mortality of piglets in comparison with exotic breeds (*Phengsavanh et al.*, 2010; *Naronha et al.*, 2017). Some of the factors that can affect the reproductive performance of pigs include genetic makeup and health status, diseases, nutrition, and general environment provided for the breeding females, among others (*Varley*, 1989). This is similar to the report of *Kunavongkrit and Heard* (2000), indicating that four major factors are affecting reproductive performance in swine breeding herd in SEA they include; climate, diseases, nutrition, and management practice of farmers. However, there is still the need to improve the productivity of local pig breeds used in organic smallholder livestock production systems, to promote and educate farmers on genetic improvement and health services to help them develop their pig production systems (*Bondoc*, 2015).

The present review covered the main areas, such as; identifying the potentials of native pigs in SEA and factors influencing their reproductive performance. It also explored the approximated management strategies that could be used to improve piglet survival rate, number of weaned piglets per sow per year, and to reduce the mortality of the pre-weaning piglets of native pigs in the region.

BREEDS AND CHARACTERISTICS OF INDIGENOUS PIG BREEDS IN SOUTHEAST ASIA

Almost all native pigs are characterized by their black colour which is not uncommon with white, red, or black spots. Both sow and boar have an average weight between 40 and 60 kg (*Santiago*, 2018). The different physiology and phenotype of native pig breeds from different countries, reproductive efficiency, and

reproductive performance of native pigs in SEA countries are indicated in *Tables 1-4*. The tables also show that even among scientists and local experts, there is no consistent approach to describing the reproductive physiology of native pig breeds in SEA countries. Most of the breeds are commonly late at the age of first farrowing, and small litter size, except Mong Cai "Vietnamese" (*Dang-Nguyen et al., 2010*). They always play an important role in the agricultural sector because of their ability to live within the range of local weather conditions; for this reason, their preservation becomes necessary (*Thutwa et al., 2019*). Indigenous pig breeds are the key to sustainable pig farming in the various environmental conditions, because of their ability higher adaption to the harsh changing environment and well-fed local feeds (*Towers, 2016*) and it is considered as low input for production and cost of management (*Wilson, 2007*). Native pigs are not only resistant to many diseases and adaption to harsh rural conditions with low input, but they are also considered to play an important role in livestock biodiversity, which is considered as critically important for achieving food supply security and alleviating poverty for the rapidly growing human population in third world countries (*Nidup et al., 2010; Bondoc et al., 2017*). Although there are many constraints associated with the production of indigenous pig breeds such as high fat percentage, low productivity, and reproductive performance, small litter size, small body size, and

Table 1.

The different reproductive traits of native pigs in some countries of Southeast Asia

Names of indigenous pigs based on regions (1)	Farrowing interval, day (2)	Weight of maturity sow, kg (3)	Frequency of litter/year (4)	Age at first litter, day (5)	Litter size (6)	Age at first estrus, day (7)	Region/country (8)
Moo Chid ^{1*}	NA	42-48	1.5	360	7-8	182-197	Laos (9)
Moo Lat Pig ^{1*}	NA	47-61	1.5-1.8	360	7-8	189-586	
Moo Mhong ^{1*}	NA	65-85	1.5-1.8	300-330	7-10	150-180	
Moo Daeng ^{1*}	NA	65-90	1.5-1.8	330-360	7-10	NA	
Black Tiaong ^{2*}	239±108	NA	1.99	591±322	5.7±2.3	NA	Philippines (10)
Kalinga ^{2*}	208.1±1.6	NA	2.58	485±156	5.3±2.3	NA	
Mong Cai ^{3*}	NA	60-80	1.8-2.0	150-180	11-14	180-240	Vietnam (11)
Soc ^{3*}	NA	50-55	1.1-1.2	300-330	6-10	180-270	
Mong Khuong ^{3*}	NA	92	1.2-1.3	270-300	5	180-210	
Meo pig ^{3*}	NA	114	1.2-1.4	270-300	6-7	240-270	
Co pig ^{3*}	NA	Na	1.2-1.3	270-300	6-7	60-90	
I pig ^{3*}	NA	50-65	1.6-1.7	180-240	8.8-11.3	120-150	

^{1*}Keonouchanh et al. (2011); ^{2*}Nidup et al. (2010); ^{3*}Dang-Nguyen et al. (2010); NA= not available

1. táblázat Különböző szaporasági mutatók néhány délkelet-ázsiai őshonos sertésfajtában

az őshonos sertésfajták neve (1); fialások közti idő, nap (2); kocák súlya a tenyészettség elérésekor (3); fialás/koca/év (4); életkor első fialáskor, nap (5); alomnagyság (6); első ivarzás, nap (7); régió/ország (8); Laosz (9); Fülöp-szigetek (10); Vietnám (11)

mature weight compare to modern and crossbred animals (FAO, 2009). But in the least developing and developing countries, most indigenous pig breeds are still dominant animals raised by small scale farmers in rural communities as their local market income and household consumption (Silva et al., 2016).

Important to note that Mong Cai is considered as getting in breeding age relatively early (average 165 days at the age of first farrowing), and a breed with the

Table 2.

Reproductive efficiency of Vietnamese indigenous pig breeds

Parameter (1)	Name of Vietnamese indigenous pig breeds (2)					
	I	Mong Cai	Mong Khuong	Soc	Meo	Co
Oestrus cycle (day) (3)	19-21	21	20-21	20-21	21-22	21-22
Length of oestrus (day) (4)	3-4	3-4	5-6	4-5	5-6	5-6
Age of first oestrus (month) (5)	4-5	6-8	6-7	6-9	8-9	2-3
Number of parturition per year (6)	1.6-1.7	1.5-2.0	1.2-1.3	1.1-1.2	1.2-1.4	1.2-1.3
Litter size (7)	8.8-11.3	10-14	5	6-10	6-7	6-7
Weight at weaned pig (kg) (8)	3-4	6-7	5-6	5-6	4-5	3
Parturition interval (month) (9)	6-7	5-6	9-10	10-11	9-10	9-10

Source: *Dang-Nguyen et al.* (2010)

2. táblázat Vietnámi őshonos sertésfajták szaporasági mutatói

mutató (1); a fajták neve (2); ciklus hossza (nap) (3); ivarzás időtartama (nap) (4); életkor első ivarzáskor (hónap) (5); fialás/koca/év (6); alomnagyság (7); választási tömeg (kg) (8); két fialás közti idő (hónap) (9)

Table 3.

Pig reproductive performance in smallholder and large pig farms in Laos

Parameter (1)	Smallholder (2)	Large scale (3)
Age of sows at 1 st service (month) (4)	8.8-10.5	7.8
Weight at 1 st service (kg) (5)	28-43.6	96.6
Litter per year (6)	1.4-1.8	2
Piglet per litter (7)	7-7.6	10.5
Piglet at the time of weaning (8)	4.3-6.2	9.5
Mortality (%) (9)	17-36.9	9.5
Piglet age at weaning (month) (10)	2.7-3.6	1.3
Piglet weight at weaning (kg) (11)	7.3-7.5	11.5
Turnover time for sows (year) (12)	4.8-5.4	3.8

Source: *Phengvilaysouk et al.* (2017)

3. táblázat Reprodukciós mutatók laoszi kistermelőknél és nagyobb üzemekben

mutató (1); kistermelő (2); nagyüzem (3); első termékenyítés ideje (hónap) (4); testtömeg első termékenyítéskor (kg) (5); fialás/koca/év (6); alomnagyság (7); választott malac/alom (8); elhullás (%) (9); választási életkor (hónap) (10); választáskori testtömeg (kg) (11); kocák selejtezési életkora (év) (12)

Table 4.

Reproductive performance of native pigs raised in Timor East

Parameter (1)	Min.	Max.	Mean	Std.dev.
Age at puberty, male (months) (2)	4	6	5.55	0.55
Age at puberty, female (months) (3)	5	6	5.95	0.22
Age at first mating (months) (4)	5	14	9.15	1.73
Age at first parturition (months) (5)	9	18	13.24	1.65
Length of estrus cycle (days) (6)	18	22	20.83	1.07
Gestation period (months) (7)	3.5	4	3.94	0.17
Interval between parturitions (months) (8)	6	12	7.75	1.21
Litter size at birth (9)	2	12	6.34	1.82
Litter size at weaning (10)	1	10	5.28	1.82

Source: *Noronha et al.* (2017)

4. táblázat Kelet-timori őshonos sertésfajták szaporasági mutatói

mutató (1); ivarérés ideje, kanok (hónap) (2); ivarérés ideje, kocasüldők (hónap) (3); első párosztás ideje (hónap) (4); első fialás ideje (hónap) (5); ivarzási ciklus hossza (nap) (6); vemhességi idő (hónap) (7); két fialás közti idő (hónap) (8); születéskori alomszám (9); alomszám választáskor (10)

largest litter size (average 12.5 piglets/litter) among native pigs in SEA. Therefore, Mong Cai is always used as a maternal line for crossbreeding with other local and exotic breeds in Vietnam to increase the number of litter size and pork production (*Huyen et al.*, 2005). Another interesting point is that Kalinga, the native pig breeds of the Philippines, has the highest of the farrowing index at 2.58. Still, unfortunately, it seems to have the smallest number of litter size. However, there is no scientific evidence explaining the reasons.

FACTORS INFLUENCING REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF INDIGENOUS PIG IN SOUTHEAST ASIA

Smallholders keep most of the indigenous pig breeds in SEA, and they are raised based on free-range, semi-intensive, and penned systems with a lack of systematic management. These pig raising systems are considered as the input, and the consequent is also low (*Lemke et al.*, 2006; *Valle Zarate and Markemann*, 2010; *Phengsavanh et al.*, 2011; *Bondoc et al.*, 2017; *Noronha et al.*, 2017). Many factors affect reproductive performance in commercial pig productions. Still, there are few reports on factors that are directly associated with the reproductive performance of indigenous pig breeds in SEA countries. The common constraining factors also cover the areas of nutrition, disease outbreak, management practice, climate, and genetic factors. This has created the consequence of low piglet performance, high mortality piglets both pre- and post-weaning periods (*Lanada et al.*, 1999; *Kunavongkrit and Heard*, 2000; *Herold et al.*, 2010; *Phengsavanh et al.*, 2010). The key to these challenging factors presumably comes from weak or still not appropriated management practices, particularly in the remote areas of the

Northern Laos (*Xayalath and Sacklorkham, 2010*). The general term of factors that could influence sow to produce a small and large number of piglets was listed above (*Aherne and Kirkwood, 2001*), and the factors affecting reproductive performance in indigenous pig breeds in Southeast Asia could be influenced by one of them.

Nutrition factors

Nutrition is a core issue of growth and reproduction in pigs. The feed intake is always measured as the fundamental component for physiology parameters and the reproductive performance of gestating gilts. The high energy diets have an influence on body weight and back-fat thickness of sows during gestation and lactation. Moreover, the approximate metabolisable energy level (26.78 MJ) per day positively influenced the high weaning number of piglets per sow (*Jin et al., 2016*). The variations in nutrition around weaning to re-mating period and the post-weaning oestrous period affected the ovulation rate, and the post-weaning nutrition affected to return to oestrus and on conception rate (*Brook and Cole, 1974*).

Based on the better adaptation ability of indigenous pig breeds to environmental condition, most of the native pig breeds in Southeast Asia, are still raised by smallholders or householders in rural areas particularly in the mountainous areas, and they always feed their pigs with rice bran, cassava root, other available vegetable scraps and kitchen residues with low nutrient content (*Huynh et al., 2007; Chittavong et al., 2012; Kaensombath, 2012*). The result of low input and inadequate nutrition led to gain a low growth rate and high mortality rate of piglets. Particularly in Laos, the average daily gain (ADG) of native pig breed is only between 80 and 100 g (*Keonouchanh and Dengkhounxay, 2017*), and the mortality rate in piglets is 50% (*Phengsavanh et al., 2010*). Cambodia, Laos and Timor East have not different in terms of pig feed and feed intake; most of the farmer raised their pigs based on rice by-products and also feed the pigs with certain feeds like; broken rice, rice bran, cassava, sweet potato, and other vegetable scraps when available. With the consequence of the inadequate feed intake and as well as the low nutritive value of feeds, the growth rate was diminished (*Huynh et al., 2007; Chittavong et al., 2012; Australian Aid, 2017*). In the north of Laos, more than 70% of piglet mortality is caused by sows not having enough milk, particularly during August and September, when farmers had a shortage of rice (*Xayalath and Sacklorkham, 2010*). Several reports, e.g., *Phegvilaysouk et al. (2017, 2018)* showed the improvement of the piglet survival and better growth rate and improved reproductive fitness of sows by providing adequate amount of nutrients and water *ad libitum* during lactation. Anyway, no evidence or research is proving that farmers gave concentrated feed to local pigs in the mentioned three countries. However, in Vietnam, more than 50% of indigenous pig raising system is confined, farmers provided complete commercial feed to mix with kitchen waste and other grain to the feed (*Silva et al., 2016*), but did not consider its effects on the reproductive performance. In the Philippines, farmers always provided farm products and by-products, and occasionally commercial and self-mixed feed for their indigenous pigs (*Villanueva and Sulabo, 2018*). In summary, there are only rare information about the nutrition factors influencing the reproductive performance of the indigenous pig breeds in SEA countries.

Environmental and genetic factors

Many studies on environmental factors affecting the reproductive performance of pigs, but most of them were dealing with commercial farms or modern breeds; however, there are only a few reported studies on indigenous pig breeds, particularly in the Southeast Asia region. It has been well known that the environmental conditions, such as light and temperature, are the two major environmental factors that may play a role in the litter size of sows. While high ambient temperature ($> 30^{\circ}\text{C}$) at mating is usually associated with small litter size, high environmental temperature occurring two or three weeks after mating is extremely detrimental to profligacy (Varley, 1989; Janse van Rensburg and Spencer, 2014). Kabare (1991) reported that piglets born during the cold season would have low pre-weaning growth performance and subsequently have smaller bodyweight at weaning than others born during the rest of the year. Obviously, alongside environmental factors, genetics is also the prominent crucial factor of the reproductive performance in pigs; nevertheless, exploitation of genetic value could be supported by the improvement of other mentioned factors. Anyway, genetic selection for sow productivity has resulted in larger litters and heavier weaning weights (Yoder, 2013).

The indigenous pig breeds adapted into various environment conditions could produce under the harsh environment and are resistant to different diseases (Bondoc et al., 2017), and could be fed with low-quality feed (Herold et al., 2010). This advantage of indigenous pig breeds might be the criteria necessary to adapt to local environmental factors without much harm to sow and piglet performance. In Vietnam, the indigenous pigs are farmed as the main income in the rural community. At many units, pigs are kept mainly under the confined system and bred mostly by controlled natural breeding, occasionally artificial insemination serviced by nearby boar stations (Silva et al., 2016). In the north of Vietnam, farmers try to improve the genetic value of local pig breeds to increase the average litter size, faster weight gain alongside the market demand where the area is close to cities. For example, Mong Cai sows are usually mated with Large White or Yorkshire boars to improve the lean meat yield and carcass quality (Herold et al., 2010; Valle Zarate and Markemann, 2010). There is a similar action, from 2016 to 2018 a research program was carried out in Laos to improve the genetics of small body and litter size, and diminished growth rate of Lao native pig breeds by crossbreeding between local sows and Duroc boars. The results demonstrated twice a bigger new-born and weaned weight, and the litter size was also significantly higher (Keonouchanh, 2018).

Management practice of farmers

Management is a crucial issue to indicate the success and efficiency of pig reproductive performance. It should cover all areas of pig reproductive systems, i.e., caring sow before and after farrowing, caring piglets both during lactation and after weaning. The effect of improved lactation nutrition on piglet weaning weight and gilt rebreeding is more obvious, but improvements in housing conditions can achieve similar benefits. Under certain circumstances, housing improvement may be a more cost-effective way of improving sow performance than expenditure on

additional feed resources (*Edwards et al.*, 2003). On the other hand, the animals can temporally suspend their reproductive activity if they live in an unfavourable or trouble conditions (e.g., becomes lame, experiences of social problems or environment stress). A variety of mechanisms is activated to suppress reproductive efficiency and maternal abilities as hypothalamic, pituitary, and ovarian axis function is compromised under stress situations (*Borell et al.*, 2007).

Most indigenous pig producers in Southeast Asia use traditional methods with low input, poor or not appropriate management practice for both sow and piglet performance, especially in the farrowing period with low output consequence on the number of surviving piglets at the time of weaning or high mortality before weaning time. Women and children are the main labour force of raising and caring for native pig production in rural areas (*Valle Zarate and Markenmann*, 2010; *Chittavong et al.*, 2012; *Phengvilaysouk et al.*, 2017). However, the aspects of health, breeding, and piglet management are the main factors in the reproductive performance of smallholder sow in the Philippines (*Lanada et al.*, 1999).

Vietnam is a good example in the region that has sufficient documentation to show how farmers improved breeding performance in their native pig breeds through crossbreeding with commercial breeds, as found clearly explained the distinguish of gilts selection and breeding (*Lemke et al.*, 2006). It indicated that farmers near to cities purchasing gilts at markets, and occasionally applying artificial insemination for their sows with the cooperation with nearby government boar stations. Farmers who lived far away from cities would select their gilts from their herds and other villages' herds, and they always borrowed the boar from boar owner or used their boar progeny as natural mating.

In the case of native pig breeds in Laos, there is an urgent need for improvement in litter size per year, especially the numbers of survival piglets at the time of weaning. This might be supported by providing better nutrition to the sows and piglets, particularly during the period of lactation (*Phengvilaysouk et al.*, 2017). The reproductive management methods still have not been improved, e.g., sow management both before and after pregnancy, weaning, housing, etc. One option should be improved piglet survival and better growth rate and improved reproductive performance of sows by providing water ad libitum during farrowing and providing nesting materials 1-2 days before the expected farrowing day (*Phengvilaysouk et al.*, 2018). Nevertheless, the breeders' knowledge improvement is also the main consideration to upgrade the quality of pig productive and reproductive performance for the small scale pig farms in Laos.

According to *Noronha et al.* (2017) the limited knowledge of basic management of indigenous pigs producers in Timor-East, as recorded data (e.g., date of birth, age of first farrowing, weight at birth, average daily gain, etc.), feed and feeding, housing, health care, disease prevention, and marketing. This basic knowledge should be taken into account of consideration for better productivity of native pigs.

Diseases and health factors

Diseases (Classical Swine Fever, diarrhoea in piglets, African Swine Fever, and metabolic diseases) are always considered as crucial problems that can influence reproductive performance in pigs. Mainly the native pigs are raised by farmers with

traditional methods in rural areas without consideration of animal health control. In the SEA region, the climate is characterized by constantly high temperatures (>25°C round year) and high humidity (Huynh *et al.*, 2007), unfortunately, suitable for both bacterial and parasite survival. Moreover, disease control and health care management for pig production systems commonly occurred only at commercial farms. Infectious diseases directly harmed reproductive efficiency and caused stillborn mummified embryonic death, and infertility (Kunavongkrit and Heard, 2000). Most of the reviewed countries (Laos, Vietnam, Cambodia, Philippines, and Timor East) suffered from epidemic outbreaks as key factors affecting pig performance with the result of high mortality in both pre-and post-weaning piglets. Many research showed that in Laos the mortality of piglets is between 30 to 50 percent (Phengsavanh *et al.*, 2010; Chittavong *et al.*, 2012). More than 42 % of piglets died in the rural areas of the southern part of Laos due to infectious diseases (Xayalath *et al.*, 2016).

CONCLUSION

The reproductive performance of the sow, which includes the number of piglets weaned per sow per year and pre-weaning piglets' mortality, needs to be improved for smallholder pig producers in SEA. It is a key point of developed food supply and poverty alleviation. And there are several pieces of researches describing the constraints of improving the reproductive performance in native pig breeds in the region, such as nutrition of the sows and piglets, genetics improvement, disease control, and management practices of farmers. These factors, particularly the management practice of farmers, should be considered to improve the better reproductive performance of native pigs. Based on the present review, native pig breeds with special regard to SEA counties are rarely mentioned in scientific works of literature. Therefore, there is a need for more studies to get knowledge of the real situation based on different environmental and social conditions in these areas.

REFERENCES

- Aherne, F. - Kirkwood, R. (2001): Factors affecting litter size to pigs. Alberta Pork Research. Online <https://thepigsite.com/articles/factors-affecting-litter-size>.
- Australian Aid (2017): Assessment of smallholder pig production development opportunities in Timor-Leste. Technical report. Online <http://tomak.org/wp-content/uploads/2016/11/Smallholder-Pig-Production-Development-Opportunities.pdf>
- Bondoc, O. L. (2015): Organic livestock farming and breeding toward food security of smallholder farmers in the tropics. SEARCA agriculture and discussion paper series No.2015-2. University of the Philippines Los Baños.
- Bondoc, O. L. - Dominguez, J. M. D. - Vega, R. S. - Sandoval, R. S. - Santiago, R. C. (2017): Farrowing and weaning performance of Black Tiaong and Kalinga native pig breeds at a conservation farm, Philippines. Philipp. J. Vet. Anim. Sci., 43. 22-32.
- Borcell, E. V. - Dobson, H. - Prunier, A. (2007): Stress, behaviour and reproductive performance in female cattle and pigs. Horm. Behav., 52. 130-138.
- Brook, P. H. - Cole, D. J. A. (1974): The effect of nutrition during growing period and oestrous cycle on the reproductive performance of the pig. Livest. Prod. Sci., 1. 7-20.

- Chittavong, M. - Lindberg, J. E. - Jansson, A.* (2012): Feeding regime and management of local Lao pigs in Central Lao PDR. *Trop. Anim. Health Prod.*, 45. 149-155.
- Dang-Nguyen, T. Q. - Tich, N. K. - Nguyen, B. X. - Ozawa, M. - Kikuchi, K. - Manabe, N. - Rátky, J. - Kanai, K. - Nagai, K.* (2010): Introduction of various Vietnamese indigenous pig breeds and their conservation by using assisting of reproduction techniques. *J. Reprod. Develop.*, 56. 31-35.
- Deka, R. P. - Grace, D. - Lapar, M. L. - Lindahl, J.* (2014): Sharing lessons of smallholders' pig system in South Asia and Southeast Asia: A review. Presented at the National Conference on Opportunities and Strategies for Sustainable Pig Production, Guwahati, India, 20-21. December Nairobi, Kenya: ILRI.
- Edwards, S. A. - Shrestha, N. P. - English, P. R. - Robertson, J. F.* (2003): Factors affecting reproductive performance in the Nepalese Pakhribas Pig: Effects of nutrition and housing during lactation. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16. 644-649.
- FAO, (2009): Farmer's handbook on pig production for the smallholders at village level. Online http://www.fao.org/ag/againfo/themes/documents/pigs/handbook%20on%20pig%20production_english%20layout-vietnam-draft.pdf
- Herold, P. - Roessler, R. - Willam, A. - Momm, H. - Valle Zarate, A.* (2010): Breeding and supply chain systems incorporating local pig breeds for small-scale pig producers in Northwest Vietnam. *Livest. Sci.*, 129. 63-72.
- Huyen, T. T. Le. - Roessler, R. - Lemke, U. - Valle Zárate, A.* (2005): Impact of the use of exotic compared to local pig breeds on socio-economic development and biodiversity in Vietnam. University of Hohenheim. Online: <https://www.researchgate.net/publication/228095023>
- Huynh, T. T. - Armink, A. J. A. - Drucker, A. - Verstegen, M. W. A.* (2007): Pig production in Cambodia, Laos, Philippines, and Vietnam: A Review. *Asian J. Agricult. Develop.*, 2. 69-90.
- Janse van Rensburg, L. - Spencer, B. T.* (2014): The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. *J. Vet. Res.*, Online <https://doi.org/10.4102/ojvr.v8i1i1.824>
- Jin, S. S. - Jung, S. W. - Jang, J. C. - Chung, W. L. - Jeong, J. H. - Kim, Y. Y.* (2016): Effects of dietary energy levels on the physiological parameters and reproductive performance of gestating gilts. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 29. 1004-1012.
- Kabare, N.* (1991): Genetic and environment aspects of reproductive performance and pre-weaning growth of three pig breeds in large-scale herds in Kenya. A thesis submitted in partial fulfillment for the degree of science in animal science, University of Nairobi. 11.
- Kaensombath, L.* (2012): Taro leaf and stylo forage as protein sources for pigs in Laos. Retrieved on October 21, 2019 from https://pub.epsilon.slu.se/9255/1/kaensombath_l_20121122.pdf
- Keonouchanh, S. - Egerszegi, I. - Rátky, J. - Bounthong, B. - Manabe, N. - Brüssow, K. P.* (2011): Native pig (Moo Lat) breeds in Lao PDR. *Arch. Anim. Breed.*, 54. 606-600.
- Keonouchanh, S. - Dengkhounxay, Th.* (2017): Pig production and pork quality improvement in Laos. Online https://www.angrin.tlri.gov.tw/meeting/2017TwVn/2017TwVn_p37-42.pdf
- Keonouchanh, S.* (2018): KOPIA Project Final Report year 2016- 2018. Improved livelihood of farmers by chicken and pig raising in Mork district, Xiengkhuang Province. National Agriculture and Forestry Institute of Laos
- Kunavongkrit, A. - Heard, T. W.* (2000): Pig reproduction in South East Asia. *Anim. Reprod. Sci.*, 60. 527-533.
- Lanada, E. B. - Lee, J. A. L. M - More, S. J. - Taveros, A. A. - Cotiwan, B. S.* (1999): The reproductive performance of sows raised by smallholder farmers in the Philippines. *Prev. Vet. Med.*, 41. 171-186.
- Lemke, U. - Kaufmann, B. - Thuy, L. T. - Emrich, K. - Valle Zarate, A.* (2006): Evaluation of smallholder pig production systems in North Vietnam: Pig production management and pig performances. *Livest. Sci.*, 105. 229-243.
- Nidup, K. - Joshi, D. D. - Gongora, J. - Moran, Ch.* (2010): Farming and biodiversity of indigenous pig in Nepal. *J. Biodivers.*, 11. 26-33.

