

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2023. 72. 2

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Effect of dietary lysine/energy ratio on ileal digestibility of protein in growing pigs

› A hortobágyi fekete és fehér racka genetikai státusza

› Egy hazai méhészet gazdasági és ökológiai fenntarthatóságának vizsgálata

› A lisztbogár (*Tenebrio molitor*) nagyüzemi előállítás

TARTALOM - CONTENTS

Tenke János – Sudár Gergő – Vida Orsolya – Tossenberger János: Effect of the lysine/energy ratio of the diet on the ileal digestibility of crude protein in growing pigs with different genetic potential (A takarmányok lizin/energia arányának hatása a nyersfehérje ileális emészthetőségére különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben)..... 113

Zsolnai Attila – Egerszegi István – Rózsa László – Mezőszentgyörgyi Dávid – Anton István: A hortobágyi fekete és fehér racka genetikai státusza (Genetic status of lowland-type racka sheep colour variants) 126

Feketéné Ferenczi Aliz – Szűcs István – Bauerné Gáthy Andrea: Egy hazai méhészet gazdasági és ökológiai fenntarthatóságának vizsgálata (Examination of the economic and ecological sustainability of a hungarian beekeeping farm) 138

*Hetényi Nikoletta: A lisztbogár (*Tenebrio molitor*) nagyüzemi előállítás (Mass production of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*)).....* 163

2022-ben sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói - Summaries of PhD dissertations in the year of 2022 175

Címlap kép (Frontpage photograph)

Méhek lépen (*Apis mellifera carnica pannonica*) (Fotó: Feketéné Ferenczi Aliz)

Bees on honeycomb (*Apis mellifera carnica pannonica*) (Photo: Aliz Feketéné Ferenczi)

EFFECT OF THE LYSINE/ENERGY RATIO OF THE DIET ON THE ILEAL DIGESTIBILITY OF CRUDE PROTEIN IN GROWING PIGS WITH DIFFERENT GENETIC POTENTIAL

TENKE JÁNOS – SUDÁR GERGŐ – VIDA ORSOLYA – TOSSENBERGER JÁNOS

SUMMARY

The aim of the study was to evaluate how the different lysine/digestible energy (DE) ratio of the diets effect on the apparent ileal digestibility (AID) of crude protein (CP) in growing pigs (40-60 kg) with different genetic potential. The trials were conducted a total of 90 animals (30 animals/genotype) with different genotypes ([Danish Yorkshire × Danish Landrace] × Danish Duroc; [Yorkshire × Landrace] × [Hampshire × Pietrain]; [Hungarian Yorkshire × Hungarian Landrace] × Duroc) in two replicates (n=10/treatment/genotype). Before the experiment series each of the barrows (average initial body weight = 40.9 ± 8.5 kg) were surgically fitted with post valve T-cannula (PVTC). The experimental diets were based on corn, barley and soybean meal, and formulated with 6 different total lysine/digestible energy (DE) ratios (A: 0.55; B: 0.61; C: 0.68; D: 0.74 E: 0.80; F: 0.82). For the digestibility trials, as an indigestible marker, titanium dioxide (TiO₂) was added to the diets (5 g/kg). The AID of the CP content of the diets were evaluated independently of the genotype (Genotype Independent Ileal Digestibility-GIID) and in genotype-specific aspect (Genotype Specific Ileal Digestibility-GSID). Based on our results, it can be concluded that the lysine/DE ratio of the diets affected the AID of the CP in a different ways by each genotype. Therefore the GIID assessment method occasionally over-evaluates, and in some cases under-estimates the CP digestibility in the different genotypes.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tenke, J. – Sudár, G. – Vida, O. – Tossenberger, J.: A TAKARMÁNYOK LIZIN/ENERGIA ARÁNYÁNAK HATÁSA A NYERSFEHÉRJE ILEÁLIS EMÉSZTHETŐSÉGÉRE KÜLÖNBÖZŐ GENETIKAI POTENCIÁLLAL RENDELKEZŐ NÖVENDEK SERTÉSEKBE

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy a takarmányok eltérő lizin/emészhető energia (DE) aránya miként befolyásolja a nyersfehérje látszólagos ileális emészthetőségét, különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (40-60 kg). A vizsgálatokat összesen 90 (30 állat/genotípus), különböző genotípusú állattal ([Dán Nagyfehér x Dán Lapály] x Dán Duroc; [Nagyfehér x Lapály] x [Hampshire x Pietrain]; [Magyar Nagyfehér x Magyar Lapály] x Duroc) két ismétlésben (10 állat/kezelés/genotípus) végeztük el. Az ártányokat (átlagos induló súly = 40,9 ± 8,5 kg) a vizsgálatok megkezdését megelőzően PVTC-kanüllel láttuk el. A kísérleti takarmányokat kukorica, árpa és szója alapon állítottuk össze 6 különböző lizin/DE-aránnyal (A: 0,55; B: 0,61; C: 0,68; D: 0,74; E: 0,80; F: 0,82). A takarmányokban titán dioxidot (TiO₂) használtunk markerként (5 g/kg). A takarmányok nyersfehérje-tartalmának ileális emészthetőségét genotípustól függetlenül (Genotípustól Független Ileális Emészthetőség-GFIE) és genotípus specifikusan (Genotípus Specifikus Ileális Emészthetőség-GSIE) is értékeltük. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a takarmányok lizin/DE aránya genotípusonként eltérően befolyásolja a nyersfehérje látszólagos ileális emészthetőségét. Ebből adódóan a GFIE esetenként túl-, bizonyos esetekben pedig alulértékeli a nyersfehérje ileális emészthetőségét a különböző genotípusok vonatkozásában.

INTRODUCTION

The adequate nutrient supply of pigs is decisive for growth because their genetically determined growth rate can be achieved only by meeting their nutrient requirements.

Feeding costs represent more than two thirds of the total cost of fattening, so the easiest way of decreasing feed costs is the optimization of the crude protein (CP) content and amino acid (AA) profile of the diets. In addition to the cost efficiency, the diets formulated on the basis of ideal protein concept can also decrease the environmental impact by the reduction of the excreted nitrogen. In swine nutrition, lysine is the first limiting AA and it determines the growth performance primarily, for this reason in ideal protein concepts the quantity of digestible amino acids is given in percentage relative to the lysine (100%).

In addition to optimizing the AA profile of the diets, efforts should also be made to provide the energy requirements of animals of different genotypes to achieve adequate performance. According to *Campbell and Taverner* (1988) the energy consumption and energy requirements for maintenance of animals with high genetic value have increased as their growth potential and muscle growth rates have improved. The increased energy and AA needs are due to the higher protein deposition rate. Therefore the quality of the nutrient supply is a key factor, especially in the case of high performing modern genotypes. The estimated energy requirement of these animals could be above the voluntary feed intake mainly during the early stage of growth so the genetically determined lean meat production capacity can not be fully exploited at this age (*Close, 2004a*). The energy requirements of growth may not be provided due to physical limitations, which could inhibit the manifestation of the genetically determined performance (body weight gain). Therefore, the lysine/energy ratio of the diet plays an important role in the nutrition of modern genotypes.

Taking into consideration the lysine/energy ratio in swine nutrition is general. However, the variation in the performance of different genotypes used in industrial pork production under the same housing conditions may reach up to 30% (*Schnickel and De Lange, 1996*), which leads to differences in the nutritional requirements of the animals, especially in the lysine/energy ratio of the diet. According to *Kim et al. (2000)* pigs with different growth intensity show differences in the performance and protein deposition rate when they were fed with the same diet. *Kim et al. (2000)* categorized the fatteners according to high, medium and low protein deposition rate (growth intensity) and found significant differences in the performance parameters and in the ileal digestible lysine requirements regarding to these categories. *Close (2004b)* also suggests that pigs should be categorized, but the differences in their average daily weight gain and the protein content of the empty body should be taken also into consideration, however these parameters could be different depending on the genetic potential. For this reason, the genotypes used in pork production could be categorized into three groups in terms of their genetic potential (*Table 1.*).

Furthermore, the topic of the CP and AA supply of pigs can be influenced by the latest research results which show that there are differences also in the CP and AA digestibility in the different populations in intensive production (*Barea et*

al., 2011). This is of very high importance because it is well known that only AAs that are absorbed up to the terminal section of the small intestine are involved in protein synthesis (Zebrowska, 1973). The efficiency of the absorption of AAs is a key factor in formulating diets for digestible AA content, however, there are differences in the potential regarding digestion physiology between the different genotypes. These factors are still less taken into consideration. Therefore the aim of our study was to determine the effect of the different lysine/DE ratios of the diets on the apparent ileal digestibility (AID) of CP in growing pigs (40.0-60.0 kg) with different genetic potential.

Table 1.

Pig categories based on average daily weight gain and carcass protein content of empty body (Close, 2004b)

| Genetic potential (1) | P A R A M E T E R S (2) | |
|-----------------------|---------------------------------------|--|
| | Average daily weight gain (g/day) (3) | Protein content of empty body (g/kg) (4) |
| High (5) | 1000-1200 | 180 |
| Medium (6) | 800-1000 | 170 |
| Traditional (7) | <800 | 160 |

1. táblázat A sertések kategorizálása az átlagos napi súlygyarapodás és az üres test fehérjetartalma alapján (Close, 2004b)

genetikai potenciál (1); paraméterek (2); átlagos napi súlygyarapodás (g/nap) (3); az üres test fehérjetartalma (g/kg) (4); nagy (5); közepes (6); hagyományos (7)

MATERIALS AND METHODS

Animals and facilities

The digestibility trials were conducted in 40.0-60.0 kg live-weight interval with crossbred growing pigs with 3 different genotype and genetic potential ([Danish Yorkshire × Danish Landrace] × Danish Duroc; [Yorkshire × Landrace] × [Hampshire × Pietrain]; [Hungarian Yorkshire × Hungarian Landrace] × Duroc). The effect of 6 different total lysine/DE ratio were evaluated (n=10/treatment/genotype). The genotypes investigated during the trial are shown in Table 2.

Before the trials, when the barrows reached approximately 25.0 kg liveweight, all of the animals (30 animals/genotype) were surgically fitted with PVTC-cannula made of medical silicone, according the method described by Van Leeuwen et al. (1991). The trials were conducted at the Department of Animal Nutrition of Kaposvár University, in Hungary. The ethics approval for this study was issued by the National Scientific Ethical Committee on Animal Experimentation, Hungary, prior to the initiation of the experiment (approval number: SOI/31/446-7/2014.). The average initial bodyweight of the animals was 40.9 ± 8.5 kg. Before the surgeries, during the regeneration and adaptation period and under the collecting period the pigs were housed individually in floor pens in a climate-controlled room (19-22°C). To each pen a trough feeder and a stainless steel nipple drinker were installed.

Table 2.

The genotype and the genetic potential of the experimental animals

| Genotype (1) | P A R A M E T E R S (2) | |
|---|-------------------------|---------------------------------------|
| | Genetic potential (3) | Average daily weight gain (g/day) (4) |
| [Danish Yorkshire × Danish Landrace] × Danish Duroc (5) | High (6) | 1000-1200 |
| [Yorkshire × Landrace] × [Hampshire × Pietrain] (7) | Medium (8) | 800-1000 |
| [Hungarian Yorkshire × Hungarian Landrace] × Duroc (9) | Traditional (10) | <800 |

2. táblázat A kísérleti állatok genotípusa és genetikai potenciálja

genotípus (1); paraméterek (2); genetikai potenciál (3); átlagos napi súlygyarapodás (g/nap) (4); (Dán nagy fehér x Dán lapály) x Dán duroc (5); nagy (6); (Nagyfehér x Lapály) x (Hampshire x Pietrain) (7); közepes (8); (Magyar nagyfehér x Magyar lapály) x Duroc (9); hagyományos (10)

Dietary treatments

The experimental diets were formulated on corn, barley and soybean meal (SBM) based, according to the recommendation of *NRC* (2012), taking into consideration the ideal protein concept. The experimental diets were formulated with constant CP and crude fiber content but with 6 different total lysine/DE ratio (A: 0.55; B: 0.61; C: 0.68; D: 0.74; E: 0.80; F: 0.82; *Table 3.* and *Table 4.*).

The DE value of each diet was calculated using the equation described by *NRC* (2012) as follows: $DE \text{ (kcal/kg)} = 4.168 - (91 \times \%Ash) + (19 \times \%Crude \text{ Protein}) + (39 \times \%Ether \text{ Extract}) - (36 \times \%Neutral \text{ Detergent Fiber})$. Vitamins and minerals were also included in all diets to meet the requirements (*NRC*, 2012). Titanium dioxide (TiO₂/Tioxide® A-HR) was added on top (5 g/kg) to the diets as an indigestible marker. Pigs were fed two times daily (at 8:30 am and at 4:30 pm) in two equal portions at a level of 2.8 times the maintenance energy requirement (450 kJ ME/kg BW^{0.75}). The physical form of the experimental diets were finely grounded meal. Animals had free access to water during the experiment.

Data and sample collection

The digestibility studies consisted of 5 days surgery, a minimum of 10 days regeneration, 5 days adaptation and 3 days collection period. At the beginning and at the end of each period, the bodyweight of the pigs was individually recorded, and the feed allowance for each animal was adjusted. Between the collection days (Monday, Wednesday and Friday) were implemented (Tuesday and Thursday). Ileal digesta samples were collected continuously, between 8:30 am and 4:30 pm on collection days.

During sample collections cannulas were opened and a polyethylene plastic bag was attached to the cannula and the digesta was able to flow into the bag. When bags were filled with digesta they were removed, and it was replaced with a new bag. After the removing the bags, the digesta samples were weighed and immediately frozen. Chymus samples were stored at -18 °C to prevent bacterial degradation of amino acids.

Table 3.

Composition and nutrient content of the experimental diets (g/kg as feed)

| Components (1) | T R E A T M E N T S (2) | | | | | |
|---|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Corn (3) | 503.0 | 494.7 | 505.0 | 531.0 | 536.0 | 549.0 |
| Barley (4) | 251.0 | 274.0 | 265.0 | 240.0 | 237.0 | 225.0 |
| Extr. soybean meal (5) | 191.8 | 187.0 | 183.6 | 179.6 | 175.0 | 171.5 |
| Arbocel ¹ (6) | 11.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| Sunflower oil (7) | 15.0 | 7.0 | 7.4 | 7.5 | 7.5 | 7.6 |
| MCP (8) | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.6 | 7.6 | 7.7 |
| Limestone (9) | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| NaCl (10) | 4.1 | 4.1 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 4.2 |
| Premix (0.5%) ² (11) | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Lysine-HCl 78% ³ (12) | 1.0 | 1.8 | 2.9 | 4.0 | 5.1 | 6.2 |
| DL-methionine 99% ³ (13) | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 |
| L-cystine-HCl 98% ³ (14) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.6 | 0.9 |
| L-threonine 98% ³ (15) | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 1.1 | 1.7 | 2.2 |
| L-tryptophan 98% ³ (16) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 |
| TOTAL (17) | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 | 1000.0 |
| Energy and nutrient content (18) | | | | | | |
| DE ⁴ (MJ/kg) (19) | 14.0 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| Dry matter ⁵ (20) | 904.0 | 900.3 | 903.0 | 900.0 | 902.7 | 902.3 |
| Crude protein ⁵ (21) | 153.7 | 153.7 | 155.0 | 155.0 | 155.0 | 155.3 |
| Crude fat ⁵ (22) | 37.7 | 30.0 | 30.3 | 30.3 | 30.3 | 30.3 |
| Crude fiber ⁵ (23) | 46.7 | 45.0 | 45.0 | 45.0 | 45.7 | 44.0 |
| Lysine _{total} ⁵ (24) | 7.7 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 11.0 | 11.3 |
| Ca ⁵ (25) | 5.6 | 5.2 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.4 |
| P ⁵ (26) | 5.0 | 4.9 | 5.1 | 5.0 | 5.1 | 5.1 |
| Total lys/DE ratio ⁴ (27) | 0.55 | 0.61 | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.82 |

¹ Produced by J. Rettenmaier & Söhne GmbH (28)

² Provided the following per kilogram of premix: Vitamin A: 1,750,000 IU, Vitamin D3: 350,000 IU, Vitamin E: 8,750 mg, Vitamin K3: 350 mg, Vitamin B1: 262.5 mg, Vitamin B2: 875 mg, Vitamin B3: 2,100 mg, Vitamin B6: 700 mg, Vitamin B12: 4,375 mg, Biotin: 21 mg, Folic acid: 105.07 mg, Cholin: 24,000 mg, Fe: 19,175 mg, Zn: 20,001 mg, Mn: 6,488.3 mg, Cu: 2,225 mg, Co: 6.5 mg, I: 65 mg, Se: 67.75 mg (29)

³ Produced by Ajinomoto (30)

⁴ Calculated value (31)

⁵ Analysed value (32)

3. táblázat A kísérleti takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma (g/kg)

takarmánykomponensek (1); kezelések (2); kukorica (3); árpa (4); extrahált szójadara (5); Arbocel (6); napraforgó olaj (7); monokalcium-foszfát (8); takarmánymész (9); takarmánysó (10); 0,5%-os premix (11); Lizin-HCl (12); DL-metionin (13); L-cisztin-HCl (14); L-treonin (15); L-triptofán (16); összesen (17); energia- és táplálóanyag-tartalom (18); emészthető energia (19); szárazanyag (20); nyersfehérje (21); nyerszsír (22); nyersrost (23); összes lizin (24); kalcium (25); összes foszfor (26); összes lizin/emészthető energia arány (27); az Arbocel gyártója (28); 1 kg premix összetétele (29); az aminosavak gyártója (30); számított érték (31); mért érték (32)

Table 4.

Analysed amino acid composition of the experimental diets (g/kg as feed)

| Amino acids (1) | T R E A T M E N T S (2) | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Essential amino acids (3) | | | | | | |
| Lysine (4) | 7.7 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 11.0 | 11.3 |
| Methionine (5) | 2.4 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.6 | 3.9 |
| Cystine (6) | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 2.2 |
| Met + Cys (7) | 4.7 | 4.8 | 5.0 | 5.3 | 5.8 | 6.1 |
| Threonine (8) | 5.8 | 5.8 | 6.4 | 6.7 | 7.0 | 7.5 |
| Valine (9) | 7.3 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 6.9 | 7.0 |
| Leucine (10) | 13.2 | 13.3 | 13.3 | 13.3 | 13.1 | 13.0 |
| Izoleucine (11) | 6.1 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 5.8 | 5.8 |
| Histidine (12) | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 4.2 | 4.3 | 4.3 |
| Phenilalanine (13) | 7.7 | 7.9 | 7.8 | 7.7 | 7.5 | 7.6 |
| Tyrosine (14) | 4.2 | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 4.2 |
| Phe + Tyr (15) | 11.9 | 12.3 | 12.2 | 12.0 | 11.8 | 11.8 |
| Non essential amino acids (16) | | | | | | |
| Arginine (17) | 8.7 | 8.5 | 8.5 | 8.3 | 8.3 | 8.0 |
| Aspartic acid (18) | 3.4 | 14.2 | 14.2 | 13.9 | 13.7 | 13.7 |
| Glutamic acid (19) | 31.0 | 30.5 | 29.8 | 29.4 | 29.7 | 29.0 |
| Alanine (20) | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.1 | 8.1 |
| Serine (21) | 7.7 | 7.8 | 7.7 | 7.7 | 7.6 | 7.5 |
| Glycine (22) | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.1 | 6.1 |
| Proline (23) | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.2 | 11.4 |

4. táblázat A kísérleti takarmányok analizált aminosavtartalma (g/kg)

aminosavak (1); kezelések (2); esszenciális aminosavak (3); lizin (4); metionin (5); cisztin (6); metionin+cisztin (7); treonin (8); valin (9); leucin (10); izoleucin (11); hisztidin (12); fenilalanin (13); tirozin (14); fenilalanin+tirozin (15); nem esszenciális aminosavak (16); arginin (17); aszparaginsav (18); glutaminsav (19); alanin (20); szerin (21); glicin (22); prolin (23)

Laboratory analysis

The DM, CP ether extract, crude fiber, ash, calcium, and phosphorus content of the ingredients and experimental diets were analyzed according to the procedures of the AOAC (2006). Amino acid concentration of the ingredients, experimental diets and chymus samples were measured according the method described by *Bech-Andersen et al.* (1990), using AAA 400 Ingos automatic amino acid analyzer. The concentration of AAs were calculated as g AA/100 g protein, except tryptophan. Titanium dioxide (TiO₂) of the ingredients, experimental diets and the digesta samples were analyzed by the description of AOAC (2006) with Secomam Anthele UV/Visible light spectrophotometer.

Statistical Analyses

Trial data were analyzed by two-way variance analysis (ANOVA). In case of statistical reliability the differences were verified by Tukey’s test. For statistical procedures, SAS® University Edition (2019) statistics program was used. The relationship between the lysine content of the diet and the ileal digestibility of the crude protein was tested by nonlinear regression analysis (SPSS for Windows 11.5.0, 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

Based on our results, the genotype-specific ileal digestibility (GSID) of CP in the experimental animals (Table 5.) with different genetic potential was influenced by the total lysine/DE ratio of the diet in a different way in each genotype (Figure 1.).

Table 5.

Genotype specific ileal digestibility of crude protein in growig pigs with different genetic potential (%)

| Genetic potential (1) | Genotype specific ileal digestibility (%) (2) | | | | | | RMSE (3) |
|-----------------------|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| High (4) | 75.0 ^{ab} | 75.8 ^{abd} | 76.6 ^d | 76.2 ^{cd} | 75.2 ^{bc} | 74.1 ^a | 1.1 |
| Medium (5) | 72.2 ^a | 73.6 ^{ab} | 74.5 ^b | 74.1 ^b | 73.9 ^b | 73.5 ^{ab} | 1.4 |
| Traditional (6) | 73.3 ^a | 74.5 ^{ab} | 74.7 ^{ab} | 74.4 ^{ab} | 74.5 ^{ab} | 74.8 ^b | 1.5 |

Lysine content (g/kg) (7) : A: 7.7; B: 8.4; C: 9.4; D: 10.2; E: 11.0; F: 11.3

Lys/DE ratio (8): A: 0.55; B: 0.61; C: 0.68; D: 0.74; E: 0.80; F: 0.82

a, b, c, d : p<0.05

5. táblázat A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetősége különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (%)

genetikai potenciál (1); genotípus specifikus ileális emészthetőség (2); átlagos négyzetes hiba gyöke (3); nagy (4); közepes (5); hagyományos (6); lizintartalom (g/kg) (7); lizin/emészthető energia arány (8)

Comparing our data with the results of other authors it can be concluded that the AID of the CP is affected not only by the protein sources and the total lysine content of the diet, but also the genotype and the BW of the growing pigs. *Adebiyi et al.* (2015) declared 74.0% AID of the CP in Yorkshire x Landrace animals, when the CP content of the corn-soybean based diet was 155.0 g/kg and the total lysine content was 9.0 g/kg. The CP content in our trial was similar to reported by *Adebiyi et al.* (2015), however the total lysine content was higher in Treatment-C (CP:155.0 g/kg, total lysine: 9.4 g/kg). In our study, by the animals with medium genetic potential the 74.5% AID of CP was determined and in case of pigs with traditional genetic potential fed corn-barley-SBM based diet 74.7% AID of CP was measured.

By (Yorksire x Landrace) x Duroc animals, *Yoo et al.* (2019) reported higher AID of CP at the same CP level (155.0 g/kg) and with 9.8 g/kg total lysine content in the diet. The authors declared 85.0% AID of CP but the experimental animals were fed with corn-fishmeal based diet and the initial BW of the animals were more than

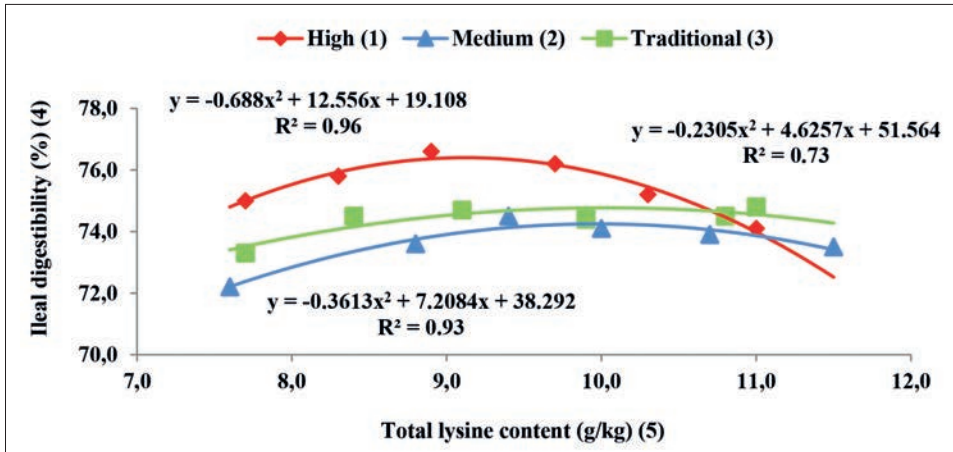
10.0 kg lower (24.1 ± 0.7 kg vs. 35.0 ± 2.6 kg) compared to the study conducted by Adebiji et al. (2015).

She et al. (2018) fed the experimental animals with corn-SBM based diet which was formulated with 179.0 g/kg CP and 11.0 g/kg total lysine. The authors measured 77.4% CP digestibility. In our trials the AID of CP was 75.2% in the animals with high genetic potential fed the Treatment-E diet which was formulated with 155.0 g/kg CP and 11.0 g/kg total lysine. Besides, our results were similar to those reported by Wang et al. (2018) and Jerez-Bogota et al. (2020).

In general it can be determined that the digestibility of CP in the animals with traditional genetic potential increased significantly ($p < 0.05$) only in the case of feeding the diet with the highest total lysine/DE ratio (Treatment F). In contrast, by the genotype with medium genetic potential, the total lysine/DE ratio of Treatment C has already improved the digestibility of the CP ($p < 0.05$). By this genotype, further treatments (Treatment D, E, and F) did not have any significant effect on the digestibility of CP.

In pigs with high genetic potential, the digestibility of CP increased also significantly as a result of Treatment C ($p < 0.05$), but the highest total lysine/DE ratio (Treatment F) decreased the digestibility of CP compared to Treatment C ($p < 0.05$). According to this results, it can be concluded that all three genotypes had a different response in growing tendency to the diets with different total lysine/DE ratios. Despite the variation in the digestibility of CP by the different genotypes, a

Figure 1. The GSID of crude protein in growig pigs with different genetic potential (%)



| TREATMENT (6) | A | B | C | D | E | F |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total lysine content (g/kg) (5) | 7.7 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 11.0 | 11.3 |
| Total lysine/DE ratio (7) | 0.55 | 0.61 | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.82 |

1. ábra A nyersfehérje genotípus specifikus ileális emészthetősége különböző genetikai potenciállal rendelkező növendék sertésekben (%)

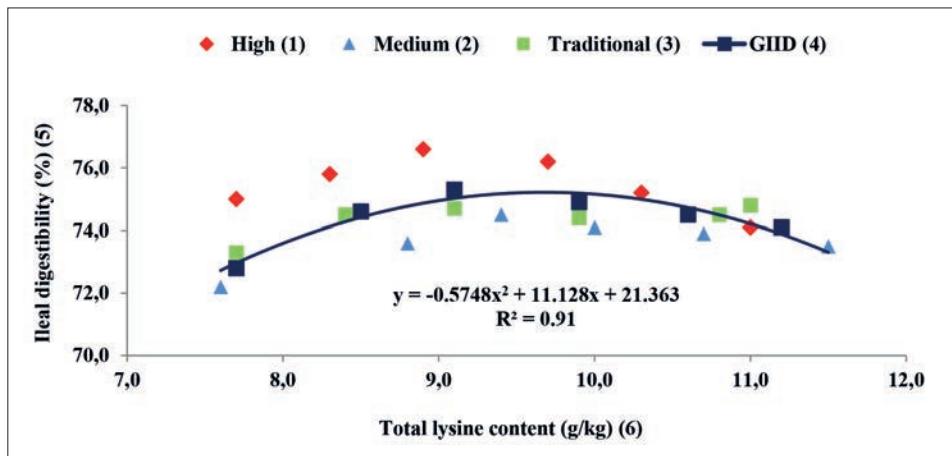
nagy (1); közepes (2); hagyományos (3); ileális emészthetőség (%) (4); összes lizintartalom (g/kg) (5); kezelés (6); összes lizin/DE arány (7)

close polynomial relationship ($R^2 = 0.72-0.96$) can be found between GSID and the total lysine/DE ratio of the diet. In case of genotype-independent ileal digestibility (GIID) assesment method, we found also a close polynomial relationship between the total lysine/DE ratio of the diet and the digestibility of the CP ($R^2 = 0.92$).

However, it is also important to note that GIID does not highlight differences in genetic potential, thereforein some cases it over-evaluates, and in others it underestimates the efficiency of CP digestion (*Figure 2.*). It is also considerable that the digestibility of CP in hybrids with high genetic potential is clearly higher between 0.55-0.80 Lys/DE ratio compared to animals with medium and traditional genetic potential. Based on the data, it can be established, that the protein digestion of young pigs with high genetic potential is the most effective when they are fed diets with higher proportion of crystalline than protein-bound amino acids (Treatment A, B, C, D and E). In this range, regarding to the digestion of CP, pigs with high genetic potential have an advantage compared to the two other genotypes.

This shows that the use of a feeding strategy based on a higher proportion of „native” proteins and amino acids taken in by the feed ingredients may be less disadvantageous when fattening animals with high genetic potential. It is well known that diets with a lower crystalline AA content are poorer and slower digestible than feeds with higher crystalline amino acids levels (*Buraczewska and Swiech, 2000; Han and Lee, 2000*). This also confirms that protein digestion is more efficient in pigs with high genetic potential than genotypes with traditional and medium genetic potential. The ileal digestibility of CP in animals with high genetic

Figure 2. The GIID of crude protein in growing pigs (%)



| TREATMENT (7) | A | B | C | D | E | F |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total lysine content (g/kg) (6) | 7.7 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 11.0 | 11.3 |
| Total lysine/DE ratio (8) | 0.55 | 0.61 | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.82 |

2. ábra A nyersfehérje genótipustól független ileális emészthetősége növendék sertésekben (%)

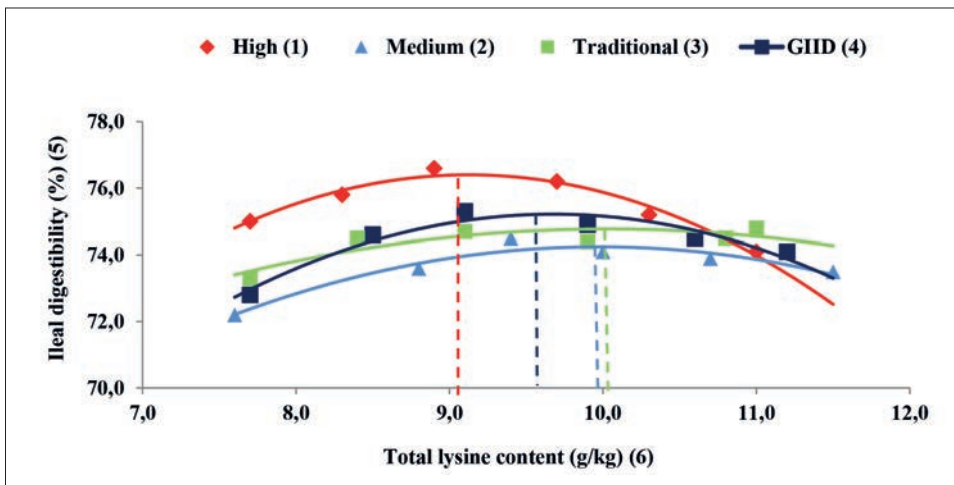
nagy (1); közepes (2); hagyományos (3); genótipustól független ileális emészthetőség (4); ileális emészthetőség (%) (5); összes lizintartalom (g/kg) (6); kezelés (7); összes lizin/DE arány (8)

potential was 2.1% higher compared to animals with medium genetic potential. The digestibility of CP did not reach its maximum value in any of the investigated genotypes by Treatment F, despite the fact that the ratio of crystalline AA was the highest in this experimental diet and therefore the best digestibility was expected in this case. This could be explained by the fact that the different absorption rates of crystalline and protein-bound amino acids decrease the intensity of tissue protein synthesis and through the nitrogen metabolism regulator mechanism of the animals this slows down the further absorption of peptides and amino acids from the gastrointestinal tract (Trottier, 2004). Due to the differences in the absorption phases, this phenomenon may have been more pronounced when feeding diets supplemented at higher levels of crystalline amino acids.

With increasing the total lysine/DE ratio of the feed, the digestibility of CP had an increasing in all genotypes. The absorption maximum is represented by the highest points on the curves on Figure 3.

The absorption maximum was calculated by genotype (GSID_{max}) and also independently from the genotype (GIID_{max}). Calculating the absorption maximum point has high importance because on this point is the digestibility of CP the biggest. The location of these points on the curves and the efficiency of the digestibility of CP varies by genotype, which further confirm the need for the development

Figure 3. Comparison of maximal crude protein digestibility in GSID and GIID assessment methods in growing pigs (%)



| TREATMENT (7) | A | B | C | D | E | F |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total lysine content (g/kg) (6) | 7.7 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 11.0 | 11.3 |
| Total lysine/DE ratio (8) | 0.55 | 0.61 | 0.68 | 0.74 | 0.80 | 0.82 |

3. ábra A nyersfehérje maximális emészthetőségének összehasonlítása genotípus specifikusan és genotípustól függetlenül (%)

nagy (1); közepes (2); hagyományos (3); genotípustól független ileális emészthetőség (4); ileális emészthetőség (%) (5); összes lizintartalom (g/kg) (6); kezelés (7); összes lizin/DE arány (8)

and practical application of genetic specific feeding technologies. In pigs with high genetic potential, the ileal digestibility of CP reached its maximum when the diet lysine content was 9.1 g/kg. In contrast, in the genotypes with traditional and medium genetic potential, absorption maximum appeared at a lysine level of 10.0 g/kg. The genetic independent ileal digestibility (GIID) of CP reached its maximum when the diet had a lysine content of 9.7 g/kg. Based on the data presented in *Figure 3.*, it can be concluded that the most effective CP digestion can be achieved by feeding animals with different lysine/DE ratios per genotype. In addition, it should be emphasized that the genotype-independent assessment method does not give real information about the maximum value of CP digestibility nor the total lysine/DE ratio which required to achieve this maximum in the examined genotypes. For this reason, the importance of developing and applying genotype-specific nutritional technologies, even at the level of the amino acids, is considered to be essential.

CONCLUSIONS

Based on our results, it can be concluded that the genotype-specific ileal digestibility of CP (GSID) in growing pigs shows significant differences depending on the genetic potential. The genotype-independent assessment method (GIID) are not able to take these differences into account and in some cases it over-evaluates and in others underestimates the ileal digestibility of CP. The genotype-specific assessment method (GSID) is more accurate, so it is essential to take this into account by developing feeding technologies based on the genetic profile. Besides, with using this assessment method a close ($R^2=0.72-0.96$) polynomial relationship can be found between GSID and total lysine/DE ratio of the diet, despite the differences in the digestibility of CP between genotypes. The results of our study confirm, that the ileal digestibility of CP reaches its maximum ($GSID_{max}$) at different total lysine/DE ratios of the diet in growing pigs with different genetic potentials, and the efficiency of absorption is also genotype-specific. At the same time, it should be emphasized that the digestibility of CP in growing pigs with high genetic potential is significantly higher compared to the genotypes with medium and traditional genetic potential.

Based on our results, for growing pigs (40-60 kg) with traditional and medium genetic potential diet with 10.0 g/kg total lysine, for pigs with high genetic potential diet with 9.1 g/kg total lysine content are recommended.

ACKNOWLEDGEMENT

The release of the paper was supported by the Recovery and Resilience Facility (RRF) project, which was financed under the National Recovery Fund budget, RRF-2.3.1-21 funding scheme. Project no. RRF-2.3.1-21-00001.

REFERENCES

- Adebiyi, A. O. – Ragland, D. – Adeola, O. – Olukosi, O. A. (2015): Apparent or standardized ileal digestibility of amino acids of diets containing different protein feedstuffs fed at two crude protein levels for growing pigs. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 28. 1327-1334.
- AOAC (2006): Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off Anal. Chem., Arlington VA.
- Barea, R. – Nieto, R. – Vitari, F. – Domeneghini, C. – Aguilera, J. F. (2011): Effects of pig genotype (Iberian v. Landrace × Large White) on nutrient digestibility, relative organ weight and small intestine structure at two stages of growth. *Animal*, 5. 547-557.
- Bech-Andersen, S. – Mason, V. C. – Dhanoa, M. S. (1990): Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed constituents: 9. Modification to oxidation and hydrolysis conditions for streamlined procedures. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 63. 188-197.
- Buraczewska, L. – Swiech, E. (2000): A note on absorption of crystalline threonine in pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 9. 489-492.
- Campbell, R. G. – Taverner, M. R. (1988): Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 66. 676-686.
- Close, W. H. (2004a): Új genotípusok takarmányozása. *Takarmányozás*, 7.(2) 4-7.
- Close, W. H. (2004b): Új genotípusok takarmányozása. *Takarmányozás*, 7.(3) 5-8.
- Han, I. K. – Lee, J. H. (2000): The role of synthetic amino acids in monogastric animal production. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 13. 543-560.
- Jerez-Bogota, K. – Sánchez, C. – Ibagón, J. – Jlali, M. – Cozannet, P. – Preynat, A. – Woyengo, T. (2020): Growth performance and nutrient digestibility of growing and finishing pigs fed multienzyme-supplemented low-energy and -amino acid diets. *Transl. Anim. Sci.*, 4. 602-615.
- Kim, K. H. – Sohn, K. S. – Hyun, Y. – Han, I. K. (2000): Estimation of protein deposition rate of growing-finishing pigs reared in commercial conditions in Korea. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 13. 1147-1153.
- NRC (2012): Nutrient requirement of swine. National Academy Press, Washington D.C.
- SAS (2019): SAS® University Edition.
- Schinckel, A. P. – de Lange, C. F. M. (1996): Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.*, 74. 2021-2036.
- She, Y. – Sparks, J. C. – Stein, H. H. (2018): Effects of increasing concentrations of an *Escherichia coli* phytase on the apparent ileal digestibility of amino acids and the apparent total tract digestibility of energy and nutrients in corn-soybean meal diets fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 96. 2804-2816.
- SPSS (2002). SPSS for Windows. Version 11.5.0. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Trottier, N. L. (2004). Utilization of crystalline amino acids by the gut in growing pigs – NPB # 03-030. National Pork Board. <https://www.pork.org/wp-content/uploads/2006/07/03-030-TROTTIER.11-1-04.pdf> (Letöltés ideje: 2019.05.06).
- Van Leeuwen, P. – van Kleef D. J. – van Kempen D. J. M. – Huisman J. – Verstegen, M. W. A. (1991): The post valve T-caecum cannulation technique in pigs applied to determine the digestibility of amino acids in maize, groundnut and sunflower meal. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 65. 183-193.
- Wang, T. – Osho, S. O. – Adeola, O. (2018): Additivity of apparent and standardized ileal digestibility of amino acid determined by chromic oxide and titanium dioxide in mixed diets containing wheat and multiple protein sources fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 96. 4731-4742.
- Yoo, J. S. – Cho, K. H. – Hong, J. S. – Jang, H. S. – Chung, Y. H. – Kwon, G. T. – Shin, D. G. – Kim, Y. Y. (2019): Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae compared to three animal protein by-products in growing pigs. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 32. 387-394.
- Zebrowska, T. (1973): Digestion and absorption of nitrogenous compounds in the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk Roln.*, 95. 85-90.

Érkezett: 2020. január

A szerzők címe: Tenke J. - Tossenberger J

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Authors' adress: Széchenyi István University, Albert Casimir Faculty of Mosonmagyaróvár

H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony út 2.

janos.tenke@boly.bonafarm.hu

Sudár G.

Ceres Holding Zrt.

Ceres Holding Ltd.

H-7023 Paks, Hunyadi u. 15.

Vida O.

DSM Nutritional Products Hungary Kft.

H-2367 Újhartyán, Japán fasor 4.

A HORTOBÁGYI FEKETE ÉS FEHÉR RACKA GENETIKAI STÁTUSZA

ZSOLNAI ATTILA – EGERSZEGI ISTVÁN – RÓZSA LÁSZLÓ –
MEZŐSZENTGYÖRGYI DÁVID – ANTON ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A hortobágyi racka a magyar szürkemarha és a mangalica sertés mellett Magyarország egyik nemzeti jelképe. E racka juhok genetikai leírását teljes genomvizsgálattal végeztük el. A racka juhok genetikai helyzetének meghatározása, ill. más fajtákhoz való hasonlítása bővíti a ritka fajtákra vonatkozó ismereteinket. A fajtán belüli változatok genetikai jellemzése segítheti a tenyésztőket a jelenlegi és jövőbeli gazdálkodási döntésekben. A Geneseeek Ovine SNP50 BeadChip segítségével 126 fekete és 128 fehér racka juh genomját vizsgáltuk. Összehasonlítás céljából 134 magyar merinót használtunk, és további 3345 állatot vettünk górcső alá 81 különböző fajtából. A főkomponens-analízis (Principal Component Analysis, PCA) azt mutatta, hogy a fehér és fekete rackák jól elkülönülő csoportokat képviselnek a többi juh fajta között. Az ROH (Runs of Homozygosity) szegmensek száma és teljes hossza azonban hasonló volt más juh fajtákéhoz, kivéve a soay fajtát. A fekete és fehér racka beltenyésztési együtthatója 0,147 és 0,133 volt. A PCA és keveredési elemzések, valamint a vizsgált 84 populáció genetikai távolságának összehasonlítása alapján azt javasoljuk, hogy a racka színváltozatait genetikailag differenciált fajtáknak tekintsük. A fekete és fehér racka-variánsok között a legnagyobb eltérést mutató markerek számos génre mutatnak rá, köztük a *HTR5A* (5-hidroxitriptamin receptor 5A), az *INSIG1* (inzulin indukált 1. gén), a *CDK5* (ciklinfüggő kináz 5) és az *MC1R* (melanokortin 1 receptor) génekre. E tanulmány eredményei elősegíthetik a racka juh egyedülálló genetikai erőforrásként való felismerését.

SUMMARY

Zsolnai, A. - Egerszegi, I. - Rózsa, L. - Mezőszentgyörgyi, D. - Anton, I.: GENETIC STATUS OF LOWLAND-TYPE RACKA SHEEP COLOUR VARIANTS

Lowland-type Racka is an indigenous sheep breed which beside Hungarian Grey cattle and Mangalitzka pig is one of the national symbols of Hungary. However, the genetic description of Racka sheep has not yet been conducted based on whole-genome screening. By using the Geneseeek Ovine SNP50 BeadChip we have sampled the genome of 126 Black and 128 White Racka sheep. For comparative purposes, we used 134 Hungarian Merinos and further 3345 animals from 81 different breeds have been included from an available database. Performance of a multidimensional scaling plot showed that White and Black Rackas represent well-separated groups among other sheep breeds and clustered separately from each other. However, the number and total length of ROH (Runs of Homozygosity) was similar to other sheep breeds, except Soay. The inbreeding coefficient (method-of-moments relatedness F coefficient) of Black and White Racka were 0.147 and 0.133, respectively. Based on multidimensional scaling and admixture analyses and on comparisons of genetic distances of the investigated 84 populations, we suggest considering the colour variants of Racka as genetically differentiated breeds. The most differentiated markers between Black and White Racka highlight several candidate genes including *HTR5A* (5-Hydroxytryptamine Receptor 5A), *INSIG1* (Insulin Induced Gene 1), *CDK5* (Cyclin Dependent Kinase 5) and *MC1R* (Melanocortin 1 Receptor). The results of this study help the recognition of Racka as a unique genetic resource among sheep and pave the way of application of genome screens to guide the resolution of questions arising among breeders.