- Noronha, A. M. C. G. - Norondha, C. G. - Agbisit, A. M. - Amor, C. - Estrella, S. - Dizon, J. T. - Costa, A. M. D. - Naronha, G. (2017): Productivity of native pigs in subsistence farming and their roles in community development in Timor-Leste. Online <https://www.researchgate.net/publication/321409814>
- Phengsavanh, P. - Ogle, B. - Stür, W. - Bodil, E. - Lindberg, F. - Lindberg, J. E. (2010): Feeding and performance of pigs in smallholder production systems in Northern Lao PDR. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42. 16-27.
- Phengsavanh, P. - Ogle, B. - Stür, W. - Lindberg, F. B. E. - Lindberg, J. E. (2011): Small-holder pig rearing system in Northern Lao PDR. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42. 27-33.
- Phengvilaysouk, A. - Jansson, A. - Phengsavanh, P. - Tiemann, T. T. - Phengvichith, V. - Lindberg, J. E. (2017): Sow and piglet management in small-holder and large-scale pig farms in northern part of Laos. *Livest. Res. Rural Dev.* Online http://www.lrrd.org/lrrd29/10/jan29_201.html
- Phengvilaysouk, A. - Lindberg, J. E. - Sisongkham, V. - Phengsavanh, P. - Jansson, A. (2018): Effects of provision of water on reproductive performance of native Moo Lath pigs in Laos. *Trop. Anim. Health Prod.*, Online http://www.lrrd.org/lrrd29/10/jan29_201.html
- Santiago, R. C. (2018): Native pig raising. *Monthly Agriculture.* Online <https://www.agriculture.com.ph/2018/10/25/native-pig-raising/>
- Shrestha, B. - Sapkota, M. - Karki, R. - Dhakal, R. (2014): Phenotypic characterization of indigenous pig breed (Chwanche) of Lamjung district. Online https://www.researchgate.net/publication/269872671Phenotypic_characterizationof_indigenous_pig_breed_chwanche_of_Lamjung_District
- Silva, G. L. L. P. - Thuy, L. T. - Abeykoon, N. D. - Hanh, N. T. H. - Bett, R. C. - Okeyo, M. - Ibrahim, M. N. M. (2016): Comparative study of indigenous pig production in Vietnam and Sri Lanka. *Int. J. Livest. Prod.*, 10. 83-93.
- Thanh Hai, L. (2002): Priorities for pig research in Southeast Asia and the Pacific to 2010. ACIAR Working Paper NO. 53 MARCH 2002. Online https://www.academia.edu/11228713/Priorities_for_Pig_Research_in_Southeast
- Thutwa, K. - Chabo, R. - Nsoso, S. J. - Mareko, M. H. D. - Kgwatalala, P. M. - Sskyere, E. O. (2019): Indigenous Tswana pig production characteristics and management practices in southern districts of Botswana. *Trop. Anim. Health Prod.* DOI: 10.1007/s11250-019-02037-3
- Towers, L. (2016): Indigenous breeds are key to sustainable pig farming. *The Pig Site.* Online <https://thepigsite.com/news/2016/09/indigenous-breeds-are-key-to-sustainable-pig-farming-1>
- Van Ba, N. - Quang Nam, L. - Ngoc Do, D. - Van Hau, D. - Doan Pham, L. (2019): An assessment of genetic diversity and population structures of fifteen Vietnamese indigenous pig breeds for supporting the decision making on conservation strategies. *Trop. Anim. Health Prod.*, Online <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02090-y>
- Valle Zarate, A. V. - Markemann, A. (2010): Community based breeding programmes incorporating local breeds: Concept, research results and implementation strategy on pigs in northern Vietnam. <http://www.wcgalp.org/system/files/proceedings/2010/community-based-breeding-programmes-incorporating-local-breeds-concept-research-results-and.pdf>
- Villanueva, J. J. O. - Sulabo, R. C. (2018): Production, feeding and marketing practices of native pig raisers in selected regions of the Philippines. *Global Adv. Res. J. Agr. Sci.*, 7. 383-393.
- Varley, M. A. (1989): Factors affecting the reproductive performance of sows. *The production of pig meat in Mediterranean Countries.* Paris: CIHEAM. 101-106.
- Wilson, T. R. (2007): Status and prospects for livestock production in the Lao People's Democratic Republic. *Trop. Anim. Health Prod.*, 39. 443-452.
- Xayalath, S. - Sacklokham, S. (2010): Study the impact of villages' Pig Bank implementing in Khua and Samphanh districts, Phongsaly province, Laos. Department of Rural Economic and Food Technologies, Faculty of Agriculture, National University of Laos

- Xayalath S. - Sacklokham, S. - Kaensombath, L.* (2016): Study on indigenous pig production system and its market potential for improving livelihood of farmers in Lao Ngam district Saravanh province. Division of Post Graduated, Faculty of Agriculture, National University of Laos
- Yoder, C. L.* (2013): Genetic and phenotypic relationships between feed intake during lactation and reproductive performance. Iowa State University. Graduate thesis and dissertations. 13237. Online <https://lib.dr.iastate.edu/etd/13237>

Érkezett: 2020. február

Szerzők címe: *Xayalath S. - Komlósi I.*
Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet

Authors' address: University of Debrecen, Institute of Animal Science, Biotechnology and Nature
H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.
xayalath.somsy@agr.unideb.hu

Rátky J.
Állatorvostudományi Egyetem
University of Veterinary Medicine
H-1078 Budapest, István u. 2.

A HOSSZÚ ÉLETTARTAM GENETIKAI BECSLÉSÉNEK LEHETŐSÉGE KETTŐSHASZNÚ MAGYARTARKA ÁLLOMÁNYBAN

TÖRÖK EVELIN – BÉRI BÉLA – FÜLLER IMRE – VÁGÓ BARNABÁS – KOMLÓSI ISTVÁN –
POSTA JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A kettőshasznú magyartarka fajta egyesíti a tej- és a hústermeléssel szemben megfogalmazott célokat. A tej- és hústermelés mellett további cél a fajta fitnesz tulajdonságainak fejlesztése. A biológiai stabilitás és a funkcionális küllem mellett kiemelt jelentőséggel bír a hosszú hasznos élettartam is. Túlélés elemzéssel értékelték a hazai kettőshasznú magyartarka állomány 11476 tehenének (1858 bika leánya) hosszú hasznos élettartamát az első elléskori életkor, a bika és a tenyészet méretének függvényében. Az állomány átlagos ellésszáma 3,38 volt. A 27 hónaphál később ellő üszők élettartama rövidebbnek bizonyult. A hasznos élettartam öröklődhetőségét 0,21-ben állapították meg. A legkisebb kiesési kockázatú 10 bika leányai 11 laktációt is teljesítettek, míg a legnagyobb kiesési kockázatú bikák leányai legfeljebb 8 laktációt.

SUMMARY

Török, E. – Béri, B. – Füller, I. – Vágó, B. – Komlósi, I. – Posta, J.: GENETIC EVALUATION OF LONGEVITY IN DUAL PURPOSE SIMMENTAL COWS

The Hungarian Simmental cow is a dual purposed breed, having good milk and meat production. Beside the good milk and meat production and quality, the Simmental cow has some other important traits, for example longer productive life. The longevity is the time period between first calving and culling. The aim of this study was to analyse the longevity of Hungarian Simmental breed (11476 cows, daughters of 1858 sires) with the evaluation of the effects of size of herd, age at first calving and genetic effect of the sire. In this population, average of longevity was 3.38 calving. Productive life of heifers having first calving later than 27 months of age was shorter. The heritability of 0.21 was estimated for longevity. The daughters of the best 10 sires were producing during maximum 11 years, whereas the daughters of the worst 10 sires had maximum 8 lactation periods.

BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben a termelési tulajdonságokra irányult a szelekció, így az élettartam jelentősen lecsökkent (*Berta és Béri, 2006*). A holstein-fríz fajta átlagos selejtezési életkora 5-6 évnél nem több. A hasznos élettartam pedig nem éri el a 3 évet, jelenleg 2,2-2,3 laktáció között alakul (*Ducrocq és mtsai, 1988*).

A magyartarka tipikus kombinált kettős hasznosítású fajta, amely egyesíti a minőségi tejtermelés (magas zsírtartalom és fehérjetartalom) és hústermelés (kiváló vágóérték, korszerű húsminőség) iránt napjainkban támasztott elvárásokat. A megfelelő tejtermelés, illetve a húsminőség mellett igen fontosak az egyed fitness-tulajdonságai. A biológiai stabilitás, a kimagasló funkcionális küllem (tőgy, lábszerkezet, izmoltság) mellett kiemelt jelentőséggel bír a hosszú hasznos élettartam (*Holló és Szabó, 2016*). Ezzel kapcsolatban két fogalmat használnak a szerzők. Az egyik az élettartam, mely az egyed születésétől az állományból való kikerüléséig tart, a másik a hasznos élettartam, ami az első laktáció kezdetétől a kikerülés napjáig terjed (*Báder, 2001*). A hasznos élettartam több, különböző mutatóval jellemezhető. *O'Rourke és mtsai (1995)* szerint a hasznos élettartam az állományban eltöltött évek száma. *Bedő és mtsai (2014)* szerint a hasznos élettartam az ellenőrzött magyartarka-állományban 2012-ben 2,7 volt. Véleményük szerint az elmúlt évtizedekben az élettartam kissé csökkenő tendenciát mutat. Ez azért jelent problémát, hiszen minél hosszabb a hasznos élettartam, annál hosszabb termelési időre oszlik el az üszők felnevelési költsége és ez javíthatja a gazdaságosságot. A hosszabb élettartamú és többször ellő tehének egyébként is csökkentik a tenyésztőipótláshoz szükséges üszőborjak számát.

Az elmúlt évtizedekben a céltudatos szelekció és a nagyobb genetikai értékű állományokat kiszolgáló tartás- és takarmányozástechnológiának köszönhetően a tejtermelés fokozatosan növekszik (*Húth, 2011*). A fitness tulajdonságok (pl. hasznos élettartam, termékenység stb.) esetében ez a tendencia már nem figyelhető meg (*Komlósi és Húth, 2010*). A funkcionális tulajdonságokra irányuló tenyészértékbecslés elsőként Ausztriában jelent meg a tenyészbírák hasznos élettartam-örökítésére vonatkozóan (*Fürst, 2001*). Hazánkban az új Kettőshasznú Termelési Indexben (KTI) az indexalkotó tulajdonságok köre kiegészült a hús- és fitness tulajdonságok tenyészértékeivel. Ennek köszönhetően az indexben a tej-, a hús- és a fitness tenyészérték 40%:30%:30% arányban került súlyozásra. A fitness tenyészérték indexen belül a hasznos élettartam tenyészérték 8%-t tesz ki (*Húth és mtsai, 2013*).

Kettős- és tejhasznú fajták hasznos élettartamának öröklődhetőségét és befolyásoló tényezőit több kutató elemezte. A hasznos élettartam öröklődhetőségét szerzők viszonylag széles intervallumban – 0,05 és 0,3 között – állapították meg. *Mészáros és mtsai (2008)* szlovák pinzgau tehének hasznos élettartamát befolyásoló tényezők becslését végezték el. Vizsgálatukban az 1,0 feletti érték a veszély növekedését, míg az alacsonyabb a csökkenését mutatta. Eredményeik alapján a selejtezés veszélye az első ellés éve esetében 1,554, az első elléskori életkornál 0,995, a laktáció stádiumánál 0,880, míg az állományonkénti átlag-életteljesít-

ménynél 0,963 volt. *Mészáros és mtsai* (2008) későbbi vizsgálatukban a hasznos élettartam genetikai becslését végezték el túlélési elemzéssel. Megállapították, hogy a kisebb tejtermelés és a későbbi első elléskori életkor növelte a kiesés kockázatát. Az első laktáció kezdetekor volt a legnagyobb a kiesés kockázata, mely a laktáció előrehaladtával csökkent. A hasznos élettartam öröklődhetőségét 0,05-ra becsülték. *Jovanovac és mtsai* (2013) megállapították, hogy az alacsony tejtermelés 2,7-szer nagyobb kiesési kockázatot jelentett az átlagos termeléshez képest. Eredményeik szerint az első elléskori életkor és az állomány mérete kevésbé befolyásolta az élettartamot, amelynek öröklődhetőségét 0,06-ra becsülték. *Morek-Kopeć és Zarnecki* (2017) szerint a hasznos élettartam alakulását főként a laktáció stádiuma és az állomány méretének éves változása befolyásolja, a hasznos élettartam öröklődhetőségre 0,09-es értéket számítottak. *Pfeiffer és mtsai* (2015) eredményei alapján az élettartam öröklődhetősége 0,15, míg *Szmodits* (1987) szerint 0,2-0,3. *Berta és Béri* (2011) a küllemi tulajdonságokat, mint befolyásoló tényezőket vizsgálták holstein-fríz teheneknél. Eredményeik alapján a magasabb, erősebb, mélyebb törzsű, szélesebb farú, kardosabb lábú, sekélyebb tőgyű és magasabb hátsó tőgyféllel rendelkező egyedek tovább maradtak termelésben. A fő bírálati tulajdonságok közül a tejelő jelleg és a testkapacitás bizonyult meghatározónak az élettartam szempontjából. A küllemi tulajdonságok és a hasznos élettartam közötti kapcsolatot elemezve *Bognár* (2006) a hátulsó tőgyfél magasság, tőgymélység, tőgypontszám, farmagasság és a hasznos élettartam között találta a legszorosabb korrelációt.

A fent említett szakirodalmi források alátámasztják a hasznos élettartam vizsgálatának jelentőségét. A tenyészet mérete, az első elléskori életkor, valamint a bika örökítőképesége hatással lehet a tehenállomány termelésben töltött idejére. Kutatásunk célja a hazai, termelésellenőrzött, kettőshasznú magyartarka állomány hasznos élettartamának és az előbb említett befolyásoló tényezőknek (tenyészetméret, első elléskori életkor, bikaválasztás) az elemzése volt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatáshoz szükséges adatokat a Magyartarka Tenyésztők Egyesülete szolgáltatta, mely megfelelő szűrést és tisztítást követően 11 476 tehen adatait foglalta magába. A vizsgálatba bevont egyedek 1997 és 2016 között születtek. Ebből adódóan, az adatbázis nem csak a már kiesett, hanem a még termelésben lévő egyedek adatait is tartalmazta. Az adatbázis 17%-a cenzorált, tehát a vizsgálatkor 1927 tehen még termelésben volt. Az utolsó kiesési adat 2019 márciusából származik.

A hasznos élettartam az első elléstől a selejtezésig tartó időszakot jelöli, mely több mérőszámmal jellemezhető. Ezek közül vizsgálatunkban az ellésszámot használtuk a hasznos élettartam kifejezésére. Az állományban maximálisan 13 ellés fordult elő.

A hasznos élettartamot, a selejtezést befolyásoló tényezők közül az alábbi termelési és tenyésztési paramétereket vizsgáltuk:

Első elléskori életkor

Az első elléskori életkort 22 és 34 hónap között vettük figyelembe. Az elemzéshez 7 kategóriát hoztunk létre az elemszám alapján:

1. ≤ 25 hónap (n=517)
2. 26 (n=1 423)
3. 27 (n=2 649)
4. 28 (n=2 377)
5. 29 (n=1 836)
6. 30 (n=1 230)
7. ≥ 21 (n=1 444)

Tenyészet-év hatás

A modellben a tenyészet és az év együttes hatását időfüggő változóként vettük figyelembe.

A hasznos élettartamot befolyásoló tényezők elemzéséhez túlélési analízist használtunk a Survival Kit (*Mészáros és mtsai 2013*) program segítségével. A vizsgálni kívánt hatások szignifikancia-vizsgálatának elvégzése után az alkalmazott egyedmodellben a tenyészet-év hatást és az első elléskori életkort fix, az egyed genetikai hatását random hatásként vettük figyelembe. A tenyészetméret hatása nem volt statisztikailag igazolható, így a végleges modellben nem vettük figyelembe. A kiesési kockázatot relatív kiesési kockázatként mutattuk be, amely a legtöbb cenzorálatlan adattal bíró osztályhoz képest az egyes csoportokba sorolható egyedek kiesési esélyét szemlélteti.

Az alábbiak szerint a túlélési modellel meghatároztuk a becsült kockázatok megbízhatóságát:

$$R = 1 - \frac{PEV}{\sigma_g^2}$$

R = megbízhatóság

PEV = becslési hiba varianciája, ami a Survival Kit által becsült standard hiba négyzete

σ_g^2 = genetikai variancia

A megbízhatóság mellett a hasznos élettartam öröklődhetőségét is megbecsültük *Mészáros és mtsai (2010)* képlete alapján:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\frac{1}{p} + \sigma_g^2}$$

h^2 = öröklődhetőség

σ_g^2 = genetikai variancia

p = cenzorálatlan adatok aránya

A tenyészbikák genetikai értékének vizsgálata

A kiesési kockázatok meghatározásánál az egyedek relatív kockázatát is megállapítottuk, ami egyben az örökítő-képesség becslésére is felhasználható. A kapott kockázati hányadosok alapján az 1858 bikából kiválasztottuk a 10 legjobb és a 10 leggyengébb örökítőképességűt. Ugyan ezeknek a bikáknak leválogattuk a lányaik termelését és a kiesési kockázatát. A hasznos élettartamnál az ellések számát, míg a tejtermelésnél az 1. laktációs tejtermelés eredményét vettük figyelembe.

Az adatok rendszerezéséhez a Microsoft Excelt és Access programcsomagokat, a statisztikai vizsgálatokhoz az SPSS for Windows programot használtuk. A két szélsőséges csoport leányainak eredményeit kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze. Az első elléskori életkor és az 1. laktációs tejtermelés közötti kapcsolatot variancia-analízissel értékeltük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEŚÜK

Az 1. ábra a hazai kettőshasznú magyartarka állomány ellések száma szerinti megoszlását mutatja be.

1. ábra Az állomány ellések száma szerinti megoszlása (N=11 476)

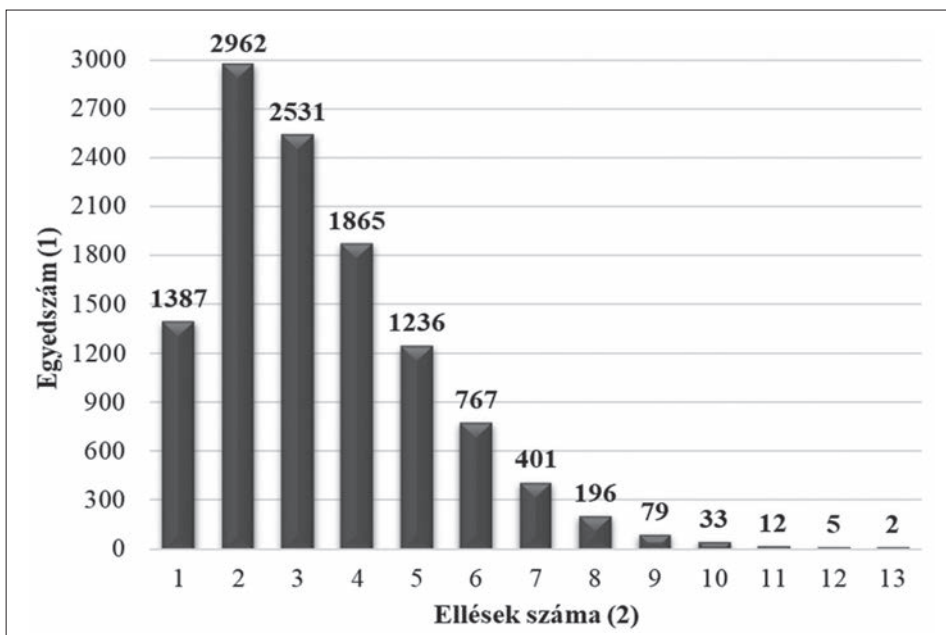


Figure 1. Distribution of number of calving (N=11 476)

number of cows (1); number of calving (2)

Az 1. ábra alapján elmondható, hogy az ellések előrehaladtával folyamatosan csökken a még termelésben lévő egyedek száma. Megfigyelhető, hogy közel 3 000 egyed csupán két borjút ellett. A vizsgált állományban az átlagos hasznos élettartam 3,38 ellés. Jovanovac és Raguž (2011) 8 212 horvát tarka hasznos élettartamának vizsgálata során megállapította, hogy az elemzett állomány átlagos élettartama 3,96 ellés.

2. ábra Az első elléskori életkor szerint becsült kockázati hányadosok

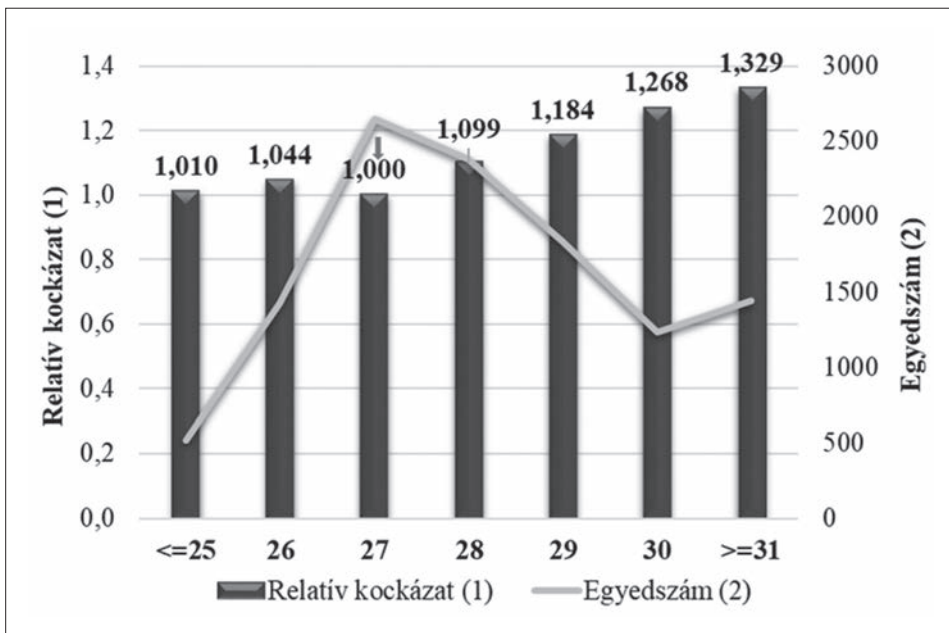


Figure 2. Effect of age at first calving on the relative culling risk

risk ratio (1); number of cows (2)

A 2. ábra az első elléskori életkor szerint becsült kockázati hányadosokat mutatja be. Eredményeink alapján minél később történt az első ellés, annál nagyobb volt a kiesési kockázat. A 31 hónapnál nagyobb első elléskori életkor 33%-kal növelte a kiesést a 27 hónapos első elléskori életkorhoz képest.

A 2. ábra bemutatta, hogy az első elléskori életkor hatással van a kiesés alakulására. Az 1. táblázat az első elléskori életkor és az 1. laktációs tejtermelés közötti kapcsolatot szemlélteti.

Az 1. táblázat alapján megállapítható, hogy az első elléskori életkor hatással van a tejtermelés alakulására, hiszen az első elléskori életkor előrehaladtával a tejtermelés folyamatosan csökkent. Ehhez hasonlóan Nilforooshan és Edriss (2004) megállapította, hogy a korábbi első elléskori életkor pozitív hatással volt a tejtermelésre.

1. táblázat

Az első elléskori életkor hatása az 1. laktációs tejtermelésre

Első elléskori életkor (hónap) (1)	Laktációs tejtermelés (kg/laktáció) (2)
<=25	5 825 ^a
26	5 591 ^b
27	5 444 ^c
28	5 387 ^c
29	5 238 ^d
30	5 198 ^d
>=31	5 021 ^e

^{abcde}Az eltérő betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek $p < 0,05$ szinten

^{abcde}Different letters show significant differences at $p < 0.05$

Table 1. Effect of age at first calving on first lactation milk production

age at first calving (month) (1); milk production (kg/lactation) (2)

Kutatásunkban az egyedeknek a hasznos élettartamra számított kiesési kockázatai alapján meghatároztuk a 10 legjobb és a 10 leggyengébb örökítő-képességű bikát. A 2. táblázat ezen egyedek, illetve leányaik leíró statisztikai eredményeit mutatják be.

2. táblázat

Leíró statisztikai eredmények a 10 leggyengébb és legjobb kiesési kockázatú bika és leányai esetében

	Leggyengébb (1)		Legjobb (2)	
	Bika (3)	Leányai (4)	Bika (3)	Leányai (4)
N	10	549	10	1012
Relatív kockázat, átlag (5)	1,525	1,234	0,590	0,758
Relatív kockázat, szórás (6)	0,171	0,126	0,047	0,074
Megbízhatóság, átlag (7)	0,454	0,253	0,624	0,266
Megbízhatóság, szórás (8)	0,205	0,071	0,151	0,056

Table 2. Descriptive statistics of the two extreme categories

worst (1); best (2); bull (3); daughter (4); risk ratio, mean (5); risk ratio, SD (6); reliability, mean (7); reliability, SD (8)

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a legjobb bikák és leányaik alacsonyabb kiesési kockázatot (0,590; 0,758) értek el, mint a leggyengébb bikák és leányaik (1,525; 1,234). Vizsgálatunk alapján a hasznos élettartam öröklődhetősége 0,21. Ezzel szemben Jovanovac és mtsai (2013) szerint ez az érték 0,06, Stefler és mtsai (1995) vizsgálatai alapján 0,2, Szmodits (1987) és Horn (1995) szerint 0,2-0,3.

3. ábra A 10 legjobb és a 10 leggyengébb kiesési kockázatú bika leányainak túlélése

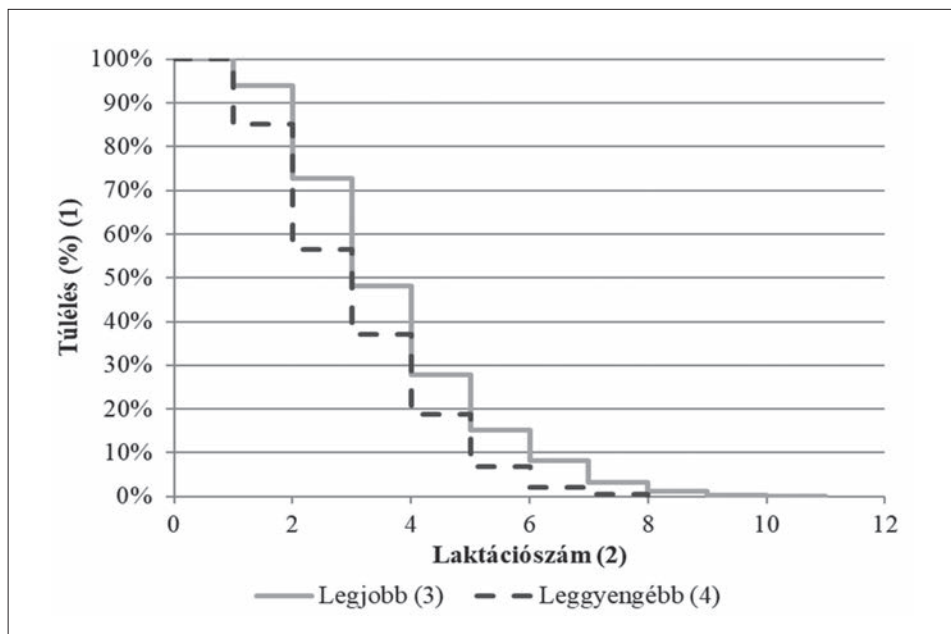


Figure 3. Survival function for the daughters from the ten best and ten worst sires

survival (%) (1); number of lactation (2); best (3); worst (4)

A 3. ábra a 10 legjobb és a 10 leggyengébb örökítő-képességű bikák leányainak túlélését mutatja be. A görbe lefutása megmutatta, hogy a legjobb örökítő-képességű bikák leányai tovább maradtak termelésben, mint a 10 leggyengébb örökítő-képességű bikák leányai. Az ábrán megfigyelhető, hogy míg a legjobb bikák leányai 11. laktációt is elérték, addig a 10 leggyengébb bika leányai maximum 8 laktációt teljesítettek (3. ábra).

A túlélés mellett elemeztük a 10 leggyengébb és a 10 legjobb örökítő-képességű apa leányainak hasznos élettartamát és tejtermelését is. A hasznos élettartamot az ellésszámmal, a tejtermelést az 1. laktációs tejtermeléssel fejeztük ki. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a gyengébb apák leányai kevesebb ellést (3,06) teljesítettek, mint a jobb apák leányai (3,71). A tejtermelés elemzésénél hasonló eredményt kaptunk, hiszen a gyengébb apák leányai közel 700 kg-mal kevesebb tejet termeltek (5 235 kg), mint a jobb apák leányai (6 001 kg).