<https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100080>

BEVEZETÉS

A csigás szarvat viselő gyimesi racka kosoktól eltérően a hortobágyi racka V-alakú, hossz tengelyében egyenletesen pödrött szarvval rendelkezik. A szarvak átlagos hossza kosoknál körülbelül 60 cm, anyajuhnál 30 cm (Hankó, 1937). Két fő színváltozat létezik, a fehér és a teljes fekete. A fehér bárány pofája és lába általában barna, a gyapjú színe a sötétbarnától a világosbarnáig és fehérig változik. Az egyedek lehetnek teljesen feketék is. A fajta első magyarországi rajzi bizonyítékát Marsigli publikálta 1726-ban. A hasonló szarvú késő középkori és oszmán kori juhok a rackákhoz hasonlítanak (Bartosiewicz, 1994, 1995; Vörös, 2002). A racka juhok (*Ovis aries strepsiceros hungaricus*) eredete ellentmondásos, elsősorban az Alföldön tenyésztették ezt a fajtát (Dunka, 2002). Egyes szerzők azt feltételezik, hogy a 9. századi magyar bevándorlók a racka őseivel együtt érkeztek a Pannon-medencébe (Gaál, 1966). 1911-re az ország 7,7 millió juha között 15 000 racka élt (Dunka, 2002). 1926-ban a magyar juhokat színváltozatai szerint többféle névvel jelölték (Kovácsy, 1926). Néhány évvel később már a fekete és fehér racka elkülönített tenyésztését népszerűsítették (Hankó, 1937). Például a Debrecen város körüli állomány 21 juhtenyésztő között oszlott meg, minden állat fehér volt, és csak egy tenyésztőnek volt 150 fekete anyajuha.

1939-ben a magyar kormány kezdeményezte a racka fajta megmentési programját, de a második világháború a magyar szürkemarhához (Zsolnai és mtsai, 2020) és a mangalica sertésekhez (Bâlteanu és mtsai, 2019) hasonlóan drámai mértékben visszavetette a tenyésztést. Később a racka juhokat sem kímélte a drasztikus populációzsugorodás, mindössze 1450 juh maradt tenyésztésben (Dunka, 2002). Az 1950-es évekre ez a szám 200 körülre csökkent, beleértve a fekete és fehér rackát is. A Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetség (MJKSz) alakulásakor 1200 anyajuhot számlált (Veress és mtsai, 2002). A tenyésztési tevékenység MJKSz általi ösztönzése és koordinációja következtében jelenleg 5591 törzskönyvezett fajtatiszta anyajuh van, melynek 50%-a fekete (Magyar Juh- és Kecsketenyésztők Egyesülete, 2021).

A rackákat szivós állatokként ismerték, és gyakran használták keresztezésben kitarásuk és alkalmazkodóképességük miatt. A fajta hármas célú (hús, tej és gyapjú) tenyésztése ellenére jelenleg nem tud versenyezni a modern fajták magasabb termelési paramétereivel. Emiatt az állomány a Földművelésügyi Minisztérium és a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium közös határozata (no. 36/1994. VI. 28.) alapján védett géntartaléknak minősül.

Több kutató is foglalkozott a rackák vizsgálatával, beleértve a testösszetételt, a gyapjú minőségét és színét (Dunka, 2002), a tejtermelési (Nagy és Komlósi, 2005), valamint a hústermelési jellemzőket (Nagy és mtsai, 2004). A fajta súrlókórral szembeni rezisztenciáját Fésűs és mtsai (2008), szaporodási paramétereit Egerszegi és mtsai (2011, 2012) írták le.

Néhány, különböző gazdaságból származó állat mikroszatellit-alapú elemzését is elvégeztük (Zsolnai és mtsai, 2014), és különbségeket mutattunk ki a fehér és fekete változatok között. A vizsgált populációktól és mikroszatellit marker mennyiségétől függően az Fst érték 0,042, illetve 0,082 volt. Az előbbi kicsi, az utóbbi érték közepes differenciáltságot jelent. Más fekete és fehér racka állományokon végzett mikroszatellit elemzéseknél (Kusza, 2019), az Fst érték 0,041-nek adódott.

Vizsgálatainkban az volt a célunk, hogy i.) mintát vegyünk a racka kosok teljes populációjából ii.) megvizsgáljuk genetikai helyzetüket más juhajtákhhoz képest iii.) meghatározzuk a fekete-fehér racka populációk egymáshoz viszonyított jelenlegi genetikai állapotát és iv.) SNP elemzés alapján keressük meg a legdifferenciáltabb genomi régiót a fekete és fehér racka juhok között.

A fent említett célok között a fekete-fehér racka populációk összehasonlítása további információt biztosít a tenyésztőknek a hazai állományra vonatkozóan. A színváltozatok tenyésztésének két irányzata van világszerte. Például a shetlandi, izlandi, kreol, karakul, soay, navajo churro és damara fajtákat vegyesen tartják, míg a heidschnuke, bergshaf és szomáliai (perzsa) fajták színváltozatait külön tenyésztik (Enzlin, 1996).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Minták és genotipizálás

Szövetmintákat gyűjtöttünk fülporcból ($N_{\text{fekete racka}} = 126$; $N_{\text{fehér racka}} = 128$, $N_{\text{magyar merinó}} = 134$) TypiFix™ szövetmintavevővel (AgrobioGen GmbH, 2016). Ebben a vizsgálatban a magyar merinó juhok kontrollcsoportként szerepeltek. Összehasonlítás céljából 81 fajta, 3345 egyedének adatait használtuk (Kijas és mtsai, 2012).

Az egyponos nukleotid-polimorfizmusok vizsgálatát (SNP-eket) Ovine SNP50 BeadChip-en (Illumina, San Diego, CA) a Neogen Corporation (Skócia, Egyesült Királyság) végezte.

A nyers adatok minőségét (Bâlteanu és mtsai, 2019) az SNP & Variation Suite v.8.8.1 szoftverrel (Golden Helix, Bozeman, MT, USA) ellenőriztük. Azok az autoszomális markerek maradtak az adathalmazban, amelyek sikeres tipizálási aránya 95% feletti, ill. a kisebb allélfrekvenciával rendelkező allél gyakorisága 0,05

1. táblázat

Diverzitási statisztikák a kiválasztott juhpopulációkra vonatkozóan

| Fajta | N(1) | F_{ROH} (2) | H_o (3) | H_e (4) | F(5) |
|---------------|------|----------------------|-----------|-----------|-------|
| fekete racka | 123 | 0,092 | 0,339 | 0,398 | 0,147 |
| fehér racka | 127 | 0,077 | 0,345 | 0,398 | 0,133 |
| magyar merinó | 130 | 0,031 | 0,369 | 0,398 | 0,071 |
| soay | 110 | 0,185 | 0,268 | 0,376 | 0,286 |
| sakiz | 22 | 0,108 | 0,335 | 0,376 | 0,108 |
| tibeti | 37 | 0,080 | 0,325 | 0,376 | 0,136 |
| changthangi | 28 | 0,085 | 0,333 | 0,376 | 0,113 |
| skót texel | 80 | 0,084 | 0,352 | 0,376 | 0,063 |

N: vizsgált minták száma; F_{ROH} : az autoszomális genom homozigóta szegmensek által lefedett aránya; H_o : megfigyelt heterozigotizás; H_e : várt heterozigotizás; F: beltenyésztettség együttható

Table 1. Diversity statistics calculated over the selected set of sheep populations

number of sampled individuals (1); proportion of the autosomal genome covered by runs of homozygosity (2); observed heterozygosity (3); expected heterozygosity (4); inbreeding coefficient (5)

feletti volt. A 95% feletti hasonlósági értéket mutató mintákat nem vettük figyelembe. A szűrési lépések után a vizsgált állatok végső száma a következő volt: $N_{\text{fekete_racka}} = 123$, $N_{\text{fehér_racka}} = 127$, $N_{\text{magyar_merinó}} = 130$ (1. táblázat). A számításokhoz 47 969 SNP-t használtunk.

Populációgenetikai vizsgálatok

A főkomponens analízis (PCA), hasonlósági együtttható (IBS), a megfigyelt (H_o) és a várt (H_e) heterozigóitás, illetve a rokonsági együtttható értékeinek meghatározásához (Fst) a PLINK v1.9 (Purcell és mtsai, 2007) és az SNP & Variation Suite v.8.8.1 (Golden Helix, Bozeman, MT, USA) szoftvereket használtuk. A beltenyésztettségi együtttható számolása: (megfigyelt - homozigóta markerek várt száma) / (genotipizált markerek száma - homozigóta markerek várt száma). A homozigóta markerek várt számát a $\sum_{j=1}^L (1 - 2p_jq_j \frac{T_j}{(T_j-1)})$ képlettel számoltuk, ahol

L a genotipizált markerek száma, p és q az allélok frekvenciái, T a sikeresen genotipizált markerek számának kétszerese a j-ik marker esetében.

A homozigóitási szegmensek (ROH) hosszának meghatározása a PLINK v.1.9 szoftverrel történt (Purcell és mtsai, 2007). Az ROH minimális hossza 1 Mb, az SNP-k sűrűsége egy SNP/100 Kb volt. A szomszédos SNP-k között legfeljebb 1000 Kb távolságot engedtünk meg. A szkennelési ablak 50 SNP szélességgel bírt. Az ROH-kat négy csoportba soroltuk: 1-től ≤5 Mb-ig, 5-től ≤15 Mb-ig, 15-től ≤30 Mb-ig és >30 Mb-ig. Az egyes ROH kategóriák esetében a fajtánkénti ROH átlagos összegét úgy határoztuk meg, hogy figyelembe vettük egy adott egyedben lévő összes ROH hosszának összegét a fent leírt kategóriák mindegyikében. A fajta beltenyésztési együttthatója az egyedek átlaga volt, ahol a teljes ROH hossz elosztottuk a teljes genom hosszával.

2. táblázat

A legeltérőbb lókuszok listája a fekete-fehér racka összehasonlításában

| Marker neve (1) | Kromoszóma és pozíció (2) | p (BayeScan) (3) | Fst (4) | $-\log_{10}p$ (MLMM) (5) | FDR (MLMM) (6) |
|------------------|---------------------------|------------------|---------|--------------------------|----------------|
| s23796.1 | 4:115291025 | 0,9994 | 0,500 | 3,31 | >0,02 |
| OAR14_1934876.1 | 14:1448038 | 0,9996 | 0,530 | 3,20 | >0,02 |
| s56439.1 | 14:12172887 | <0,97 | 0,377 | 8,41 | 6,6e-5 |
| s60777.1 | 14:13512675 | 0,9980 | 0,466 | 8,52 | 7,8e-5 |
| s08817.1 | 14:14274099 | 0,9990 | 0,557 | 12,71 | 1,1e-8 |
| OAR14_15167099.1 | 14:14858021 | 1 | 0,563 | 2,03 | >0,02 |

p (BayeScan): BayeScan program által kiszámolt p értékek; $-\log_{10}p$ (MLMM): $-\log_{10}p$ értékek multi-lókusz mixed modell algoritmussal számolva; Fst: markerek genetikai távolsága a racka populációk között; FDR: hibás felderítési arány

Table 2. List of putative loci under selection in comparison of Black and White Racka

name of the marker (1); chromosome and position (2); p values obtained BayeScan program (3); $-\log_{10}$ transformed p values obtained by multi-locus mixed-model algorithm (4); genetic distance value of the marker between the Racka variants (5); FDR= false discovery rate (6)

Az admixture elemzést az ADMIXTURE v.1.3 szoftverrel (Alexander és mtsai, 2009) végeztük $K = 2$ és $K = 13$ értékek között. Az optimális klaszterszám (K) meghatározása a keresztellenőrzési hiba (Alexander és Lange, 2011) minimális értéke alapján történt.

Három különböző teljes genomvizsgálatot végeztünk fekete és fehér racka juhok között: i.) BayeScan 2.1 szoftver alkalmazásával (Foll és Gaggiotti, 2008) az alapértelmezett beállításokkal, ii.) a markerek Fst távolságának meghatározásával, és iii.) a multi-lókuszos vegyes modell alkalmazásával (Segura és mtsai, 2012; Zsolnai és mtsai, 2020). Az Oar3.1 genomot felhasználva (GCA_000298735.1), az egyes módszerek legjobb találatainak (p értékek, Fst, $-\log_{10}P$ és FDR alapján) környezetét vizsgáltuk meg (2. táblázat).

EREDMÉNYEK

Autoszomális diverzitás és populációszerkezet

A PCA ábrákon a magyar merinók a merinó csoport mellett helyezkednek el, a hortobágyi rackák pedig jól elkülönülő csoportot képviselnek a Kijas és mtsai (2012) által világszerte gyűjtött 81 fajta között. (1. A-B ábra) Az első, második és harmadik komponens sajátértékei rendre 42,91, 29,05 és 25,32. A fekete-fehér rackák PCA analízise kimutatta, hogy ezek a színváltozatok lényegesen különböznek egymástól (1. C-E ábra). A komponensek sajátértékei 4,86, 1,97 és 1,54.

Összehasonlítási okokból néhány fajtát az 1.A ábra „V” ágairól, a merinó csoportot pedig a „V” alak aljáról választottunk ki. A soay, texel, tibeti és changthangi fajták azért kerültek kiválasztásra, mert szélsőséges pozíciót foglalnak el az PCA ábrán. A tibeti és a changthangi fajta egymás közeli rokonai. A sakizt Törökországban tenyésztik, genetikai helyzete a merinó és a tibeti-csangthangi pár között van (1.B ábra).

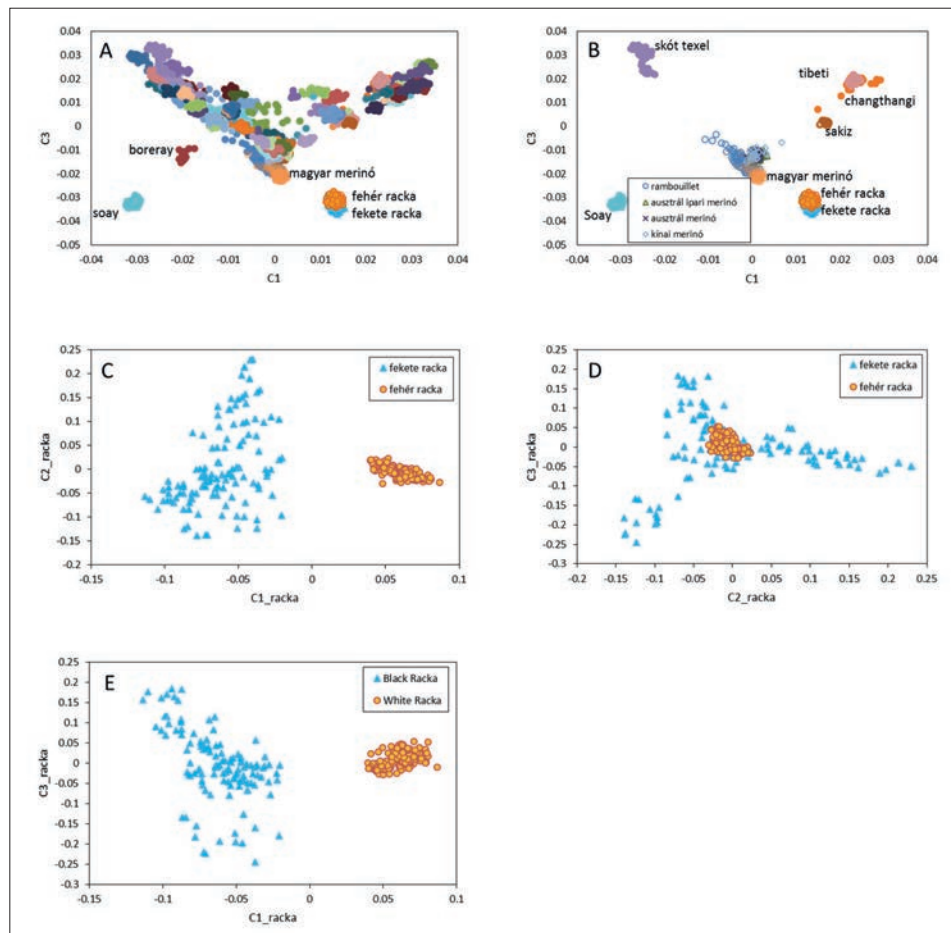
A racka-változatok és a kiválasztott fajták leíró statisztikáinak összehasonlításában (1. táblázat) a megfigyelt és a várható heterozigotizációk 0,339-0,398 között mozogtak. A fekete-fehér racka beltenyésztési együtthatója (F koefficiens) 0,147 és 0,133 volt, míg a magyar merinó esetében ez az érték 0,071 (1. táblázat). A ROH szegmensek által lefedett genom legkisebb aránya a magyar merinókban volt ($FROH=0,031$). A legmagasabb FROH értéket (0,185) a soay juhok mutatták.

A fekete-fehér racka páronkénti populációs távolsága (Fst) 0,045 volt (S1 kiegészítő táblázat, teljes táblázat elérhető:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120300823#ec0005>)

Az admixture elemzéseket $K = 2$ és 13 között végeztük (S2 kiegészítő ábra, elérhető: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1751731120300823-mmc1.pdf>). A legvalószínűbb K -érték (2. ábra) 8 volt, amikor a fekete és fehér racka együtt szerepelt a vizsgálatban. A színváltozatok külön-külön történő vizsgálatokor a K -értékek 5 és 3 voltak. A magyar merinót hozzáadva a rackák csoportjához, az optimális K -érték 7-nek adódott.

1. ábra Főkomponens analízis eredménye



A.) rackák és egyéb juhok kapcsolatai 82 fajtából. C1 = 1. komponens (sajátérték = 43,097), C3 = 3. komponens (sajátérték = 25,341).

B.) Néhány kiválasztott fajta a „V” ágaiból és az A ábra „V” alakjának aljáról választott merinó csoport C.), D.) és E.) a fekete-fehér rackák kapcsolata. C1_racka = 1. komponens (sajátérték = 4,846), C2_racka = 2. komponens (sajátérték = 1,968), C3_racka = 3. komponens (sajátérték = 1,537)

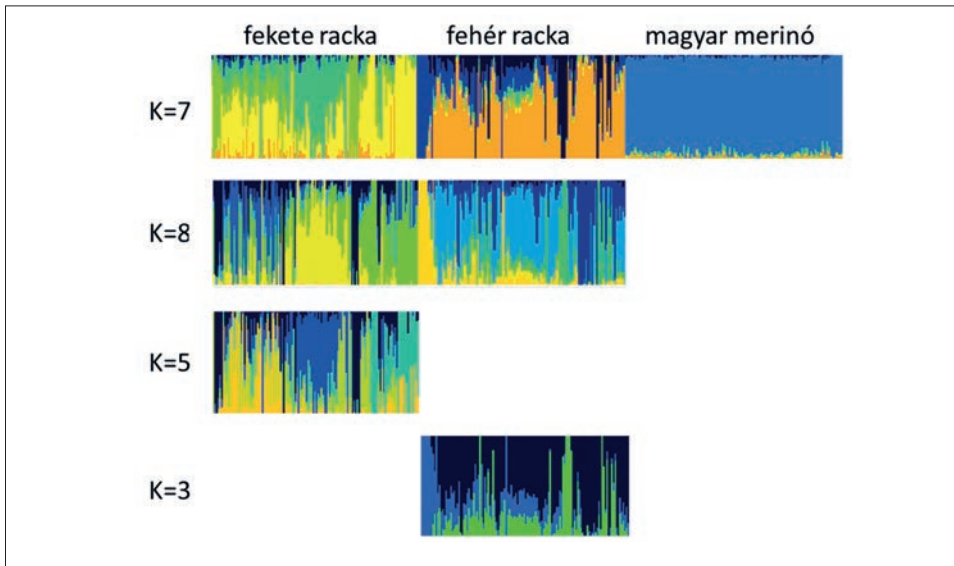
Figure 1. Multidimensional scaling plot depicting

A.) the relationships of Racka animals and other sheep from 82 breeds. C1=1st component (eigenvalue = 43.097), C3=3rd component (eigenvalue=25.341).

B.) A few selected breeds from the branches of “V” and the Merino group from the bottom of “V” shape seen on subplot A.

C.), D.) and E.) the relationship between black and white Racka variants. C1_racka=1st component (eigenvalue = 4.846), C2_racka=2nd component (eigenvalue=1.968), C3_racka=3rd component (eigenvalue=1.537)

2. ábra A fekete-fehér racka és a magyar merinó admixture elemzése különböző kontextusban, négy sorban bemutatva



Azon K értékeket (a feltételezett klastterek száma) ábrázoljuk, ahol a keresztellenőrzési hibák a legalacsonyabb értéket mutatták. Minden állatot egyetlen oszlop képvisel, K színes szegmensekre osztva.

Figure 2. Admixture analyses of Black and White Racka and Hungarian Merino in different contexts presented in four rows

K values (the number of assumed clusters) have been selected, where the cross-validation errors displayed its lowest values. Each individual is represented by a single column divided into K coloured segments.

Homozigóta szegmensek eloszlása

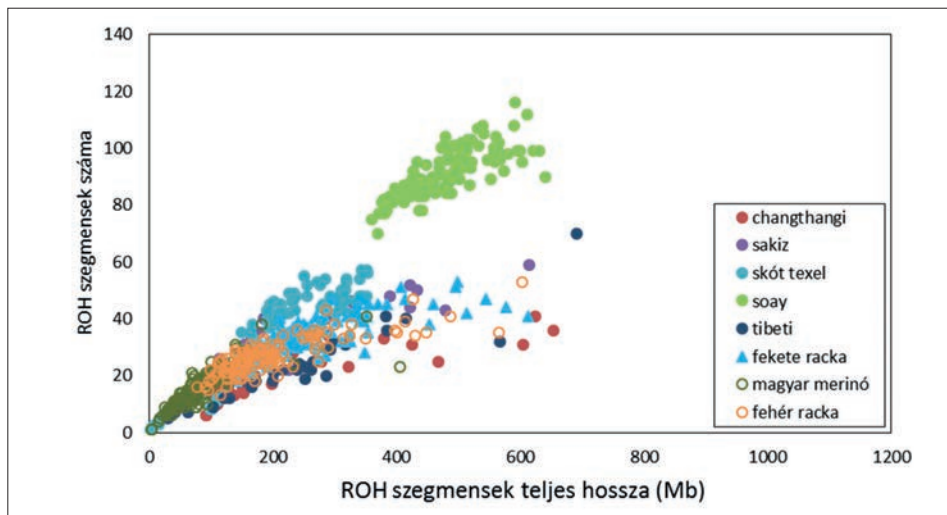
Nyolc juhcsoportban jellemeztük a ROH hosszát és eloszlását (3. ábra). A rackák genomiális lefedettségének és ROH-számának mintázata hasonló a többi fajtához, kivéve a soay-t. ROH szegmensek (több mint 450 Mb) észlelhetők a soay fajta legtöbb egyedében, valamint számos racka és changthangi egyedben.

Ugyanez a tendencia volt megfigyelhető néhány sakiz és tibeti állatnál. A ROH kategóriák összehasonlításakor (4. ábra) a changthangi a >30Mb kategóriában, a soay pedig a rövid (0-5 Mb) és a közepes (5-15 Mb) kategóriában mutatta a legmagasabb értéket. A ROH átlag a magyar merinókban a legalacsonyabb a középkategóriában (5-30 Mb). A fekete és fehér racka esetében a különböző ROH kategóriák átlagértékei hasonlóak egymáshoz.

Teljes genom vizsgálatok

A BayeScan program 13 szelekció alatt álló lókuszt tárt fel ($p > 0,99$), ahol 13 lókuszból 10 a 14. kromoszómán található. (Az öt legjobb találatot a 2. táblázat mutatja be). A markerek Fst értékei egyetlen csúcsot mutattak ugyanazon a kro-

3. ábra A homozigóta szegmensek (ROH) száma és teljes hossza a kiválasztott juhpopulációkban



Az egyes genomokban becsült ROH-számot (y-tengely) az ROH teljes méretéhez viszonyítva ábrázoljuk.

Figure 3. Number and total length of runs of homozygosity (ROH) in selected sheep populations

The number of ROH estimated in each individual genome (y-axis) is plotted against total ROH total size (i.e. the number of Mb covered by ROH in each genome, x-axis).

4. ábra A kiválasztott juhpopulációkban azonosított homozigóta szegmensek (ROH) osztályozása méretük (x tengely) és ROH átlagos összege (y tengely, megabázisban mérve) alapján az egyes ROH kategóriákon belül, fajtánként átlagolva

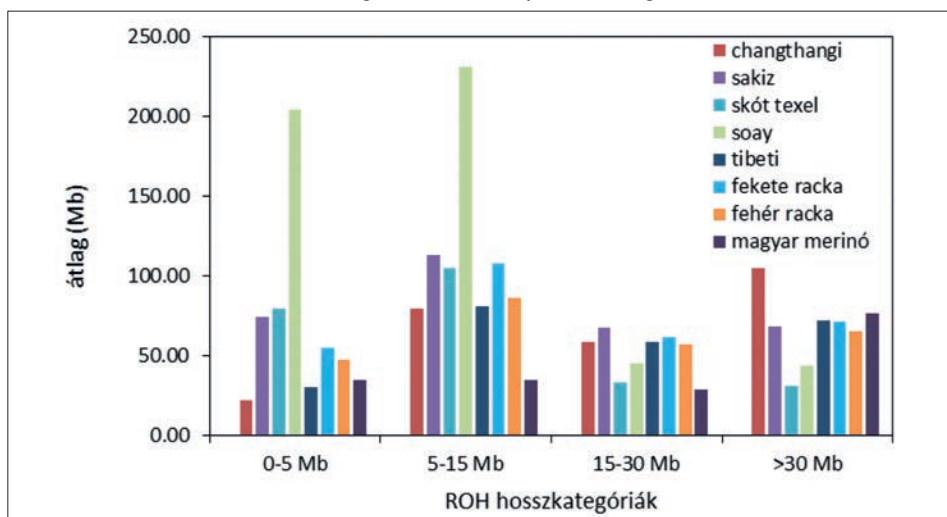


Figure 4. Classification of the runs of homozygosity (ROH) identified in selected sheep populations based on their size (x-axis) and mean sum of ROH (y-axis, measured in megabases) within each ROH category and averaged per breed.

moszómán; Az első három lókuszt ($F_{st} > 0,500$, (OAR14_1934876.1, s08817.1 és OAR14_15167099.1, (2. táblázat)) a fent említett 10 lókuszt között található. Több lókuszos vegyes modell alkalmazásakor az s08817 lókusznak volt a legmagasabb értéke ($-\log_{10}p = 12,71$, 2. táblázat).

MEGVITATÁS

PCA-elemzésünk alapján a rackák egyedülálló klasztert képviselnek a *Kijas és mtsai* (2012) által mintavételezett többi fajtához képest (1.A-B ábra). A racka variánsok külön analízise feltárta a színváltozatok differenciáltságát (1.C-D-E ábra).

A racka variánsok keveredését magyar merinóval együtt vizsgáltuk. A rackák $K=2$ -nél homogén fajtát alkotnak. A hármas érték felett ($K \geq 3$) elkezdnek szétválani, és finomabb struktúrák kezdenek megmutatkozni a két változaton belül (S2.A kiegészítő ábra). Az optimális K -t $K=8$ -nál érjük el. A fekete és fehér rackavariánsok külön elemzése $K = 5$ és $K = 3$ értékeket adott (S2.C-D kiegészítő ábra), és hasonló mintákat látunk, mint amelyeket a két csoport $K = 8$ -nál mutatott (S2.B kiegészítő ábra). A fent említett optimális K -értékek mintázatait a 2. ábra foglalja össze. Amikor más, nem magyar fajtákat is bevontunk az admixture analízisbe, a két racka csoport megőrizte homogenitását $K=2$ -ről $K=4$ -ig. A rackák finom szerkezete $K=8$ -tól, illetve $K=10$ -tól kezdett feltárulni (S3 kiegészítő ábra, elérhető: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1751731120300823-mmc1.pdf>).

A fent bemutatott admixture elemzések eredményei összhangban vannak az PCA vizsgálattal (1. ábra A-E), és megerősítik, hogy a racka jól elkülönül a világ többi fajtájától, és két külön csoportra osztható. A racka a legmegkülönböztethetőbb fajták közé tartozott az európai fajták viszonylatában is (*Ciani és mtsai*, 2020).

Megfigyeltük továbbá, hogy a racka állatok között hosszú ROH szegmensek találhatóak (3. és 4. ábra), összhangban a második legmagasabb beltenyészési értékünkkel ($F = 0,147$ és $0,143$) a soay fajta után (1. táblázat). E tulajdonság különös figyelmet igényel a tenyésztőktől a beltenyészés minimalizálása érdekében.

Az F_{st} -értékek alapján a különböző fajták közötti távolságot vizsgálva mikroszatellitek segítségével a merinó és az île de France $0,046$, míg a merinó és cigája $0,048$ értéket mutatott (*Zsolnai és mtsai*, 2014). Az F_{st} -k $0,029$, $0,028$ és $0,023$ voltak a görög orino és lesvos, a török turcana és az albán ruda (*Peter és mtsai*, 2007), valamint a kínai hu és han fajták (*Sun és mtsai*, 2010) viszonylatában.

Jelen tanulmányban az SNP-alapú páronkénti F_{st} értékek $0,005$ és $0,391$ között változtak. 3403 párból 59 alacsonyabb értéket mutatott, mint a fekete és fehér racka ($F_{st} = 0,045$) (S1. kiegészítő táblázat), beleértve pl. új-zélandi texel - német texel, magyar merinó - kínai merinó és tej lacaune - hús lacaune párosokat. $F_{st}=0,045$ értékeket mértünk a leccese - ausztrál merinó, a rasa aragonesa - kínai merinó, a leccese - ausztrál polled merinó, a fehér racka - fekete racka és a churra - castellana populációk között.

Mind a PCA, mind az admixture-elemzések bizonyítékot szolgáltattak a fekete és fehér rackák elkülönülésére. A fekete és fehér rackák genetikai differenciálódási szintjének meghatározása után ezen értéket összehasonlítottuk más fajtapárok értékeivel. 67 olyan fajtapárt találtunk, amely F_{st} -értéke megegyezik vagy alacso-

nyabb a fekete-fehér pár értékénél. E párok kétségtelenül különböző fajtáknak tekinthetők. A színváltozatok elkülönített vagy egyesített tartása (Enzlin, 1996) mindenképpen a tenyésztők döntésétől függ. A bemutatott elemzések és más fajtákkal-párokkal való összehasonlítások alapján a különböző racka színváltozatok genetikailag differenciált fajtákként való elismerését javasoljuk.

A racka fajták viszonylatában a genomvizsgálataink több szelekció alatt álló SNP-t tártak fel.

A 4. kromoszómán, az s23796.1 markerhez (2. táblázat) az egyik legközelebbi gén az 5-hydroxytriptamin receptor 5A-t (HTR5A) kódolja. A gén eltérően metilálódik stressz hatására, és összefüggésben áll a szarvasmarhák temperamentum-pontszámával (Littlejohn és mtsai, 2020). A fekete racka, annak temperamentum tesztjeiben, fokozott nyugtalanságot mutatott a fehér rackához képest, amelyet a vér magasabb kortizol és fruktózamin szintje támasztott alá (Pajor és mtsai, 2017). A második legközelebbi gén az INSIG1 (Insulin Induced Gene 1), illetve a HTR5A a szarvasmarhák tejkoleszterin-tartalmával kapcsolatos (Do és mtsai, 2018). Juhok esetében a halolaj táplálékkiegészítő által kiváltott tejdepresszió során az INSIG1 alacsonyabb mennyiségű RNS-t állít elő (Carreño és mtsai, 2016). Az s23796.1 marker 5' régiójában a CDK5 (Cyclin Dependent Kinase 5) egy várományos gén lehet a fekete és fehér rackák viszonylatában. A juhoknál a CDK5 részt vesz a felnőttkori neurogenesisben (Batailler és mtsai, 2016), illetve a CDK5 különböző vemhességi időpontban mért immunpozitív sejteinek területi sűrűsége eltérő az agykéregben (Quezada és mtsai, 2020). Egerekben a CDK5 funkcionális szerepét igazolták a melanogenesisben és az epidermális szerkezetben; A CDK5 alulrepresentáltságának előidézése a szőrzet világosabb színét, a melanin polarizált eloszlását és a bazális keratinociták hiperproliferációját eredményezte (Dong és mtsai, 2017).

A 14. kromoszómán találtunk néhány szelekció által érintett markert. A három módszerrel kiemelt s08817.1 marker körül egy gén erős jelölt a szőrszín differenciálódására rackában, amely az MC1R (Melanocortin 1 Receptor) fehérjét kódolja. Az MC1R lókuszt alléljeit a svéd finomgyapjas (Rochus és mtsai, 2019) és a pramenka (Fontanesi és mtsai, 2012) juhok fekete szőrszínével társítják.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Agrárminisztérium anyagi támogatásáért.

IRODALOMJEGYZÉK

- Alexander, D. H. – Lange, K. (2011): Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. BMC Bioinformatics 12. 246.
- Alexander, D. H. – Novembre, J.– Lange, K. (2009): Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. Genome Res., 19. 1655–1664.
- Agrobiogen GmbH (2016): Scrapie Resistenz. Agrobiogen GmbH Biotechnologie. URL: <http://www.agrobiogen.de>. Accessed: 25 March 2016
- Bálteanu, V. A. – Cardoso, T. F. – Amills, M. – Egerszegi, I. – Anton, I. – Beja-Pereira, A. – Zsolnai, A. (2019): The footprint of recent and strong demographic decline in the genomes of Mangalitzsa pigs. Animal, 13. 2440–2446.

- Bartosiewicz, L. (1994): Megjegyzés a rackajuh középkori előfordulásához Vácott. Váci Könyvek 7. 213–214. Vak Bottyán Múzeum, Vác, Hungary
- Bartosiewicz, L. (1995): *Animals in the urban landscape in the wake of the Middle Ages*. Tempus Reparatum, Oxford: British Archeological Reports International Series (Book 609) Oxford, United Kingdom
- Batailler, M., – Derouet, L. – Butruille, L. – Migaud, M. (2016): Sensitivity to the photoperiod and potential migratory features of neuroblasts in the adult sheep hypothalamus. *Brain Struct. Funct.*, 221. 3301–3314.
- Carreño, D. – Hervás, G. – Toral, P. G. – Castro-Carrera, T. – Frutos, P. (2016): Fish oil-induced milk fat depression and associated downregulation of mammary lipogenic genes in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 99. 7971–7981.
- Ciani, E. – Mastrangelo, S. – Da Silva, A. – Marroni, F. – Ferenčaković, M. – Ajmone-Marsan, P. – Baird, H. – Barbato, M. – Colli, L. – Delvento, C. – Dovenski, T. – Gorjanc, G. – Hall, S. J. G. – Hoda, A. – Li, M. H. – Marković, B. – McEwan, J. – Moradi, M. H. – Ruiz-Larrañaga, O. – Ružič-Muslić, D. – Šalomon, D. –, Simčič, M. – Stepanek, O. – *Econogene Consortium – Sheephapmap Consortium – Curik, I. – Cubric-Curik, V. – Lenstra, J. A.* (2020): On the origin of European sheep as revealed by the diversity of the Balkan breeds and by optimizing population-genetic analysis tools. *Genet. Sel. Evol.*, 52. 25.
- Do, D. N. – Schenkel, F. S. – Miglior, F. – Zhao, X. – Ibeagha-Awemu, E. M. (2018): Genome wide association study identifies novel potential candidate genes for bovine milk cholesterol content. *Sci. Rep.*, 8. 13239. doi:10.1038/s41598-018-31427-0
- Dong, C. – Yang, S. – Fan, R. – Ji, K. – Zhang, J. – Liu, X. – Hu, S. – Xie, J. – Liu, Y. – Gao, W. – Wang, H. – Yao, J. – Smith, G. W. – Herrid, M. (2017): Functional role of cyclin-dependent kinase 5 in the regulation of melanogenesis and epidermal structure. *Sci. Rep.*, 7. 13783.
- Dunka, B. (2002): Magyar juh (*Ovis aries strepsiceros hungaricus*) In: Génmegőrzés: Kutatási eredmények régi háziállataiktól értékeiről. (eds A. Jávorski, S. Mihók) 167–187. Debreceni Egyetem, Debrecen, Hungary
- Egerszegi, I. – Sarlós, P. – Molnár, A. – Cseh, S. – Rátky, J. (2011): Az évszak és az életkor hatása fekete racka kosok spermatermelésére. *Animal welfare etológia és tartástechnológia*, 7. 119–127.
- Egerszegi, I. – Sarlós, P. – Rátky, J. (2012): Mellékhere eredetű sperma mélyhűtése hortobágyi racka kosoktól - a génmegőrzés egy lehetséges módja. *Magy. Allatorvosok Lapja*, 134. 524–528.
- Enzlin, G. J. (1996): *Colour- and island sheep of the World*. Ram Press, Haarlem, Netherlands.
- Fésűs, L. – Zsolnai, A. – Anton, I. – Sáfár, L. (2008): Breeding for scrapie resistance in the Hungarian sheep population. *Acta Vet. Hung.* 56. 173–180.
- Foll, M. – Gaggiotti, O. E. (2008): A genome scan method to identify selected loci appropriate for both dominant and codominant markers: A Bayesian perspective. *Genetics*, 180. 977–993.
- Fontanesi, L. – Rustempašić, A. – Brka, M. – Russo, V. (2012): Analysis of polymorphisms in the agouti signalling protein (ASIP) and melanocortin 1 receptor (MC1R) genes and association with coat colours in two Pramenka sheep types. *Small Rumin. Res.*, 105. 89–96.
- Gaál, L. (1966): *A magyar állattenyésztés története*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary
- Hankó, B. (1937): *A magyar juh eredete, múltja és jelene*. 44–116. István Tisza University of Debrecen, Debrecen, Hungary
- Kijas, J. W. – Lenstra, J. A. – Hayes, B. – Boitard, S. – Neto, L. R. P. – San Cristobal, M. – Servin, B. – McCulloch, R. – Whan, V. – Gietzen, K. – Paiva, S. – Barendse, W. – Ciani, E. – Raadsma, H. – McEwan, J. – Dalrymple, B. – *The International Sheep Genomics Consortium* (2012): Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biology* 10, e1001258.
- Kovácsy, B. (1926): *Juhtenyésztés IV. kötet, Magyarország állattenyésztése* (ed S. Konkoly Thege), Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, Hungary

- Kusza, Sz. (2019): Genetikai diverzitás és filogenetikai kutatások Közép- és Dél-Európában élő domesztikált és vadon élő állatfajokban. MTA doktora értekezés. http://real-d.mtak.hu/1191/7/dc_1588_18_doktori_mu.pdf
- Littlejohn, B. P. – Price, D. M. – Neuendorff, D. A. – Carroll, J. A. – Vann, R. C. – Riggs, P. K. – Riley, D. G. – Long, C. R. – Randel, R. D. – Welsh, T. H. (2020): Influence of prenatal transportation stress-induced differential DNA methylation on the physiological control of behavior and stress response in suckling Brahman bull calves. *J. Anim. Sci.*, 98. skz368
- Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetség (2021): Időszaki tájékoztató. 26. pp. 125–126. Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetség, Budapest, Hungary
- Nagy, L. – Domanovszky, Á. – Székely, P. (2004): The fattening and slaughtering examination at the hungarian racka sheep. *Acta Agr. Debreceniensis*, 13. 37–42.
- Nagy, L. – Komlósi, I. (2005): A magyar racka juh tejének beltartalmi változása a laktáció alatt. *Agártudományi Közlemények Különszám*. 16. 24–28.
- Pajor, F. – Antonovics, B. – Bodnár, Á. – Egerszegi, I. – Bárdos, L. – Póti, P. (2017): Racka juhajták és színváltozataik vérmérsékletének és egyes hústermelési mutatóinak összehasonlítása. *Magy. Allatorvosok Lapja*, 136. 27–31.
- Peter, C. – Bruford, M. – Perez, T. – Dalamitra, S. – Hewitt, G. – Erhardt, G. – Econogene Consortium (2007): Genetic diversity and subdivision of 57 European and Middle-Eastern sheep breeds. *Anim. Genet.*, 38. 37–44.
- Quezada, S. – van de Looij, Y. – Hale, N. – Rana, S. – Sizonenko, S. V. – Gilchrist, C. – Castillo-Melendez, M. – Tolcos, M. – Walker, D. W. (2020): Genetic and microstructural differences in the cortical plate of gyri and sulci during gyrification in fetal sheep. *Cereb. Cortex*, 30. 6169–6190.
- Rochus, C. M. – Westberg Sunesson, K. – Jonas, E. – Mikko, S. – Johansson, M. (2019): Mutations in ASIP and MC1R: Dominant black and recessive black alleles segregate in native swedish sheep populations. *Anim. Genet.*, 50. 712–717.
- Segura, V. – Vilhjálmsson, B. J. – Platt, A. – Korte, A. – Seren, Ü. – Long, Q. – Nordborg, M. (2012): An efficient multi-locus mixed-model approach for genome-wide association studies in structured populations. *Nat. Genet.*, 44. 825–830.
- Sun, W. – Chang, H. – Tsunoda, K. – Musa, H. – Ma, Y. – Guan, W. (2010): Analysis of geographic and pairwise genetic distances among sheep populations. *Biochem. Genet.*, 48. 376–384.
- Veress, L. – Dunka, B. – Oláh, J. (2002): Ősi magyar juhaink megmentése. In: Génmegőrzés: Kutatási eredmények régi háziállatfajták értékeiről (eds A. Jávor, S. Mihók). 161–165. Debreceni Egyetem, Debrecen, Hungary
- Vörös, I. (2002): Török kori állatcsontleletek Magyarországon (Turkish Period animal bone finds from Hungary). In: Archaeological research in the Ottoman Period. (eds I. Gerelyes, G. Kovács), 339–351. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, Hungary
- Zsolnai, A. – Anton, I. – Rátky, J. – Bruford, M. – Egerszegi, I. (2014): Fekete és fehér racka genetikai különbözőségének mértékének felmérése DNS analízissel. *Magy. Allatorvosok Lapja*, 136. 27–31.
- Zsolnai, A. – Maróti-Agóts, Á. – Kovács, A. – Bâlteanu, A. – Kaltenecker, E. – Anton, I. (2020): Genetic position of Hungarian Grey among European cattle and identification of breed-specific markers. *Animal*, 14. 1786–1792.

Érkezett: 2022. június

Szerzők címe: Zsolnai A. – Egerszegi I. – Rózsa L. – Mezőszentgyörgyi D. – Anton I.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

EGY HAZAI MÉHÉSZET GAZDASÁGI ÉS ÖKOLÓGIAI FENNTARTHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

FEKETÉNÉ FERENCZI ALIZ – SZŰCS ISTVÁN – BAUERNÉ GÁTHY ANDREA

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai, jellemzően vidéki térségekben élő méhészzel foglalkozó gazdálkodók, nagyon fontos ökoszisztéma-szolgáltatást (beporzás) nyújtanak a mezőgazdasági és a kertészeti termelés számára, mindamellett, hogy a méztermelés is fontos gazdasági tevékenység. Ahhoz, hogy a hazai méhészetek el tudják látni ezt a speciális szolgáltatást, nemcsak ökológiai, hanem gazdasági értelemben is fenntarthatónak kell lenniük. Erre alapozva a cikk fő célkitűzése a hazai méztermelés üzemgazdasági elemzése, mely által értékelhetővé válnak a költség-jövedelem viszonyok, illetve a működés hatékonysága, valamint az ökoszisztéma-szolgáltatást végző méhek tevékenységének környezetgazdaságtani alapokon nyugvó értékelése. A szerzők elemzésének alapja egy hazai 300 méhcsaláddal működő méhészet, mely vándoroltatással is foglalkozik és jelentős mennyiségű akácmézet állít elő. A modelligazdaság a vándoroltatásból kifolyólag több mézfajtát termel, átlagos hozama eléri 60 kg/méhcsaládot/évet, melyet a szerzők a 2021. évi átlagos átvételi árakon kalkuláltak. A méhek által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatás monetáris (pénzügyi) értékelésének eredményei kiindulási alapot adhatnak akár a döntéshozók, akár a gazdálkodók számára ahhoz, hogy a méhészeknek fizetendő, méltányos „beporzási díj” kalkulálásra kerüljön, mely a méhészeknek jelentős segítség a mindannyiunk számára fontos és hasznos tevékenység fenntartásában.

SUMMARY

Feketéné Ferenczi, A. – Szűcs, I. – Bauerné Gáthy, A.: EXAMINATION OF THE ECONOMIC AND ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF A HUNGARIAN BEEKEEPING FARM

Domestic beekeepers, typically living in rural areas, provide a very important ecological service (pollination) for agricultural and horticultural production, despite the fact that honey production is also an important economic activity. In order for domestic apiaries to be able to provide this special ecosystem service, they must be sustainable not only ecologically, but also economically. Based on this, the article's main objective is the economic analysis of the domestic honey production, which enables the evaluation of the cost-benefit relationships, the efficiency of the operation, and the assessment of the activities of bees providing ecosystem services. The Authors' analysis is based on a domestic apiary with 300 bee colonies, which also engages in migration and produces a significant amount of acacia honey. The model farm produces several types of honey due to migratory migratory beekeeping, and its average yield reaches 60 kg/bee colony/year, which the Authors calculated based on the average purchase prices in 2021. The results of the monetary evaluation of the ecosystem service provided by bees can provide a starting point for either decision-makers or farmers in order to calculate a fair "pollination fee" to be paid to beekeepers, which is a significant help to beekeepers in maintaining, which is a very important and useful activity for all of us.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A beporzók az ökoszisztéma egészségének és működésének fenntartása, a vadon élő növények szaporodása, a növénytermesztés és az élelmezésbiztonság révén szorosan kapcsolódnak az emberi jóléthez. A beporzás, azaz a virágpornak a virágok hím és nőtény részei közötti átvitele, ami lehetővé teszi a megtermékenyítést és a szaporodást, történhet szél és víz segítségével is (abiotikus), de a természet és vadon élő növények nagy része az állatok általi (biotikus) beporzástól függ (Benedek és mtsai, 1976; Potts és mtsai, 2016).