KÖVETKEZTETÉSEK

A hazai, kettőshasznú magyartarka populáció vizsgálata során megállapítottuk, hogy az átlagos hasznos élettartam 3,38 ellés. A hasznos élettartamot befolyásoló tényezők közül a legnagyobb kiesési kockázatot a 27 hónapnál későbbi első elléskori életkorra becsültük. A vizsgált állományban az első elléskori életkor

előrehaladtával a tejtermelés folyamatosan csökkent. A hasznos élettartam örökölhetőségét közepesre (0,21) becsültük. A legjobb örökítő-képességű bikák és leányaik kisebb kiesési kockázatot (0,590; 0,758) értek el, mint a leggyengébb bikák és leányaik (1,525; 1,234), így a gyengébb apák lányai ellettek, kevesebb tejet termeltek, mint a jobb apák leányai.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az EFOP 3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Báder, E. (2001): Élettartam, hasznos élettartam. *Agro Napló*, 5-6. 45-46.
- Bedő, S. – Füller, I. – Holló, G. – Húth, B. – Mészáros, Gy. – Polgár, J. P. – Stefler, J. – Vágó, B. (2014): A magyartarka tenyésztése. szerk. Stefler, J. *Magyartarka Tenyésztők Egyesülete*, 108-109.
- Berta, A. – Béri, B. (2006): Tejhasznosítású tehének küllemének szerepe a hasznos élettartamban. *Agrártudományi Közlemények*, 21. 11-18.
- Berta, A. – Béri, B. (2011): A hasznos élettartam és a küllem kapcsolatának elemzése holstein-fríz teheneknél. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60. 47-55.
- Bognár, L. (2006): A hosszú hasznos élettartam. *Holstein Magazin*, 3. 20-21.
- Ducrocq, V. P. – Quaas, R. L. – Pollak, E. J. – Casella, G. (1988): Length of productive life of dairy cows. 1. Justification of a Weibull model. *J. Dairy Sci.*, 71. 3061-3070.
- Fürst, C. (2001): Zucht auf Fitness und Gesundheit beim Fleckvieh – Nutzungsdauer und Langlebigkeit. 24. Kongr. Europ. Verein. Fleckviehzücht., október 10-14. Románia, Brassó
- Holló, I. – Szabó, D. (2016): Szarvasmarha-tenyésztés. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 65-68.
- Horn, P. (1995): Állattenyésztés 1. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 581.
- Húth, B. (2011): A magyartarka tenyésztés aktuális helyzete. *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 39. 8.
- Húth, B. – Holló, I. – Füller, I. – Polgár, J. P. – Komlósi I. (2013): Tenyésztési stratégia a magyartarka nemesítésében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 62. 384-397.
- Jovanovac, S. – Raguž, N. (2011): Analysis of the relationships between type traits and longevity in croatian simmental cattle using survival analysis. *Agric. Consp. Sci.*, 76. 249-253.
- Jovanovac, S. – Raguž, N. – Sölkner, J. – Mészáros, G. (2013): Genetic evaluation for longevity of Croatian Simmental bulls using a piecewise Weibull model. *Arch. Tierz.*, 56. 89-101.
- Komlósi, I. – Húth, B. (2010): A magyar tarka fajta tejtermelési perzisztenciájának értékelése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 59. 1-10.
- Mészáros, G. – Fuerst, C. – Fuerst-Waltl, B. – Kadlečík, O. – Kasarda, R. – Sölkner, J. (2008): Genetic evaluation for length of productive life in Slovak Pinzgau cattle. *Arch. Tierz.*, 51. 438-448.
- Mészáros, G. – Pálos, J. – Ducrocq, V. – Sölkner, J. (2010): Heritability of longevity in Large White and Landrace sows using continuous time and grouped data models. *Gen. Select. Evol.*, 42. 13.
- Mészáros, G. – Sölkner, J. – Ducrocq, V. (2013): The survival kit: software to analyze survival data including possibly correlated random effects. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 110. 503-510.
- Morek-Kopeć, M. – Zarnecki, A. (2017): Genetic evaluation for functional longevity in Polish Simmental cattle. *Czech J. Anim. Sci.*, 62. 276-286.
- Nilforooshan, M. A. – Edriss, M. A. (2004): Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. *J. Dairy Sci.*, 87. 2130-2135.

- O' Rourke, P. K. – Fordyce, G. – Holroyd, R. G. – Sullivan, R. M. (1995): Mortality, wastage, and lifetime productivity of Bos Indicus cows under extensive grazing in Northern Australia. Comparison of culling strategies. Aust. J. Exp. Agr., 35. 307-316.
- Pfeiffer, C. – Fuerst, C. – Ducrocq, V. – Fuerst-Waltl, B. (2015): Short communication: Genetic relationships between functional longevity and direct health traits in Austrian Fleckvieh cattle. J. Dairy Sci., 98. 7380-7383.
- Steffler, J. – Holló, I. – Iváncsics, J. – Dohy, J. – Boda, I. – Bodó, I. – Nagy, N. (1995): Szarvasmarha-tenyésztés. Horn P. (szerk.). Állattenyésztés 1. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 304.
- Szmodits, T. (1987): Hosszú hasznos élettartam. Magyar Mezőgazdaság, 42. 14.

Érkezett: 2020. április

Szerzők címe: Török E.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Állattenyésztési Tanszék, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Authors' address: University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Animal Science, Biotechnology and Natural Conservation, Department of Animal Husbandry, Doctoral School of Animal Science
H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.
torok.evelin@agr.unideb.hu

Béri B. – Komlósi I. – Posta J.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Állattenyésztési Tanszék
University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Animal Science, Biotechnology and Natural Conservation, Department of Animal Husbandry
H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

Füller I. – Vágó B.

Magyartarka Tenyésztők Egyesülete
Association of Hungarian Simmental Breeder's
H-7150 Bonyhád, Zrínyi utca 3.

PECSENYEC SIRKE TÁPOK BÚZAKORPA KIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA A VAKBÉL-MIKROBIOM ÖSSZETÉTELÉRE ÚJ GENERÁCIÓS SZEKVENÁLÁSI MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL

SUCH NIKOLETTA – FARKAS VALÉRIA – PÁL LÁSZLÓ – KOLTAY ILONA ANNA – MEZŐLAKI ÁKOS – MOHAMED ALI RAWASH – HUSVÉTH FERENC – DUBLECZ KÁROLY – MOLNÁR ANDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők új generációs szekvenálási módszerrel vizsgálták a takarmány búzakorpa kiegészítésének hatását a brojlercsirkék vakbél mikrobiom összetételére. Összesen 192 Ross 308 genotípusú napos kakással két kezelési csoportot alakítottak ki 4 ismétlésben, fülként 24 állattal. Az állatok kukorica-szója alapú kontroll (C) és búzakorpával (BK) kiegészített takarmányt fogyasztottak *ad libitum*. A hízalás 37. napján fülként két-két állatot levágtak, majd a vakbélartalomból mintát gyűjtöttek a baktériumösszetétel elemzéséhez. A mikrobiális összetételt 16S rRNS (V3-V4 régiók) gén alapú Illumina MiSeq szekvenálással határozták meg. Mindkét csoportban az uralkodó törzsek a *Bacteroidetes* (57,5%–59,0%), *Firmicutes* (30,8%–37,2%), *Verrucomicrobia* (0,0%–5,9%) és a *Proteobacteria* (0,5%–2%) voltak. A *Ruminococcaceae* család relatív bősége kisebb volt a ($p < 0,034$) BK csoportban (11,8%) mint a C csoportban (6,8%). Mindkét kezelésnél az uralkodó nemzetség a *Bacteroides* (49,3%–44,9%), az *Oscillospira* (3,3%–1,9%), a *Faecalibacterium* (2,3%–1,0%) és az *Akkermansia* (1,9%–5,9%) volt. Az *Oscillospira* nemzetség szignifikánsan kisebb relatív gyakorisággal fordult elő ($p < 0,021$) a BK, mint a C csoportban. Következtetésként megállapítható, hogy a búzakorpa-kiegészítés befolyásolta a brojlercsirke vakbél-mikrobiomot a vágási életkorban.

SUMMARY

Such, N. - Farkas, V. - Pál, L. - Koltay, I. A. - Mezőlaki, Á. - Rawash, M. A. - Husvéth, F. - Dublec, K. - Molnár, A.: THE EFFECTS OF WHEAT BRAN SUPPLEMENTATION ON THE CAECAL MICROBIOME OF BROILER CHICKENS USING NEXT GENERATION SEQUENCING

It is known that the intestinal microflora plays an important role in the metabolic processes, health, growth performance and digestion of the host animal. The present study investigated the effects of wheat bran supplementation on chicken caecal microbiota composition using a new generation sequencing technique. In total, 192 male Ross 308 one-day-old chickens were divided into two dietary treatment groups using four replicate pens and 24 chickens per pens. A corn-soybean based control diet (C) and wheat bran (WB) supplemented diets were formulated and fed *ad libitum*. The wheat bran content of the starter, grower and finisher diets were 3, 6 and 6%, respectively. The average particle size of wheat bran was 1.11 mm. On day 37 of life, two chickens per pen were slaughtered and caecal chymus samples were collected for microbiota analysis. Individual samples taken were homogenised, then immediately snap-frozen and stored at -80°C until further processing. For laboratory analyses samples of chicken from one pen were pooled and 16S rRNA (V3-V4 region) gene targeted Illumina MiSeq sequencing was used for microbiota analysis. Statistical analysis was performed with Statistical Analysis of Metagenomic Profile (STAMP) packages. The read number was with an average of 152.329 reads per control, and 140.349 reads per WB sample group. Results were assigned to five taxonomic levels (phylum, class, order, family and genus). The predominant phyla in both treatment groups were *Bacteroidetes* (57.5%-59.0%), *Firmicutes* (30.8%-37.2%), *Verrucomicrobia* (0.0%-5.9%) and *Proteobacteria* (0.5%-2%), respectively. Relative abundance of *Ruminococcaceae* family was lower ($p < 0.034$) in the WB group (11.8%) compared to the C (6.8%) group. Predominant genera in both treatment groups were *Bacteroides* (49.3%-44.9%), *Oscillospira* (3.3%-1.9%), *Faecalibacterium* (2.3%-1.0%) and *Akkermansia* (1.9%-5.9%). The relative abundance of *Oscillospira* genus were significantly lower ($p < 0.021$) in the WB than in the C group. In conclusion, wheat bran supplementation substantially influenced caecal microbiome of broiler chickens at slaughter age and the results provide information for future dietary intervention programs of the chicken microbiome.

BEVEZETÉS

Az antibiotikumokat a 20. század egyik legnagyobb jelentőségű felfedezésének tekintik (Davies és Davies, 2010). Alkalmazásuk az állattenyésztésben már több mint 60 éve létezik a termelékenységet jelentős mértékben javító hatása miatt világszerte (Knapp és mtsai, 2010; Angelakis és mtsai, 2013). Használatuk azonban vita tárgyát képezi, az EU-ban már betiltották a hozamfokozóként történő alkalmazást, a terápiás használat azonban továbbra is világszerte engedélyezett. Sajnos azonban jellemző, hogy profilaktikus használatuk még mindig gyakori (Van Immerseel és mtsai, 2017). Kiváltásuk, valamint az állatállományok immunitásának és takarmány-hasznosításának javítása érdekében a környezetbarát és közegészségügyi szempontból biztonságos takarmány-adalékanyagok kutatása az állattenyésztés egyik fő kihívásává vált a 21. században (Wang és mtsai, 2017). Az utóbbi években számos közlemény jelent meg a háziyúk termelését és egészségi állapotát befolyásoló mikrobiom összetételéről és összefüggéseiről (Farkas és mtsai, 2019). Valószínűleg ez a leginkább tanulmányozott szimbiotikus rendszer napjainkban (Rosenberg és Rosenberg, 2008). A gyomor és bélrendszer mikrobiom jelentős hatással van a gazdaszervezetre, pl. az emésztőrendszer fejlődésére, továbbá egyes élettani, biokémiai és immunológiai folyamatokra. A közelmúltig ez a bonyolult kapcsolatrendszer nehezen vizsgálhatóan és alig megismerhetőnek tűnt. Az ezredfordulót követően azonban az újgenerációs szekvencia-meghatározási technológia egy új kutatási területet hozott létre, az úgynevezett metagenomikát. Ennek segítségével összetett mikrobiális közösségek széleskörű vizsgálatára nyílt lehetőség, anélkül, hogy a közösség egyes tagjait izolálni, laboratóriumban tenyészteni kellene. A módszer információt nyújt a mikrobák együttműködéséről és a közösségi szintű anyagcsere-folyamatokról is (Farkas és mtsai, 2019). Régóta ismert és elfogadott tény, hogy a bél mikrobiom összetételében bekövetkező változások legfőbb oka a takarmány változtatása lehet. Ilyen például a gabonarost arányának növelése is (Torok és mtsai, 2011). A táplálékban lévő rostalkotók emészthetetlenek az emberi és állati szervezet által termelt enzimek számára, de a mikrobák képesek azokat bontani és energiaforrásként felhasználni, vagyis prebiotikus hatással rendelkeznek. A prebiotikumokat a brojlercsirke nevelésben széles körben használják a bél egészségének javítására és a teljesítmény serkentésére (De Maesschalck és mtsai, 2015).

A prebiotikus hatású étkezési rostokról ismert, hogy sokféle módon javítják mind az ember, mind az állatok gyomor-bélrendszerei egészségét. Javíthatják az emésztőcsövön keresztüli áthaladási időt, és rosttípustól függően stimulálhatják az eubiotikus baktériumok szaporodását és aktivitását (Vermeulen és mtsai, 2018). Magas oldható rosttartalmú gabonaféléket korábban csak kismértékben alkalmazták antinutritív, viszkozitás növelő hatásuk miatt, azonban a xilanáz és glükánáz enzimek használatának elterjedésével etetésük biztonságossá vált (Józsefiak és mtsai, 2007). A gabonafélékben található oldható arabinoxilán és béta-glükán a gyomor-bél traktusban a baktériumok fermentációjának fő prekursorai. A folyamat végtermékei a rövid szénláncú zsírsavak, mint például a vajsav (Hamer és mtsai, 2008). A vajsav mennyiségének növekedése a bélben javítja a hisztomorfológiai képet, a táplálóanyagok felszívódását és a termelési paramétereket (Schneeman, 2002). A búzakorpa könnyen elérhető rostforrás, amely magas arabinoxilán-tartalommal

rendelkezik (Stevenson és mtsai, 2012). A mikrobiális fermentációra kifejtett hatása mellett, illetve azzal összefüggésben kimutatták, hogy az arabinoxilán csökkenti az enterális patogének kolonizációját (Zhang és mtsai, 2004). Jelen tanulmány célkitűzése az volt, hogy a brojlersírkék takarmányához adott búzakorpa kiegészítés hatását vizsgálja a vakbél mikrobiom összetételére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Összesen 192 Ross 308 genotípusú napos kakast osztottunk két takarmányozási, egy kontroll (C), és egy búzakorpával kiegészített (BK) takarmányt fogyasztó csoportba, kezelésként 4 ismétléssel (24 állat fülkénként). A naposcsibéket automata, számítógéppel vezérelt optimális környezeti feltételeket biztosító zárt helyiségben helyeztük el, 10 csibe/m² sűrűségben. A csoportos tartás szecsckázott búzaszalma mélyalommal ellátott, horganyzott lemezből és huzalból készített fülkékben történt. A dercés formátumú kísérleti takarmányokat úgy alakítottuk, hogy azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkezzenek, valamint, hogy

1. táblázat

A kísérleti tápok összetétele (g/kg)

Összetétel (1)	Indító (2) (1 - 10 nap)		Nevelő (3) (11 - 24 nap)		Befejező (4) (25 - 37 nap)	
	C (5)	BK (6)	C	BK	C	BK
Kukorica (7)	466	434	534	469	589	524
Búzakorpa (8)	0	30	0	60	0	60
Extrahált szójadara (9)	338	333	361	352	310	300
Napraforgó olaj (10)	63	70	62	76	60	74
Takarmánymész (11)	19	19	15	15	15	15
Monokalcium-foszfát (12)	15	15	14	14	13	13
Napraforgó (13)	80	80	0	0	0	0
L-Lizin	5	5	2	2	2	2
DL-Metionin	4	4	3	3	3	3
L-Threonin	1	1	1	1	0	1
Valin	1	1	0	0	0	0
NaCl	3	3	3	3	3	3
NaHCO ₃	1	1	1	1	1	1
Premix	4	4	4	4	3,5	3,5
Fitáz	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
NSP bontó enzim (14)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Összes (15)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

C: kontroll takarmány; BK: búzakorpával kiegészített takarmány

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg as fed)

composition (1); starter (2); grower (3); finisher (4); control group (5); wheat bran supplemented group (6); maize (7); wheat bran (8); extracted soybean meal (9); sunflower oil (10); limestone (11); MCP (12); sunflower (13); NSP digesting enzyme, beta 1-4, endo-xylanase - Econase XT, AB Vista, Marlborough (14); total (15)

megfeleljenek a választott genotípus igényeinek a tenyésztő ajánlása alapján (Aviagen, 2019). A takarmányhoz minden kezelés esetében NSP bontó enzimet tartalmazó Econase XT (AB Vista Ltd., Marlborough) adalékot adtunk. A tápok három fázisban etettük: indító (1. naptól 10. napig), nevelő (11. naptól a 24. napig) és befejező (25. naptól a 37. napig) (1.-2. táblázat.).

Az állatoknak *ad libitum* hozzáférést biztosítottunk a takarmányhoz és az ivóvízhez a kísérlet teljes ideje alatt. A BK kezelésbe tartozó csibék indító, nevelő és befejező tápjához külön-külön 3, illetve 6-6% búzakorpat kevertünk, a C kezelés állataival etetett takarmány búzakorpa kiegészítést nem tartalmazott.

2. táblázat

A kísérleti tápok mért táplálóanyag-tartalma (%)

Táplálóanyag (1)	Indító (2) (1 - 10 nap)		Nevelő (3) (11 - 24 nap)		Befejező (4) (25 - 37 nap)	
	C (5)	BK (6)	C	BK	C	BK
AME _n (MJ/kg) (7)	12,1	12,2	13,1	13,0	13,0	13,1
Száranyag (8)	88,8	89,0	88,5	88,8	88,2	88,8
Nyersfehérje (9)	22,9	23,0	20,7	21,2	18,8	19,1
Nyerszsír (10)	8,3	9,2	9,1	10,1	8,9	10,0
Nyersrost (11)	4,0	4,6	3,8	4,2	3,6	4,3
Nyershamu (12)	6,7	6,8	5,6	5,9	5,4	5,7
Ca	1,07	1,08	0,94	0,94	0,89	0,89
P	0,80	0,81	0,67	0,71	0,66	0,70
Keményítő (13)	30,5	29,4	36,9	33,6	38,7	36,4

C: kontroll takarmány; BK: búzakorpával kiegészített takarmány

Table 2. Analysed nutrient content of experimental diets (%)

nutrient (1); starter (2); grower (3); finisher (4); control group (5); wheat bran supplemented group (6); calculated value (7); dry matter (8); crude protein (9); crude fat (10); crude fiber (11); ash (12); starch (13)

Laboratóriumi mérés alapján a kiegészítéshez felhasznált búzakorpa összes arabinoxilán tartalma 90,3 mg/g, míg a vízzel extrahálható arabinoxilán-tartalom 10,8 mg/g volt. A búzakorpa frakció méretét az alábbi módon határoztuk meg: 100 g búzakorpat átteresztettünk egy szitakészleten, amelynek lyukméretezése 3150, 2000, 1000, és 500 μm volt. A szitakészletet 10 percig Retch vibrációs rázógépen ráztattuk (Senselektro Kft. Budapest). Meghatároztuk a szitákon fennmaradt búzakorpa tömegét és kiszámítottuk a tömeg alapú átlagos részecskeméretet, amely 1,11 mm volt.

A nevelés 37. napján ketrecenként 2-2 állatot CO₂-os kábítást követően levágtunk és a vakbélből béltartalom mintát vettünk. A mintákat egyedi homogenizálást követően -80C°-on tároltuk a további vizsgálatokig.

A bakteriális DNS kivonásához 15 mg mintát AquaGenomic Kit-tel (MoBiTec GmbH, Göttingen, Németország) kezeltünk. A további tisztítás KAPA PureBeads (Roche, Bazel, Svájc) felhasználásával, a gyártó protokolljainak megfelelően történt.

Az amplifikáláshoz a *Klindworth és mtsai* (2013) szerint leírt, bakteriális 16s rRNS gén V3-V4 régiójára tervezett primereket használtunk. Az elkészült, minőségellenőrzött és qPCR-rel kvantifikált könyvtárak szekvenálása Illumina Miseq platformon (Xenovea Kft. Szeged) valósult meg.

A nyers szekvenciák analizéséhez a Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME) 1.9.1. verziószámú szoftverét használtuk (*Caporaso és mtsai*, 2010). Az operatív taxonómiai egységek (OTUs) klaszterezését nyílt referencia-stratégia segítségével végeztük, az OTU-k csoportosítása 97%-os hasonlósági szinten történt a Greengenes adatbázis felhasználásával. A taxonómiai azonosítást Ribosomal Database Project (RDP) Naïve Bayes-i osztályozóval (Naïve Bayesian Classifier) 0,8-as konfidencia küszöbértékkel történt (*Wang és mtsai*, 2017).

A mikrobiális diverzitást a minták között (alfa-diverzitás) és a mintacsoportok között (béta-diverzitás) QIIME program segítségével értékeltük. A minták fajgazdagságának (alfa-diverzitás) elemzéséhez az ún. ritkítási görbét és különböző diverzitási indexeket (Simpson, Shannon) használtuk.

A vizsgált minták taxonómiai analizése során az eredményeket - relatív gyakoriság értékek - öt taxonómiai szinten elemeztük (törzs, osztály, rend, család, nemzetség). A minták mikrobiális összetételének - különböző taxonómiai szinteken történő - statisztikai elemzése STAMP (Statistical Analysis of Metagenomics Profiles) programcsomag segítségével történt. A mintacsoportok közötti szignifikáns különbségek vizsgálatához Welch's t-tesztet használtuk ($p < 0,05$).

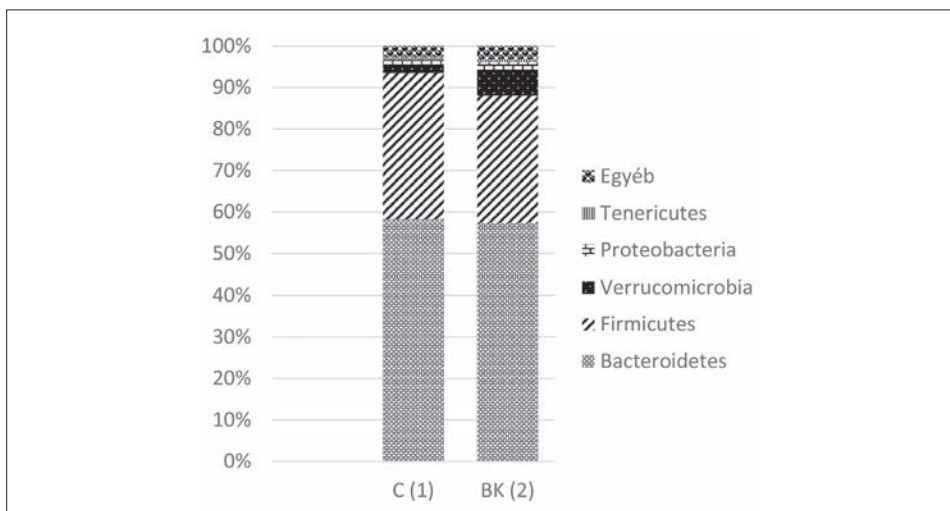
EREDMÉNYEK

A nyolc minta szekvenálása 1.159.278 minőség-ellenőrzött szekvenciát eredményezett, ami 1.020 OTUba került besorolásra. A vizsgált mintákban összesen 7 törzset, 29 osztályt, 43 rendet, 57 családot és 37 nemzetséget találtunk. Az ACE, Shannon és Simpson indexek alkalmazásával hasonló fajgazdagságot figyeltünk meg mindkét kezelés esetében ($p > 0,05$). A két takarmányozási csoportban sok volt a közös OTU (955), míg az egyedi OTU-kból a C csoportban 16, a BK csoportban pedig 44 volt található. A béta diverzitás elemzése során a mikrobiális közösség összetétele nem különbözött egymástól sem a súlyozatlan ($p < 0,84$), sem a súlyozott ($p < 0,68$) UniFrac (Unique fraction metric) analizis szerint.

A két kezelésben részesült csoport vakbél tartalmában 7 baktériumtörzset azonosítottunk, amelyek közül a legnagyobb mennyiségben a *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* és *Verrucomicrobia* jelentek meg.

A felsorolt négy törzs a vizsgált baktériumpopuláció több mint 96%-át képviselte. A *Verrucomicrobia* törzs a búzakorpát fogyasztó csoportban jelentősen nagyobb arányban volt jelen, mint a kontrollcsoportban (1,8%-6,1%), de a nagy szórás miatt ez az eredmény nem mutatott szignifikanciát. A *Firmicutes*:*Bacteroidetes* törzsek aránya 0,579 és 0,656 között mozgott, míg a BK csoportban e paraméter tekintetében numerikusan kisebb számot lehetett megfigyelni ($p > 0,1$). Az 1. ábra azt mutatja, hogy a mikrobiom összetétele a vakbél tartalomban nem különbözött szignifikánsan törzs szinten a két takarmányozási csoport között. Osztály, valamint rend szinten sem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget. A *Ruminococcaceae* család relatív bősége kisebb volt a ($p < 0,034$) BK csoportban (11,8%) mint a C csoportban (6,8%). A *Bacteroidaceae*, a [*Barnesiellaceae*], és

1. ábra A baktériumok törzs szintű azonosítása a pecsenyecsirkék vakbél tartalmában



C: kontroll takarmány; BK: búzakorpával kiegészített takarmány

Figure 1. Relative abundances (%) of the most abundant bacterial phyla in the caecum of broiler chickens (day 37 of life) received control or wheat bran supplemented diet

control group (1); wheat bran supplemented group (2)

3. táblázat

A nyolc leggyakoribb baktérium nemzetség relatív gyakorisága a pecsenyecsirkék vakbél tartalmában

Nemzetség (1)	Kontroll (2)		Búzakorpa (3)		p-érték
	Relatív bőség (%)	SD(4)(%)	Relatív bőség (%)	SD(4)(%)	
Bacteroides	49,30	2,93	44,90	8,56	0,234
Oscillospira	3,30 ^a	0,96	1,90 ^b	0,51	0,021
Faecalibacterium	2,30	1,03	1,00	0,72	0,052
Akkermansia	1,90	3,26	5,90	4,50	0,911
[Ruminococcus]	1,70	0,31	1,50	0,46	0,259
Ruminococcus	1,30	0,75	0,90	0,26	0,220
Parabacteroides	0,00	0,00	2,80	5,31	0,804
Sutterella	0,00	0,00	1,20	1,32	0,901

^{a,b} Azonos sorban az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek

Table 3. The relative abundance (>1%) of the 8 most abundant bacterial genera in caecal content of broiler chickens at day 37 of life

genus (1); control group (2); wheat bran supplemented group (3); standard deviation (4)

a *Ruminococcaceae* relatív gyakorisága több mint 10%-ot ért el, ez volt a három legnagyobb mennyiségben kimutatott család. A *Lachnospiraceae*, *Rikenellaceae*, *Unclassified Clostridiales* és *Verrucomicrobiaceae* család relatív előfordulása pedig több mint 1% volt. A 8 minta 37 azonosított nemzetséget tartalmazott. Azokat a nemzetségeket, amelyek relatív gyakorisága egy csoportban meghaladta a 0,1%-ot, a 3. táblázat mutatja be.