A legtöbb állati beporzó rovar (méhek, legyek, lepkék, darazsak, bogarak, tripszek), de léteznek gerinces beporzók is (madarak, denevérek és más emlősök, gyíkok). A méhek alkotják a beporzók legfontosabb csoportját. Világszerte több mint 20 000 ismert méhfaj létezik, amelyek közül mintegy 50 méhfajt tenyésztenek, és körülbelül 12 méhfaj játszik jelentős szerepet a haszonnövények beporzásában, mint például a nyugati mézelő méh (*Apis mellifera*), a keleti mézelő méh (*Apis cerana*), néhány poszméh, a melipona (fullánk nélküli) méhek, a magányos méhek. Ezek közül az *Apis mellifera* a leggyakrabban tartott méh (Potts és mtsai, 2016). Az emberiség számára az általuk nyújtott hasznok meghatározó része (90%-a) a beporzó képességükben rejlik, és csak 10%-a vezethető vissza a méhészeti termékekre (méz, propolisz, viasz stb.) (Csáki és mtsai, 2009; Vrabcová és Hájek, 2020). Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) becslése szerint a világ élelmiszer-termelésének 90%-át adó mintegy 100 haszonnövényfajból 71-et elsősorban méhek poroznak be. Csak Európában a 264 haszonnövényfaj 84%-ának beporzását végzik állatok, s több mint 4 ezer zöldségféle ismert, amelyet a méheknek köszönhetünk (Pozsgai, 2016). A mézelő méh (*Apis mellifera*) a nagytáblás monokultúrák (napraforgó, őszi káposztarepce, stb.) gazdasági szempontból legértékesebb beporzója világszerte. A gazdák számára rendkívül fontosak, amennyiben a vadméh fajok intenzíven nem látogatják a termőföldeket természetes élőhelyük csökkenése miatt. Ha a mezőgazdasági területek nem biztosítanak megfelelő ökoszisztémát az elegendő számú vadon élő beporzók fenntartásához, akkor a házi méhek jelenthetik a leggazdaságosabb megoldást a megporzás elvégzéséhez. (Goodrich, 2019). Magyarországon ilyen vadon élő megporzó például a földi poszméh (*Bombus terrestris*), a mezei poszméh (*Bombus pascuorum*), a bányásméh (*Andrena*), a művészméh (*Megachilidae*) vagy a falíméh (*Osmia*) (Sárospataki, 2019).

Becslések szerint a rovarbeporzás értéke évente kb. 20 milliárd euró Európában, ez majdnem 15-szöröse a régió éves mézértékesítéséből származó 140 millió eurónak, ami a méhek legfigyelemreméltóbb hozzájárulása a mezőgazdasághoz. Gazdasági értelemben a mézelő méh (*Apis mellifera*) az egyik legjelentősebb rovarfaj, amely mézet termel és növényeket poroz be (OPERA, 2012). Azok a haszonnövények, melyek valamilyen mértékben függnek az állatok megporzó tevékenységétől, a világ vezető haszonnövényeinek 70-80%-át teszik ki (Klein és mtsai, 2007; Székács és Takács-Sánta, 2014; Pocol és mtsai, 2021). A beporzóktól függő termények arányát a mezőgazdasági termelés összes hozamának 15-35%-ára becsülik (Kremen és mtsai, 2002; Klein és mtsai, 2007). Erre utal Klein és mtsai (2007) nyomán Goodrich (2019) megállapítása is, miszerint „Minden harmadik falat étel a méhektől függ.”

Aggodalomra ad okot az a tény, hogy a megporzó rovarok száma világszerte csökken. Súlyos veszélyben vannak olyan tényezők miatt, mint a peszticidek használata, az intenzív mezőgazdasági termelés (földhasználat változásai), különböző kórokozók, paraziták jelenléte és az éghajlatváltozás (Verladi és mtsai, 2021; Feketéné Ferenczi és mtsai, 2021), illetve a mézhamisítás és az alacsony felvásárlói árak is a jövőbeli kihívások közé tartoznak (Feketéné Ferenczi és mtsai, 2021).

Székács és Takács-Sánta (2014) szerint mivel az emberiség közvetlenül és közvetve is profitál a beporzók által végzett ökoszisztéma-szolgáltatásból (pl. élelmiszertermelés, takarmánynövények beporzása), nem elhanyagolható, ha a beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének következtében az ökoszisztéma-szolgáltatások hatékonysága csökken. Azok pótlása – ha egyáltalán megoldható – igen nehéz és költséges feladatot jelenthet az emberiség számára (pl. az ember által végzett kézi beporzás, drónokkal végzett beporzás).

Az állati beporzók által végzett termények beporzása fontos ökoszisztéma-szolgáltatás, amelyre azonban jelenleg nincs általánosan elfogadott értékelési módszer (Zábrodská és mtsai, 2015). Az ökoszisztéma-szolgáltatások tág értelemben az ökoszisztémák emberiség számára nyújtott előnyeinek összességét jelentik. Ebben a témában számos társadalmi-ökológiai elemzés készült már eddig is. (Cáceres és mtsai, 2015). A természeti erőforrások monetáris értékelése során több módszer alkalmazható külön-külön, illetve egymással párhuzamosan is. A globális élelmiszertermelés mindössze 2%-a származik beporzóktól teljesen függő haszonnövényekből és a hiányukból adódó hozamcsökkenés Aizen és mtsai (2009) szerint kb. 3-8% lenne, a mezőgazdasági termelés sokféleségére gyakorolt egyéb hatások mellett. Egyes természetű haszonnövényeknek (pl. búza, árpa, kukorica, rizs) ugyan nincs szüksége idegen beporzásra (Székács és Takács-Sánta, 2014), azonban számos más haszonnövényfaj (pl. alma, cseresznye, őszibarack, málna, mandula, egyes kávéfajok) esetében beporzók nélkül a termésképzés nem lenne megfelelő. Vannak olyanok növényfajok is, amelyek termés hozamát vagy termésminőségét jelentősen javítja a beporzók közreműködése (pl. őszi káposztarepce, napraforgó, gyapot, szója, földieper, paprika, paradicsom, szőlő). A 2000-es évek első felében a hazai teljes termésmennyiség éves átlagának 36%-a származott valamilyen állat, elsősorban rovar megporzó tevékenységéből. Ezek között számos, az egészséges táplálkozás részét képező zöldség- és gyümölcsféle található (pl. hagyma, cukorrépa, paprika, uborkafélék, görögdinnye, sárgadinnye, őszibarack, bab, alma, cseresznye, körte, tök) (Székács és Takács-Sánta, 2014). A mezőgazdaság állati beporzástól való függősége az elmúlt ötven évben jelentősen növekedett, különösen a fejlődő országok esetében (Aizen és mtsai, 2009; Aizen és Harder, 2009). Potts és mtsai (2016) és Khalifa és mtsai (2021) szerint 2015. évi értéken számítva az állati beporzásnak tulajdonítható piaci érték 235-577 milliárd dollár között alakult, mely a beporzóktól különböző mértékben függő növények természetésének 5-8%-át jelenti.

A honos és a tenyésztett beporzó rovarok egyaránt fontos inputot jelentenek a világ számos haszonnövényének természetésében. A méhészek méheik által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatást ingyenesen, pozitív externáliaként kínálják, illetve egyes országokban a gazdálkodók bérlik azokat a megporzás elvégzésére (Kleftodimos és mtsai, 2021). Sok országban létezik már a beporzási szolgáltatások piaca, ahol a méhészeknek fizetnek azért, hogy méheiket a beporzás érdekében rendelkezésre

bocsássák, ilyen az Egyesült Államok, Kanada, Ausztrália, Új-Zéland, Németország, Thaiföld (Goodrich, 2019), de olyan eset is előfordult például Romániában, hogy éppen a méhészek fizetnek azért, hogy kaptárjaikat elhelyezhessék például egy napraforgó tábla szélén. Azonban jellemzően ezekről az ökoszisztéma- szolgáltatás alapú piacokról sokkal kevesebb adat áll rendelkezésre, mint más mezőgazdasági piacok esetében.

A biodiverzitásban betöltött szerepén túl számos externális hatást is köthetünk a méhállományhoz, a méhészethez. Aszerint, hogy az extern hatás kedvezően vagy kedvezőtlenül érinti az adott külső szereplőt, megkülönböztetünk pozitív és negatív externáliákat (Berde és mtsai, 2002). A méhészet klasszikus példaként jelenik meg a közgazdaságtanban és a környezetgazdaságtanban, mint a pozitív külső gazdasági hatások képviselője. A tankönyvi példa a méhész és az almáskert esete, amikor is a méhek beporozzák a gyümölcsfák virágait, aminek következtében a virágok megtermékenyülnek és a termés hozam nagyobb lesz. Közgazdasági értelemben itt egy kedvező külső gazdasági hatásról (pozitív externáliáról) van szó, mivel a méhész akaratától függetlenül – hiszen az ő gazdasági célja csak a méztermelés – hasznot okoz a gyümölcsös tulajdonosának (aki ezért nem fizet) azzal, hogy a méhei segítenek a beporzásban. Ugyanakkor, ha a gyümölcsös tulajdonosa a rovarok elleni permetezésről nem értesíti a méhészt, akkor annak emiatt komoly kára keletkezik. Ez utóbbi már a permetezés negatív externális hatása lesz a méhállományra. A méhészet kapcsán tehát egyrészt egy fokozottan védett élőlény az értékelendő, ami nem csak azért értékes igazán, mert közvetlen gazdasági haszon származhat belőle (pl. méztermelés, méhészeti termékek előállítás), hanem azért, mert fontos szerepet tölt be az ökoszisztémában és szeretnénk megőrizni ezt a szolgáltatást a jövő generációi számára. A méhek és egyéb beporzók fennmaradásának egyik nélkülözhetetlen eleme az élőhelyük megőrzése, ami a monokultúras nagyüzemi termelés, vagy az emberek lakóhelyeihez kötődő nem méhbarát zöldterületek kialakításával, a növénytermesztés során használt kemikáliákkal is veszélyeztetve van. A méhtartás, a méhészet többlet hasznaiként megemlítendő az 1) ökológiai szerep: beporzás (gyümölcs-, takarmánynövény-, olajos növények esetében); környezetvédelem (kerti virágok, vadvirágok, gyógynövények, növénytakarók megmentése); az 2) egészséges ételmiszer (méz, virágpor, méhpempő stb.) előállítása, egyéb felhasználás (gyógyszeripar, kozmetikai ipar); a 3) nagyobb méhészet: jövedelemszerzés, munkalehetőség; a 4) kisebb méhészet: aktív pihenés, hobbi jelentősége. Viszont meg kell említenünk a méhtartásból vagy méhészkedésből esetlegesen jelentkező „hátrányokat” is. Ez a tevékenység egyrészt okozhat környezeti károkat (pl. a vándorlások során a szállítás okozta CO₂ kibocsátás), vagy egészségügyi problémákat (pl. a méhszúrás veszélyei: túlérzékenyek számára veszélyes, védekezni lehet ellene megfelelő védőöltözéssel, vagy a méhlegelők elkerülésével, méhészet megfelelő helyre telepítésével). Másrészt megjelenhet a kristálycukor, mint méhtakarmány túlzott felhasználása, annak piaci hatásai, mely azonban optimalizálható megfelelő nagyságú, minőségű méhlegelők elérhetőségével, szakértő méhészkedéssel (pl. rendszeres anyaváltások elvégzése).

A méhek és más beporzók ezen ökoszisztéma-szolgáltatásokat illetően létfontosságúak világunkban. A méhek beporzásban betöltött szerepe képes az ENSZ által megfogalmazott 17 fenntartható fejlődési célkitűzés közül 15 teljesüléséhez hozzájárulni (Patel és mtsai, 2021). Bíró és Szalmáné Csete is kiemelik tanulmá-

nyukban, hogy az agrárgazdaságnak jelentős lehet a hozzájárulása a kitűzött célok elérésében (Bíró és Szalmáné Csete, 2021).

A méz a legrégebben ismert természetes édesítőszer, egy vele kapcsolatos spanyol barlangi ábrázolás mintegy 20 ezer éves. A méz különlegessége, hogy megőrzi annak a növénynek az illatát, aromáját, gyógyhatását, amelyikből származik (Guaiti, 2013). Összetételét meghatározza a földrajzi és botanikai eredet, a gyűjtőhely éghajlati viszonyai, a terméket előállító méhfaj, valamint a méz begyűjtésével és feldolgozásával kapcsolatos termelési módszer, a tárolás körülményei (Machado és mtsai, 2021; Végh és mtsai, 2022).

A méhészeti termékeknek számos jótékony egészségügyi hatást tulajdonítanak, beleértve az antioxidáns, antibakteriális, gyulladáscsökkentő, daganatellenes, vírusellenes tulajdonságot. A méz nemcsak egyszerű édesítőszer, hanem magas tápanyag értékű, ásványi anyagokat, nyomelemeket, vitaminokat is tartalmaz. Ezek a tulajdonságok a méz kémiai összetételének köszönhetőek (Salánki, 2004; Pocol és mtsai, 2021). Napjainkban az étrend és a kiegyensúlyozott életmód, melynek része például a méz is, fontos szerepet játszik a betegségek megelőzésében és kezelésében (Martinello és Mutinelli, 2021).

A méhek a virágból nektárt vagy a levelekről édesharmatot gyűjtenek. Miután a nektárt mézgyomrukban a kaptárba szállítják, érlelés következik, mely során a méhek garatmirigyükből különféle enzimeket adnak a nektárhoz, illetve a bonyolultabb összetételű cukrokat (pl. szacharózt) egyszerűbbekké (gyümölcs-, szőlőcukorra) bontják, invertálják. A nektárnak magas a víztartalma, hogy ne romoljon meg a fölösleges vizet elpárologtatják (egyik lépből a másikba helyezik, szárnyaik rezegtetésével elősegítik a párolgást), érlelik, amíg a méz nedvességtartalma csak kb. 13-18% marad. Végül a lépekben lévő, kellően sűrű mézet vékony viaszréteggel lefedik (Örösi, 1967; Rahman és mtsai, 2014; Hevesi, 2021). Egy dolgozó méh élete során mindössze 1/12 teáskanálnyi mézet képes előállítani (Csegődi, 2021).

Az elmúlt évtizedekben a méz az élelmiszer-hamisítás¹ célpontjává vált, mivel felhasználása egyre elterjedtebb és viszonylag magas a fogyasztói ára (Fakhlai és mtsai, 2020; Bodor és mtsai, 2018). A méz minőségének vizsgálata elsősorban arra vonatkozik, hogy keverték -e a mézet cukorsziruppal, módosították -e szűrővel (ilyen a gyantaszűrés, mely által a méz pollentartalma is csökken), milyen mértékű hőkezelést alkalmaztak a feldolgozás során, mekkora a méz víztartalma. Másrészt jelenti a méz földrajzi, botanikai vagy „bio” eredetének megjelölése valós-e (Soares és mtsai, 2017). Ráadásul a méz népszerűsége a fogyasztók körében folyamatosan növekszik, viszont a méz termelése világszerte ingadozó (Zábordská és Vorlová, 2015).

Báró Ambrózy Béla már 1896-ban, 'A méh' című munkájában a következőket írja: „Semmi féle terméket nem hamisítanak olyannyira, mint a mézet, mely annál alkalmasabb erre, mivel a fogyasztó közönség – dacára, hogy a hamisított méz

¹ Az „élelmiszer-hamisítás” az élelmiszer minőségének szándékos csökkentését jelenti, akár alacsony minőségű anyagok hozzáadásával vagy cseréjével, akár különböző fontos összetevők eltávolításával. Maga a mézhamisítás nem új keletű jelenség sem hazánkban, sem máshol a világon, erőteljes megjelenése összefügg az olcsón előállítható répacukor térhódításával. Már 1879-ben létrehozták a Magyar Országos Méhészeti Egyesületet, hogy többek között a hamisítás elleni küzdelem élére álljon, 1895-ben pedig törvényi szinten szabályozták a mézhamisítás tilalmát. Először az ENSZ Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (FAO) próbálta definiálni a mézet 1981-ben, amely a tej és az olívaolaj után a világon a harmadik leggyakrabban hamisított élelmiszer (Csegődy, 2021).

rendesen rossz minőségű – alig ismeri föl.” A mézpiac szinte valamennyi szintjén lehetséges a hamisítás. A legegyszerűbb, ha a méhekkal cukorszirupot etetnek a méztermelés (hordás) időszakában, ami így a pergetett mézbe is belekerülhet. Ha a termelő maga adja el a fogyasztónak a mézet, akkor a méz/cukorszirup arány több mint ötszörös, ha a felvásárlónak adja el a hamisított mézet, akkor is körülbelül 2-3-szoros az arány. Ugyanakkor ma már a felvásárlók az átvett mézet bevizsgáltatják, így ki tudják szűrni az ilyen módon hamisított mézeket, ám a felvásárlók is hamisíthatják a mézet, ha például izocukrot kevernek bele (Csegődy, 2021). „Kínai modellnek nevezi a méhészeti szakma a mézhamisítás professzionális, modern, nagyüzemi módszerét, amellyel a méhektől az éretlen, magas víztartalmú, méznek nem nevezhető oldatot elveszik, amiből sűrítő gyártósoron műmézet állítanak elő, nagy tételben” (Csegődy, 2021). 2018-ban a világ méztermelése 1,85 millió tonna volt, ebből 457 ezer tonna Kínából származott. Fontos megjegyezni, hogy Kínában az ottani élelmiszerkönyv mást nevez méznek, mint hazánkban² és az Európai Unió többi tagállamában, vagyis a kínai szabályozás szerint előállított méz nem hamis (Csegődy, 2021).

A mezőgazdasági nyersanyag- és élelmiszerárak erőteljes ingadozása nagyfokú bizonytalanságot okoz a gazdaságban az előrejelzések szerint, ezért szükség lenne az élelmiszer-ellátási lánc működésének javítására, a hatékonyság és a versenyképesség növelése érdekében (Bartha és mtsai, 2009). Hazánkban az akácméz kilós átlagára 2018. és 2021. év vége között 62%-kal (2 160 Ft-tal) emelkedett (KSH, 2022a), és jelenleg a leginkább hamisított mézfajta. Ehhez kapcsolódóan az egyik hamisítási módszer, hogy olcsóbb mézeket adnak el drágább mézfajtaként. A hamisítás másik formája a hamis eredetmegjelölés, vagyis az adott méz nem onnan származik (földrajzi eredet), vagy nem olyan fajtájú (botanikai eredet), mint ami a címkéjén szerepel (Bázár és mtsai, 2016; Bodor, 2020). A méz összetett jellege és a hamisítás különböző típusai miatt a méz minőségének vizsgálata kihívást jelent, és fejlett analitikai megközelítés kifejlesztését tette szükségessé (Soares és mtsai, 2017). A piac gyors, minél precízebb értékelési módszerek kidolgozását követeli meg, melyek lehetőleg alacsony költséggel legyenek kivitelezhetőek (Bodor és mtsai, 2018; Puścion-Jakubik és mtsai, 2020).

A méztermelés a magyar mezőgazdaság bruttó termelési értékéhez megközelítőleg 1%-kal, az állattenyésztés termelési értékéhez csaknem 5%-kal járul hozzá. Az utóbbi években a Magyarországon megtermelt méz jelentős része, több mint 80%-a, hordós kiszerezésben exportra került, jellemzően nyugat-európai országokba (Oravec és mtsai, 2020). A hazai akácméz fő exportcélországa Németország, Franciaország, Olaszország és az Egyesült Királyság. Az export- és importadatokat vizsgálva Mucha és mtsai (2021) igazolta, hogy EU-n belül hazánkban a természetes méz vonatkozásában megnyilvánuló komparatív előnye van. A magyar mézértékesítésre jellemző továbbá, hogy a megtermelt méz 64-66%-át

² A Magyar Élelmiszerkönyv előírásai szerint „a méz az *Apis mellifera* méhek által a növényi nektárból vagy élő növényi részek nedvéből, illetve növényi nedveket szívó rovarok által az élő növényi részek kiválasztott részeiből gyűjtött természetes édes anyag, amelyet a méhek begyűjtenek, saját anyagaik hozzáadásával átalakítanak, raktározhatnak, dehidrálnak és lépekben érlelnek”. A jogszabály szerint megkülönböztetünk közvetlen fogyasztásra alkalmas, valamint sütő-főző (ipari) mézet, elsősorban idegen szaga, íze, erjedt állapota vagy túlilegítettség miatt. A fogyasztói forgalomba kerülő méz idegen szerves és szervetlen anyagoktól mentes, abból sem a virágport, sem a méz egyéb alkotóelemét nem lehet kivonni.

felvásárlóknak, kereskedőknek, 3-5%-át kiszerveelve kiskereskedőknek, üzleteknek, 1%-át ipari felhasználásra (élelmiszeripar) értékesítik, 30%-a közvetlenül fogyasztók részére kerül eladásra (AM, 2019).

A korábbi évekhez képest Magyarországon 2017-től kezdve kismértékben csökken a méhcsaládok és a méhészetek száma, de azt megelőzően a növekedés volt a jellemző. Az utóbbi években a méhcsaládok számának csökkenése felgyorsult, a 2017-2019 közötti csökkenés 46 886 db volt, 2019-2020 között ez a különbség 43 236 db méhcsalád, ami azt jelenti, hogy egy év alatt annyi visszaesés következett be, mint az azt megelőző két év alatt (1. ábra). A méhsűrűség ennek következtében szintén csökkent a 2017. évi legnagyobb 13,44 méhcsalád/km² átlagos érték 2020-ban már csak 12,5 méhcsalád/km² volt (OMME, 2021), mely még mindig magasnak tekinthető európai viszonylatban.

Az ágazat hazai sajátossága, hogy viszonylag kevés a legalább 150 méhcsaláddal rendelkező méhészet, mely 2017-ben a méhészek 6,8%-a, 2018-ban 6,82%-a volt, ezek a méhészek a hazai méhállomány mintegy 30%-val rendelkeztek (AM, 2019). Hazánkban jellemzően 20 méhcsalád alatt a méhészek hobbiként tekintenek a tevékenységre, 20 méhcsalád felett a kereset kiegészítés a döntő (ide tartozik a méhészek 74,4%-a) (Nagy, 2007). A méhészek mintegy 70%-a vándorol a különböző méhlegelőkre a nagyobb hozam elérése érdekében (KSH, 2012). A magyar méhészeti ágazatot a termelési feltételek és a hozamok változatossága, továbbá a termelők és a kereskedők területi tagoltsága jellemzi. A méhészkedés eltérései az országrészek eltérő természeti, éghajlati adottságaiból, a méhészeti hagyományok eltérő jellegéből adódnak (KSH, 2012).

Jelen tanulmány a mézelő méhek által betöltött számos lényeges tevékenység közül a gazdaságilag és ökológiai szempontokból is fenntartható méztermelés

1. ábra A hazai méhcsaládok számának alakulása (2000-2020)

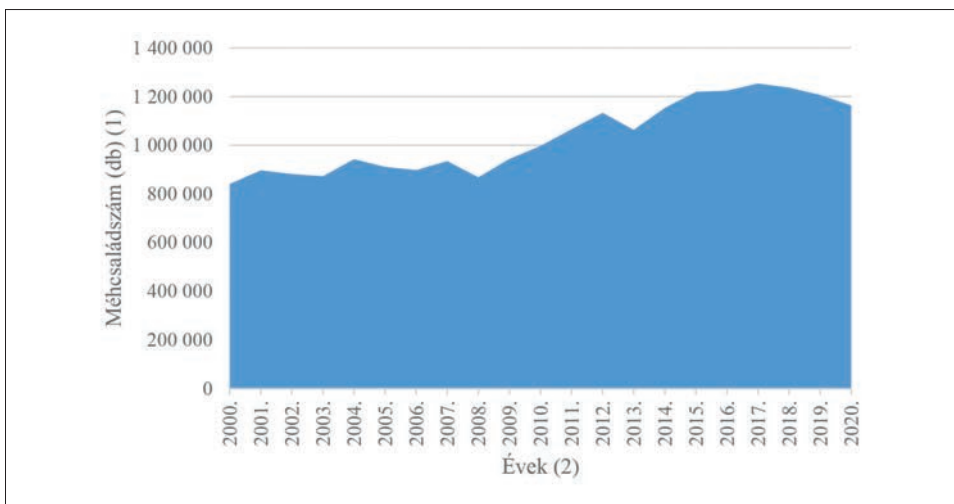


Figure 1. Evolution of the number of Hungarian bee colonies (2000-2020)

number of bee colonies (1); years (2)

Forrás: Saját szerkesztés, OMME, 2021. adatok alapján

lehetőségét egy hazai viszonylatban nagyobb méretű méhészet ökonómiai modellezése, valamint a méhek beporzó tevékenységének, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értékének becslése révén tárgyalja. A kutatómunka fő célkitűzése a méztermelés termelő méhészeti adatokon alapuló üzemgazdasági elemzése. Ezáltal értékelhetővé válnak a költség-jövedelem viszonyok, illetve a méhészeti tevékenység működési hatékonysága, valamint az ökoszisztéma-szolgáltatást végző méhek tevékenységének környezetgazdaságtani alapokon nyugvó értékelése.

A kutatómunka célja a hazai méztermelés jövedelemtermelő képességének és hatékonyságának egzakt értékelése egy modellgazdaságon keresztül, valamint a méhek által végzett ökoszisztéma-szolgáltatás értékelése. A fő célkitűzés megvalósításához kapcsolódóan a szerzők az alábbi specifikus célkitűzések megvalósítására, azaz kérdések megválaszolására törekedtek:

- Mi jellemzi a méhészeti természetes ráfordításokat (takarmány, gyógyszer, méhanya, üzemanyag, egyéb anyagok felhasználása), a termelési költségeket, valamint ezek szerkezetét és összetételét?
- Milyen kibocsátási szint, illetve paraméterek (hozam, értékesítési ár, termelési érték) jellemzik a termelést?
- Hogyan alakul a méhészeti gazdálkodás eredménye, a termelés hatékonysága (jövedelemtermelőképeség, jövedelmezőség, hatékonyság) rövidtávon, vagyis egy gazdálkodási évre vetítve?
- Hogyan alakul a méhek ökoszisztéma-szolgáltatásának (beporzó tevékenységének) monetáris értéke, alkalmazva egyes közgazdasági értékelési módszereket?

A modellgazdaság tevékenységéből kiindulva a mézelő méhek (*Apis mellifera*) által végzett ökoszisztéma-szolgáltatás számszerűsítésének egyik megközelítését mutatjuk be, alkalmazva a közgazdasági értékelési módszerek közül a költségalapú értékelési módszer család két típusát (termelékenységváltozás és helyettesítő piaci árak).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás egyaránt tartalmaz primer adatgyűjtést és szekunder adatelemzést is. A témához kapcsolódó, releváns szakirodalom feldolgozása mellett az elemzés során felhasznált adatok a Magyar Méhészeti Nemzeti Program és a KSH adatbázisaiból származnak.

A modellgazdaság paramétereinek kialakításához primer kutatás keretében személyes üzemlátogatásokra került sor, amely során két professzionális termelő méhészetben történt adat- és információgyűjtés, szakmai konzultáció. A statisztikai adatokat és az adott méhészet technológiai jellemzőit felhasználva olyan üzemgazdasági modellt készítettünk, melynek segítségével meghatároztuk az adott feltételek mellett lehetséges méztermelés üzemgazdasági viszonyait. Az összegyűjtött adatokat Excel-alapú determinisztikus modell használatával elemeztük. A költségkalkuláció elkészítésekor először a költségeket vettük számba költségnemenként, azt követően a hozamokat, az árbevételt és a termelési értéket határoztuk meg, majd az elérhető jövedelmet, és végül néhány fontosabb hatékonysági mutatót számoltunk ki. A vizsgálat célja nem egy adott méhészet adatainak elemzése, hanem ezen adatokra alapozott üzemtani modell eredménye-

inek értékelése. A költségoldal elemzéséhez a teljes termelés technológia természetes ráfordítások formájában való felvételezésére volt szükség. A vizsgálathoz szükséges további adatokat – a termelői adatok mellett – különböző az ágazathoz kötődő tanulmányok és hazai adatbázisok szolgáltatták (KSH, OMME, Agrárminisztérium). A hozam adatok a méhészekről, az értékesítési árakra vonatkozó adatok szekunder forrásokból származnak. Minden output és input ár nettó formában, azaz ÁFA nélkül értendő, és a 2021. évi árszínvonalat tükrözi. Az üzemi elemzések során a technológiából indulunk ki, így elemző módon bemutatva egy modellgazdaság jellemzőit és termelési gyakorlatát.

A vizsgált ágazat specifikumaiból adódóan a kutatásunkban felhasznált adatok két fő csoportra oszthatók: (1) a termelés éves költség-jövedelem viszonyainak elemzéséhez szükséges adatok; (2) a modellgazdaság tevékenységéből kiindulva a mézelő méhek (*Apis mellifera*) által végzett ökoszisztéma-szolgáltatás számításához szükséges adatok, a közgazdasági értékelési módszerek közül a költségalapú módszerek alkalmazásához. Az éves költség-jövedelem viszonyok értékeléséhez a következő termelési adatok összegyűjtésére volt szükség: a felhasznált ráfordítások (takarmány, gyógyszer, méhanya, üzemanyag, élőmunka) természetes mennyisége; a ráfordítások egységárai (input árak); minden egyéb, a termelési sajátosságokkal összefüggő ráfordítás, és annak költsége; a fajlagos hozamok; a különböző mézfajták értékesítési árai, egyes elérhető támogatások.

A beporzás, mint a méhek által végzett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséhez kiindulópontot csak a nemzetközi szakirodalomban találtunk, korábbi kutatások eredményeit felhasználva végeztük el a monetáris értékelést. A beporzók tevékenységére vonatkozó értékelés témájában hazai források nem állnak rendelkezésre. A Teljes Gazdasági Érték (TGÉ) meghatározásához alkalmaztuk a költségalapú értékelési módszerek közül a termelékenység változása és a helyettesítő piaci árak módszerét részben a KSH adatbázisára, másrészt saját adatgyűjtésre alapozva. A TGÉ meghatározásához a használattal közvetlenül összefüggő értékeken túl a használattal közvetetten összefüggő értékek meghatározása is szükséges. A választási lehetőségek érték-elem monetáris meghatározásához a kinyilvánított preferencián alapuló vizsgálatokat használhatjuk, jelen tanulmányban ezt a módszer családot nem alkalmaztuk. A közvetlen használattal összefüggő értékek meghatározására a költségalapú módszerek alkalmasak és az alkalmazásuk mellett szól az is, hogy viszonylag gyorsan, a piacon lévő árinformációk felhasználásával kaphatunk monetáris értéket. Ezeknél a módszereknél az az alapfeltetelezés, hogy egy természeti erőforrás értéke és az általa az ember számára biztosított hasznosság megegyezik a megőrzéséhez/helyreállításához szükséges költségek nagyságával (Harangozó, 2005). A költség számos formában jelentkezhet, például úgy, hogy az adott természeti érték által nyújtott bizonyos szolgáltatás szintje csökken (például a méhállomány csökkenésével a beporzás kiesése által visszaesik a terméshozam valamely gazdasági növény esetében). Ebben az esetben az elmaradt haszon, a termelékenység romlása jelenti a költséget. A helyettesítő piaci árak, termékek módszere arra alapul, hogy ha a természeti környezet degradálódása következtében az adott ökoszisztéma-szolgáltatás megszűnik vagy csökken, akkor azt a szolgáltatást használóknak máshonnan, más formába kell beszerezniük. Erre a helyettesítésre fordított pénz szolgál az adott ökoszisztéma funkció értékelésének alapjául (Harangozó, 2005). Míg a használattól független értékösszetevők elem-

zésére és számszerűsítésére a feltárt preferencia módszerek adnak lehetőséget, jelen vizsgálatunk erre már nem terjedt ki.

A közgazdasági értékelési módszerek eredményei általában jelentősen alulbecsülik a TGÉ-t. A méhek (és általában más beporzók) által nyújtott ökoszisztéma- szolgáltatás TGÉ-t *Perman és mtsai*, (2003) négy összetevőre osztja, mint a használatlal összefüggő, használatlal össze nem függő értékek (létezési érték), a választási lehetőségek, illetve kvázi-választási lehetőségek értéke. Ezek az értékek tovább csoportosíthatók piaci és nem piaci értékkel rendelkező kategóriákra (*Hanley és mtsai*, 2015).

A piaci értékelési eljárásokhoz sorolt költségalapú értékelési módszerek közül a termelékenység változása és a helyettesítő piaci termékek módszerét alkalmaztuk. A költségalapú értékelési módszerek csoportjába több eljárás is tartozik. Kiindulási alapjuk, hogy a természeti tőke megőrzése, helyreállítása költséget jelent a társadalom számára. Az értékelés célja gyakran az, hogy döntéseinkhez megfelelő információt szolgáltatassunk az adott erőforrás által nyújtott hasznosságról (*Harangozó*, 2005). A TGÉ-en belül döntően a használatlal közvetlenül összefüggő értékrészek határozhatók meg ezekkel az eljárásokkal.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 300 méhcsaládos modellgazdaság technológiai jellemzői

Az üzemgazdasági elemzés alapján egy a hazai átlagos termelési mutatószámok alapján kialakított, magyarországi viszonylatban nagyobb méretű méhészeti modellgazdaság kerül bemutatásra, kizárólag méztermelésre vonatkozóan. A felvázolt mézhozamok átlagos méhészeti szezont feltételeznek, komoly negatív kihatású időjárási viszonyoktól eltekintve. Az egyes évszakban szokatlan fagyok, elhúzódó szárazság, vagy éppen hosszan tartó esőzések a kalkulált hozamokat jelentősen, akár 50%-100%-ban is csökkenthetik.

A méhészetben 4 db 72 családos konténer és 12 db tartalék család biztosítja a termelést Nagy-Boczonádi kaptárakban. Az intenzív vándoroltatással működő méhészet fajlagos hozamai repce (10 kg/méhcsalád), akác (21 kg/méhcsalád), vegyes virág (10 kg/méhcsalád) és napraforgó (19 kg/méhcsalád) mézre korlátozódnak, melyeket elsősorban hordós tételben értékesít. A konténerek legfőbb előnye, hogy könnyen és gyorsan mozgathatók, hirtelen jelentkező kedvezőtlen időjárás esetén nem igényel túlzott erőfeszítést más méhlegelőkre szállításuk. A méztermelés szempontjából alapvető fontosságú a jó méhlegelő, a nagy felületet elfoglaló, sok virágot nyújtó természetes növényállományok, illetve a termesztett kultúrnövények rendelkeznek nagy jelentőséggel. A méhlegelők közül kiemelkedő jelentőségű a rendkívül hőérzékeny akác (*Robinia pseudoacacia*). Európa legnagyobb akácaterülete (2019-es adatok szerint kb. 455 ezer hektár) Magyarországon található (*KSH*, 2022). A mézelő erdei fák közül hazánkban a legnagyobb területet az akác foglalja el, mely a méhészek számára a főhordást adja. A méhlegelők minősége mellett meghatározó az időjárás szerepe is, mely befolyásolja a méhek rendszeres gyűjtőmunkáját, valamint a mézelő növények nektártermelését (*Nagy*, 2007). A hazai méhészeti gyakorlatnak megfelelően modellünkben feltételezzük az akác, mint méhlegelő elérhetőségét.

Tavasszal kezdődik az állomány termelésre való felkészítése, amikor a hőmérséklettől függően (napi középhőmérséklet eléri a 10°C-ot), valamint a méhcsaládok igénye szerint lepényes vagy cukorszirupos élelempótlás történik, melyet célszerű virágpótlóval, vitaminokkal és ásványi anyagokkal kiegészíteni. A méhcsaládok élettani folyamatainak zavartalansága érdekében, hordástalan időszakban etetni kell, mely élelempótlási és serkentési célokat szolgálhat (Ruff, 2007). Hosszabb hordás szegény időszakban a méhpusztulás elkerülése érdekében az élelempótlás feltétlenül szükséges (Pohl, 2003).

Az első vándorlás repce méhlegelőkre történik, a hordás befejeztével a rajzás (természetes szaporodási ösztön) megakadályozása miatt is fejlesztés (szaporítás) következik. A szaporítás során a nyílt fiasítós kereteket elvéve a kaptárakból, virágpótló mellett azonnali megfelelő élelempótlással dajkacsaládokat kell képezni, melyeket távolabbi telephelyen további intenzív etetés mellett a méhanyák párzásáig gondozni kell (a vásárolt méhanyákhoz hasonlóan).

A vándoroltatás és az állomány folyamatos termelésben tartása miatt cél, hogy az állomány felénél évente új méhanyák legyenek, mivel a családok kondíciója jelentős részben ettől függ. A méhanyák egy része saját nevelésből, nagyobb része méhanya nevelőktől kerül beszerzésre. A méhészek többnyire hazai méhtenyésztőktől vásárolják a méhanyákat, ez a honos pannon méh génmegőrzését szolgálja, amely kiváló termelési és viselkedési tulajdonságokkal rendelkezik, alkalmas a hazai méhlegelő növények kihasználására (Zajác és mtsai, 2017). A repcéről azonnal akácra vándorlás következik, az akáchordás a korai keleti akác-, majd az északi akáclegelőkről történik. Az időjárás függvényében kerülnek a konténerek kihelyezésre, illetve elszállításra. Ha az időjárás az egyes telephelyeken kedvezőtlen, abban az esetben nem szállíthatók oda, így amennyiben más akác nem érhető el, nem tud a teljes állomány akácmézet termelni. Az akáchordást követően virágpótló- és nektárgyűjtés céljából a méhcsaládok vaddohányról és egyéb ártéri virágokról hordanak. A kettő közötti, néhány hetes szünetben atkagyérítés végezhető – folyamatos monitorozás mellett – oxálsavval, illetve a herefiasítós keretek gyérítésével vagy az építendő keret teljes elvételével. Itt legfeljebb 10 kg/méhcsalád elvehető mézmenyiség keletkezik. Napraforgóhordás előtt ismét ellenőrizni kell a méhanyákat, szükség esetén el kell végezni az anyacserét. A külső tényezőktől (időjárás, növényvédelem) függően korai és késői virágzási idejű napraforgóra történik vándorlás, azonban elvehető mézmenyiség a későbbi esetében nem keletkezik, ez elsősorban az önfenntartást jelenti a méhcsaládok számára, illetve a későbbi, nyár végi és az őszi virágzások már jellemzően nem hoznak nektárt.

A mézelvétel (pergetés) a vándorlás helyén történik, két elektromos, önfűtős pergetővel, méhlefűvővel, fedelezőgéppel (gépesített munkafolyamatok). A méhlegelőkre vándorlást saját tehergépkocsikkal végzik. A méhészet családi munkaerőre, valamint bizonyos feladatok elvégzése (szállítás, pergetés) esetén alkalmi munkavállalókra alapozva működik.

A mézelési időszak elmúltával az aktuális hordástól függően lassú etetés következik 2-3 naponta 1 literes cukorsziruppal, melynek célja a minél kiterjedtebb fiasítás elérése. Ha a környéken bőséges méhlegelő található, akkor ez kedvező lehet az etetés minimalizálására és a méhcsaládok maximális teelési fejlettségét erősítheti. Szeptember végén a klímaváltozás hatásai miatt intenzív teelési élelempótlás kezdődik, mivel az utóbbi évek enyhe őszi, téli időjárása miatt a

méhek sokáig aktívak maradnak, az anya a szükségesnél tovább petézik. Párhuzamosan a megfelelő atkairtasokkal az etetést a méhcsaládonkénti 15-20 kg-nál kell befejezni, ami október közepét jelenti. Ekkor ellenőrizni kell a méhcsaládok fiasításait, ha nincs nyílt fiasítása, akkor elkezdhető a tartós hordozós atka elleni védelem, amely november első napjaival eltávolításra kerül. A hónap vége felé időjárástól függően oxálsavas csurgatást, illetve lehetőség szerint szublimáltatást alkalmaznak záró kezelésként. A téli takarókat a meteorológiai előrejelzésekre figyelemmel a lehető legkésőbbre kell hagyni, a visszafiasítások elkezdésének megakadályozása érdekében.

Üzemtani kalkuláció: hozamok, árbevétel, termelési költségek, jövedelem

Egy professzionális méhészet (150 méhcsaládot meghaladó méret) esetén az éves mézhozam egy átlagos, kisebb üzemméretű méhészetbe tartozó méhcsaládszám mézhozamához viszonyítva legalább kétszeres, hazai viszonylatban pedig 60 kg/méhcsalád mézhozammal lehet számolni (AM, 2019). EU-s szinten mindössze 3% körüli a 150 méhcsaládot meghaladó, professzionális méhészetek aránya (EU, 2020). A technológiai paraméterek között a legfontosabb az egy méhcsalád által megtermelt méz mennyisége, mely ebben az esetben összesen átlagosan 60 kg/méhcsalád/év. Az akácméz, mint legfontosabb hazai mézfajta hozama (6300 kg/év), az árbevételhez mintegy 55%-ban, a teljes termelési értékhez 53%-ban járul hozzá (2. ábra). Az akácméz értékesítési átlagára (2300 Ft/kg), több mint kétszerese más mézfajták árának, ez igaz a felvásárlási és a fogyasztói árakra is. A repce- és vegyes virágméz hozama (3000-3000 kg/év), valamint a napraforgóméz hozama (5700 kg/év) és értékesítési átlagára (1000 Ft/kg) alapján kisebb mértékű részt képviselnek a termelési értéken belül. A kalkuláció során a következő 2021. évi támogatásokat vettük figyelembe, melyek az OMME tagsággal rendelkező és a Tenyészet Információs Rendszerbe (TIR) bejelentett méhcsaládok számára kötődnek. A méhállomány egészségügyi kondíciójának megőrzését szolgáló támogatás 1000 Ft/méhcsalád összegben, a méhállomány számának szinten tartása 1600 Ft/petéző méhanya összegben érhető el, a cukor-gyógyszer jogcím szintén méhcsaládszámmal kötött (1600 Ft/méhcsalád) támogatás, valamint a kaptár és keretpótlásra 500 Ft/méhcsalád összegű támogatás fordítható. A Méhészeti Nemzeti Programon belül igényelhető egyéb, eseti jellegű támogatás is, ilyen például a mézkinyeréshez és vándoroltatáshoz szükséges új eszközbeszerzés támogatása. Feltételeztük, hogy a méhészet hitelek nélkül gazdálkodik, így sem rövid lejáratú forgóeszközhitelt, sem hosszú lejáratú beruházási hitelt nem vett fel.

Az összes termelési érték legnagyobb részét (96%-át) a méz értékesítéséből származó árbevétel teszik ki, az egyes támogatások csupán 4%-ot képviselnek. A méz árbevételének egy méhcsaládra jutó értéke a kalkulációk alapján meghaladja a 87 ezer Ft-ot, az 1 kg mézre jutó értéke pedig 1455 Ft/kg méz, melyhez jönnek még az egyes támogatások (1. táblázat), így a teljes termelési érték 91 ezer Ft/méhcsalád, illetve 1 kg mézre vetítve 1 517 Ft/kg méz.