Az előzőekben említett családok mindkét csoport teljes baktériumpopulációjának több mint 53%-át képviselték. Nemzetség szinten a *Bacteroides*, *Oscillospira* és *Faecalibacterium* relatív gyakorisága volt a legnagyobb a C csoportban, míg a *Bacteroides*, *Akkermansia* és *Parabacteroides* domináltak a BK csoportban. Az *Oscillospira* nemzetség relatív gyakorisága a BK csoportban nagyobb volt, mint a C csoport vakbél-tartalmában ($p=0,021$), a *Faecalibacterium* ($p=0,052$) és a *Butyricoccus* ($p=0,054$) nemzetségek az előzőekben említettekhez hasonló trendet mutattak.

MEGBESZÉLÉS

A búzakorpa arabinoxilán-tartalmáról bizonyították, hogy prebiotikus hatást fejt ki (Broekaert és mtsai, 2011), mert különféle baktériumokban szubsztrátként szolgál a rövid szénláncú zsírsavak szintéziséhez (Gibson és mtsai, 2017). Ezenkívül a búzakorpa javíthatja a bél-barrier funkciót, ezzel védve a gazdaszervezetet a kórokozókkal szemben (Chen és mtsai, 2013). Korábbi kutatások eredményei szerint, a búzakorpa-kiegészítés kedvezően befolyásolja a brojlercsirkék mikrobiomjának összetételét (Li és mtsai, 2017; Van Immerseel és mtsai, 2017; Vermeulen és mtsai, 2017;). Ezeket a vizsgálatokat azonban rácspadozaton, vagy faforgács alommal végezték, míg kísérletünk során búzaszalmát alkalmaztunk erre a célra. Vermeulen és mtsai (2017) szerint a csökkentett méretű búzakorpa-frakció elősegíti a diverzebb bél-mikrobiom létrejöttét. Feng és mtsai (2020) kísérlete során a takarmány 5% búzakorpa kiegészítése a termelési paramétereket ugyan nem befolyásolta, de növelte a bifidobaktériumok arányát. Vizsgálatunkban a búzakorpa-kiegészítés nem befolyásolta a vakbél-mikrobiom összetételét törzs szinten, valamint a *Firmicutes/Bacteroidetes* arány sem változott. A *Parabacteroides* és *Sutterella* nemzetség esetében látható, hogy ezen nemzetségek a búzakorpa etetés hatására jelentek meg a vakbél-tartalomban. Gyakoriságuk növekedése azonban statisztikailag nem volt kimutatható, mivel nem minden mintára volt jellemző ez a változás. A *Parabacteroides*ről emelt szintű rostetetés hatására több vizsgálatban is leírták a megnövekedett mennyiségét (Holscher, 2017), ecetsav és borostyánkősav termelésükről, valamint szaccharolitikus aktivitásukról ismertek (Holscher és mtsai, 2015). A *Sutterella* nemzetség szintén a glükózanyagcserében betöltött szerepéről ismert (Wang és mtsai, 2020). Néhány butiráttermelő baktérium előfordulása azonban tendencia jelleggel csökkent, az *Oscillospira* nemzetség arányában azonban szignifikáns csökkenést figyeltünk meg a búzakorpa-kiegészítést követően. Az *Oscillospira* nemzetség a *IV. Clostridia* klaszterbe tartozik, a *Firmicutes* törzs tagja (Konikoff és Gophna, 2016). Egy korábbi vizsgálat eredményei szerint a humán bélrendszerben a növényi étrend hatására csökkent az *Oscillospira* relatív bősége, szemben a hús alapú étrenddel. Feltételezhető, hogy az *Oscillospira* fajok nem

komplex rostbontók, hanem a gazdaszervezet által termelt mucinból felszabaduló cukrokat, vagy más fajok, - például a *Bacteroides* - tagjai által kiválasztott fermentációs termékeket hasznosítják (Zhang és mtsai, 2019). Erre utalhat a numerikusan emelkedett *Bacteroides* gyakoriság a C csoportban. Ezt a feltevést alátámasztja egy tojótyúkokkal végzett vizsgálat is, amelyben markáns különbség mutatkozott a szóját és a rovarfehérjét fogyasztó takarmányozási csoportok vakbél-mikrobiom között. Utóbbi takarmánykomponens alkalmazása esetében ugyanis az *Oscillospira* megnövekedett arányát figyelték meg. Az *Oscillospiráról* ismert, hogy emberben gátolhatja a *Clostridium difficile* által okozott fertőző betegséget (Konikoff és Gophna, 2016; Thitaram és mtsai, 2016). Jelenléte több okból is előnyt jelenthet a gazdaszervezet számára, ezért egyre inkább szorgalmazzák probiotikumként való alkalmazását. Egyes humán táplálkozással összefüggő tanulmányok szerint e törzs- és érrendszeri betegségekben szenvedők egészségi állapotának alakulásában is szerepet játszik. A mikrobiom közösségek UniFrac elemzése alapján az *Oscillospira* szignifikáns korrelációban áll az alacsonyabb testtömeggel, elhízás hatására ugyanis csökkenhet az aránya a mikrobiomban (Goodrich és mtsai, 2014). Marono és mtsai (2017) megállapították, hogy az *Oscillospira* nemzetség aránya a mikrobiomban szorosan korrelál a butirát és az összes illózsírsav termeléssel együtt járó mikrobiális folyamatok intenzitásával.

Érdekes, hogy vizsgálatunkban két, butiráttermeléséről ismert nemzetség – a *Butyricoccus* és a *Faecalibacterium* (Moens és mtsai, 2014) – relatív gyakorisága is tendenciaszerű csökkenést mutatott a búzakorpát fogyasztó csoportban. Ennek ellenére humán vizsgálatokban azt tapasztalták, hogy a gyulladással járó bélbetegségekben szenvedő betegeknél kisebb arányban lehetett kimutatni a *Butyricoccus* nemzetséget (Eeckhaut és mtsai, 2013), és csökkent az *Oscillospira* nemzetség aránya is. Eeckhaut és mtsai (2016) baromfival végzett takarmányozási kísérletében a *Butyricoccus* negatív korrelációban állt a vakbélben a zoonotikus betegségek gyakori okozójának számító *Campylobacter* kolonizációjával, így a kiválasztott törzs a jövőben potenciálisan értékes probiotikum lehet (Ramirez-Farias és mtsai, 2009). A *Faecalibacterium* nemzetség tagjai a kommenzalista baktériumok közé sorolhatóak, az állatok és az ember gyomor-bél traktusában általánosan jelen vannak. Ebben a nemzetségben az *F. prausnitzii* az egyetlen azonosított faj, amit a bél egészségi állapotának egyik mutatójaként tartanak számon, valamint aktívan hozzájárul a bél mikrobiom homeosztázisának fenntartásához (Benevides és mtsai, 2017).

A fent említett számos pozitív hatást bemutató tanulmánnyal szemben, Teirlynck és mtsai (2009) a rostetetés esetleges negatív hatásairól számoltak be. Az emésztetlen takarmánykomponensek következtében kialakuló nyálkahártya sérülések olyan gyulladással járó folyamatokhoz vezethetnek, ami negatív hatást gyakorol a csirke emésztés-élettani folyamataira. Emiatt a búzakorpa-kiegészítés megválasztásakor is érdemes körültekintően eljárni, különös tekintettel a részecskeméret meghatározására. Az élettani folyamatok pontos leírásához, valamint az optimális dózis és szemcseméret meghatározásához további kutatások szükségesek.

KÖVETKEZTETÉSEK

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a búzakorpa-kiegészítés befolyásolta a brojlercsirkék vakbél-mikrobiom összetételét vágási korban.

A vakbél-mikrobiom elemzésének eredményei arra utalnak, hogy a búzakorpa prebiotikumként való felhasználása brojlercsirke esetében nem minden esetben jelenti az illózsírsav termelésért felelős baktériumcsoportok felszaporodását. Ezek az eredmények új információkat szolgáltatnak a jövőbeli takarmányozási programokhoz, az állatok egészségét, a termelés intenzitását és a humán szempontból lényeges zoonotikus betegségek elkerülését illetően. További kutatásokra van azonban szükség a búzakorpa baromfi takarmányozásban betöltött szerepének és annak a bélbaktériumokra gyakorolt hatásának pontosabb megértéséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az innovációs és technológiai minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú új nemzeti kiválóság programjának szakmai támogatásával, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt támogatásával készült. A projekt az európai unió támogatásával, az európai szociális alap társfinanszírozásával valósult meg.



IRODALOMJEGYZÉK

- Angelakis, E. – Merhej, V. – Raoult, D. (2013): Related actions of probiotics and antibiotics on gut microbiota and weight modification. *Lancet Infect. Dis.*, 13. 889-899.
- Aviagen (2019): Ross 308 Broiler management handbook. Aviagen group, Huntsville, AL USA
- Benevides, L. – Sriti, B. – Rebeca, M. – Véronique, R. – Muriel, T. – Sylvie, M. – Florian, C. – Harry, S. – Luis, G. B. H. – Mark, M. – Philippe, L. – Vasco, A. A. – Chatel, J. M. – Siomar, S. (2017): New insights into the diversity of the genus *faecalibacterium*. *Front. Microbiol.*, 8. 1790.
- Broekaert, W. F. – Courtin, C. M. – Verbeke, K. – Van de Wiele, T. – Verstraete, W. – Delcour, J. A. (2011): Prebiotic and other health-related effects of cereal-derived arabinoxylans, arabinoxylan-oligosaccharides, and xylooligosaccharides. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 51. 178–194.
- Caporaso, J. G. – Kuczynski, J. – Stombaugh, J. – Bittinger, K. – Bushman, F. D. – Costello, E. K. – Fierer, N. – Peña, A. G. – Goodrich, J. K. – Gordon, J. I. – Huttley, G. A. – Kelley, S. T. – Knights, D. – Koenig, J. E. – Ley, R. E. – Lozupone, C. A. – McDonald, D. – Muegge, B. D. – Pirrung, M. – Reeder, J. – Sevinsky, J. R. – Turnbaugh, P. J. – Walters, W. A. – Widmann, J. – Yatsunencko, T. – Zaneveld, J. – Knight, R. (2010): QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods*, 7. 335–336.
- Chen, H. – Mao, X. – He, J. – Yu, B. – Huang, Z. – Yu, J. – Zheng, P. – Chen, D. (2013): Dietary fibre affects intestinal mucosal barrier function and regulates intestinal bacteria in weaning piglets. *Br. J. Nutr.*, 110. 1837–1848.
- Davies, J. – Davies, D. (2010): Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 74. 417-433.
- De Maesschalck, C. – Eeckhaut, V. – Maertens, L. – De Lange, L. – Marchal, L. – Nezer, C. – De Baere, S. – Croubels, S. – Daube, G. – Dewulf, J. – Haesebrouck, F. – Ducatelle, R. – Taminau, B. – Van Immerseel, F. (2015): Effects of xylo-oligosaccharides on broiler chicken performance and microbiota. *Appl. Environ. Microbiol.*, 81. 5880-5888.
- Eeckhaut, V. – Machiels, K. – Perrier, C. – Romero, C. – Maes, S. – Flahou, B. – Steppe, M. – Haesebrouck, F. – Sas, B. – Ducatelle, R. – Vermeire, S. – Van Immerseel, F. (2013): *Butyricoccus pullicaecorum* in inflammatory bowel disease. *Gut*, 62. 1745-1752.

- Eeckhaut, V. – Wang, J. – Van Parys, A. – Haesebrouck, F. – Joossens, M. – Falony, G. – Raes, J. – Ducatelle, R. – Van Immerseel, F. (2016): The probiotic *Butyricicoccus pullicaecorum* reduces feed conversion and protects from potentially harmful intestinal microorganisms and necrotic enteritis in broilers. *Front. Microbiol.*, 7. 1416.
- Farkas, V. – Molnár, A. – Menyhárt, L. – Márton, A. – Csitári, G. – Pál, L. – Such, N. – Koltay, I. A. – Rawash, M. A. – Mezölaki, Á. – Dublec, K. (2019): New research results on the bacterial communities of the digestive tract in domestic chickens. (In Hungarian, with English summary) *Magyar Állatorvosok Lapja*, 141. 485-494.
- Feng, Y. – Wang, L. – Khan, A. – Zhao, R. – Wei, S. – Jing, X. (2020): Fermented wheat bran by xylanase-producing *Bacillus cereus* boosts the intestinal microflora of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 99. 263-271.
- Gibson, G. R. – Hutkins, R. – Sanders, M. E. – Prescott, S. L. – Reimer, R. A. – Salminen, S. J. – Scott, K. – Stanton, C. – Swanson, K. S. – Cani, P. D. – Verbeke, K. (2017): Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*, 14. 491–502.
- Goodrich, J. K. – Waters, J. L. – Poole, A. C. – Sutter, J. L. – Koren, O. – Blekhman, R. – Beaumont, M. – Van Treuren, W. – Knight, R. – Bell, J. T. – Spector, T. D. – Clark, A. G. – Ley, R. E. (2014): Human genetics shape the gut microbiome. *Cell*, 159. 789-799.
- Hamer, H. M. – Jonkers, D. – Venema, K. – Vanhoutvin, S. – Troost, F. J. – Brummer, R. J. (2008): Review article: the role of butyrate on colonic function. *Aliment. Pharmac. Ther.*, 27. 104–119.
- Holscher, H. D. – Caporaso, J. G. – Hooda, S. – Brulc, J. M. – Fahey, G. C. – Swanson, K. S. (2015): Fiber supplementation influences phylogenetic structure and functional capacity of the human intestinal microbiome: follow-up of a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, 101. 55–64.
- Holscher, H. D. (2017) Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbiol.*, 8. 172-184.
- Józefiak, D. – Rutkowski, A. – Jensen, B. B. – Engberg, R. M. (2007): The effect of β -glucanase supplementation of barley- and oat-based diets on growth performance and fermentation in broiler chicken gastrointestinal tract. *Br. Poult. Sci.*, 47. 57-64.
- Klindworth, A. – Pruesse, E. – Schweer, T. – Peplies, J. – Quast, C. – Horn, M. – Glöckner, F. O. (2013): Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.*, 41. e1.
- Knapp, C. W. – Dolfing, J. – Ehlert, P. A. – Graham, D. W. (2010): Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940. *Environ. Sci. Technol.*, 15. 580-587.
- Konikoff, T. – Gophna, U. (2016): *Oscillospira*: a central, enigmatic component of the human gut microbiota. *Trends Microbiol.*, 24. 523-524.
- Li, B. – Leblois, J. – Taminiau, B. – Williams, L. – Beckers, Y. – Bindelle, J. – Everaert, N. (2017): The effect of inulin and/or wheat bran in the diet during early life on intestinal health of chicks. 21st ESPN 8.-11. may Salou/Vila-Seca, Spain
- Marono, S. – Loponte, R. – Lombardi, P. – Vassalotti, G. – Pero, M. E. – Russo, F. – Gasco, L. – Parisi, G. – Piccolo, G. – Nizza, S. – Di Meo, C. – Attia, Y. A. – Bovera, F. (2017): Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poult. Sci.*, 96. 1783–1790.
- Moens, F. – Rivièrè, A. – Selak, M. – Vuyst, L. D. (2014): Inulin-type fructan degradation capacity of interesting butyrate-producing colon bacteria and cross-feeding interactions of *Faecalibacterium prausnitzii* DSM 17677T with *bifidobacteria*. *Arch. Public Health*, 72. Suppl1 O6.
- Ramirez-Farias, C. – Slezak, K. – Fuller, Z. (2009): Effect of inulin on the human gut microbiota: stimulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Faecalibacterium prausnitzii*. *Br. J. Nutr.*, 101. 541–550.

- Rosenberg-Zilber, I. – Rosenberg, E. (2008): Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: the hologenome theory of evolution. *FEMS Microbiol. Rev.*, 32. 723-735.
- Schneeman, B. O. (2002): Gastrointestinal physiology and functions. *Br. J. Nutr.*, 88. 159–163.
- Stevenson, L. – Phillips, F. – O'Sullivan, K. – Walton, J. (2012): Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 63. 1001-1013.
- Teirlinck, E. – Bjerrum, L. – Eeckhaut, V. – Huygebaert, G. (2009): The cereal type in feed influences gut wall morphology and intestinal immune cell infiltration in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.*, 102. 1453-1461.
- Thitaram, S. N. – Frank, J. F. – Siragusa, G. R. – Bailey, J. S. – Dargatz, D. A. – Lombard, J. E. – Haley, C. A. – Lyona, S. A. – Fedorka-Cray, P. J. (2016): Antimicrobial susceptibility of *Clostridium difficile* isolated from food animals on farms. *Int. J. Food Microbiol.*, 227. 1-5.
- Torok, V. A. – Hughes, R. J. – Mikkelsen, L. L. – Perez-Maldonado, R. – Balding, K. – MacAlpine, R. – Percy, N. J. – Ophel-Keller, K. (2011): Identification and characterization of potential performance-related gut microbiotas in broiler chickens across various feeding trials. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77. 5868-5878.
- Van Immerseel, F. – Vermeulen, K. – Ornust, L. – Eeckhaut, V. – Ducatelle, R. (2017): Nutritional modulation of microbial signals in the distal intestinal and how they can affect broiler health. 21st ESPN 8.-11. may Salou/Vila-Seca, Spain
- Vermeulen, K. – Verspreet, J. – Courtin, C. M. – Haesebrouck, F. – Baeyen, S. – Haegeman, A. – Van Immerseel, F. (2018): Reduced particle-size wheat bran is efficiently colonized by a lactic acid-producing community and reduces levels of *Enterobacteriaceae* in the cecal microbiota of broilers. *Appl. Environ. Microbiol.*, 84. e01343-18.
- Vermeulen, K. – Verspreet, J. – Courtin, F. – Haegeman, B. S. – Ducatelle, R. – Van Immerseel, F. (2017): Reduced particle size wheat bran is butyrogenic and lowers *Salmonella* colonization, when added to poultry feed. *Vet. Microbiol.*, 198. 64-71.
- Wang, C. – Zhang, H. – Liu, H. – Zhang, H. – Bao, Y. – Di, J. – Hu, C. (2020): The genus *Sutterella* is a potential contributor to glucose metabolism improvement after Roux-en-Y gastric bypass surgery in T2D. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 162. 108116.
- Wang, Y. – Sun, J. – Zhong, H. – Li, N. – Xu, H. – Zhu, Q. – Liu, Y. (2017): Effect of probiotics on the meat flavour and gut microbiota of chicken. *Sci. Rep.*, 7. 6400.
- Zhang, P. – Wampler, J. S. – Bhunia, A. K. – Burkholder, K. M. – Patterson, J. A. – Whistler, R. L. (2004): Effects of arabinoxylans on activation of murine macrophages and growth performance of broiler chicks. *Cereal Chem.*, 81. 511-514.
- Zhang, Z. – Li, D. – Tang, R. (2019): Changes in mouse gut microbial community in response to the different types of commonly consumed meat. *Microorganisms*, 7. 76.

Érkezett: 2020. április

A szerzők címe: Such N. – Farkas V. – Pál L. – Fábíán B. – Koltay I.A. – Mezőlaki Á. – M. A. Rawash – Husvéth F. – Dublecz K. – Molnár A.
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus,
Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmányozási és Takarmányozás-
élettani Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Kaposvár Campus, Institute of Physiology and Nutrition, Department of Nutrition
and Nutrition Physiology
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
such.nikoletta.amanda@phd.uni-szie.hu

CSONTOSHALAK ŐSIVARSEJTJEINEK, SPERMATOGÓNIUMAINAK ÉS OOGÓNIUMAINAK MÉLYHÚTÉSE ÉS ÁTÜLTETÉSE

HORVÁTH ÁKOS – MARINOVIĆ ZORAN – LUJIĆ JELENA – KITANOVIĆ NEVENA –
ŠČEKIĆ ILIJA – HOITSY GYÖRGY – URBÁNYI BÉLA

ÖSSZEFOGLALÁS

A különböző korai fejlődési stádiumú ivarsejtek (primordiális ősvarsejtek, spermatogóniumok és oogóniumok) manipulációja jó megoldást jelenthet a különböző halfajok, -fajták genetikai tartalmának *ex situ* megőrzésére. Ezek a sejtek diploidok és számos őssejtekre jellemző tulajdonsággal rendelkeznek. Képesek vándorolni, kolonizálni az ivarszerveket és azokban megtapadva elindítani a gametogenezis folyamatát. A mélyhűtést követő jó túlélésüknek köszönhetően alternatívát nyújtanak az ivarsejtek mélyhűtéséhez, ami halakban a spermiumokra korlátozódik. A korai fejlődési stádiumú ivarsejtek akár intra- akár interspecifikus átültetését követően a recipiensek a donortól származó ivarsejteket termelik, míg az ivarsejtek típusát (spermium vagy petesejt) a recipiens ivara határozza meg. Munkájukban a szerzők bemutatják a halak korai fejlődési stádiumú ivarsejtjeinek izolációjával, mélyhűtésével és átültetésével kapcsolatos főbb eredményeket.

Summary

Horváth, Á. – Marinović, Z. – Lujic, J. – Kitanović, N. – Ščekić, I. – Hoitsy, Gy. – Urbányi, B.:
CRYOPRESERVATION AND TRANSPLANTATION OF PRIMORDIAL GERM CELLS, SPERMATOGONIA
AND OOGONIA OF TELEOST FISH

Manipulation of early-stage germ cells (primordial germ cells, spermatogonia and oogonia) presents a viable solution for the *ex situ* conservation of genetic resources of various fish species and populations. These cells are diploid and possess several characteristics of stem cells. They are able to migrate, colonize gonads and proliferate in them. Due to their good cryoresistance, they represent a viable alternative to gamete cryopreservation which is restricted to sperm in fish. Following intra- or interspecific transplantation of early-stage germ cells, the recipients produce donor-derived gametes where the types of gametes (sperm or eggs) depend on the sex of the recipient. In this study, the most important results of the isolation, cryopreservation and transplantation of early-stage germ cells in fish are reviewed. Research in this field has begun on primordial germ cells (PGC-s) which were isolated from the genital ridges of fish larvae. Creation of transgenic lines expressing GFP driven by the *vasa* protein gene enabled detection of early-stage germ cells in donors and recipients. Due to the limited availability of PGC-s, attention was later focussed on spermatogonial and oogonial stem cells which are found in abundance in juvenile and adult fish, as well. These cells can be cryopreserved either in the form of isolated cell suspensions or as gonadal tissue. Vitrification of gonadal tissue pieces has also been tested with satisfactory results. Special attention must be paid to the selection of recipients. Ideally, recipients should be related to the donor, easy to culture and sterile. Sterility can be attained by various methods including triploidization, *knock-out* or *knock-down* of genes involved in the migration of PGC-s using morpholino oligonucleotides, hybridization of species as well as depletion of gonads of adult fish by chemical treatment. Methods presented above provide an additional tool to the conservation of genetic resources of both cultured as well as natural populations of fish.

BEVEZETÉS

Az ivarsejtek mélyhűtése a biológiai idő megállítását szolgálja az adott sejtek számára, ami lehetővé teszi felhasználásukat emberi léptékkal mérve korlátlan ideig (Tiersch, 2011). A mélyhűtési technológiák a genetikai tartalékok megőrzésének hatékony eszközei, felhasználásuknak mind állattenyésztési, mind környezetvédelmi területen fontos szerepe van. Az állattenyésztésben a legáltalánosabban mélyhűtésre kerülő sejtípus a spermium, illetve kisebb mértékben a petesejtek és embriók. A halak esetében azonban, csak a sperma mélyhűthető, az ikra vagy embriók mélyhűtésére a mai napig nem rendelkezünk hatékony, működő módszertannal. Így a hosszú távú génmegőrzés kizárólag a sperma mélyhűtésére hagyatkozhat, amivel lehetetlen az adott faj, fajta vagy egyéb veszélyeztetett csoportok helyreállítása (Martínez-Páramo és mtsai, 2017).

Érthető tehát, hogy az utóbbi két évtizedben a kutatók figyelme az egyéb, korábbi fejlődési stádiumú ivarsejt-típusok felé irányult. Ide tartoznak a primordiális ősvarsejtek (primordial germ cells – PGC), illetve a differenciáció korai szakaszában lévő spermatogóniumok és oogóniumok. Ezek a sejtek diploidok, hordozzák az adott populáció teljes genetikai információját, és ami még fontosabb, képesek vándorolni, kolonizálni a fejlődő ivarmirigyeket és ott felszaporodva ivarsejtek későbbi nemzedékeivé fejlődni. Ezek a sejtek izolálhatók, mélyhűthetők, majd átültethetők közeli rokon recipiensekbe, ahol felszaporodva a donor ivarsejtjeit fogják termelni – a recipiens ivarától függően. A recipiensek sterilizációja révén azok kizárólag a donortól származó ivarsejteket fogják mintegy dajkanevelésben megtermelni (Takeuchi és mtsai, 2004; Yoshizaki és mtsai, 2011).

A módszer alkalmazási potenciálja elviekben rendkívül széles körű. Az ősvarsejtek és korai fejlődési stádiumú ivarsejtek mélyhűtése, átültetése és dajkanevelése lehetővé teszi fajok, fajták, populációk megmentését akár egyetlen fennmaradt hím egyed felhasználásával. A módszer használata megkönnyítheti egyes nehezen, szaporítható fajok ivarsejt-termelését. Lassú ivarérésű fajok (pl. tokfélék) esetében felgyorsíthatja az ivarsejtek kinyerését és így az ivadék létrehozását.

Munkánkban bemutatjuk a csontoshalakból izolált ősvarsejtek, spermatogóniumok és oogóniumok mélyhűtése és átültetése során eddig elért eredményeket. Taglaljuk a rendszertani csoportok közti különbségeket, illetve a módszertan jelenleg ismert korlátait.

A PRIMORDIÁLIS ŐSVARSEJTEK

A halak primordiális ősvarsejtjei (PGC) az ivarszerveken kívül alakulnak ki és az embrionális fejlődés során vándorolnak a hasüregben lefűződő ivari redőkbe (Robles és mtsai, 2017). A PGC-k nagyméretű, 10-20 μm átmérőjű sejtek, szintén nagy, 6-10 μm méretű sejttaggal. A PGC-k egyik jellegzetessége az u.n. csíraplazma, egy elektronsűrű terület, amely általában a mitokondriumokkal áll összefüggésben. A csíraplazma számos olyan fehérjének, RNS-nek (*vasa*, *nanos*) ad otthont, amelyek kizárólag a csírasejtekre jellemzők és a PGC-k zavartalan működéséhez, vándorlásához fejlődéséhez szükségesek (Yoshizaki és mtsai, 2003). Ezek hiányában a PGC-k vándorlása zavart szenved és nem jutnak el az ivari redőbe. Egyes halfajokban, pl. a zebra-dánióban (*Danio rerio*) a PGC-k száma

az egyed ivarát is meghatározza, mivel egy bizonyos sejtszám alatt az egyedek elsősorban hímmé differenciálódnak (Tzung és mtsai, 2015).

A kutatók a primordiális ősvarsejtek fent felsorolt tulajdonságait használták ki az első vizsgálatok végrehajtásához. Az első lépésben láthatóvá kellett tenni a PGC-ket a jobb megkülönböztethetőségük és nyomon követhetőségük érdekében. Ehhez a korábban már említett vasa fehérjét használták fel, amelynek génjéhez (illetve annak szabályozó régiójához) a zöld fluoreszcens fehérje (GFP) génjét kötötték, így az megjelelő zöld fluoreszcencia jelezte a csírasejt-vonal jelenlétét már a fejlődő embriókban is. Ilyen vasa-GFP transzgénikus vonalakat hoztak létre szívárványos pisztrángban (*Oncorhynchus mykiss*, Yoshizaki és mtsai, 2000, 2002), zebradánióban, színjátzó dánióban (*Danio albolineatus*), aranyhalban (*Carassius auratus*), mandzsucsikban (*Misgurnus anguillicaudatus*), medakában (*Oryzias latipes*), heringben (*Clupea pallasii*), a *Leucopsarion petersii* gébfajban (Saito és mtsai, 2006) és az ázsiai rózsaszín durbincsbán (*Pagrus major*, Lin és mtsai, 2012). Ennek révén az ősvarsejtek már az embrionális korban láthatóvá váltak a halak szervezetében, illetve a vándorlásuk is követhetővé vált az embrionális fejlődés során.