Egy méhcsaládra vetített éves termelési költség nagysága jelentősen függ a méhészet technológiájától, az esetleges vándorlásoktól, a környezet ökológiai adottságaitól. A méhészetben felhasznált anyagok, eszközök, illetve a méhanyagok egy része vásárolt, illetve ezek egy része a méhész saját maga által előállított,

2. ábra A méhészet éves termelési értékének megoszlása

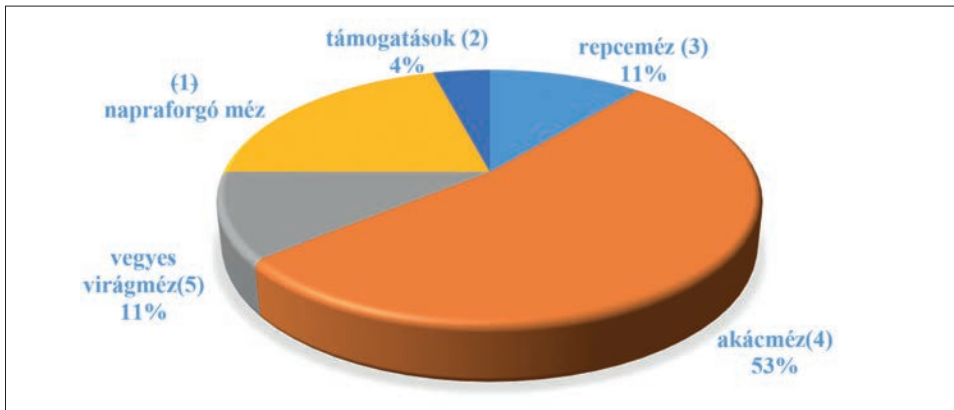


Figure 2. Distribution of annual production value of apiary

sunflower honey (1); subsidies (2); rapeseed honey (3); acacia honey (4); mixed flower honey (5)

1. táblázat

Az éves termelési érték alakulása a modellgazdaságban

| Megnevezés (1) | Ágazati összesen (Ft/év) (2) | 1 méhcsaládra jutó összeg (Ft/év) (3) | 1 kg mézre jutó összeg (Ft/év) (4) | Megoszlás (%) (5) |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Repceméz (6) | 3 000 000 | 10 000 | 167 | 11,5 |
| Akácméz (7) | 14 490 000 | 48 300 | 805 | 55,3 |
| Vegyes virágméz (8) | 3 000 000 | 10 000 | 167 | 11,5 |
| Napraforgóméz (9) | 5 700 000 | 19 000 | 317 | 21,8 |
| Árbevétel (10) | 26 190 000 | 87 300 | 1 455 | 96,0 |
| Támogatások (11) | 1 122 000 | 3 740 | 62 | 4,0 |
| Termelési érték (12) | 27 312 000 | 91 040 | 1 517 | 100,0 |

Table 1. The annual production value in the model apiary farm

item (1); sectoral total (HUF/year) (2); the amount of money per one bee colony (HUF/year) (3); the amount of money per one kg of honey (HUF/year) (4); distribution (5); rapeseed honey (6); acacia honey (7); mixed flower honey (8); sunflower honey (9); sales revenue (10); subsidies (11); production value (12)

illetve nevelt, saját méhviaszából hengereltetett műlépet használ. A gazdaság költség szerkezetét vizsgálva, az anyagjellegű költségek a teljes termelési költségből, mintegy 40%-ot, a közvetlen költségekből 44%-ot tesznek ki, az egy méhcsaládra jutó anyag költség 16 385 Ft/év, az 1 kg mézre jutó anyagköltség 273 Ft/év (2. táblázat).

A méhcsaládok takarmányozása alapvetően a kristálycukor, cukorlepény, vitaminokat, ásványi anyagokat tartalmazó készítmények felhasználásán alapul, így ezek mindenkorai árszínvonala (nagyobb mennyiségben történő vásárlása)

2. táblázat

Az éves termelési költségek alakulása a modellgazdaságban

| Megnevezés (1) | Ágazati összesen (Ft/év) (2) | 1 méhcsaládra jutó összeg (Ft/év) (3) | 1 kg mézre jutó összeg (Ft/év) (4) | Megosztás (5) (%) |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Anyagjellegű költség (6) | 4 916 000 | 16 385 | 273 | 44,0 |
| Ebből (7) | | | | |
| Takarmányozás (8) | 1 920 000 | 6 400 | 107 | 39,0 |
| Méhegészségügy (9) | 967 000 | 3 223 | 54 | 20,0 |
| Karbantartás (10) | 720 000 | 2 400 | 40 | 15,0 |
| Méhanya (11) | 675 000 | 2 250 | 38 | 14,0 |
| Üzemanyag (12) | 286 000 | 952 | 16 | 6,0 |
| Egyéb anyag költség (13) | 348 000 | 1 160 | 19 | 7,0 |
| Személyi jellegű költség (14) | 4 671 000 | 15 572 | 260 | 42,0 |
| Értékcsökkenési leírás költsége (15) | 1 607 000 | 5 357 | 89 | 14,0 |
| Közvetlen költség (16) | 11 194 000 | 37 314 | 622 | 91,0 |
| Általános költség (17) | 1 119 000 | 3 731 | 62 | 9,0 |
| Termelési költség (18) | 12 314 000 | 41 045 | 684 | 100,0 |

Table 2. The annual production cost in the model apiary farm

item (1); sectoral total (HUF/year) (2); the amount of money per one bee colony (HUF) (3); the amount of money per one kg of honey (HUF) (4); distribution (5); material cost (6); from these (7); feeding (8); bee health (9); maintenance (10); queen bee (11); fuel (12); other material costs (13); labour cost (14); cost of depreciation (15); direct cost (16); overheads (17); production cost (18)

meghatározó ennek alakulásában (39%). Ezt követi a méhegészségügyi költségek nagysága (20%), melyben a méhállomány egészségének megőrzését, a betegségek (pl. atka, nozéma) megelőzését szolgáló készítmények költsége szerepel. A szükséges karbantartás és méhanya cserék költsége, a védőfelszerelések, kis értékű eszközök, a tehergépkocsik javításához, karbantartásához szükséges beszerzések (egyéb anyagjellegű költségek) együttesen 41%-ot tesznek ki az anyagjellegű költségeken belül.

Hasonló nagyságrendet képvisel a munkaerő költsége (a méhész, családtagjai és egyéb munkaerő munkadíját 2021. évi bérszinthez igazodva) is. *Feketéné Ferenczi és mtsai* (2021) nyomán a méhészeti tevékenység jövedelmezőségének elemzéséhez az élők munkát, mint ráfordítást is számításba vettük. A méhészet méretéből adódóan a méhész bérköltségét a főállású mezőgazdasági őstermelőre vonatkozó szabályok szerint kalkuláltuk. A méhész saját munkája mellett a pergetések, szállítások, kezelések munkafolyamatainak elvégzéséhez családi és alkalmi

munkavállalói segítséget vesz igénybe (mezőgazdasági idénymunka), melynek költségét szintén számszerűsítettük. Ennek megfelelően a személyi jellegű költségek az összes költség 38%-át teszik ki (4 671 ezer Ft/év), tükrözve azt a tényt, hogy élőmunka-igényes tevékenységről van szó. A méztermelés munkaigényességének egyik mérőszáma az egy méhcsalád gondozásához szükséges munkaórák száma. A méhészekkel folytatott interjúk alapján a modellgazdaságban egy méhcsaládra jutó munkaidő átlagosan 10,7 óra/év. A termelés közvetlen költsége több mint 37 ezer Ft méhcsaládonként.

Értéksökkenési leírás (ÉCS) költsége a méhészet meglévő eszközeinek amortizációját tükrözi (tehergépjárművek, raktár, kaptárak, pergetők, méhlefűvők stb.), és a termelő családok téli pusztulásainak (5%) figyelembevételével kalkulált összege évi 1 607 ezer Ft/év, a közvetlen költségek mintegy 14%-a. A közvetlen termelési költség összességében a teljes termelési költség túlnyomó részét, több mint 90%-át jelenti.

Az ágazatra terhelt általános költségek az adatgyűjtés alapján becsült értéknek tekinthetők, ide tartoznak többek között a termeléssel közvetlenül nem összefüggő kiadások, mint a tagdíjak, könyvelés, biztosítások, szakmai fórumokon való részvétel, utazás díja, egyéb menedzsment költségek.

A kalkuláció alapján az egy méhcsaládra jutó termelési költség 41 045 Ft/év, 1 kg mézre jutó termelési költségek 684 Ft/év összegben alakulnak. Az Agrárminisztérium 2019-es számításai szerint az 1 kg megtermelt mézre megállapított önköltség 651,42 Ft/kg/év (AM, 2019). A termelési érték és a közvetlen költségek különbségét tükröző fedezeti összeg 53 726 Ft/méhcsalád, az általános költségeket is beleszámítva pedig a méhcsaládonkénti realizált nettó jövedelem mintegy 50 ezer Ft/év (3. táblázat).

A vizsgált vándoroltatással is foglalkozó méhészeti modellgazdaság legfőbb hatékonysági mutatója a költségarányos jövedelmezőség, mely 122%, ami kiemelkedően jónak számít. Meg kell jegyezni, hogy ez elsősorban az akácméz

3. táblázat

A fedezeti összeg és a jövedelem alakulása a modellgazdaságban

| Megnevezés (1) | Ágazati összesen (Ft/év) (2) | 1 méhcsaládra jutó összeg (Ft/év) (3) | 1 kg mézre jutó összeg (Ft/év) (4) | Megoszlás (%) (5) |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Termelési érték (6) | 27 312 000 | 91 040 | 1 517 | 100,0 |
| Közvetlen költség (7) | 11 194 000 | 37 314 | 622 | 91,0 |
| Általános költség (8) | 1 119 000 | 3 731 | 62 | 9,0 |
| Termelési költség (9) | 12 314 000 | 41 045 | 684 | 100,0 |
| Fedezeti összeg (10) | 16 118 000 | 53 726 | 895 | |
| Nettó jövedelem (11) | 14 998 000 | 49 995 | 833 | |
| EBIDTA (12) | 16 605 000 | 55 352 | 922 | |

Table 3. The annual profit in the model apiary farm

item (1); sectoral total (HUF/year) (2); the amount of money per one bee colony (HUF) (3); the amount of money per one kg of honey (HUF) (4); distribution (5); production value (6); direct cost (7); overheads (8); production cost (9); coverage amount (10); net income (11); EBIDTA (12)

készítéséhez szükséges akáclegelő elérhetőségén és az akácvirágzás minőségén múlik, mely sokszor kizárólag az emberi kapcsolatok függvénye. Továbbá nem feltételeztünk semmilyen havária helyzetet sem. Fontos mutató még az egy munkaóra jutó nettó jövedelem, mely ebben az esetben 4699 Ft/óra, illetve az 1 kg méz termelésére jutó takarmányköltség, mely 107 Ft/kg méz.

A méhek ökoszisztéma-szolgáltatásának monetáris értékelése

A modellgazdaság termelési viszonyaiból és a termelt mézfajtákból kiindulva az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) és a napraforgó (*Helianthus annuus* L.), mint rovarbeporzást igénylő növények esetét vizsgáltuk meg. A repce és a napraforgó önbeporzásra képes, azonban a beporzást végző rovarok jelenléte szükséges a jobb termésminőség és a magasabb terméshozam eléréséhez (Örösi, 1967; Bommarco és mtsai, 2012). A beporzó rovarok közül a házi méhek látogatása a legintenzívebb mind a repce, mind a napraforgó esetében, de egyéb rovarfajok is előfordulnak (*Calmsur és Özbek*, 1999; *Bommarco és mtsai*, 2012; *Bartoemus és mtsai*, 2014; *Perrot és mtsai*, 2018; *Perrot és mtsai*, 2019). Mivel világszerte jelentősen csökkent a megporzó rovarok száma, ezért is különösen fontos például a repce- és napraforgótáblák közelében a méhész és méheinek jelenléte.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások monetáris értékelési lehetőségeiből, a költség-alapú módszerek közül a termelékenység változása módszert alkalmaztuk elsőként kalkulációinkban. A módszer kiindulása, hogy a termelési tevékenységben (jelen esetben a haszonnövények (napraforgó, repce) termesztésében) a méhállományt (a beporzó funkció tekintetében) inputként kezeljük. A vizsgált termelési tevékenységben a megjelenő méhállomány (természeti tőke) beporzási funkciójának értékelése érdekében (betakarított napraforgó- és repcemag mennyisége) kiszámítjuk, milyen mértékben csökken az adott természeti tőkéből származó haszon, ha valamilyen külső hatásra méhállomány megporzási tevékenysége károsodik vagy megszűnik. Ennek következtében mindkét szántóföldi növény esetében a természet termelékenysége, minősége csökken, tágabb értelemben ez elmaradt hasznot okoz a társadalom számára (várhatóan alacsonyabb lesz az elérhető terméshozam és romlanak a minőségi paraméterek is).

A KSH 2021. évi adatai szerint Magyarországon a napraforgómag termésmennyisége összesen 1 698 ezer tonna (*KSH*, 2022b), vetésterülete pedig 663 491 ha volt. A repce vetésterülete 2021-ben 261 266 ha volt (*KSH*, 2021), a termésmennyiség pedig 722 000 t volt. A terméshozam 1 ha-ra vetítve napraforgó esetében 2,56 t, repce esetében 2,76 t volt 2021-ben Magyarországon átlagosan. A szakirodalom alapján egy hektár napraforgó méhcsalád igénye 2-4, a repce méhcsaládigénye 3 méhcsalád (*Halmágyi és Szalay*, 1999), amit interjúalanyaink is alátámasztottak. A vizsgált modellgazdaság esetében 3 méhcsalád/ha értéket meghatározva, így a 300 méhcsalád esetében 100 ha napraforgó és/vagy repce terület beporzását vehetjük alapul a számításunkhoz. Megjegyezzük, hogy kihelyezéskor figyelembe kell venni, hogy a méhcsaládok röpkörzete 1,5 km-en belül legyen a méhlegelőn, ne legyen hordásirányban más vándorméhészet a közelben, és természetesen a terület tulajdonosának hozzájárulása is szükséges.

Klein és mtsai (2007) átfogó tanulmányt készített a legjelentősebb haszonnövények állati beporzástól való függéséről, mely szerint a napraforgó és a repce

4. táblázat

A beporzás terméshozamra gyakorolt hatása

| Szerző(k) (megjelenés éve) (1) | Napraforgó (<i>Helianthus annuus</i> L.) hozamnövekedés (2) | Őszi káposztarepce (<i>Brassica napus</i> L.) hozamnövekedés (3) |
|------------------------------------|--|---|
| <i>Cirnu</i> (1960) | 10-30% | - |
| <i>Szemeráth és Farkas</i> (1983) | 28% | - |
| <i>Kamler</i> (1997) | 26% | - |
| <i>DeGrandi és Hoffmann</i> (2008) | 30-40% | - |
| <i>Klein és mtsai</i> (2007) | 10-40% | 10-40% |
| <i>Durán és mtsai</i> (2010) | - | 50% |
| <i>Lindström és mtsai</i> (2016) | - | 10,6% |
| <i>Sabbahi és mtsai</i> (20 5) | - | 46% |
| <i>Bommarco és mtsai</i> (2012) | - | 18% |
| <i>Perrot és mtsai</i> (2019) | 40% | - |
| <i>Perrot és mtsai</i> (2018) | - | 29-37,5% |
| <i>Bartomeus és mtsai</i> (2014) | - | 20% |
| <i>Stanley és mtsai</i> (2013) | - | 30% |
| Örösi (1967) | 27-34% | 10-15% |

Table 4. Effect of pollination on the yield

author(s) name (year of publication) (1); yield increase of sunflower (2); yield increase of rapeseed (3)

közepes mértékben függő, terméshozam növekedésük 10-40% közötti (*Klein és mtsai*, 2007; *Székács és Takács-Sánta*, 2014). *Perrot és mtsai* (2018) a repcét és a napraforgót (2019) vizsgálta szántóföldi körülmények között és megállapításai szerint a rovarbeporzás terméshozamra gyakorolt hatása repce esetében kb. 30%, napraforgó esetében 40%. Napraforgó esetében Örösi (1967) 27-34%, *Kamler* (1997) 26%, *DeGrandi-Hoffmann* (2008) 30-40% hozamnövekedést határozott meg. Repce esetében *Durán és mtsai* (2010) 50%, *Lindström és mtsai* (2016) 10,6%, *Sabbahi és mtsai* (2005) 46%, *Bommarco és mtsai* (2012) 18-20%, *Barotmeus és mtsai* (2014) 20%, *Stanley és mtsai* (2013) 30%, Örösi (1967) 10-15% hozamnövekedést állapított meg (4. táblázat).

Az értékekben mutatkozó eltérések a vizsgálati módszerekből, a beporzók összetételéből (sokféleség, sűrűség), létszámából adódhatnak, továbbá visszavezethetők arra is, hogy az állati beporzóktól való függőség növényfajtánként és régiónként is változhat (*Bartomeus és mtsai*, 2014). A vizsgált tanulmányok a beporzó rovarok közül a legfontosabbnak a mézelő méhet (*Apis mellifera*) találták. Meg kell jegyezni, hogy a mézelő méhek látogatása akkor jelentős, ha a méhlegelő növényei mézelnak, vagyis megfelelő nektárt és/vagy virágport biztosítanak. A beporzás terméshozamra gyakorolt előnyeit a talaj termékenysége (a növény állapota) is befolyásolja, azaz a rovarbeporzás a magasabb talajtermékenység esetén jobban növelte a terméshozamot (*Tamburini és mtsai*, 2016).

Ezek alapján modellünkben a beporzás tekintetében a napraforgó hozamtöbblete 30-40%-ban, a repce hozamtöbblete 20-40%-ban határozható meg.

A repce és napraforgó teljes hozamának rovarbeporzásnak tulajdonítható arányának pénzbeli meghatározása céljából keresztábra elemzést végeztünk el, melyben a modellgazdaság 300 méhcsaládjához köthető 100 ha repce és/vagy napraforgó terméshozamát vettük alapul. Kalkulációnk során a forrásokban megjelenő beporzásnak betudható hozamrészesedést és annak a 2021-es piaci árát építettük be mind a napraforgóra, mind a repcére vonatkozóan, annak érdekében, hogy monetárisan kifejezhetővé váljon a beporzás értéke.

A napraforgó esetében a felvásárlási ár – 2021-ben összhangban a nemzetközi trendekkel – a magasabb termés ellenére is emelkedett, és az előző évinél 45%-kal magasabb, 176 forint volt kilogrammonként (KSH, 2022c). A jelenlegi bizonytalan gazdasági helyzetre való tekintettel, a kalkulációnkba beépítettünk egy +20%-os felvásárlási áremelkedést, 5%-os lépcsőkkel (így a 2021-es 176 Ft/kg ártól indulva végeztük el számításainkat 211 Ft/kg-os árig). A beporzásnak betudható hozamrész esetében is 5%-os léptékekkel vettük figyelembe az ökoszisztéma-szolgáltatást, így a hozamrész 10%-tól a szakirodalmakban megjelenő +40%-os értékig kalkuláltunk. Az 5. táblázatból leszűrhető, hogy a különböző felvásárlási árak és az eltérő beporzásnak betudható hozamrész arányában milyen monetáris érték köthető a méhek beporzó tevékenységéhez. A szakirodalmak többsége 30-40%-ban határozza meg a hozamot a méhek beporzó tevékenysége révén, így a 2021-es felvásárlási árakat figyelembe véve a modellgazdaságunk 300 méhcsaládjá a napraforgó esetében 13 517-18 022 ezer Ft értékben járul hozzá az eredményhez, másként fogalmazva, amennyiben nem végeznék el a beporzást ebben az értékben jelenne meg a termelékenység változása, s ekkora kiesés keletkezne gazdasági szempontból.

5. táblázat

A napraforgó rovar megporzás általi hozamöbbletének monetáris értéke

| Hozamrész értéke (eFt) (1) | | | Napraforgó felvásárlási ár (Ft/kg) (2) | | | | |
|---|------|---------|--|--------|--------|--------|--------|
| | | | 176 | 185 | 194 | 202 | 211 |
| Beporzásnak betudható hozamrész (3) (kg/100 ha) | +10% | 25 600 | 4 506 | 4 731 | 4 956 | 5 181 | 5 407 |
| | +15% | 38 400 | 6 758 | 7 096 | 7 434 | 7 772 | 8 110 |
| | +20% | 51 200 | 9 011 | 9 462 | 9 912 | 10 363 | 10 813 |
| | +25% | 64 000 | 11 264 | 11 827 | 12 390 | 12 954 | 13 517 |
| | +30% | 76 800 | 13 517 | 14 193 | 14 868 | 15 544 | 16 220 |
| | +35% | 89 600 | 15 770 | 16 558 | 17 347 | 18 135 | 18 924 |
| | +40% | 102 400 | 18 022 | 18 924 | 19 825 | 20 726 | 21 627 |

Table 5. The monetary value of the extra yield from sunflower pollination

yield share (thousand HUF) (1); purchase price of sunflower (HUF/kg) (2); extra yield of pollination (3)

A repce felvásárlási ára 2021. január–novemberben átlagosan 174 forint/kilogramm volt, amely így 39%-kal magasabb volt, mint 2020. azonos időszakában (KSH, 2021). A repce esetében is beépítettük a kalkulációnkba a +20%-os felvásárlási áremelkedést, 5%-os lépcsőkkel (így a 2021-es 174 Ft/kg ártól indulva végeztük el számításainkat 209 Ft/kg-os árig) szintén figyelembe véve bizonytalan

gazdasági helyzetet. A beporzásnak betudható hozamrész esetében is 5%-os léptékkal vettük figyelembe az ökoszisztéma-szolgáltatást, így a hozamrész 10%-tól a szakirodalmakban megjelenő +40%-os értékig kalkuláltunk. A 6. táblázatból leszűrhető, hogy a különböző felvásárlási árak és az eltérő beporzásnak betudható hozamrész arányában pontosan milyen monetáris érték köthető a méhek beporzó tevékenységéhez. A korábbi vizsgálatok többsége alapján, bár a repce önbeporzó, mégis legalább 20-40%-ban határozza meg a hozamot a méhek beporzó tevékenysége, így a 2021-es felvásárlási árakat figyelembe véve a modellgazdaságunk 300 méhcsaládjára a 100 ha repce esetében 9 605-19 210 ezer Ft értékben járul hozzá az eredményhez, vagyis, amennyiben nem végeznék el a beporzást, ebben az értékben jelenne meg a termelékenység változása, s ekkora kiesés keletkezne.