A következő lépés az elegendő mennyiségű PGC izolációja volt, ami elengedhetetlen a sikeres további alkalmazásokhoz, pl. a mélyhűtéshez vagy az átültetéshez. Ez különös kihívást jelentett, mivel a PGC-k kizárólag lárva- (vagy embrionális) korú halaktól nyerhetők ki. A kihívást itt a lárvák felboncolását követően az ivari redők kioperálása jelenti, hiszen ezek még a viszonylag nagyméretű pisztráng-lárvákban is legfeljebb 2-3 mm hosszúságú és alig két sejtretegnyi vastagságú szervek. A sejtek izolációja során kapott PGC-ket sejtszorterrel lehet elkülöníteni az őket körülvevő szomatikus sejtektől, ami természetesen feltételezi a fluoreszcens transzgénikus egyedek meglétét (Takeuchi és mtsai, 2002).

A PGC-k mélyhűtésére több okból is szükség lehet. A kézenfekvő génmegőrzési szempontokon túl a mélyhűtés lehetővé teszi a kutatómunka összehangolását, a nagy mennyiségű sejt egyidejű felhasználását, mivel a donor és recipiens eredetű ivarsejtek nem mindig állnak egy időben megfelelő mennyiségben rendelkezésre. A közvetlenül ősvarsejteket tartalmazó sejtszuspenzió mélyhűtése nem elterjedt, helyette a lárvákból eltávolított ivari redők mélyhűtése jelent gyakorlati megoldást. A szívárványos pisztráng ivari redőinek 1,8 M etilén-glikol (EG) védőanyag használatával végzett mélyhűtése során, Kobayashi és mtsai (2003) 73% túlélő sejtet találtak a felolvasztást követően. Néhány évvel később ugyanezen módszer használatával már sikeresen ültették át a felolvasztott PGC-ket és nyertek ki donortól származó ivarsejteket, majd utódokat (Kobayashi és mtsai, 2007). Sikeresen alkalmazták az egész zebradánió-embriók vitrifikációját is. Dimetil-szulfoxid (DMSO) vagy EG védőanyagok használatával a 14-20 szomitás zebradánió-embriókban a PGC-k 20-40%-a túlélte a hűtést és felolvasztást (Higaki és mtsai, 2010a). Ezt az arányt később 81%-ig tudták javítani a szikanyag egy részének eltávolításával (Higaki és mtsai, 2013), majd az izolált sejteket sterilizált recipiens embriókba átültetve és azokat felnevelve a donortól származó ivadékokat nyertek (Higaki és mtsai, 2010b). A vitrifikációs kísérleteket később mandzsucsik embrióival is elvégezték és a módszer sikerességét transzplantációs vizsgálatokkal is igazolták (Inoue és mtsai, 2012).

A SPERMATOGÓNIUMOK

A spermatogóniumok a PGC-kből fejlődnek ki az ivarszervek differenciálódása során és ezek a sejtek már a kifejlett egyed heréiben annak élete végéig jelen vannak. A spermatogóniumoknak számos fejlődési stádiuma található meg az ivarszervekben, pl. a zebradánióban legalább 5 spermatogóniális lépést figyelhetünk meg, amelyek 9 nemzedéket alkotnak (*Schulz és mtsai, 2010*). Manipulációra elsősorban a differenciálatlan A-típusú spermatogóniumok alkalmasak, amelyek számos, az őssejtekre jellemző tulajdonsággal rendelkeznek. Ezek a spermatogóniumok – hasonlóan a PGC-khez – a környezetüktől függően akár hím, akár női ivarsejttekké tudnak differenciálni, illetve korlátozott mértékig ugyan, de megőrzik vándorlási képességüket is (*Yoshizaki és mtsai, 2011*). Egyértelmű előnyük a PGC-kkel szemben, hogy az egyed élete során folyamatosan és nagy számban jelen vannak az ivarmirigyekben. A GFP-t expresszáló PCG-kből fejlődő spermatogóniumokban, sőt az azokból kialakuló további stádiumokban a zöld fluoreszcens jel megmarad (*Okutsu és mtsai, 2007*), így a sejtek fejlődése jól nyomon követhető és az izolált ivarsejtek jól elkülöníthetők az őket körülvevő szomatikus sejtektől.

A spermatogóniumok izolációja már nagyobb kihívást jelent, mint a PGC-ké, mivel – különösen az ivarérett egyedek heréiben – egyszerre több ivarsejt-stádium is jelen van. Átültetéskor a célunk elsősorban a spermatogóniumok bejuttatása a recipiens szervezetbe, hiszen a későbbi fejlődési stádiumok kevésbé valószínű, hogy megtapadnak és fejlődni tudnak az ivarszervekben. Az izolációban nagy segítséget jelent, ha az egyedek már viszonylag nagy testméretűek, de még nem ivarérettek, mivel az ivarszerveik ilyenkor többségében A típusú spermatogóniumokat tartalmaznak (*Marinović és mtsai, 2017, Lujic és mtsai, 2018*). Kifejlett egyedek esetében bizonyos mértékig megoldást jelenthet a Percoll gradiensben való centrifugálás. Lénai tok (*Acipenser baerii*) ivarsejtjeit 76-82%-os hatékonysággal izolálták 10-30% Percoll segítségével, azonban a tokfélékre jellemző spermatogónium-specifikus markerek hiányában ezeket csak a szomatikus sejtektől tudták hatékonyan elkülöníteni, a későbbi fejlődési stádiumú ivarsejtektől nem (*Pšenička és mtsai, 2015*). Saját tapasztalataink szerint ugyanakkor a Percoll gradiens használata nehézkes és nem ad kielégítő eredményt az ivaréretlen halakból végzett izolációval szemben. Jobb eredménnyel járnak a különböző spermatogónium-specifikus génexpressziót vagy antitesteket kimutató eljárások, amelyeket sejtenyészteségi vagy szorterese (akár mágneses, akár fluoreszcens) módszerekkel kombinálva tisztább sejtszuspenziókhoz juthatunk (*Lacerda és mtsai, 2014*).

Kis testméretű fajok esetében a kifejlett egyedekből kinyerhető spermatogóniumok száma is korlátozott, ami a későbbi átültetés során jelenthet kockázatot. Ilyenkor megoldást jelent a sejtek számának növelése sejtenyészteses technikákkal. Japán kutatók a szivárványos pisztráng spermatogóniumainak számát tudták *in vitro* növelni az eredeti sejtszám 37,8-szorosára 28 napos sejtenyésztesést követően. Ehhez először a herében található és spermatogenezis számára kucsfontosságú Sertoli-sejtekből hoztak létre egy tenyészetet, majd erre ültették rá a felszaporítani kívánt sejteket. A tenyésztés sikerességét később átültetési vizsgálatokkal is igazolták (*Iwasaki-Takahashi és mtsai, 2020*).

A spermatogóniumok mélyhűtésére is számos eljárást dolgoztak már ki. A leggyakrabban alkalmazott eljárások a sejtszuspenziók vagy a komplett ivarszervek, illetve ivarszerv-darabok mélyhűtése. A compó (*Tinca tinca*) és aranyhal esetében fajspecifikus különbséget figyeltünk meg a két fent említett mintatípus fagyasztásakor. Amíg a compó korai fejlődési stádiumú ivarsejtjei hasonló túlélést mutattak szuszpenzióban és ivarszervben, addig az aranyhal esetében a túlélés egyértelműen magasabb volt a sejtszuspenzióban. A felolvasztott ivarszervek szövettani feldolgozása ugyanakkor bebizonyította, hogy a fagyasztás nem okoz jelentős minőségi változást a herék szerkezetében (*Marinović és mtsai, 2017*). A zebradánió esetében jó eredményre vezetett az akupunktúrás tűre húzott egész herék vitrifikációja, amelyet 5 különböző mutáns vagy transzgenikus vonalban a spermatogóniumok több, mint 50%-a élt túl. A vitrifikáció ráadásul a felolvasztást követően tisztább sejtszuspenziót is eredményezett, mivel a herében nagy számban jelenlévő és a későbbi munkához (átültetéshez) felesleges, sőt zavaró spermiumok nem éltek túl a vitrifikációs folyamatot, míg a fagyasztásos eljárások esetében spermiumok is jelen voltak a felolvasztott herékben (*Marinović és mtsai, 2018, 2019*). Ponty hereszövet mélyhűtésekor ugyanakkor a vitrifikáció kb. négyszer gyengébb túlélést eredményezett, mint a fagyasztás. Véleményünk szerint ez a ponty heréjében jelenlévő és a zebradánióhoz képest többszörösen nagyobb számú spermiumnak tudható be, ami a mélyhűtés során rontja a vitrifikáció hatékonyságát (*Franěk és mtsai, 2019a*).

A spermatogóniumok mélyhűtésére ugyanakkor egészen extrém példák is léteznek. Japán kutatók először a komplett szivárványos pisztráng herék mélyhűtésére dolgoztak ki eljárást és 939 nap fagyasztott tárolást követően is tudtak sikeresek átültetni izolált spermatogóniumokat (*Lee és mtsai, 2013*). Ezt követően bódítószerezrel túlaltatott egész pisztrángokat fagyasztottak le védőanyagok hozzáadása nélkül, majd 1113 napi (azaz több, mint 3 évi) szárazjégen (-79°C), illetve laboratóriumi mélyfagyasztóban (-80°C) végzett tárolás után az állatokat felolvasztották és a heréikből nagyszámú életképes spermatogóniumot izoláltak. Az izolált sejteket később megfelelő recipiensbe átültetve donortól származó spermát és ikrát nyertek és életképes ivadékot hoztak létre (*Lee és mtsai, 2015*). A módszer alapjaiban kérdőjelezi meg a mélyhűtési eljárások bonyolultságát.

AZ OOGÓNIMUMOK

Az oogóniumok és kisebb mértékig oociták mélyhűtésére és átültetésére kevesebb figyelem irányul, mint a PGC-kkel és a spermatogóniumokkal végzett munkára. Az oociták fejlettsége miatt az átültetésük egyelőre kis hatékonyságú, még akkor is, ha már van példa a sikeres átültetésre és a recipienstől kinyert donor-eredetű ikrából sikerült is utódokat nyerni (*Csenki és mtsai, 2010*). Az oogóniumok a spermatogóniumokhoz hasonlóan összejt-tulajdonságokkal rendelkeznek, ugyanakkor hím heterogaméciával szaporodó fajokban az adott faj genetikai információjának egy részét ezek a sejtek nem viszik tovább, míg a spermatogóniumok igen.

Az oogóniumokkal végzett munka (izoláció, mélyhűtés) sok szempontból hasonlít a spermatogóniumokban alkalmazott módszertanhoz. Az oogóniumok izolációja a leghatékonyabban ivaréretlen halakban hajtható végre, ahol ezek a

sejtek még viszonylag nagy számban találhatóak meg. A petefészkek-szövet enzimes emésztését követő egyszerű, 50 μm -es szűrőkorongon keresztül végzett sejtszűréssel a lazacfélék oogóniumai jól elkülöníthetők voltak a nagyobb átmérőjű oocitáktól (Lujic és mtsai, 2018a). Pontyban hasonló eredményességgel lehetett elkülöníteni az oogóniumokat 30 μm -es szűrőn keresztül végzett szűréssel (Lujic és mtsai, 2018b, Franěk és mtsai, 2019b).

Az oogóniumok esetében mind a rövid távú, mind a mélyhűtött tárolás jól alkalmazható. Rövid távú tároláskor a pontytól származó sejtszuspenziók egyértelműen nagyobb hatékonysággal voltak tárolhatók, mint a szövetek, amelyekben a sejtek túlélése már 6 óra után jelentősen csökkent. A sejtszuspenzióban tárolt oogóniumok 25%-a túlélte a kéthetes tárolást (egy hét után még a 70%-uk), azonban a tároláshoz használt tápoldat összetétele befolyásolta a sejtek életképességét (Lujic és mtsai, 2018b). A mélyhűtéses tárolás során mind a fagyasztásos, mind a vitrifikációs módszerek jó eredményességgel alkalmazhatók. A spermatogóniumok leírásánál már említett akupunktúrás türe húzott szövetek vitrifikációját sikerrel alkalmaztuk lazacfélékben, ahol az oogóniumok kb. 40%-a élte túl a vitrifikációt, és a minták szövettani elemzése kimutatta, hogy a petefészkek a felolvasztás után megőrizte a szerkezetét (Lujic és mtsai, 2017). Angolnában (*Anguilla anguilla*) közel 84%-os túlélést találtunk a vitrifikációt követően. Ebben a fajban sikeresen vizsgáltunk különböző fagyasztási eljárásokat és a rövid távú tárolást is. A fagyasztásos kísérletek során a különböző hűtési és felolvasztási sebességek optimalizálása az oogóniumok közel 100%-ának túlélését eredményezte (Šćekić és mtsai, 2020). A ponty oogóniumainak fagyasztásakor az eredményeket alapvetően a használt védőanyag, illetve annak koncentrációja határozta meg, így a legjobb eredményeket 1,5 M DMSO használatakor kaptuk. Egyes cukoradalekok (glükóz, trehalóz) alkalmazása javította a sejtek túlélését, ami az optimális eljárással akár 65%-ot is elért (Franěk és mtsai, 2019b). Mind angolnában, mind pontyban vizsgáltuk a rövid távú tárolás lehetőségeit is. Ezekben a vizsgálatokban is az angolna oogóniumai bizonyultak ellenállóbbnak, miután 13 napi tárolás után is még 60% fölött volt az élő sejtek aránya.

A RECIPIENSEK

A különböző korai stádiumú csírasejtek átültetéséhez elengedhetetlen a megfelelő recipiens megléte. A recipiensekkel szemben több követelménynek kell érvényesülnie a sikeres transzplantációs eljárás lefolytatásához. A recipiens közeli rokonságban kell álljon a donor fajjal. Japán kutatók több elegáns tanulmányban bizonyították ennek korlátait. Vizsgálataikban azt találták, hogy ha azonos nemű (*genus-on*) belül ültettek át PGC-eket zebradánió és színjátzó dánió donorból sterilizált zebradánió recipiensbe, akkor az összes recipiens hímmé differenciált, de ösztrogénkezelés hatására ezek ivara átváltoztatható volt ikrássá. Ha azonban távolabbi rokonságban álló fajok, pl. aranyhal (azonos család, Cyprinidae) vagy mandzsucsík (azonos rend, Cypriniformes) sejtjeit ültették be, abban az esetben a recipiens zebradániók kizárólag hímmé differenciáltak és az ivarátfordítás eredménytelen volt (Saito és mtsai, 2008). Érdekes módon a PGC-k vándorlását szabályozó mechanizmus még az olyan egymástól távol álló fajokban is fennmaradt, mint a japán angolna (*Anguilla japonica*) és a zebradánió, még akkor is,

ha az angolna PGC-k átültetése gametogenezishez természetesen nem vezetett (Saito és mtsai, 2011). Saját vizsgálatainkban sebes pisztráng (*Salmo trutta m. fario*) és pénzes pér (*Thymallus thymallus*) spermatogóniumait és oogóniumait ültettük át szívárványos pisztráng recipiensekbe és az átültetés után 60 nappal a recipiens 23-28%-ában ki tudtuk mutatni a donor-eredetű csírasejteket a fejlődő ivarszervben. Hasonló módon, a ponty oogóniumai is sikerrel megtapadtak az aranyhal ivarszerveiben és 2 hónappal a transzplantáció után is jelen voltak benne (Franěk és mtsai, 2019b).

A recipiensekkel szembeni második követelmény, hogy lehetőség szerint sterilek legyenek. Erre azért van szükség, mert normálisan működő gametogenezis mellett a beültetett és általában korlátozott mennyiségű donor eredetű sejtnek a recipiens saját sejtjeivel kell versenyeznie. Halakban a sterilitást több módon is ki lehet váltani, pl. triploidizációval vagy rokon fajok keresztezésével. A triploidizáció viszonylag rutin eljárás a haltenyésztésben. Termékenyítéskor az ikrát sokkolják (hő-, hideg- vagy nyomássokk alkalmazásával), ami a második sarkítást visszatarthatásával triploid egyedeket alakít ki (Thorgaard, 1983). Ezen egyedek növekedése gyorsabb, mint diploid fajtársaiké, gametogenezisük ugyanakkor zavart szenved, így a legtöbb esetben képtelenek a spermiációra vagy ovulációra. Okutsu és mtsai (2007) szívárványos pisztráng spermatogóniumait ültették át triploid maszu lazac (*Oncorhynchus masou*) frissen kelt lárváiba. A recipienseket felnevelve azoktól sikeresen nyertek ki a donortól származó ikrát és spermát, majd ezeket megtermékenyítve szívárványos pisztráng utódokat hoztak létre. Sikeresen használták fajazonos szívárványos pisztráng triploid lárváit is recipiensként spermatogóniumok átültetéséhez (Lee és mtsai, 2013).

A sterilitás kiváltásához pontyfélékben az eddigiektől eltérő molekuláris biológiai eljárást használtak. Zebradánióban elterjedt a PGC-k vándorlásában szabályozó szerepet játszó *dead end* (*dnd*) gén ideiglenes (*knock-down*) vagy végleges (*knock-out*) kiütése, ami a PGC-k hibás vándorlását okozza a fejlődő embrióban, így ősvarsejtek híján a kialakuló egyed steril lesz (Tzung és mtsai, 2015; Li és mtsai, 2017). Saját vizsgálatainkban az előbbi módszert használtuk, amikor a *dnd* gént ideiglenesen kiütő antiszensz morpholino oligonukleotidokat (MOI-*dnd*) injektáltunk zebradánió 1-4 sejttes embrióiba. A kialakuló kontroll egyedek ivarszervei (heréi, mivel a zebradánió meghatározott mennyiségű PGC nélkül hímmé differenciál) áttetsző, csírahámtól mentes képletekké fejlődtek. A sterilizált recipiensekbe különböző zebradánió vonalak egyedeiből izolált friss, fagyasztott és vitrifikált spermatogóniumokat ültettünk be. A felnevelt recipiensektől később a donortól származó tejet fejtünk, illetve ivattuk őket vad típusú ikrásokkal, majd molekuláris biológiai eljárásokkal is bizonyítottuk az utódok donor-eredetét (Marinović és mtsai, 2019). A fent említett MOI-*dnd* kezelést alkalmaztuk aranyhal embriók sterilizálására is, amelyekbe később ponty spermatogóniumait ültettük át. A recipiensek mintegy 40%-ában a beültetett spermatogóniumok sikeresen kolonizálták az üres ivarszervet, és az átültetés után 3 hónappal felboncolt halakban aktív spermatogenezist találtunk (Franěk és mtsai, 2019a).

Egyes fajok hibridizációja szintén steril egyedeket eredményez, amelyek sikerrel használhatók recipiensként. Az árnyékhalfélék (*Sciaenidae*) családjába tartozó *Nibea mitsukurii* és *Pennahia argentata* fajok hibridjeinek ivarszerve morfológiailag a herének felel meg, azonban hiányoznak belőle a csírasejtek. A kutatók

kiderítették, hogy a hibridekben a PGC-k vándorlása embrionális korban lezajlik, azonban ezek proliferációja elmarad. A hibrid lárvákba a *N. mitsukurii* heréiből izolált sejtsuszpenziót injektáltak, majd a felnevelt recipiensek egy részétől működő és a donorral fajazonos spermát tudtak nyerni, amellyel sikeres termékenyítést végeztek. A vizsgálat során találtak ikrás hibrideket is, azonban a tejeseknél jóval kisebb arányban (43♂ és 1♀) (Yoshikawa és mtsai, 2018).

Végül érdemes még megemlíteni, hogy kifejlett egyedeket is sikerrel használtak már recipiensként, megfelelő sterilizációs kezelést követően. A nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) spermatogóniumait brazil kutatók ültették át olyan kifejlett tejesek heréibe, amelyeket előtte buszulfán citosztatikummal kezeltek és így szakították meg az önálló spermatogenezisüket. A kezelt halak 9 héttel a kezelést követően már ivathatók voltak és a kapott ivadék a donor fenotípusos és molekuláris jegyeit viselte (Lacerda és mtsai, 2010). Később a fent már említett *N. mitsukurii* × *P. argentata* fajhibrid kifejlett egyedeit is használták recipiensként. Az egyedek vegyszeres sterilizációjára ebben az esetben nem volt szükség, mivel azoknak eleve nem volt működő gametogenezise. Az eredmények alapján a recipiensek mintegy 10%-ában sikeresen megindult a spermatogenezis folyamata és a kinyert spermával termékenyített ikratételekből a donorral fajazonos ivadék kelt ki (Xu és mtsai, 2019). Az eredmények jelzik, hogy a transzplantáció kifejlett egyedekbe is lehetséges, még akkor is, ha lárvakorban az immunválasz kisebb valószínűséggel vezet a beültetett sejtek kilökődéséhez.

KÖVETKEZTETÉSEK

A populációk biológiai és genetikai sokféleségének megőrzése a mezőgazdaság és a természetvédelem alapvető érdeke. A sokféleség hiánya, a monokultúra előbb vagy utóbb mind a természetes, mind a tenyésztett populációk hanyatlásához vezet. Ennek érdekében a kutatók folyamatosan dolgoznak újabb módszereken, amelyek lehetővé teszik ennek a sokféleségnek a megővését.

A halak ősvarsejtjeinek izolációja, mélyhűtése és átültetése új lehetőséget nyitott a génmegőrzés számára. A spermiumokkal szemben ezek a sejtek diploidok, hordozzák és továbbadják egy faj teljes genetikai hátterét (nukleáris és mitokondriális DNS-ét) és mélyhűtött állapotban évekig, évtizedekig tárolhatók, majd felhasználhatók. Kétségtelen, hogy a módszer felhasználási lehetőségei rendkívül széles körűek mind természetvédelmi (fajmegőrzési), mint állattenyésztési területen. A tudomány egy újabb eszközt bocsátott a gyakorlat rendelkezésére, így már a szakmától függ annak felhasználása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szemleciikk alapjául szolgáló saját kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (1783-3/2018/FEKUTSRAT) támogatta, a Szent István Egyetem vízzel kapcsolatos kutatások tématerületi programja keretében, illetve a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) az FK124585 és K129127 projektek révén.

IRODALOMJEGYZÉK

- Csenki, Z. – Zaucker, A. – Kovács, B. – Hadzhiiev, Y. – Hegyi, R. – Lefler, K.-K. – Müller, T. – Kovács, R. – Urbányi, B. – Váradi, L. – Müller, F. (2010): Intraovarian transplantation of stage I-II follicles results in viable zebrafish embryos. *Int. J. Dev. Biol.*, 54. 585–589.
- Franěk, R. – Marinović, Z. – Lujčić, J. – Urbányi, B. – Fučíková, M. – Kašpar, V. – Pšenička, M. – Horváth, Á. (2019a): Cryopreservation and transplantation of common carp spermatogonia. *PLoS One*, 14. e0205481.
- Franěk, R. – Tichopád, T. – Steinbach, C. – Xie, X. – Lujčić, J. – Marinović, Z. – Horváth, Á. – Kašpar, V. – Pšenička, M. (2019b): Preservation of female genetic resources of common carp through oogonial stem cell manipulation. *Cryobiology*, 87. 78–85.
- Higaki, S. – Mochizuki, K. – Akashi, Y. – Yamaha, E. – Seiji, K. – Takahashi, Y. (2010a): Cryopreservation of primordial germ cells by rapid cooling of whole zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *J. Reprod. Dev.*, 56. 212–218.
- Higaki, S. – Eto, Y. – Kawakami, Y. – Yamaha, E. – Kagawa, N. – Kuwayama, M. – Nagano, M. – Katagiri, S. – Takahashi, Y. (2010b): Production of fertile zebrafish (*Danio rerio*) possessing germ cells (gametes) originated from primordial germ cells recovered from vitrified embryos. *Reproduction*, 139. 733–740.
- Higaki, S. – Kawakami, Y. – Eto, Y. – Yamaha, E. – Nagano, M. – Katagiri, S. – Takada, T. – Takahashi, Y. (2013): Cryopreservation of zebrafish (*Danio rerio*) primordial germ cells by vitrification of yolk-intact and yolk-depleted embryos using various cryoprotectant solutions. *Cryobiology*, 67. 374–382.
- Inoue, D. – Fujimoto, T. – Kawakami, Y. – Yasui, G. S. – Yamaha, E. – Arai, K. (2012): Vitrification of primordial germ cells using whole embryos for gene-banking in loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. *J. Appl. Ichthyol.*, 28. 919–924.
- Iwasaki-Takahashi, Y. – Shikina, S. – Watanabe, M. – Banba, A. – Yagisawa, M. – Takahashi, K. – Fujihara, R. – Okabe, T. – Valdez Jr, D. M. – Yamauchi, A. – Yoshizaki, G. (2020): Production of functional eggs and sperm from in vitro-expanded type A spermatogonia in rainbow trout. *Commun. Biol.*, 3. 308.
- Kobayashi, T. – Takeuchi, Y. – Yoshizaki, G. – Takeuchi, T. (2003): Cryopreservation of trout primordial germ cells. *Fish Physiol. Biochem.*, 28. 479–480.
- Kobayashi, T. – Takeuchi, Y. – Takeuchi, T. – Yoshizaki, G. (2007): Generation of viable fish from cryopreserved primordial germ cells. *Mol. Reprod. Dev.*, 74. 207–213.
- Lacerda, S. M. S. N. – Batlouni, S. R. – Costa, G. M. J. – Segatelli, T. M. – Quirino, B. R. – Queiroz, B. M. – Kalapothakis, E. – França, L. R. (2010): A new and fast technique to generate offspring after germ cells transplantation in adult fish: The Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) model. *PLoS One*, 5. e10740.
- Lacerda, S. M. S. N. – Costa, G. M. J. – de França, L. R. (2014): Biology and identity of fish spermatogonial stem cell. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 207. 56–65.
- Lee, S. – Iwasaki, Y. – Shikina, S. – Yoshizaki, G. (2013): Generation of functional eggs and sperm from cryopreserved whole testes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 110. 1640–1645.
- Lee, S. – Seki, S. – Katayama, N. – Yoshizaki, G. (2015): Production of viable trout offspring derived from frozen whole fish. *Sci. Rep.*, 5. 16045.
- Li, Q. – Fujii, W. – Naito, K. – Yoshizaki, G. (2017): Application of dead end - knockout zebrafish as recipients of germ cell transplantation. *Mol. Reprod. Dev.*, 84. 1100–1111.
- Lin, F. – Liu, Q. – Li, M. – Li, Z. – Hong, N. – Li, J. – Hong, Y. (2012): Transient and stable GFP expression in germ cells by the vasa regulatory sequences from the red seabream (*Pagrus major*). *Int. J. Biol. Sci.*, 8. 882–890.
- Lujčić, J. – Marinović, Z. – Sušnik Bajec, S. – Djurdjevič, I. – Kása, E. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2017): First successful vitrification of salmonid ovarian tissue. *Cryobiology*, 76. 154–157.

- Lujíc, J. – Marinović, Z. – Sušnik Bajec, S. – Djurdjević, I. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2018a): Interspecific germ cell transplantation: a new light in the conservation of valuable Balkan trout genetic resources? *Fish Physiol. Biochem.*, 44. 1487–1498.
- Lujíc, J. – Marinović, Z. – Kása, E. – Ščekić, I. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2018b): Preservation of common carp germ cells under hypothermic conditions: Whole tissue vs isolated cells. *Reprod. Domest. Anim.*, 53. 1253–1258.
- Marinović, Z. – Lujíc, J. – Kása, E. – Bernáth, G. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2017): Cryosurvival of isolated testicular cells and testicular tissue of tench *Tinca tinca* and goldfish *Carassius auratus* following slow-rate freezing. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 245. 77–83.
- Marinović, Z. – Lujíc, J. – Kása, E. – Csenki, Z. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2018): Cryopreservation of zebrafish spermatogonia by whole testes needle immersed ultra-rapid cooling. *J. Vis. Exp.*, 133. e56118.
- Marinović, Z. – Li, Q. – Lujíc, J. – Iwasaki, Y. – Csenki, Z. – Urbányi, B. – Yoshizaki, G. – Horváth, Á. (2019): Preservation of zebrafish genetic resources through testis cryopreservation and spermatogonia transplantation. *Sci. Rep.*, 9. 13861.
- Martínez-Páramo, S. – Horváth, Á. – Labbé, C. – Zhang, T. – Robles, V. – Herráez, P. – Suquet, M. – Adams, S. – Viveiros, A. – Tiersch, T.R. – Cabrita, E. (2017): Cryobanking of aquatic species. *Aquaculture*, 472. 156–177.
- Okutsu, T. – Shikina, S. – Kanno, M. – Takeuchi, Y. – Yoshizaki, G. (2007): Production of trout offspring from triploid salmon parents. *Science*, 317. 1517–1517.
- Pšenička, M. – Saito, T. – Linhartová, Z. – Gazo, I. (2015): Isolation and transplantation of sturgeon early-stage germ cells. *Theriogenology*, 83. 1085–1092.
- Robles, V. – Riesco, M. F. – Psenicka, M. – Saito, T. – Valcarce, D.G. – Cabrita, E. – Herráez, P. (2017): Biology of teleost primordial germ cells (PGCs) and spermatogonia: Biotechnological applications. *Aquaculture*, 472. 4–20.
- Saito, T. – Fujimoto, T. – Maegawa, S. – Inoue, K. – Tanaka, M. – Arai, K. – Yamaha, E. (2006): Visualization of primordial germ cells *in vivo* using GFP-nos1 3' UTR mRNA. *Int. J. Dev. Biol.*, 50. 691–700.
- Saito, T. – Goto-Kazeto, R. – Arai, K. – Yamaha, E. (2008): Xenogenesis in teleost fish through generation of germ-line chimeras by single primordial germ cell transplantation. *Biol. Reprod.*, 78. 159–166.
- Saito, T. – Goto-Kazeto, R. – Kawakami, Y. – Nomura, K. – Tanaka, H. – Adachi, S. – Arai, K. – Yamaha, E. (2011): The mechanism for primordial germ-cell migration is conserved between Japanese eel and zebrafish. *PLoS One*, 6. e24460.
- Schulz, R. W. – de França, L. R. – Lareyre, J.-J. J. – LeGac, F. – Chiarini-Garcia, H. – Norega, R. H. – Miura, T. – Nobrega, R. H. – Miura, T. (2010): Spermatogenesis in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 165. 390–411.
- Ščekić, I. – Marinović, Z. – Lujíc, J. – Müller, T. – Kitanović, N. – Urbányi, B. – Horváth, Á. (2020): A novel strategy for conservation of European eel (*Anguilla anguilla*) genetic resources: Cryopreservation of ovarian stem cells. *Cryobiology*, 95. 151–156.
- Takeuchi, Y. – Yoshizaki, G. – Kobayashi, T. – Takeuchi, T. (2002): Mass isolation of primordial germ cells from transgenic rainbow trout carrying the green fluorescent protein gene driven by the *vasa* gene promoter. *Biol. Reprod.*, 67. 1087–1092.
- Takeuchi, Y. – Yoshizaki, G. – Takeuchi, T. (2004): Surrogate broodstock produces salmonids. *Nature*, 430. 629–630.
- Thorgaard, G. H. (1983): Chromosome set manipulation and sex control in fish, in: Hoar, W. – Randall, D. J. – Donaldson, E. M. (Eds.), *Fish Physiology*. Academic Press, New York, 405–434.
- Tiersch, T. R. (2011): Introduction to the Second Edition, in: Tiersch, T. R. – Green, C. C. (Eds.), *Cryopreservation in Aquatic Species*, 2nd Edition. World Aquaculture Society, Baton Rouge, 1–17.

- Tzung, K. W. – Goto, R. – Saju, J. M. – Sreenivasan, R. – Saito, T. – Arai, K. – Yamaha, E. – Hossain, M. S. – Calvert, M. E. K. – Orbán, L. (2015):* Early depletion of primordial germ cells in zebrafish promotes testis formation. *Stem Cell Reports*, 4. 61–73.
- Xu, D. – Yoshino, T. – Konishi, J. – Yoshikawa, H. – Ino, Y. – Yazawa, R. – dos Santos Nassif Lacerda, S. M. – de França, L. R. – Takeuchi, Y. (2019):* Germ cell-less hybrid fish: ideal recipient for spermatogonial transplantation for the rapid production of donor-derived sperm. *Biol. Reprod.*, 101. 492–500.
- Yoshikawa, H. – Xu, D. – Ino, Y. – Yoshino, T. – Hayashida, T. – Wang, J. – Yazawa, R. – Yoshizaki, G. – Takeuchi, Y. (2018):* Hybrid sterility in fish caused by mitotic arrest of primordial germ cells. *Genetics*, 209. 507–521.
- Yoshizaki, G. – Takeuchi, Y. – Sakatani, S. – Takeuchi, T. (2000):* Germ cell-specific expression of green fluorescent protein in transgenic rainbow trout under control of the rainbow trout vasa-like gene promoter. *Int. J. Dev. Biol.*, 44. 323–326.
- Yoshizaki, G. – Takeuchi, Y. – Tominaga, H. – Kobayashi, T. – Takeuchi, T. (2002):* Visualization of primordial germ cells in transgenic rainbow trout carrying green fluorescent protein gene driven by vasa promoter. *Fish. Sci.*, 68. 1067–1070.
- Yoshizaki, G. – Takeuchi, Y. – Kobayashi, T. – Ihara, S. – Takeuchi, T. (2002):* Primordial germ cells: The blueprint for a piscine life. *Fish Physiol. Biochem.*, 26. 3–12.
- Yoshizaki, G. – Takeuchi, Y. – Kobayashi, T. – Takeuchi, T. (2003):* Primordial germ cell: A novel tool for fish bioengineering. *Fish Physiol. Biochem.*, 28. 453–457.
- Yoshizaki, G. – Fujinuma, K. – Iwasaki, Y. – Okutsu, T. – Shikina, S. – Yazawa, R. – Takeuchi, Y. (2011):* Spermatogonial transplantation in fish: A novel method for the preservation of genetic resources. *Comp. Biochem. Physiol. Part D, Genomics Proteomics*, 6. 55–61.

Érkezett: 2020. június

Szerzők címe: *Horváth Á. – Marinović Z. – Kitanović N. – Šćekić I. – Urbányi B.*
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus, Institute of Aquaculture and Environment Safety, Department of Aquaculture H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Horvath.Akos@szie.hu

Lujic J.
Department of Biomedical Sciences, Department of Biomedical Sciences, Cohen Lab VRT - T9 006, Cornell University
Ithaca, NY 14853, USA

Hoitsy Gy.
Lillafüredi Pisztrángtelep, Hoitsy és Rieger Kft.
Lillafüred Trout Farm, Hoitsy and Rieger Ltd.
H-3517 Miskolc, Erzsébet stny. 55.

NÖVENDÉKNYULAK TELJES TEST ZSÍRTARTALMÁNAK BECSLÉSE COMPUTER TOMOGRÁFFAL

KASZA ROZÁLIA - SZENDRŐ ZSOLT - MATICS ZSOLT - GERENCSÉR ZSOLT -
NAGY ISTVÁN - KOVÁCS GYÖRGY - CSÓKA ÁDÁM - PETNEHÁZY ÖRS -
GARAMVÖLGYI RITA - REPA IMRE - DONKÓ TAMÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

Az állattenyésztésben, ezen belül a nyúltenyésztésben a hosszútávú termelés színvonalát befolyásoló tényezők egyike az anyaállatok kondíciója, amit döntően az élő állat zsírtartaléka határoz meg. A zsírtartalomra történő szelekció tehát alkalmas lehet a teljesítmény befolyásolására. A vizsgálat célja a teljes test zsírtartalmának élő állaton történő mérésére alkalmas computer tomográfus (CT) módszer kidolgozása. A módszer tesztelését a meghatározott módszerrel a teljes test zsírtartalma alapján kétirányban szelektált Pannon Ka fajtán végeztük. Az ötödik generáció 3. fialásából származó, hímvivarú „Sovány” és „Zsíros” nyulak egyedeit vontuk be vizsgálatunkba. A CT képek értékelése során kifejeztük a teljes test zsírszöveiteinek összesített térfogatát, míg referenciaként a vállövi- és vese körüli zsírdepók súlyát használtuk, melyeket próbavágás alkalmával mértünk meg. A vizsgálatba bevont nyulak két csoportjában mért paramétereket külön-külön és együtt is értékeltük. A Sovány és Zsíros csoportban lévő egyedek CT-vel becsült teljes test zsírszövet térfogata, a vállövi- és vese körüli zsír súlya, zsírindexe (CT zsírszövet térfogat / élősúly) szignifikáns különbséget mutatott a Zsíros csoport javára ($p < 0,01$), ami a szelekciós munka eredményességét támasztja alá. Szoros korrelációs ($r = 0,75-0,92$) és parciális korrelációs ($r = 0,65-0,91$) értékeket kaptunk a vállövi és vese körüli zsír és a CT-vel meghatározott teljes test zsírtartalom között. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az előzetes vizsgálatok során kialakított CT vizsgálati eljárás (küszöbölés, morfológiai korrekció) eredményesen felhasználható, minden olyan jellegű szelekciós, vagy kísérleti munkában, amelyben az élő nyulak zsírtartalma becsülésére van szükség.

SUMMARY

Kasza, R. - Szendrő, Zs. - Matics, Zs. - Gerencsér, Zs. - Nagy, I. - Kovács, Gy. - Csóka, Á. - Petneházy, Ö. - Garamvölgyi, R. - Repa, I. - Donkó, T.: ESTIMATION OF TOTAL BODY FAT CONTENT IN GROWING RABBITS BY MEANS OF COMPUTED TOMOGRAPHY

In livestock production and especially in rabbit breeding the efficiency of production and the longevity are basically influenced by the body condition (fat depots) of female breeding animals. Selection for body fat content could be a suitable method for influencing the production performance. For this reason, the aim of the study was to develop a new method for the estimation of body fat content with computer tomography (CT) on live animals. The method was tested on the lines of Pannon Ka rabbits divergently selected for total body fat content. Male Lean and Fat rabbits from the third parturition of the fifth selected generation were examined. Based on the CT scans total body fat content was estimated and it was compared to the weight of main fat depots (scapular and perirenal fat) measured at slaughtering and dissecting process as reference traits. The examined traits of the Lean and Fat lines were evaluated both independently and cumulatively. Significant differences were found in total body fat content measured by CT, in weight of perirenal and scapular fat and in fat index between the two divergently selected lines for the favour of Fat line ($p < 0.01$) which proved the effectiveness of the selection work. High correlation coefficients ($r = 0.75-0.92$) and partial correlation coefficients ($r = 0.65-0.91$) were found between the weight of perirenal and scapular fat and total body fat content measured by CT. It can be concluded that the developed CT examination protocol (threshold, morphologic correction) can be used effectively for selection and experimental works where the estimation of body fat content is necessary.

BEVEZETÉS

Az állattenyésztésben, ezen belül a nyúltenyésztésben is nagyon fontos tényező az anyaállatok kondíciója, ami a hosszútávú termelés színvonalát alapvetően befolyásolhatja. Az anyanyulak a vemhesség utolsó harmadában, valamint a laktáció csúcán nem képesek annyi takarmányt felvenni, amennyi fedezné energiaszükségletüket, ezért kénytelenek saját zsírtartalékaikat hasznosítani, ami a kondíciójuk romlásához vezet (Xiccato, 1996). Tenyésztésbevetelkor az anyanyulak testsúlya a kifejlett kori súly 75-80%-át éri el, az első vemhesség és laktáció alatt tehát testsúlyuk még nő, ami szintén energiát és táplálóanyagot igényel. A fenti okok miatt a fiatal anyanyulaknál nagyobb az energia-deficit, ami a kondíció jelentős leromlásához, rosszabb termelési eredményekhez és gyakran selejtezéshez, akár elhulláshoz vezethet (Xiccato, 1996; Rosell és De La Fuente, 2009).

A kondíció jellemzésére elsősorban a zsírdepók mennyiségét használjuk, amelyet csak vágás után lehet megmérni. A teljes test zsírtartalmának meghatározásához pedig kémiai analízisre van szükség. Ez azt jelenti, hogy az egyed tenyésztékét csak több közeli rokon egyed teljesítménye alapján lehet megbecsülni. Élő állaton széles körben használják a kondíció pontszámot (body condition score, de La Fuente és Rosell, 2012), de több nem invazív módszer is ismert. Ilyen az ultrahangos vizsgálat és a teljes test elektromos vezetőképesség mérése (TOBEC), azonban általuk kevésbé megbízható eredményekhez juthatunk (Milisits és mtsai, 2000; Pascual és mtsai, 2004). A magmágneses rezonanciás képalkotás alkalmazásával lényegesen pontosabb eredmények kaphatók, azonban költséges, ami a szelekciós célú alkalmazás gátja lehet (Kövért és mtsai, 1998). A computer tomográffal (CT) történő vizsgálat, összehasonlítva az imént említett technikákkal, gyors, jól archiválható és reprodukálható. Ezt a megállapítást támasztják alá Romvári és mtsai (1996, 1998), valamint Milisits és mtsai (1999) közleményei, melyekben sikerrel alkalmazták a CT-t a zsírszövet térfogatának becslésére, ahol a becslés alapját az előre meghatározott anatómiai pontokon készített keresztmetszeti felvételek adták. A CT technológia fejlődésének, azaz a gyors felvételezésnek, adatgyűjtésnek és feldolgozásnak köszönhetően ma már lehetséges teljes átfedéssel, az egész testről készült sorozatfelvétel készítése, akár egy milliméter alatti térbeli felbontással.

Nyúltenyésztésben, a hústermelés növelése céljából már viszonylag régóta végeznek CT vizsgálatokra alapozott szelekciót. A Pannon fehér nyulakkal végzett szelekcióhoz Szendrő és mtsai (2012) a combizom térfogatát becsülték. Az értékeléshez 10 mm-es szeletvastagsággal rekonstruált képeket használtak. Tekintettel arra, hogy a combizomok jelentős térfogatot képviselnek és az adott testtájon - a medencétől a térd ízületig - más, az izomra jellemző denzitású képlet nem befolyásolta jelentősen a becslést, ezért a képek egyszerű küszöböléses szegmentációjával dolgoztak.

A zsírszövet esetében azonban ez a módszer nem alkalmazható, mert az egész testen belül - néhány nagyobb zsírdepótól eltekintve - kisebb térfogat egységekben is található zsírszövet, ezért részletgazdagabb leképezés szükséges a pontosabb meghatározáshoz.

A felvételek értékelésekor még egy jelentős problémával kell számolnunk, amit a szakirodalom részleges térfogat hatásnak (RTH) nevez. A részleges térfogat

hatás jellemzően a különböző szövetek határfelületén jelentkeznek, ahol egy térfogat egységen (voxelen) belül több típusú szövet, vagy anyag található. Ilyenkor a voxel egy átlagos radiodenzitás (Hounsfield Unit - HU) értéket kap, ami szélsőséges esetben, pl. a bőr és a levegő határán a mínusz 1024-től plusz 60-ig bármilyen értéket felvehet, attól függően, hogy melyiket milyen arányban tartalmazza. Így lehetséges az, hogy ha a zsírra jellemző negatív denzitás értékek térfogatát szeretnénk meghatározni (Romvári és mtsai, 1996), akkor az RTH-nak köszönhetően jelentős mennyiségű zsírszövetre jellemző voxelt fogunk találni a bőr felületén. A jelenség torzító hatását morfológiai operátor alkalmazásával lehet csökkenteni (Beier és mtsai, 1998; Vester-Christensen és mtsai, 2009).

Donkó és mtsai (2016) olyan vizsgálati módszert dolgoztak ki Pannon fehér fajtájú nyulakon, ahol 10 mm-es szeletvastagság helyett 2 mm-t választva, illetve a morfológiai korrekciót bevezetve, automatikus szegmentációval határozták meg az élő nyulak testének összes zsírszövet térfogatát, a teljes testről készült CT sorozatfelvételek segítségével. Ezt a vizsgálati metodikát követve Pannon Ka fajtán kétirányú szelekciót végeztek a teljes test zsírtartalmának növelése, illetve csökkentése céljából (Kasza és mtsai, 2016a,b).

Közleményünkben célul tűztük ki a szelekciós munka során használt automatikus zsír szegmentációs módszer bemutatását, és az általa kapott eredmények kvantitatív értékelését.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Állatok

A Pannon Ka fajtán több generáción keresztül kétirányú szelekciót végeztünk a nyulak testzsírtartalma alapján (Kasza és mtsai, 2017). A teljes test zsírtartalmának térfogat értékét (cm^3) az élősúlyra (kg) vetítve megkaptuk a zsírindexet, ami alapján történt a hím- és nőivarú tenyésznnyulak kiválasztása. Minden generációban a legkisebb (Sovány) és a legnagyobb zsírindexet mutató (Zsíros) egyedeket hagytuk meg tenyészállatnak. Az ötödik generáció 3. fialásából származó hímivarú nyulakból, 35 napos választáskor véletlenszerűen kiválasztottunk az átlagot reprezentáló 60 Sovány és 60 Zsíros egyed (n=120).

Az állatokat drótrácsból készült ketrecekben tartottuk (3 nyúl/ketrec; 16 nyúl/ m^2) 5-től 11 hetes korig. A hőmérséklet 16-20 °C, a napi megvilágítás 16 óra volt. A nyulak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt *ad libitum* fogyaszthattak (5-9 hetes kor között: emészthető energia (DE): 9,94 MJ/kg, nyersfehérje: 15,7%, nyerszsír: 2,4%, nyersrost: 19%, Diclazuril: 1 mg/kg, Oxitetracikilin: 500 mg/kg, Tiamulin 50 mg/kg; 9-11 hetes kor között: DE: 10,6 MJ/kg, nyersfehérje: 16,3%, nyerszsír: 3,8%, nyersrost: 17,7%), és súlyszelepes itatókból tetszés szerint ihattak.

CT vizsgálat és kísérleti vágás

A vágást megelőzően (11 hetes életkorban) került sor a képalkotó vizsgálatokra. A CT vizsgálatokat a Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetének Siemens Sensation Cardiac CT berendezésével készítettük, a következő beállításokat alkalmazva: csőfeszültség – 120kV, sugárdózis 140 mAs, spirál

adatgyűjtési mód, pitch faktor 1, látómező 500 mm. A felvételezés és adatgyűjtés ideje alatt a nyulak hármásával, speciális tartókban, hason fekvő helyzetben voltak rögzítve hevederekkel, altatás nélkül. A nyers adatokból átfedő képeket rekonstruáltunk 2 mm-es szeletvastagsággal, melyeket „dicom” (Digital Imaging Communication Of Medicine) formátumban archiváltunk.

A vágást a CT vizsgálat napján, a karkasz darabolását 24 órás tárolást (4 °C) követően végeztük el a WRSA ajánlása (Blasco és Ouhayoun, 1996) szerint.

Képek utófeldolgozása (post-processing)

A képsorozatokon automatikusan elkülönítésre került a három egyed, majd egy erre a célra fejlesztett algoritmussal eltávolítottuk a tartókat a képekről (Kovács és mtsai, 2013). A zsír térfogat meghatározásához küszöbölési technikát alkalmaztunk, OpenIP szoftverrel (Kovács és mtsai, 2010), ahol a -20 és -200 közötti Hounsfield értékekkel rendelkező voxeleket szegmentáltuk előtérként, a teljes testről gyűjtve az adatokat. Az 1. ábrán látható, hogy a parciális térfogat hatás csökkentésére feltétlen szükség volt, mivel különösen a bőr és a levegő határterületén a kevert voxelek nagy mennyiségű, zsírra jellemző denzitású térfogatot eredményeztek. Erre a feladatra egy morfológiai eszközt (erózió) alkalmaztunk (morfológiai korrekció) (Beier és mtsai, 1998; Kovács és mtsai, 2010; Donkó és mtsai, 2016). A feldolgozás utáni állapotot az 1. B ábra illusztrálja.

1. ábra A szegmentált zsírszövet térfogatok megjelenítése 3D Slicer program (Fedorov és mtsai, 2012) segítségével



(A) korrekció nélkül

(B) morfológiai korrekcióval

Figure 1. Visualisation of the segmented fat volumes using 3D Slicer program (Fedorov et al., 2012)

(A) without correction, (B) with morphologic correction

Statisztikai analízis

A vállövi és vese körüli zsír súlya és CT képek feldolgozása során kapott teljes test zsír térfogat között Pearson korrelációs koefficiens és parciális korrelációs számítás, a csoportok átlagainak összehasonlításánál t-próbát alkalmaztunk. A statisztikai analízishez az R statisztikai programcsomag 3.6.1 verzióját használtuk (R Core Team, 2013).

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

Vizsgálatunkban a nyulak kondícióját a teljes test zsírszöveteinek CT-vel mért összesített térfogatával fejeztük ki. Referenciaként a két legnagyobb zsírdépő (vállövi és vese körüli) súlyát használtuk, melyeket a próbavágás során mértünk meg.

A vizsgálatba vont Pannon Ka genotípusú nyulak két csoportjában (Sovány és Zsíros) mért paramétereket külön-külön és együtt is feltüntettük, és összehasonlítottuk az átlagaikat (1. táblázat)

1. táblázat

**A CT vizsgálat és a próbavágás során mért tulajdonságok eredményei
(átlag±szórás, * p<0,01)**

	Sovány csoport (n=60) (7)	Zsíros csoport (n=60) (8)	Sovány és Zsíros csoport együtt (n=120) (9)
Testsúly (1), g	2433 ± 263	2420 ± 172	2427 ± 222
Vállövi zsír (2), g	4,31 ± 2,32*	7,80 ± 2,55	6,04 ± 2,99
Vesekörüli zsír (3), g	12,1 ± 5,3*	25,9 ± 8,3	18,9 ± 9,8
Vállövi zsír + Vesekörüli zsír (4), g	16,5 ± 7,2*	33,7 ± 10,3	25,0 ± 12,3
CT-vel meghatározott zsírtérfogat (5), cm ³	129 ± 40*	211 ± 47	170 ± 60
Zsírintex (6), cm ³ /kg	52,5 ± 14,2*	87,1 ± 17,6	69,5 ± 23,5

Table 1. The parameters given by CT examination and experimental dissection (mean±SD, * p<0.01)

body weight (1); scapular fat weight (2); perirenal fat weight (3); scapular + perirenal fat weight (4); fat volume of total body measured by CT (5); fat index (6), lean group (7); fat group (8); lean and fat group (9)

A két csoport élősúlya nem különbözött egymástól. A vállövi zsír mennyisége a vesekörüli zsírnak átlagosan egy harmadát tette ki mindkét csoportban. A Zsíros csoport vállövi- és vesekörüli zsírtartalma szignifikánsan több, mintegy 1,5-2-szerese, mint a Sovány csoporté. Ezek az értékek a zsírtartalomra történő szelekció eredményességét támasztják alá, hasonlóan a már korábban közölt adatokhoz (Kasza és mtsai, 2016b).

A képalkotó eszközök számára megjeleníthető zsírszövet négy jellemző helyen található a szervezetben: az inter-, az intramuszkuláris, a bőr alatti és a hasúri zsír formájában. Amíg az intermuszkuláris zsír és a bőr alatti zsír a keresztmetszeti képeken és a 3D rekonstrukción is megfelelően látszik (1. B ábra), az intramuszkuláris zsír esetében ez nem mondható el. Nyúlban az intramuszkuláris zsír mennyisége csekély, a hosszú hátizomban 1%, a combban 3-5% (Dalle Zotte és Szendrő, 2011; Zomeño és mtsai, 2013). A CT képek felbontása nem teszi lehetővé közvetlenül az ilyen kis mennyiség meghatározását, csak az izomszövet átlagos denzitásának csökkent értékéből következtethetünk rá (Trudel és mtsai, 2010). Martínez-Álvaro és mtsai (2018) a hosszú hátizom intramuszkuláris zsírtartalmára folytattak kétirányú

2. ábra A vesekörüli és vállövi zsír súlyának összege (g) és a teljes test CT-vel mért zsír térfogata (cm³) közötti kapcsolat

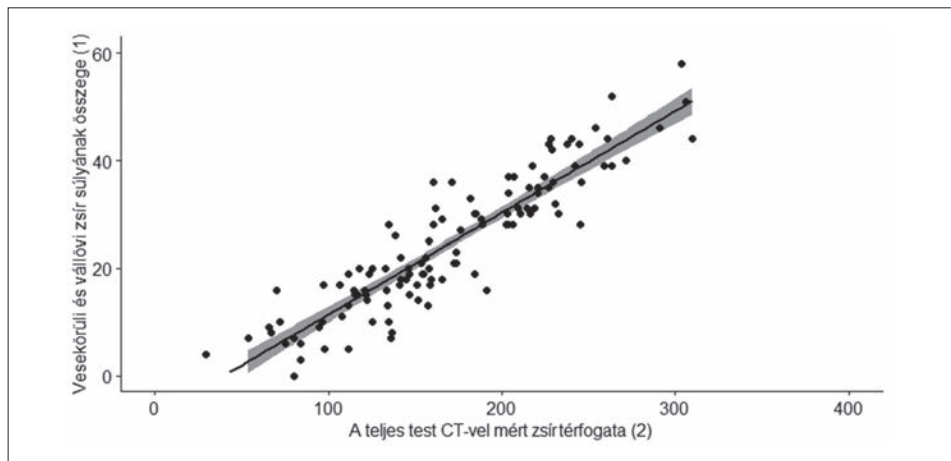


Figure 2. Correlation between the weight of scapular and perirenal fat and the total body fat content of the whole body measured by CT

perirenal + scapular fat weight (g) (1); fat volume of total body measured by CT (cm³) (2)

szelekciót. Bár a nyolc generáció alatt jelentős változást tudtak elérni, de tekintve a kb. 1%-os induló értéket, a 0,34 %-os növekedéssel inkább az értékes húsrész élvezeti és funkcionális értékét növelték mintsem jelentős kondíciónövekedést értek volna el, bár a szelekció közvetett hatásaként a zsírdepók mennyiségében is szignifikáns különbséget mutattak ki. *Koohmarai* és *mtsai* (1988) hasonlóan vélekednek a bőr alatti zsír energiatartalék szerepéről, hangsúlyozva azt, hogy fontosabb szerepet játszik a hőszabályozásban. A felsoroltak közül a hasúri zsír mennyisége a legnagyobb. *Pla* és *mtsai* (2004) szerint a vesekörüli zsír a karkasz zsírtartalmának jelentős részét, 50–60%-át teszi ki.

A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció ötödik generációjában mért vágott test vese körüli- és vállövi zsírdepóit összeadva viszonyítottuk a CT-vel mért teljes test zsír térfogathoz, melyet a 2. ábrán mutatunk be.

A fent leírt irodalmi adatok alapján nem számíhattunk szoros korrelációs értékekre, hiszen a mérhető zsírdepók ugyan meghatározó részét, de nem az egészét írják le a testben található zsírszövetek összességének (*Pla* és *mtsai*, 2004). Ugyanakkor támpontot kaphattunk ahhoz, hogy a CT képek szegmentációján alapuló zsírtérfogat meghatározás alkalmazhatóságát megítéljük. A teljesen automatikus képfeldolgozással, a küszöböléses technikát morfológiai korrekcióval kiegészítve kapott zsírtérfogat eredmények közepes és szoros korrelációt adtak a zsírdepók súlyával (2. táblázat).

A korrelációs koefficiensek az előzetes eredményekhez (*Donkó* és *mtsai* 2016; $r=0,58-0,68$) viszonyítva szorosabb összefüggést mutattak, ugyanakkor a várákozásnak megfelelően kevésbé voltak szorosak, mint amikor kémiai vizsgálat szerepelt referenciaként, vagy azonos anatómiai struktúra került két módon meghatározásra (*Romvári* és *mtsai*, 1996, 1998; *Militsits* és *mtsai*, 1999; *Yonkova*

2. táblázat

Pearson korrelációs együtthatók a CT-vel meghatározott teljes test zsírtérfogata (cm³) és a vágás során mért vállövi- és vesekörüli zsír súlya (g) között (p<0,01)

A teljes test CT-vel meghatározott zsírtérfogata, cm ³ (1)	Vállövi zsír súlya, g (5)	Vesekörüli zsír súlya, g (6)	Vesekörüli és vállövi zsír súlyának összege, g (7)
Sovány (n=60) (2)	0,749	0,757	0,788
Zsíros (n=60) (3)	0,806	0,822	0,874
Sovány és Zsíros együtt (n=120) (4)	0,862	0,892	0,917

Table 2. The Pearson correlation coefficients between the estimated fat volumes (cm³) of total bodies by CT and dissected scapular and perirenal fat weight (g) (p<0.01)

fat volume of total body measured by CT (1); lean group (2); fat group (3); lean and fat group (4); scapular fat weight (5); perirenal fat weight (6); scapular + perirenal fat weight (7)

és *mtsai*, 2010). Magyarázatot erre az ad, hogy a vesekörüli- és a vállövi zsír a teljes test zsírtartalmának ugyan jelentős részét (*Pla és mtsai*, 2004), de nem az egészét képviseli, emiatt befolyással lehetnek a test más tájain előforduló zsírdépők (pl. hasúri, bőr alatti zsírok). Ami a két zsírdépő korrelációs koefficiensei közötti eltérést illeti, a vesekörüli zsír, mint a hasúri zsír része, nehezebben határozható meg és különíthető el, ami nagyobb hibalehetőséget rejt magában, mint a vállövi zsír, különösen vágóhídi körülmények között.

A korrelációs számítás esetén nem csak a populáció kondíció varianciája, hanem az élősúly is befolyásolja a kapott eredményeket, ezért parciális korrelációs együtthatók is meghatározásra kerültek, ahol az élősúlyra történt korrekció (3. táblázat).

3. táblázat

Az élősúlyra korrigált parciális korrelációs együtthatók a CT-vel meghatározott teljes test zsírtérfogata (cm³) és a vágás során mért vállövi és vesekörüli zsír súlya (g) között (p<0,01)

A teljes test CT-vel meghatározott zsírtérfogata, cm ³ (1)	Vállövi zsír súlya, g (5)	Vesekörüli zsír súlya, g (6)	Vesekörüli és vállövi zsír súlyának összege, g (7)
Sovány (n=60) (2)	0,650	0,650	0,696
Zsíros (n=60) (3)	0,727	0,778	0,833
Sovány és zsíros együtt (n=120) (4)	0,839	0,882	0,907

Table 3. The partial correlation coefficients controlled by liveweight between the estimated fat volumes (cm³) of total bodies by CT and dissected scapular and perirenal fat weight (g) (p<0.01)

fat volume of total body measured by CT (1); lean group (2); fat group (3); lean and fat group (4); scapular fat weight (5); perirenal fat weight (6); scapular + perirenal fat weight (7)

A testsúlyra korrigált korrelációk a Sovány nyulak esetében közepesen szoros, a Zsíros csoportban és a két zsírdépőt (vállövi és vese körüli), vagy a két csoportot összevonva szoros összefüggést mutattak. A testsúllyal történő korrekció a Sovány csoportban a korrelációs koefficiens kb. egy tizedes csökkenését eredményezte. A Zsíros csoportnál mérsékeltebb volt a csökkenés, míg a két csoport együtt történő értékelése esetén a csökkenés mértéke 0,01–0,03 volt. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy a kondíció meghatározása nagyobb hibával

terhelt a kisebb zsírtartalom (Sovány csoport) esetén, illetve ilyen esetben jelentősebb az élősúly hatása.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kétirányú szelekció eredményeként az ötödik generációból származó, Sovány és Zsíros baknyulak között, a CT-vel meghatározott teljes test zsírszövet térfogatában, a vállövi- és a vese körüli zsír súlyában jelentős különbséget kaptunk, ami a szelekció hatékonyságát bizonyítja. A vállövi és vesekörüli zsír és a CT-vel meghatározott teljes test zsírtartalom közötti szoros korrelációs és parciális korrelációs értékek alapján, a kidolgozott CT vizsgálati és értékelési módszer (küszöbölés, morfológiai korrekció) alkalmas minden olyan jellegű szelekciós, vagy kísérleti munkában, amelyben az élő nyulak zsírtartalom becslésére van szükség.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését támogatta az Európai Unió, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 számú projekt), az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-4-KE-24 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/00871/19).

IRODALOMJEGYZÉK

- Beier, J. – Bittner, R. C. – Hosten, N. – Troeger, J. – Felix, R. (1998):* Morphological image processing operators Reduction of partial volume effects to improve 3D visualization based on CT data. *Radiologe*, 38. 860-866.
- Blasco, A. – Ouhayoun, J. (1996):* Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4. 93-99.
- Dalle Zotte, A. – Szendrő, Zs. (2011):* The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci.*, 88. 319-331.
- de la Fuente, L. F. – Rosell, J. M. (2012):* Body weight and body condition of breeding rabbits in commercial units. *J. Anim. Sci.*, 90. 3252-3258.
- Donkó, T. – Czakó, B. – Nagy, I. – Kovács, Gy. – Petneházy, Ö. – Kasza, R. – Szendrő, Zs. – Garamvölgyi, R. – Matics, Zs (2016):* Total body fat content determination by means of computed tomography (CT) in rabbits. In: *Proc. 11th World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China, 753-756.*
- Fedorov, A. – Beichel, R. – Kalpathy-Cramer, J. – Finet, J. – Fillion-Robin, J. C. – Pujol, S. – Bauer, C. – Jennings, D. – Fennessy, F. – Sonka, M. – Buatti, J. – Aylward, S. R. – Miller, J. V. – Pieper, S. – Kikinis, R. (2012):* 3D Slicer as an image computing platform for the quantitative imaging network. *Magn. Reson. Imaging.*, 2012 Nov;30(9):1323-41. PMID: 22770690. (<http://www.slicer.org/>)
- Kasza, R. – Donkó, T. – Gerencsér, Zs. – Szendrő, Zs. – Nagy, I. – Ács, V. – Kacsala, L. – Radnai, I. – Cullere, M. – Dalle Zotte, A. – Matics, Zs. (2017):* A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása a növendéknyulak termelési és vágási tulajdonságaira 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 2017. május 31. Kaposvár
- Kasza, R. – Gerencsér, Zs. – Szendrő, Zs. – Donkó, T. – Matics, Zs. (2016a):* Divergent selection for total body fat content. 1. Effect on reproductive performance of rabbit does. In: *Proc. 11th World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China, 55-58.*

- Kasza, R. – Gerencsér, Zs. – Szendrő, Zs. – Donkó, T. – Dalle Zotte, A. – Matics, Zs. (2016b): Divergent selection for total body fat content of rabbits: 2. Effect on productive performance. Preliminary results. In proceedings of the 11th World Rabbit Congress, June 16-18, 2016, Qingdao, China, 59-61.
- Koohmaraie, M. – Seideman, S. C. – Crouse, J. D. (1988): Effect of subcutaneous fat and high temperature conditioning on bovine meat tenderness. *Meat Sci.*, 23, 99-109.
- Kovács, Gy. – Ivan, J. I. – Panyik, A. – Fazekas, A. (2010): The openIP open source image processing library. *Proc. of ACM Multimedia 2010 International Conference*, (ISBN: 978-1-60558-933-6), 2010. October 25-29. Firenze, Italy, 1489-1492.
- Kovács, Gy. – Donkó, T. – Emri, M. – Opposits, G. – Repa, I. (2013): Gabor-filter based automatic removal of troughs from CT images. *Second Annual Conference on Body and Carcass Evaluation, Meat Quality, Software and Traceability*, Kaposvár, Farm Animal Imaging, 80-84. ISBN:978 0 9570709 9 8
- Kövér, Gy. – Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Jensen, J. F. – Sorensen, P. – Milisits, G. (1998): *In vivo* measurement of body parts and fat deposition in rabbits by MRI. *World Rabbit Sci.*, 6, 231-235.
- Martínez-Álvaro, M. – Hernández, P. – Agha, S. – Blasco, A. (2018): Correlated responses to selection for intramuscular fat in several muscles in rabbits. *Meat Sci.*, 139, 187-191.
- Milisits, G. – Romvári, R. – Dalle Zotte, A. – Szendrő, Zs. (1999): Non-invasive study of changes in body composition in rabbits during pregnancy using X-ray computerized tomography. *Ann. Zootechn.*, 48, 25-34.
- Milisits, G. – Szendrő, Zs. – Mihálovics, Gy. – Bíró-Németh, E. – Radnai, I. – Lévai, A. (2000): Use of the TOBEC method for predicting the body composition of growing rabbits. In: *Proc. 7th World Rabbit Congress, 2000 July 4-7, Valencia, Spain. Volume A*, 637-642.
- Pascual, J. J. – Blanco, J. – Piquer, O. – Quevedo, F. – Cervera, C. (2004): Ultrasound measurements of perirenal fat thickness to estimate the body condition of reproducing rabbit does in different physiological states. *World Rabbit Sci.*, 12, 7-21.
- Pla, M. – Pascual, M. – Ariño, B. (2004): Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Sci.*, 12, 149-158.
- R Core Team (2013): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- Romvári, R. – Milisits, G. – Szendrő, Zs. – Horn, P. (1996): Measurement of the total body fat content of growing rabbits by X-ray computerised tomography and direct chemical analysis. *Acta Vet. Hung.* 44, 145-151.
- Romvári, R. – Szendrő, Zs. – Jensen, J. F. – Sorensen, P. – Milisits, G. – Bogner, P. – Horn, P. – Csapó, J. (1998): Noninvasive measurement of body composition of two rabbit populations between 6 and 16 weeks of age by computer tomography. *J. Anim. Breed. Gen.*, 115, 383-395.
- Rosell, J. M. – de la Fuente, L. F. (2009): Culling and mortality in breeding rabbits. *Prev. Vet. Med.*, 88, 120-127.
- Szendrő, Zs. – Metzger, Sz. – Nagy, I. – Szabó, A. – Petrás, Zs. – Donkó, T. – Horn, P. (2012): Effect of divergent selection for the Computer Tomography measured thigh muscle volume on productive and carcass traits of growing rabbits. *Livest. Sci.*, 149, 167-172.
- Trudel, G. – Ryan, S. E. – Rakhra, K. – Uhthoff, H. K. (2010): Extra- and intramuscular fat accumulation early after rabbit supraspinatus tendon division: Depiction with CT. *Radiology*, 255, 434-441.
- Vester-Christensen, M. – Erbou, S. G. H. – Hansen, M. F. – Olsen, E. V. – Christensen, L. B. – Hviid, M. – Ersbøll, B. K. – Larsen, R. (2009): Virtual dissection of pig carcasses. *Meat Sci.*, 81, 699-704.
- Xiccato, G. (1996): Nutrition of lactating does. In *Proceeding of the 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, 1, 29-47.
- Yonkova, P. – Dimotrov, R. – Toneva, J. – Zaprianova, D. (2010): A comparative study of cross sectional anatomy and computed tomography of perirenal fat depots in New Zealand White rabbits. *Trakia J. Sci.*, 8, 4, 74-78.

Zomeño, C. – Blasco, A. – Hernández, P. (2013): Divergent selection for intramuscular fat content in rabbits. II. Correlated responses on carcass and meat quality traits. J. Anim. Sci., 91. 4532-4539.

Érkezett: 2020. július

Szerzők címe: Kasza R. - Szendrő Zs. - Matics Zs. - Gerencsér Zs. - Nagy I.
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus,
Állattenyésztési Tudományok Intézet

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

Csóka Á. - Petneházy Ö. - Garamvölgyi R. - Repa I. - Donkó T.
Medicopus Nonprofit Kft.
Medicopus Nonprofit Ltd.
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
és Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus,
Állattenyésztési Tudományok Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Kaposvár Campus, Institute of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
donko.tamas@sic.medicopus.hu

Kovács Gy.
Analytical Minds Kft.
Analytical Minds Ltd.
H-4933 Beregsurány, Árpád út 5.



ÁLLATTENYÉSZTÉS-TÖRTÉNETI SZAKBIZOTTSÁG
1134 Budapest, XIII. Lóportár utca 16.

LEVÉLCÍM: dr. Gáspárdy András elnök, 1078 Budapest, István u. 2.
E-VÉL: gaspardy.andras@univet.hu, TÁVBESZÉLŐ: 20-4784437
Gera Cecília titkár, geracili@gmail.com

FELHÍVÁS AZ ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS SZAKLAPBAN GLUZEK GYULA SZOBRÁNAK FELÁLLÍTÁSÁRA MÉLTÓ MÓDON ÁLLÍTSUNK EMLÉKSZOBROT GLUZEK GYULÁNAK

A MÁSZ Állattenyésztés-történeti Szakbizottsága alakuló ülésére 1998. decemberében került sor. A bizottság terveiben az agrártörténeti feltáró munka mellett neves tenyésztőkről való megemlékezés, monográfiák, könyvek, filmek, jegyzetek megjelentetése, emlékhelyek, hagyatékok megmentése és még számos hasonló feladat elvégzése szerepelt. A bizottság gondozásában megjelent művek pl. Csukás Zoltán és Welmann Oszkár életének bemutatása, valamint Horn Artúr mellszobrának felállítása a Minisztérium árkádjai alatt.

Bizottsági elhatározás értelmében kezdeményeztük Gluzek Gyula szoboravatásának ügyét Mezőhegyesen. Gluzek Gyula 1847-ben született Lovrinban. A Magyaróvári Gazdasági Akadémián szerezte meg diplomáját 1867-ben. 1875-ben Mezőhegyesre helyezte Simonyi József földművelésügyi miniszter, ahol a következő évtől az állami tulajdonba került ménésbirtok igazgató lett. Gluzek Gyula a jól képzett gazda gondosságával, a műszaki főiskoláról (egy évig a József Nádor Műegyetem hallgatója volt) magával hozott ipari-technikai érzékével, s az ezekhez szorosan kapcsolódó közgazdasági szemléletével, a szociális szempontok tekintetbe vételével rövid idő alatt nagy eredményeket ért el. Nagy genetikai értékű szimentáli szarvasmarha és merinó juh törzstenyésztet hozott létre, tovább bővítette a nóniusz ló ménési tenyésztését. A szántóföldi talajművelés és növénytermesztés korszerű rendszereinek, a szállítással és feldolgozással együttes kialakításával Európa legmodernebb mezőgazdasági nagyüzemei közé emelték Mezőhegyest. Munkásságát 1885-ben érdemkereszt adományozásával ismerték el. A megfeszített munka meggyengítette szervezetét, 1894-ben hunyt el egy budai szanatóriumban.

Felvettük a kapcsolatot a szobrászművésszel, Kontur Andrással, akit a szobor megalkotására felkérünk. A szobrással való egyeztetés szerint Gluzek Gyula szobra kő talapzaton kőből készülne, 5/4-es méretben, összesen kb. 220 cm-es magasságban. A kő fagyállósága miatt maradandó, valamint méltó anyag a XIX. századi mezőhegyesi igazgató megörökítésére. A szobor elkészítését Gluzek Gyula mezőhegyesi megjelenésének 145. évfordulója teszi még inkább időszzerűvé. Az avatás 2021-re tervezhető. A szobor elkészítésének összege bruttó 5 millió Forint.

A szoborállítás érdekében szeretnék a Szakbizottságunk és a Nemzeti Ménésbirtok és Tangazdaság Zrt. nevében közösen felhívást intézni az állattenyésztő társadalomhoz a gyűjtés számára. A felajánlott összeget a Város- és Környezetvédő Egyesület Gádos és Vidéke Takarékszövetkezet 53300081-1 1048493-00000000 számlaszámára tudják fizetni az adakozók a közleményben a "Gluzek-szobor" bejegyzéssel.

Gáspárdy András elnök, Kovács Norbert vezérigazgató, Kerekes György elnök

2020-BAN SIKERESEN MEGVÉDETT PhD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI – SUMMARIES OF PhD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2020

HAGYOMÁNYOS VÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK SORÁN VISSZAMARADÓ MELLÉKTERMÉK VEGYÜLETEK VIZSGÁLATA HALMODELLEN

BENCSIK DÓRA

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Csenki-Bakos Zsolt Imre PhD; Urbányi Béla DSc

Az ipari fejlődés és a modern életvitel következtében számtalan vegyi anyag kerül ki a környezetbe, ezáltal ivóvízbázisainkba is. Ezek az anyagok reakcióba léphetnek egymással, valamint a nyersvizekben megtalálható szervesanyaggal is, kiváltképp, ha az ivóvíz előállítás során ezeket a vízforrásokat erős oxidálószereknek, ózonnak vagy UV-sugárzásnak tesszük ki.

Vizsgálataim során két víztisztítási/vízfertőtlenítési melléktermék vegyület (DBP – *disinfection by-product*), a 2,4-difluoroanilin (DFA), valamint a 4-etilbenzaldehyd (EBA) hatását vizsgáltam zebradánió tesztszervezeten. Az EBA az egyik leggyakrabban alkalmazott fájdalomcsillapító, az ibuprofén bomlástermékeként alakul ki a víz kezelése során, emellett az élelmiszeripar íz- és illatanyagként alkalmazza, az aldehidekre jellemző mandula illata miatt. Vizsgálataimban főként ennek az anyagnak a vizsgálatára koncentráltam, mert a szakirodalomban kevés információ áll rendelkezésre az anyag hatásaival kapcsolatban, annak ellenére, hogy potenciális veszélyt jelenthet a vízi ökoszisztémákra, és akár az emberek egészségére is.

Első lépésként meghatároztam az anyagok zebradánió embriókra vonatkozó LC-értékeit halembrió akut toxicitási teszt (OECD 236) segítségével, 0-120 hpf expozíciós idő mellett. Továbbá a *microarray* assay kivitelezéséhez meghatároztam az LC-értékeket a 96-120 hpf expozíciós ablakban, mert az embriók ekkorra már átesnek a fejlődés legintenzívebb részén valamint ebben az életszakaszban már hormonális hatásokra is érzékenyek. Leírtam a vegyületek által okozott fejlődési rendellenességeket a 72 hpf embriókon, valamint az EBA esetén a 96-120 hpf expozíciós ablakban kezelteken is. Kísérleteimet az EBA részletesebb vizsgálatával folytattam. Első lépésként *microarray* assay-t végeztem az anyag génműködésre gyakorolt hatásainak feltérképezése érdekében. A transzkriptom analízis során kiderült, hogy három klaszterbe sorolhatók azok a gének, melyeknek expressziója az EBA hatására koncentrációfüggő módon változik. A Klaszter 1-be sorolhatók azok a gének, melyek a biológiai funkció elemzés szerint a DNS-károsító hatásokkal, DNS-javító mechanizmusokkal, sejtszintű stresszválasszal kapcsolatosak. A klaszter génjeinek expressziója nőtt a kezelési koncentrációk emelkedésével, ebből arra következtettem, hogy az anyag DNS-károsító hatással rendelkezik. Ennek a feltevésnek az igazolására comet assay módszert alkalmaztam, mellyel sikerült

bizonyítanom az EBA DNS-károsító hatását. Kifejlett egyedeken, mikronukleusz assay segítségével, szubkrónikus kezelés (21 nap) során vizsgáltam ezt a hatást és igazoltam, hogy az EBA növeli a DNS-töredezettség mértékét kifejlett zebradániókban. A Klaszter 2-be sorolható gének a sejtosztódással és a sejtciklus folyamatokkal kapcsolatos biológiai funkciókkal rendelkeznek, expressziójuk a kezelési koncentráció emelkedésével csökken. Ebből arra következtettem, hogy az anyag negatív hatással van a sejtosztódásra, ezáltal a regenerációra. Farokregenerációs vizsgálattal bizonyítottam, hogy az EBA csökkenti a zebradánió embriók regenerációs kapacitását, tehát negatív hatással van a sejtosztódási folyamatokra. Továbbá GeneMANIA predikciós szerver segítségével azonosítottam egy 18-tagú génhálózatot az együttes expresszió és fizikai interakció alapján. A Klaszter 3-ba sorolható gének expressziója csak a legnagyobb koncentrációval kezelt csoport esetében növekedett a kontrollhoz képest, amely biológiai funkcióelemzés alapján főként a környezeti stresszorokra adott válaszokkal hozható összefüggésbe, de ezen génekkel kapcsolatban további vizsgálatok szükségesek.

Eredményeim alapján elmondható, hogy nagyobb figyelmet kell fordítani mind a víztisztítási melléktermék vegyületek, mind pedig az élelmiszerekbe bekerülő anyagok részletes toxikológiai vizsgálatára, mert komoly veszélyeket jelenthetnek mind a fogyasztókra, mind pedig a környezetre. Az új tudományos irányzatokhoz igazodva, a klasszikusnak számító toxikológiai végpontok vizsgálata mellett a jövőben érdemes lesz széleskörűen feltárni e vegyületek génexpresszióra gyakorolt hatásait is.

INVESTIGATION OF BY-PRODUCT COMPOUNDS REMAINING IN CONVENTIONAL WATER DISINFECTION TECHNOLOGIES ON FISH MODEL

DÓRA BENCSIK

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Husbandry

Supervisors: Zsolt Imre Csenki-Bakos PhD; Béla Urbányi DSc

As a result of industrial development and modern living, countless chemicals are released into the environment and thus into our drinking water bases. These substances can react with each other and organic matter in raw water, especially when exposed to potent oxidants, ozone, or UV radiation during drinking water production.

In my research, the effects of two water disinfection by-products, 2, 4-difluoroaniline (DFA) and 4-ethylbenzaldehyde (EBA), on zebrafish were investigated. EBA is a metabolite of ibuprofen, one of the most commonly used analgesics, degraded by water treatment. EBA is used in the food industry as a flavor and fragrance due to its almond-like aroma. The study focused mainly on studying this substance because there is very little information in the literature on its effects. However, it may pose a potential threat to aquatic ecosystems and even to human health.

The first step was to determine the LC values for zebrafish embryos using the fish embryo acute toxicity test (OECD 236) at 0-120 hpf exposure time. Also, LC

values were determined in the 96-120 hpf exposure window for the microarray study because embryos now undergo the most intense part of their development. They are more sensitive to hormonal effects at this stage of their life. Developmental abnormalities caused by the compounds in the 72 hpf embryos and the case of EBA in the 96-120 hpf exposure window were also described. Experiments were continued with a more detailed examination of the EBA. As a first step, a microarray assay was performed to map the effects of the substance on gene function. Transcriptome analysis revealed that genes whose expression varies in a concentration-dependent manner under the influence of EBA could be classified into three clusters. Genes related to DNA damaging effects, DNA repair mechanisms, and cellular stress response can be classified into Cluster 1. The expression of the genes of the cluster increased with the increase of the treatment concentrations, so the conclusion was that the substance has a DNA damaging effect. To prove this hypothesis, the comet assay method was used to prove the damaging effect of EBA on DNA. This effect was tested in adult individuals using micronucleus assay in a subchronic treatment (21 days) and confirmed that EBA increases DNA fragmentation in adult zebrafish. Genes in Cluster 2 have biological functions related to cell division and cell cycle processes, and their exposure decreases with increasing treatment concentration. The conclusion was that the substance harms cell division and thus on regeneration. Tail regeneration assay has shown that EBA reduces the regenerative capacity of zebrafish embryos and negatively affects cell division processes. Furthermore, with the help of the GeneMANIA prediction server, an 18-member gene network was identified based on co-expression and physical interaction. The expression of Cluster 3 genes increased only in the highest concentration-treated group compared to the control.

Because of these facts, based on my results, it can be said that more attention should be paid to detailed toxicological testing of both water treatment by-product compounds and substances entering food, as they can pose severe risks to both consumers and the environment. In line with new scientific trends, in addition to examining classical toxicological endpoints, it will be worthwhile widely exploring the effects of these compounds on gene expression in the future.

MADÁR ŐSIVARSEJTEK IZOLÁLÁSA ÉS FEJLŐDÉSI POTENCIÁLJÁNAK JELLEMZÉSE *IN VITRO* ÉS *IN VIVO*

LÁZÁR BENCE

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Gócza Elen DSc; Patakiné Várkonyi Eszter PhD

Az IUCN és a FAO adatai szerint a vadmadár fajok és a baromfi fajták jelentős része valamilyen kockázati kategóriába sorolható. Így megfelelő védelmi stratégiára és aktív cselekvésre van szükség, hogy a jelenleg negatív trend lassíthatóvá váljon. Az őshonos házityúk és egyéb baromfi fajták genetikai információjának megőrzése

kiemelkedően fontos a mezőgazdasági biodiverzitás fenntartása szempontjából. Az így tárolt allél variációk (pl.: rezisztencia, stressz tűrés, előnyös termelési paraméterek stb.) kiindulási pontjai lehetnek a jövő keresztezési stratégiáinak.

Jelenleg az *in vitro* megőrzés egyik leghatékonyabb módja madaraknál a mindkét ivartól származó ősvarsejtek mélyhűtése és génbanki tárolása. Ennek azért van nagy jelentősége, mert a nőivarban jelenlévő W ivari kromoszóma genetikai anyagát, valamint a mitokondriális DNS-t csak így lehet megőrizni. Madaraknál, ellentétben az emlősökkel, a hímivar rendelkezik a homogametikus ZZ kromoszómával, míg a nőivar a heterogametikus ZW kromoszómapárral.

Napjainkban az ősvarsejtek madárembrió véréből történő kinyerésére, tenyésztésére, mélyhűtésére, valamint a recipiens embrió keringésébe történő visszainjektálásra és ivarszerv kimérák létrehozására léteznek hatékony módszerek. Azonban se a génbanki ősvarsejt minták előállításának, se azok tesztelésének nincs még meg a kialakult gyakorlata. Munkám során a szakirodalmi forrásokat alapul véve, sikerült kidolgoznom egy a házityúk fajták esetében hatékonyan alkalmazható módszertant. A munka sikerességének igazolására *in vitro* és *in vivo* vizsgálatokkal igazoltam az általam eltárolt ősvarsejt minták használhatóságát.

Hat őshonos magyar fajtából izoláltam ősvarsejteket és alapítottam sejtvonalakokat. Az átlagos sejtvonala alapítási ráta 42,0 % volt, mely hasonló a más kutatócsoportok által kapott vizsgálati eredményekhez (Vantress heritage fajta: 40-56 %; Fehér leghorn fajta: 49-82 %). Az alapított sejtvonalak pozitív festődést mutattak őssejt- és ősvarsejt-specifikus ellenanyagokkal (anti-SSEA-1, anti-DAZL és anti-CVH), továbbá kifejeztek őssejt- és ősvarsejt-specifikus géneket (CVH, cPOUV), mely eredmények bizonyítják, hogy a tenyésztés során, hosszú távon fenntartott sejtek valóban ősvarsejtek. Donor eredetű utódokat 4,1 %-os hatékonysággal sikerült létrehoznom, mely hasonló a korábbi kutatások során közölt értékekhez (Gifujidori fajta: 6,0 %; Hinai-dori fajta: 8,1 %; Meiling fajta: 12,6 %). A dolgozatban bemutatott *in vitro* és *in vivo* vizsgálatok eredményei alapján nagy biztonsággal állítható, hogy az ajánlott protokollok alkalmazásával génmegőrzésre alkalmas ősvarsejt génbanki minták állíthatók elő, melyekkel visszanyerhető a megőrizni kívánt őshonos vagy gazdaságilag fontos házityúkfajta vagy jelleg.

ISOLATION AND CHARACTERISATION OF AVIAN PRIMORDIAL GERM CELLS *IN VITRO* AND *IN VIVO*

BENCE LÁZÁR

Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Husbandry

Supervisors: Elen Gócza DSc; Eszter Patakiné-Várkonyi PhD

According to the data published by IUCN and FAO, a considerable number of wild avian species and poultry breeds are vulnerable or endangered. Thus, adequate conservation strategy and prompt action are needed to slow down and eventually stabilize the currently negative trend. Indigenous chicken and other poultry breeds are essential to protect because they contain numerous valuable

allele variants (disease resistance, stress tolerance, production traits, etc.), which could be the raw material for agricultural biodiversity in the future.

Freezing and gene banking of avian primordial germ cell lines established from both sexes are among the best *in vitro* conservation methods. In birds, males are homogametic with ZZ sex chromosomes, and females are heterogametic with ZW sex chromosomes; thus, for the complete preservation of the genome, it is necessary to establish and freeze female cell lines.

Previously, methods were established to efficiently isolate, culture, and freeze primordial germ cells, furthermore injecting PGCs into recipient embryos and creating germline chimeras. In contrast, there is no standard protocol for creating good-quality PGC samples for gene banking and testing those samples. Therefore, I aimed to propose such a workflow and test it on the samples I collected.

In this study, primordial germ cells were isolated, and cell lines were established from six Hungarian indigenous breeds. The average rate of cell line establishment was 42.0 %, which is similar to previous results of other breeds (Vantress heritage breed: 40-56 %; White Leghorn breed: 49-82 %). The cell lines showed specific staining for germ cell- and stem cell-specific antibodies (anti-SSEA-1, anti-DAZL, and anti-CVH), and they expressed germ cell- and stem cell-specific genes (CVH, cPOUV). Donor-derived offspring were created with 4.1 % efficiency, comparable to results obtained previously (Gifujidori breed: 6.0 %; Hinai-Dori breed: 8.1 %; Meiling breed: 12.6 %). The results presented in this thesis showed that the proposed protocols are suitable to establish and *in vitro* culture good quality cell lines applicable for gene banks to inject PGCs into the recipients who can join the migration pathways of the embryo after injection and produce donor-derived animals.

AZ ERDEI SZALONKA (*SCOLOPAX RUSTICOLA* LINNAEUS, 1758) MEGFIGYELÉSI ÉS ELEJTÉSI ADATAINAK VIZSGÁLATA MAGYARORSZÁGON 2009–2018 KÖZÖTT

SCHALLY GERGELY TIBOR
Szent István Egyetem, Gödöllő
Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola
Témavezető: Szemethy László PhD

Rejtőzködő életmódja miatt az erdei szalonka állományának nagyságáról és elterjedési területéről, illetve az azokban bekövetkező változásokról viszonylag kevés és alacsony megbízhatóságú ismeret áll rendelkezésre. Az adatgyűjtést a faj korlátozott megfigyelhetősége mellett tavaszi és őszi vonulása is nehezíti. Ahhoz viszont, hogy állományait fenntarthatóan, hosszú távú fennmaradásukat nem veszélyeztetve lehessen hasznosítani, nyomon követésükhöz megbízható módszerekkel rendszeresen, hosszú időn keresztül adatokat kell gyűjteni. A hazai vadászati hagyomány fenntarthatóságának biztosítása céljából az Országos Magyar Vadászati Védegylet vezetésével Országos Erdei Szalonka Monitoring Program indult 2009 tavaszán. A program elsődleges célja, hogy szinkronszámlálási adatok alapján becsülje az ország területén átvonuló erdei szalonkák állományának nagyságát és nyomon kövesse az abban bekövetkező változásokat. Az adatok

folyamatos gyűjtésével ellenőrizhető, hogy a hagyományos tavaszi lesvadászat fenntartható-e, és nem veszélyezteti-e a populáció hosszú távú fennmaradását. A program indulása óta folyamatosan részt vettem az adatok gyűjtésében és feldolgozásában. Dolgozatom célja, hogy a monitoring program adatait elemezve jellemezsem az erdei szalonka hazai előfordulását és állományának struktúráját a 2009–2018 közötti időszakban és értékeljem az azokban bekövetkezett változásokat.

A monitoring program az egész országra kiterjedt, alapja az önkéntesen résztvevő megfigyelők által tavasszal és ősszel 12 héten keresztül hetente egy alkalommal elvégzett szinkronszámlálás volt. A megfigyelők az általuk kijelölt megfigyelési pontokon tavasszal minden szombat este, ősszel minden kedden este rögzítették az egyes megfigyelésekre vonatkozó adatokat. A program 2009–2018 közötti időszakában 101 710 db tavaszi, és 47 467 db őszi megfigyelési adatát gyűjtöttem össze és dolgoztam fel.

Elejtések 2010–2018 között kizárólag mintagyűjtési céllal történtek, amelynek célja az állomány ivari és korösszetételének feltérképezése és nyomon követése volt, emellett lehetővé tette a megfigyelések eredményeit befolyásoló tényezők vizsgálatát, valamint a populáció genetikai diverzitásának vizsgálatát is. Az elejtett madarak adatait az elejtők egységes adatlapon rögzítették. Az adatlapon mellett minden egyedről szárny-mintát is kellett küldeni, ami a populáció koreloszlásának becsléséhez volt szükséges. A 2015–2017 közötti időszakban ivarszervek és izomminták gyűjtése is történt minden elejtett egyedből. A monitoring program 2015–2018 közötti időszakában összesen 11 073 db tavaszi elejtési jegyzőkönyv adatát dolgozta fel.

A megfigyelési adatok alapján igazolta, hogy az erdei szalonka észlelések súlypontja Magyarországon az idő előrehaladtával térben is változott a tavaszi és őszi időszakokban egyaránt. Az eltolódás tavasszal délnyugat-északkelet, míg ősszel, azzal ellentétesen, északkelet-délnyugat irányban történt. A tavaszi elejtési adatok tér- és időbeli alakulásának alapján a megfigyelésekkel megegyező eredményt kaptam. Az eredmények megerősítették azt a korábbi feltételezést, hogy az észlelések időbeli alakulása kapcsolatban áll a vonulás alakulásával, és annak lefolyását tükrözi.

Igazolta, hogy azonos módszerekkel a megfigyelők tavasszal lényegesen több egyed észlelését regisztrálták, mint ősszel. Bár az éves szinten összesített észlelési arányok között nem volt kimutatható különbség a két szezon között, az észlelt madarak alacsonyabb száma, és a hallott madarak tavaszinál lényegesen alacsonyabb aránya az egyedek tavasztól eltérő viselkedésére, és abból eredően rosszabb megfigyelhetőségükre utal az őszi időszakban.

A kidolgozott számítási módszer segítségével meghatározta az erdei szalonka tavaszi állományának évenkénti nagyságát a 2009–2018 közötti időszakban. Az állomány nagyságban egyértelmű növekvő vagy csökkenő lineáris tendenciát nem lehetett megállapítani. A rendelkezésre álló adatok alapján a hazai vadászati hasznosítás mértéke az állomány nagyságához viszonyítva alacsony volt és érdemben nem befolyásolta annak alakulását. Az adott évi teríték nagyban függött attól, hogy adott tavasszal mennyi szalonka fordulhatott elő az ország területén, adott évi állomány nagyság viszont a korábbi év terítéktől függetlenül alakult.

Az elejtett szalonkák ivari összetétele 2015–2018 között az egyes években az elejtés dátumától függően változott. A tojók aránya március eleje és április eleje

között enyhén emelkedő tendenciával volt jellemezhető. Az arányok időpontonkénti eltérései ellenére a hímek és tojók heti szinten összesített elejtési számainak éven belüli alakulásai között minden vizsgált év esetében erős összefüggés volt. A vadászati terítékben az elsőéves és a kifejlett erdei szalonkák közelítőleg egyenlő arányban voltak jelen, az arányok éven belüli alakulása egyértelmű időbeli trenddel nem volt jellemezhető. Az elsőévesek aránya a terítékben 2015–2018 között viszont folyamatosan csökkent. Ez az állomány gyengébb szaporulatára utaló, figyelmeztető jel lehet.

A Magyarországon tavasszal előforduló erdei szalonka populáció genetikai diverzitása nagynak bizonyult, de a vizsgált mintában a különböző költőhelyekhez köthető alpopulációk nem voltak elkülöníthetők. Az egyedek közötti genetikai távolságok mértékében tér- és időbeli mintázatot az alkalmazott módszerekkel nem lehetett kimutatni.

ANALYSIS OF OBSERVATION AND HUNTING BAG DATA OF EURASIAN WOODCOCK (*SCOLOPAX RUSTICOLA* LINNAEUS, 1758) IN HUNGARY BETWEEN 2009–2018

GERGELY TIBOR SCHALLY
Szent István University, Gödöllő
Doctoral School of Animal Husbandry
Supervisor: László Szemethy PhD

Due to the cryptic behaviour of the Eurasian Woodcock, the amount and the quality of available information about the population size and the range of distribution and their changes are generally low. Their limited observability and migration in spring and autumn make data collection and evaluation difficult. However, to ensure the sustainable management of the species, it is essential to regularly collect data on the population with reliable methods. To preserve the traditional spring hunting in Hungary, a monitoring program started in spring 2009 with the coordination of the Hungarian Hunters' National Association. The primary goal of the program was to estimate the size of the migrating population associated with the country based on synchronized census data and to track its long-term changes. The continuous and regular data collection makes it possible to evaluate the sustainability of hunting in the Hungarian context and its possible effects on the population.

I took part in the data collection and processing tasks since the beginning of the program. My thesis aimed to analyse the occurrence and the population structure of the Eurasian Woodcock in Hungary between 2009–2018, based on the data of the monitoring program. Furthermore, I have evaluated the possible changes and trends in the given period.

The program was maintained successfully with national coverage, and it was based on synchronized roding surveys performed weekly, 12 times during each spring and autumn. The observers chose the observation points' locations and used standardized paper forms to record data on the number of contacts (wood-

cocks seen and/or heard) and additional information. In total, I have gathered, processed, and analysed 101 710 spring observation (2009–2018) and 47 467 autumn observation (2009–2013) datasheets.

Hunting of woodcock between 2010–2018 was only allowed for the monitoring program participants with strict regulation and obligatory sample collection from each bird. The primary purpose of sample collection was to assess the sex- and the age structure of the population. Still, it also allowed us to examine factors that affect the observations and genetic relationships among the birds. The hunters filled out standardized forms of each shot bird to provide data about them, and they also prepared wing samples for the proper ageing of the individuals. Gonads for proper sexing and muscle tissue samples for population genetic studies were also collected between 2015 and 2017. In total, I have gathered, processed, and analysed 11 073 spring hunting sample datasheets from the period between 2015 and 2018.

According to the results, there was a precise spatiotemporal shifting in the detections of Eurasian Woodcock in Hungary during spring and also during autumn. This shifting could be observed from southwest to northeast in spring and the opposite direction in autumn. A spatiotemporal shifting – very similar to the observations– could be detected in the case of the hunting data. These results supported the assumption that the temporal variation in the woodcock detections is strongly affected by the migration of the birds.

Observers reported significantly more contact with birds in spring than in autumn with the same observation methodology. Although no difference was found in the annual detection rates (successful visits / all visits) between the two seasons, the fewer detections and the lower proportion of detections via sound in autumn suggest a remarkable seasonal difference in the detection probabilities.

I have developed a model based on the observation data, and using this model, I have assessed the annual spring population sizes of Eurasian Woodcock in Hungary for the period 2009–2018. According to the results, no significant trend could be observed in the population size in the last ten years. The harvesting measure was very low compared to the size of the population, and it had no significant, detectable impact. There was a strong relationship between the annual number of harvested birds and the population size. Still, there was no correlation between the annual hunting bags and the following year's population sizes.

The proportion of females in the hunting bags between 2015–2018 varied depending on the dates, with a slightly increasing trend between the beginning of March and the beginning of April. Despite the weekly differences in the sex-ratio, there was a strong relationship between the weekly numbers of males and females in the hunting bag each year.

The proportion of first-year birds and adults was almost identical in the annual hunting bags, and no within-year trend was detected in the age-ratios. However, there was a slight decrease in the annual proportion of the first-year birds between 2015 and 2018, which might indicate a decrease in breeding success or survival.

A high level of genetic diversity and low population structuring was found in Woodcock samples collected in spring. Moreover, our results did not support the assumption that Woodcocks occurring in different places or at different times in Hungary would also belong to different breeding populations.

A TŐGYBIMBÓ ANATÓMIÁJÁNAK ULTRAHANGOS VIZSGÁLATA HOLSTEIN-FRÍZ SZARVASMARHAFAJTÁBAN

TÓTH TAMÁS

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Póti Péter PhD; Tózsér János DSc

A tőgygyulladást okozó kórokozók leggyakrabban a bimbócsatornán keresztül jutnak a tőgybe. A jelölt kutatásában egy Veszprém megyei Holstein-fríz tehenészetben vízfürdős módszerrel, ultrahanggal vizsgálta a bimbócsatorna hosszának és valamint a tőgybimbóvég és a pars papillaris distalis 1 cm-es területének a laktáció során a fejés hatására végbement, illetve a szárazonállás ideje alatti méretét és méretváltozását. A statisztikai elemzést SPSS. 18. programmal $p < 0,05$ értéken végezte.

A bimbócsatorna hosszának és a tőgybimbóvég területének fejés előtti mérete a laktáció előrehaladtával nő ($p < 0,05$). Fejés hatására a bimbóparaméterek méretei valamennyi laktációs csoportnál megnőnek, de a méretváltozás mértéke a laktáció során csökken ($p < 0,05$). A fejés után két órával csak a laktáció végén levő teheneknél alakulnak vissza a bimbóparaméterek méretei a fejés előtti értékre. A laktáció során megnőtt bimbóparaméterek a szárazonállás során visszaalakulnak a laktáció elején mért értékre úgy, hogy ez a tőgyinvolúció döntően ($p < 0,05$) a szárazonállás első hetében lezajlik.

A fejés előtt mért pars papillaris területe a laktáció során csökken ($p < 0,05$). Fejés hatására valamennyi csoportnál a pars papillaris mérete csökken ($p < 0,05$) és a méretváltozás mértéke a laktáció során csökken ($p < 0,05$). Viszont fejés után kettő óra alatt nem termelődik elég tej ahhoz, hogy a pars papillaris mérete a laktáció bármely stádiumában visszaálljon a fejés előtti értékre. A szárazonállás első hetében a tejtermelés még tart és a pars papillaris mérete ezért nő ($p < 0,05$), majd a szárazonállás közepéig a tejutakban felhalmozódott tejet a macrophagok eltávolítják és így a tőgyinvolúció végére a pars papillaris területe csökken ($p < 0,05$). A kitőgyelés ideje alatt az ellésig a pars papillaris mérete nő és ez a növekedés az ellés előtti egy hétben jelentős mértékű ($p < 0,05$).

A fejés során végbement méretváltozás eredményei szerint a többször ellett tehenek mindegyik tőgybimbó paramétere mindhárom mérési időpontban jelentősen nagyobb volt ($p < 0,05$), mint az elsőborjas teheneké. A fejés utáni méretváltozás mértéke a bimbócsatorna hossz és a tőgybimbóvég terület esetében volt jelentősen nagyobb ($p < 0,05$) a többször ellett teheneknél, viszont a kettő órás méretváltozás esetében nem volt lényeges különbség ($p > 0,05$) a két csoport között. A pars papillaris fejés hatására létrejött és a kettő órás méretváltozás tekintetében sem volt érdemi különbség ($p > 0,05$) a két csoport között.

Mindhárom tőgybimbó paraméternek a laktáció során a fejés hatására létrejött, valamint a szárazonállás alatt tapasztalt méretváltozása gyenge ($r < 0,3$) vagy nagyon gyenge ($r = 0,3-0,4$) korrelációt mutatott a termelt tej mennyiségével, a tehenek laktáció számával és a laktációs napok számával.

A kutatás kiterjedt arra, hogy a tőgygyulladás fennállásakor a fejés során mért

értékek és méretváltozások mennyire különbözik a gyógyulás után mért értékektől. Csak a pars papillaris esetében volt lényeges eltérés a két egészségi állapot között. A tehenek betegen jóval kevesebb tejet termeltek, mégis a tőgygyulladás során a koagulált tej jobban ($p < 0,05$) kitágította a pars papillarist, mint a gyógyulás utáni nagyobb tejtermelés. Valamint a súlyosabb tőgygyulladás után a pars papillaris regenerációja lassabban megy végbe.

Új tudományos eredmények:

Bebizonyította, hogy az ellést követően a bimbócsatorna hossza és a tőgybimbóvég területe a fejés hatására a többször ellett teheneknél nagyobb mértékben növekednek ($p < 0,05$), mint az első borjas teheneknél, viszont a 2 órás mérési arányok között nincsen különbség ($p > 0,05$).

Egészséges tehenek bimbócsatorna hossza és a tőgybimbóvég területe a szárazonállás 7. napjáig csökken ($p < 0,05$) és az ekkor mért értékek nem voltak nagyobbak ($p > 0,05$), mint az ellés után mérték. Tehát a tőgybimbó védekező rendszerét képző bimbócsatorna és tőgybimbóvég a szárazonállás első hetében teljesen regenerálódik.

Igazolta, hogy a 3+ tőgygyulladás fok esetében gyógyulást követően a pars papillaris területe a fejés előtti és a 2 órás mérésnél is nagyobb volt ($p = 0,047$ és $p = 0,024$), mint a 2+ tőgygyulladás fok esetében. Tehát a súlyosabb gyulladás után a pars papillaris kevésbé regenerálódik.

ULTRASOUND EXAMINATION OF TEAT ANATOMY IN HOLSTEIN-FRIESIAN CATTLE BREED

TAMÁS TÓTH

Szent István University, Gödöllő

Doctoral School of Animal Husbandry

Supervisors: Péter Póti PhD; János Tózsér DSc

The pathogens that cause mastitis most often enter the udder through the teat canal. In the course of PhD research, at a Holstein-Friesian dairy in Veszprém County, the size and size-changing of the length of the streak canal, the area of the teat end the 1 cm distal area of the pars papillaris distal during milking, and in the dry period by ultrasound using a water bath method were investigated. Statistical analysis was performed by SPSS program 18 at a value of $p < 0.05$.

The size of the steak canal length and the area of the teat end before milking increase with lactation ($p < 0.05$). As a result of milking, the size of the teat parameters increases in all lactation groups, but the degree of size change decreases during lactation ($p < 0.05$). Two hours after milking, only in cows at the end of lactation do the dimensions of the teat parameters return to pre-milking values. The teat parameters increased during lactation return to the value measured at the beginning of lactation during the dry period. This udder involution mainly ($p < 0.05$) takes place in the first week of the dry period.

The area of pars papillaris measured before milking decreases during lactation ($p < 0.05$). As a result of milking, the size of the pars papillaris decreases in all groups

($p < 0.05$), and the degree of size change decreases during lactation ($p < 0.05$). However, two hours after milking, not enough milk is produced to return the size of the pars papillaris to the pre-milking value at any stage of lactation. In the first week of the dry period, milk production is still maintained. The pars papillaris size increases ($p < 0.05$), then the milk accumulated in the milk ducts are removed by macrophages until the middle of the dry period. Thus the pars papillaris area decreases by the end of udder involution ($p < 0.05$). During weaning until calving, the size of the pars papillaris increases, and this increase is significant ($p < 0.05$) in the week before calving.

When examining the size change during milking, comparing the values obtained in the first milking of primiparous and multiparous cows, it was found that each teat parameter of multiparous cows was significantly higher ($p < 0.05$) than that of primiparous cows at all three measurement times. The extent of size change after milking was significantly higher ($p < 0.05$) in the case of streak canal length and the area of the teat end in primiparous cows, but there was no significant difference ($p > 0.05$) between the two groups in the case of two-hour size change. There was no significant difference ($p > 0.05$) between the two groups regarding the pars papillaris milking and the two-hour size change.

Changes in the size of all three teat parameters during lactation and the dry period showed a weak ($r < 0.3$) or very weak ($r = 0.3-0.4$) correlation with the amount of milk produced, the number of lactations in cows, and with the number of lactation days.

He examined how different the values and size changes measured during milking in the presence of mastitis differ from the values measured after healing. Significant difference ($p < 0.05$) was found between the two health conditions only in the case of pars papillaris. Cows produced much less milk, yet coagulated milk dilated the pars papillaris more ($p < 0.05$) during mastitis than higher milk production after recovery. Also, after more severe mastitis, regeneration of the pars papillaris occurs more slowly.

The length of the teat canal, the area of the teat end, and the 1 cm area of the teat after milking increased more in the case of multiparous cows ($p < 0.05$) than in the primiparous cows. There was no difference in hourly measurement rates ($p > 0.05$). In healthy cows, the length of the teat canal and teat end decreases until day 7 of dryness ($p < 0.05$), and the values measured at that time were not greater ($p > 0.05$) than those measured after calving. Thus, the streak canal and teat end forming the defensive system of the teat is completely regenerated during the first week of dryness. The area of the pars papillaris after healing was higher at pre-milking and at 2 hours ($p = 0.047$ and $p = 0.024$) in 3+ than at 2+. Thus, after more severe inflammation, the pars papillary is less able to regenerate.

A HUCUL LÓFAJTA POPULÁCIÓGENETIKAI ÉRTÉKELÉSE

SOMOGYVÁRI ENIKŐ
Debreceni Egyetem, Debrecen
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
Témavezető: Mihók Sándor PhD

A kutatási téma egyik vonulata feltárni a hazai állomány genetikai diverzitás változását populációgenetikai mutatókon keresztül. Különös figyelmet fordított a nélkülözhetetlen tenyészállat cserék hatására bekövetkezett változások vizsgálatára, amelyet a magyar állományba bevont külföldi tenyészállatok vizsgálatán keresztül végzett el. A kutatási téma további vonulata a tenyészetek (lényegében az országok) közötti genetikai kapcsoltság felmérése. A vizsgálat alapját egy Access adatbázis képzése adta, amelybe az egyedek származása (genetikai kapcsolódása), születési ideje és helye (országok), kancacsaládba tartozása, valamint méntörzse adatai kerültek. Ennek során 9942 adatsort rögzített, amelyre kelet-európai adatbázisként hivatkozott. A magyarországi teljes populációt 3026 egyed képezte (1895-2016 időintervallumban) és ennek referencia állományát a 2016-ban törzskönyvi ellenőrzésben tartott 336 egyed alkotta. Monitoring vizsgálatként elemezte a 10 év időkülönbséggel kiadott méneskönyvekben található állományok (és egyedek) fontos populációgenetikai mérőszámait. A felépített adatbázisokat az ENDOG program segítségével értékelte. A doktori munkája során a jelölt az alábbi eredményeket érte el:

- Igazolta, hogy a hazai hucul lóállomány genetikai változatossága a 2002 és 2016 évek között igazoltan csökkent. A nemkívánatos tendencia mértékét a lengyel import egyedek felhasználása és a nemzedékek közötti növekedése lassítja.
- Genetikai beszűkülést állapított meg a teljes hucul fajta vizsgálata során is. Ugyanakkor a számított hatékony állomány méret (57,78) az elméleti kritikus értéknél kedvezőbb.
- Az országok állománya között kismértékű a Nei-féle genetikai távolság.
- Kimutatta a teljes hucul fajtában a legveszélyeztetettebb kancacsaládokat (16) és méntörzseket (2).

GENETIC ASSESSMENT OF THE HUCUL HORSE BREED

ENIKŐ SOMOGYVÁRI
Debrecen University
Doctoral School of Animal Husbandry
Supervisor: Sándor Mihók PhD

One of the aims of the research was to explore, on the basis of population genetic indicators, how genetic diversity has changed in the Hungarian Hucul horse population. Special attention was drawn to explore changes in genetic diversity in the Hungarian Hucul horse population triggered by breeding with breeding animals coming from abroad. The other main focus of the research was to assess the degree of genetic differentiation between the populations. The research work

was based on an Access database, in which the pedigree (genetic connections), the date and place of birth (country) of each horse, its mare family and stallion line were registered. Altogether, 9,942 data series were recorded, and they were referred to as Eastern-European database. The Hungarian Hucul population was composed of 3,026 individuals (1895-2016). The reference population was represented by 336 individuals registered in the studbook of 2016. Relevant population genetic indicators estimated for the population registered in the studbooks of 2002 and 2011 were compared to each other. Databases were analyzed by using the ENDOG software. The main results of the doctoral work are:

- Between the years 2002 and 2016 the genetic variability of the domestic Hucul population decreased confirmedly. The rate of the undesirable trend is slowed down by the use of the Polish import individuals and the growth of the generation interval.
- Genetic narrowing during the examination of the whole Hucul breed was established as well. At the same time the calculated effective population size (57.78) is more favourable than the theoretical critical value.
- Nei's genetic distance between the populations of the countries is small.
- In the total Hucul breed the most endangered mare families (16) and stallion lines (2) were specified.

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉBEL Hedvig (Herceghalom)

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

Technikai szerkesztő (Technical assistant): SIPICZKI Bojána (Herceghalom)

Szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): HORN Péter (Kaposvár)

MANABE, N. (Japán),

HULLÁR István (Budapest),

SZABÓ Ferenc

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

(Mosonmagyaróvár),

ANTON István (Herceghalom),

KOMLÓSI István (Debrecen),

URBÁNYI Béla (Gödöllő),

BALOGH Krisztián (Gödöllő),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

WAGENHOFFER Zsombor

BODÓ Imre (Szentendre),

(Mosonmagyaróvár),

(Budapest),

DUBLECZ Károly (Keszthely),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

HIDAS András (Gödöllő),

PÓTI Péter (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

RÁTKY József (Budapest),

Szerkesztőség: Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani

(Editorial office): Intézet Takarmányozás-élettani csoport

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Institute of Physiology

and Nutrition Group of Nutrition physiology

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana.nora@uni-mate.hu

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

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

Felélős kiadó (Publisher): Bozzay Péter ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230-1814

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

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

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

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

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

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

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

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

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

Nyomta: OOK Press Kft.

8200 Veszprém, Pápai út 37/A