6. táblázat

Az őszi káposztarepce rovar megporzás általi hozamtöbbletének monetárisértéke

| Hozamrész értéke (eFt) (1) | | | Repce felvásárlási ár (Ft/kg) (2) | | | | |
|---|------|---------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 174 | 183 | 191 | 200 | 209 |
| Beporzásnak betudható hozamrész (3) (kg/100 ha) | +10% | 27 600 | 4 802 | 5 043 | 5 283 | 5 523 | 5 763 |
| | +15% | 41 400 | 7 204 | 7 564 | 7 924 | 8 284 | 8 644 |
| | +20% | 55 200 | 9 605 | 10 085 | 10 565 | 11 046 | 11 526 |
| | +25% | 69 000 | 12 006 | 12 606 | 13 207 | 13 807 | 14 407 |
| | +30% | 82 800 | 14 407 | 15 128 | 15 848 | 16 568 | 17 289 |
| | +35% | 96 600 | 16 808 | 17 649 | 18 489 | 19 330 | 20 170 |
| | +40% | 110 400 | 19 210 | 20 170 | 21 131 | 22 091 | 23 052 |

Table 6. The monetary value of the extra yield from rapeseed pollination

yield share (thousand HUF) (1); purchase price of rapeseed (HUF/kg) (2); extra yield of pollination (3)

A termelékenység változása költségalapú értékelési módszer alkalmazásával a beporzás, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értéke a modellgazdaságunk (300 méhcsalád) esetében napraforgóra vonatkozóan évente akár 18 022 ezer Ft, repce esetében pedig 19 209 ezer Ft értékben határozható meg. Az alkalmazott módszer sajátosságaiból (költségalapú értékelési módszer a TGÉ használatlal összefüggő értékelemeinek a számszerűsítésére alkalmazható) adódóan jelentős alulbecslésnek tekinthetők, mivel nem számol azzal sem például, hogy a beporzás révén nemcsak magasabb terméseredmény jelentkezik a gazdánál, hanem a termés minősége (pl. olajtartalom, méret) is magasabb lehet.

A költségalapú monetárisértékelési módszerek egy másik lehetősége a helyettesítő piaci áru/termék módszere, mellyel szintén relatíve alulbecsült értéket kapunk. (Ezt azért tartjuk fontosnak kihangsúlyozni, mert ahogy már korábban is levezettük az ökoszisztéma-szolgáltatásnak csak egy kis szeletét tudjuk így monetárisan meghatározni, ami egy kezdeti lépésnek tekinthető). A természetes méz, mint méhek által előállított termék esetén, a piacon fellelhető helyettesítő termékek közül édesítőszerként – amennyiben a méz ezen funkcióját kívánjuk pótolni – például a kristálycukor használható a méz helyett. A kristálycukor azonban annak egyéb értékes tulajdonságaival (természetes eredetű, vitaminban, ásványi

anyagokban gazdag, különböző mézfajták tulajdonságai) a finomított kristálycukor nem rendelkezik, illetve kb. másfélszer több mennyiséget kell használni belőle, mint a mézből³ A 300 méhcsaládos modellgazdaságunk éves méztermelése 18 000 kg, a kristálycukor 2021-es átlagos fogyasztói ára 240 Ft/kg, a helyettesítés értéke így 6 480 ezer Ft-ra tehető. A 7. táblázatban látható, hogy a különböző fogyasztói árak és különböző mézhozamok mellett milyen helyettesítési érték köthető a méhek által előállított méz kiváltásához a kristálycukor, mint alternatíva esetében. Megjegyzendő, hogy a méztermés feltételezett elmaradása a méhészek számára annak értékesítéséből származó bevételkiesésként szintén megjelenik.

7. táblázat

A természetes méz helyettesítési értékének alakulása a modellgazdaság hozamadatai alapján

| Helyettesítés értéke (ezer Ft) (1) | | | Kristálycukor fogyasztói átlagára (Ft/kg) (2) | | | | | |
|------------------------------------|------|--------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | 240 | 252 | 264 | 276 | 288 | 300 |
| Mézhozam alakulása (kg/100 ha) (3) | 0 | 18 000 | 6 480 | 6 804 | 7 128 | 7 452 | 7 776 | 8 100 |
| | +5% | 18 900 | 6 804 | 7 144 | 7 484 | 7 825 | 8 165 | 8 505 |
| | +10% | 19 800 | 7 128 | 7 484 | 7 841 | 8 197 | 8 554 | 8 910 |
| | +15% | 20 700 | 7 452 | 7 825 | 8 197 | 8 570 | 8 942 | 9 315 |
| | +20% | 21 600 | 7 776 | 8 165 | 8 554 | 8 942 | 9 331 | 9 720 |
| | +25% | 22 500 | 8 100 | 8 505 | 8 910 | 9 315 | 9 720 | 10 125 |

Table 7. Evolution of the substitution value of natural honey

replacement value (thousand HUF) (1); the average consumer price of sugar (HUF/kg) (2); honey yield (kg) (3)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A méhészet a mezőgazdaság számos funkciót betöltő ágazata. A fenntarthatóság három pillére alapján a méhészet, a méhtartás a környezeti fenntarthatóság szempontjából pozitív externália. A méhészet hozzájárulása a mezőgazdaság számára nélkülözhetetlen beporzás és az ökológiai egyensúly fenntartásához jelentős, jellemző például a keletkező méhviasz újrahasznosítása (műlépekhez) és számos eszköz (kaptár, pergető, leseprő, tároló eszközök stb.) tartós használata. Gazdasági szempontból legfőbb célja a méz és egyéb méhészeti termékek termelése, a méhészek (Magyarországon kb. 20 ezer fő) számára jövedelmet, megélhetési lehetőséget biztosít, jelentős exportárbevételt is produkál, mivel a méztermés nagy része külföldre kerül, így a makrogazdasági mutatók alakulásában is szerepet játszik. Emellett egyre fontosabb a társadalom egészséges, kiváló minőségű élelmiszerral történő ellátása. Mindez hozzájárul a vidék népességeltartó és -megtartó képességének erősödéséhez, a méhészetre alapozott családi gazdaságok stabilizálásához (társadalmi fenntarthatóság).

Tanulmányunkban bemutattuk, hogyan, milyen technológiával működhet egy

³ A méz nagy édessége a gyümölcscukor tartalomnak köszönhető, 7 kanál gyümölcscukor annyira édesít, mint 10 kanál nádcukor vagy répacukor (szacharóz) (Örösi, 1967). Így a méz/kristálycukor arány kb. 1,5-szeres.

hazai és európai viszonylatban nagyméretűnek számító méhészet, ahhoz, hogy méztermelése jövedelmező vállalkozás legyen. A modellgazdaság a vándoroltatásból kifolyólag több mézfajtát termel, átlagos hozama eléri a 60 kg/méhcsalád/évet, melyet a 2021. évi átlagos átvételi árakon kalkuláltunk. Az előállított méz termelési értéke a mindenkori felvásárlási ár függvényében változik, mely az elmúlt két évben mintegy 20-40%-kal emelkedett, melyben szerepet játszott nagyrészt az országos viszonylatban rendkívül alacsonyan alakuló méztermés. Továbbá jellemző, hogy hazánkban a pergetéseket követően indul meg a felvásárlás, kezdetben alacsonyabb áron, mely az őszi és téli hónapokra valamivel magasabb szinten stagnál a következő év elejéig. Mivel az időjárástól, klímaváltozástól jelentősen függő ágazatról van szó, ezért kiemelkedően fontos a szakszerű tevékenység végzése, a méhcsaládok biológiájának, viselkedésének ismerete, az elérhető méhlegelők minősége. A méztermelés jövedelmezőségének két fontos befolyásoló tényezője – melyek egymással is összefüggésben állnak – az egy méhcsaládra jutó mézhozam (méhcsaládok termelőképesége) alakulása, illetve a mindenkori felvásárlási (nagykereskedelmi) ár, mely a modellezett méhészetnél akácméz esetében 2 300 Ft/kg, a többi mézfajta esetében 1 000 Ft/kg volt. Ez a két tényező már önmagában érzékenyen érinti az ágazati eredményt. A méhcsaládok számának növekedése az ehhez igazodó támogatások nagyobb részesedését eredményezheti az összes bevétel szerkezetében, ami a támogatások fontosságát és a pénzügyi eredményhez való kapcsolódását is jelzi.

A 300 családos modell méhészet tevékenysége által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások értékelését is elvégeztük, jelen keretek között alkalmazott költségalapú módszer segítségével Magyarországra adaptálva jelenítettük meg a méhállomány által nyújtott szolgáltatások forintosított értékét. Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése céljából a Teljes Gazdasági Érték (TGÉ) esetében jelen tanulmányban bemutatott termelékenység változása és helyettesítő piaci árak módszerével került sor a méhes megporzás, mint ökoszisztéma-szolgáltatása pénzbeli (monetáris) értékének kifejezésére.

A termelékenységváltozás költségalapú értékelési módszer alkalmazásával a rovar megporzás, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értéke a modellgazdaságunk (300 méhcsalád) esetében napraforgóra vonatkozóan évente akár 18 022 ezer Ft/100 ha, repce esetében pedig 19 209 ezer Ft/100 ha értékben határozható meg. Egy másik megközelítés, a helyettesítő piaci árak módszere szerint a természetes méz helyettesítésének lehetőségét vizsgáltuk meg, alternatívaként a kristálycukrot, mint édesítőszer felhasználva. Számításaink szerint a modellgazdaság (300 méhcsalád) által egy évben termelt méz mennyiségének (18 000 kg) helyettesítési értéke mindegy 6 480 ezer Ft/év lenne, a felvázolt termelési körülmények mellett.

Az alkalmazott módszerek sajátosságaiból adódóan mindkét esetben elmondható, hogy azok jelentős alulbecslésnek tekinthetők, mivel nem számolnak azzal sem például, hogy a beporzás révén nemcsak magasabb terméseredmény jelentkezik a gazdánál, hanem a termés minősége (pl. olajtartalom, méret) is magasabb lehet, illetve a természetes méz édes íze mellett számos az egészségre és az immunrendszer működésére kedvező hatású összetevőt tartalmaz.

Eredményeink kiindulási alapot adhatnak ahhoz, hogy a méhészek számára – figyelembe véve a költségeiket (pl. fenntartási-, méhegészségügyi- és egyéb költségek) – fizetendő, méltányos „beporzási díj” kalkulálásra kerüljön, mely a

méhészeknek jelentős segítség lehet a mindannyiunk számára fontos és hasznos tevékenység fenntartásában.

Tanulmányunk alapján megállapítható, hogy egyaránt fontos az ágazat pénzügyi jellegű (Magyar Méhészeti Nemzeti Program, pályázatok, adórendszer) és nem pénzügyi jellegű (jogsabályi környezet, érdekvégyesítés, mézhamisítás elleni fellépés) támogatása. A méhészek számára továbbá bizakodásra ad okot, hogy Magyarországon a közelmúltban az OMME szakmaközi szervezetté vált.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aizen, M. A. – Garibaldi, L. A. – Cunningham, S. A. – Klein, A. M. (2009): How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trend in crop production. *Annals of Botany*, 103. 1579-1588. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>
- Aizen, M. A. – Harder, L. D. (2009): The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology*, 19. 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>
- Agrárminisztérium (2019): Magyar Méhészeti Nemzeti Program értékelés 2016-2019 és tervezés 2019-2020. <https://www.mvh.allamkincstar.gov.hu/documents/20182/4528521/Magyar+M%C3%A9h%C3%A9szeti+Nemzeti+Program+2016-2019.pdf/a879e41d-9165-45f5-9d6d-92b37060ec43?version=1.0>
- Bartha, A. – Balogh, V. – Nabradi, A. (2009): The current situation of EU's food chain. European Association of Agricultural Economists (EAAE) 113th Seminar. doi: 10.22004/ag.econ.57980.
- Bartomeus, I. – Potts, S. G. – Steffan-Dewenter, I. – Vaissière, B. E. – Woyciechowski, M. – Kremen, K. M. – Tscheulin, T. – Roberts, S. P. M. – Szentgyörgyi, H. – Westphal, C. – Bommarco, R. (2014): Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2. e328 <https://doi.org/10.7717/peerj.328>
- Bázár, G. – Romvári, R. – Szabó, A. – Somogyi, T. – Éles, V. – Tsenkova, R. (2016): NIR detection of honey adulteration reveals differences in water spectral pattern. *Food Chem.*, 194. 873–880. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.092
- Benedek, P. – Manninger, S. – Virányi, S. (1976): Megporzás mézelő méhekkel. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Berde, É. – Farkas, P. – Vági, M. (2002): A piaci elégtelenségek. In: Mikroökonomia, Szerk.: Kopányi, M., KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest, 504.
- Biró, K. – Szalmáné Csete, M. (2021): Corporate social responsibility in agribusiness: climate-related empirical findings from Hungary. *Environ. Dev. Sustain.*, 23. 5674-5694. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00838-3>
- Bodor, Z. – Koncz, F. A. – Rashed, M. S. – Kaszab, T. – Gillay, Z. – Benedek, C. – Kovacs, Z. (2018): Application of near infrared spectroscopy and classical analytical methods for the evaluation of Hungarian honey, *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 14. 11-23. <https://akjournals.com/view/journals/446/14/s1/article-p11.xml>
- Bodor, Zs. (2020): Újszerű módszerek mézék eredetének és hamisításának kimutatására. *Méhészet*, 68. 28-30.
- Bommarco, R. – Marini, L. – Vaissière, B. E. (2012): Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169. 1025-1032. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2271-6>
- Cáceres, D. M. – Tapella, E. – Quétiér, F. – Díaz, S. (2015): The social value of biodiversity and ecosystem services from the perspectives of different social actors. *Ecology and Society*, 20. 62. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07297-200162>
- Calmasur, Ö. – Özbek, H. (1999): Pollinator bees (Hymenoptera, Apoidea) on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and their effects on seed setting in Erzurum region. *Tr. J. Biology*, 23. 73-89. <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/issues/biy-99-23-1/biy-23-1-9-97040.pdf>

- Cirnu, A. (1960): A méhek beporzó munkája. Romániai Méhészet, 33. 18-23.
- Csáki, T. – Heltai, M. – Szabó, Gy. (2009): A nagyüzemi méhészkedés lehetőségei Magyarországon. AWETH, 5. 4.
<http://animalwelfare.szie.hu/sites/default/files/cikkek/200904/AWETH2009423430.pdf>
- Csegődi, T. L. (2021): A mézhamisítás és mézvédelem aktuális kérdéseiről. Agrárágazat, 8.
<https://agraragazat.hu/hir/mezhamisitas-vedelem-mezogazdasag/>
- DeGrandi-Hoffman, G. (2008): Do honey bees increase Sunflower seed yields? *Americ. Bee J.*, 148. 155-156.
- Durán, A. X. – Ulloa, B. R. – Carrillo, A. J. – Contreras, L. J. – Bastidas, T. M. (2010): Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). *Chilean J. Agric. Res.*, 70. 309-314.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000200014>
- European Commission (2020): EU Beekeeping Sector. National Apiculture Programmes 2020-2022.
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/honey-apiculture-programmes-overview-2020-2022.pdf
- Feketéné Ferenczi, A. – Szűcs, I. – Vida, V. (2021): Családi gazdasági keretek között működő méhészeti vállalkozás üzemtani vizsgálata. *Gazdálkodás*, 65.80-2021-1188. 237-255. doi: 10.22004/ag.econ.312085
- Fakhlaei, R. – Selamat, J. – Khatib, A. – Razis, A. F. A. – Sukor, R. – Ahmad, S. – Babadi, A. A. (2020): The toxic impact of honey adulteration: A Review. *Foods*, 9. 1538.
<https://doi.org/10.3390/foods9111538>
- Goodrich, B. K. (2019): Do more bees imply higher fees? Honey bee colony strength as a determinant of almond pollination fees. *Food Policy*, 83. 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.12.008>
- Guaiti, D. (2013): A méz a házi gyógyászatban, a szépségápolásban és a konyhában. Cser Kiadó, Budapest, 21-22.
- Halmágyi, L. – Szalay, L. (1999): Méhlegelő képekben. Budapest, 19.
- Hanley, N. – Breeze, T. D. – Ellis, C. – Goulson, D. (2015): Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Services*, 14. 124-132.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.09.013>
- Harangozó, G. (2005): Költségalapú értékelési módszerek. In: A természetvédelemben alkalmazható közgazdasági értékelési módszerek. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala. Szerk.: Marjainé-Szerényi, Zs., Budapesti Corvinus Egyetem Környezetgazdaságtani és Technológiai Tanszék, Budapest, 51-53.
- Hevesi, M. (2021): A méhek ajándéka. Szépnep Könyvek, Budapest, 11-12.
- Kamler, F. (1997): Sunflower pollination in Czech Republic. *Acta Hort.*, 437. 407-412.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.437.53>
- Klethodimos, G. – Gallai, N. – Kephaliacos, Ch. (2021): Ecological-economic modeling of pollination complexity and pesticide use in agricultural crops. *J. Bioecon.*, 23. 297-323.
<https://doi.org/10.1007/s10818-021-09317-9>
- Klein, A. M. – Vaissière, B. E. – Cane, J. H. – Steffan-Dewenter, I. – Cunningham, S. A. – Kremen, C. – Tschamtkke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B.*, 274. 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Központi Statisztikai Hivatal (2012): A méhészet, méztermelés helyzete és lehetőségei, különös tekintettel Észak-Magyarország megyéire. 4-6.
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/regiok/meheszet.pdf>
- Központi Statisztikai Hivatal (2021): A fontosabb növények vetésterülete, 2021. június 1.,
https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/vet/20210601/index.html#aszntfldnbztkukoric_tsnapravgftvetettekalegnagyobbterleten
- Központi Statisztikai Hivatal (2022): A faállománnyal borított erdőterület és az élőfakészlet megoszlása fafajcsoportok és korosztályok szerint.
https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_aves/i_ome002a.html

- Központi Statisztikai Hivatal* (2022a): Egyes termékek fogyasztói átlagára.
https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/hu/ara0044.html
- Központi Statisztikai Hivatal* (2022b): Fontosabb szántóföldi növények termésmennyisége. 2022b.
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0015.html
- Központi Statisztikai Hivatal* (2022c): Ipari növények felvásárlási átlagára.
https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/hu/ara0016.html
- Kremen, C. – Williams, N. M. – Thorp R. W.* (2002): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS*, 99. 16812-16816. <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Lindström, S. A. M. – Herbertsson, L. – Rundlöf, M.* (2016): Large-scale pollination experiment demonstrates the importance of insect pollination in winter oilseed rape. *Oecologia*, 180. 759-769. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3517-x>
- Machado, A. M. – Antunes, M. – Miguel, M. G. – Vilas-Boas, M. – Figueiredo, A. C.* (2021): Volatile profile of portuguese monofloral honeys: Significance in botanical origin determination. *Molecules*, 26. 4970. <https://doi.org/10.3390/molecules26164970>
- Martinello, M. – Mutinelli, F.* (2021): Antioxidant activity in bee products: A Review. *Antioxidants*, 10. 71. <https://doi.org/10.3390/antiox10010071>
- Mucha, L. – Oravecz, T. – Totth, G. – Illés, B. Cs.* (2021): A magyar méz komparatív előnyei. *Gazdálkodás*, 65.80-2021-453. 23-37. doi: 10.22004/ag.econ.309541
- Nagy, I.* (2007): A méhészeti termelés technológiai, gazdasági, társadalmi összefüggéseinek vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola. 31. 56.
- Novikova, A.* (2014): Valuation of agricultural externalities: Analysis of alternative methods. *Research for Rural Development*, 2. 199-206.
https://www2.llu.lv/research_conf/Proceedings/20th_volume2.pdf
- OPERA Research Centre* (2012): Bee health in Europe. An Overview.
http://operaresearch.eu/files/repository/20121210154701_BeeHealthinEurope-Anoverview.pdf
- Oravecz, T. – Mucha, L. – Illés, B. Cs.* (2020): A magyar méhészeti ágazat elmúlt 20 éve – Termelési alapok. *Gazdálkodás*, 64.80-2020-1726. 435-451. doi: 10.22004/ag.econ.305812
- Országos Magyar Méhészeti Egyesület* (2021): *Környezetterhelési Monitoringvizsgálat 2020-2021*.
Örösi, P. Z. (1967): Méhek között. *Börze Kft.* Budapest, 54. 248-250.
- Patel, V. – Pauli, N. – Biggs, E. – Barbour, L. – Boruff, B.* (2021): Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio*, 50. 49-59. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01333-9>
- Perman, R. – Ma, Y. – Common, M. – Maddison, D. – McGillvray, J.* (2003): *Natural resource and environmental economics*, 3rd ed. Pearson Education.
- Perrot, T. – Gaba, S. – Roncoroni, M. – Gautier, J. L. – Bretagnolle, V.* (2018): Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 266. 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.020>
- Perrot, T. – Gaba, S. – Roncoroni, M. – Gautier, J. L. – Saintilan, A. – Bretagnolle, V.* (2019): Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. *Basic and Applied Ecology*, 34. 75-84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179118300975>
- Pocol, C. B. – Ședîk P. – Bruma, I. S. – Amuza, A. – Chirsanova A.* (2021): Organic beekeeping practices in Romania: Status and perspectives towards a sustainable development. *Agriculture*, 11. 281. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040281>
- Pohl, F.* (2003): *Méhészet*. *Holló és Társa Könyvkiadó*, 63.
- Potts, S. G. – Imperatriz-Fonseca, V. – Ngo, H. T. – Aizen, M. A. – Biesmeijer, J. C. – Breeze, T. D. – Dicks, L. V. – Garibaldi, L. A. – Hill, R. – Settele, J. – Vanbergen, A. J.* (2016): Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540. 220-229.
- Pozsgai, A.* (2016): *Ökológiai gazdálkodással a biodiverzitásért*. *Tér – Gazdaság – Ember*, IV. 1. 35-44. https://tge.sze.hu/images/dokumentumok/Foly%C3%B3irat/2016_IV_evf01.pdf

- Puścion-Jakubik, A. – Borawska, M. H. – Socha, K.* (2020): Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin identification. *Foods*, 9. 1028.
<https://doi.org/10.3390/foods9081028>
- Rahman, M. M. – Gan, S. H. – Khalil, Md. I.* (2014): Neurological effects of honey: Current and future prospects. *Evid.-Based Compl. Alt. Med.*, 958721. 13. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/958721>
- Ruff, J.* (2007): A méhészmester könyve. Szaktudás Kiadó. Budapest
- Sabbahi, R. – De Oliveira, D. – Marceau, J.* (2005): Influence of honey bee (Hymenoptera: Apidae) density on the production of canola (Crucifera: Brassicaceae). *J. Econ. Entomol.*, 98. 367-372.
<https://doi.org/10.1093/jee/98.2.367>
- Salánki, I.* (2004): Az édesítőszer alkalmazása hazánkban. In: Tudomány társadalmi megértése - A természettudományok, a technika és az orvoslás eredményeinek népszerűsítése Magyarországon az elmúlt évszázadokban. Tanulmányok a természettudományok, a technika és az orvoslás történetéből. Országos Műszaki Múzeum és a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége, Tudomány- és Technikatörténeti Bizottsága, Budapest, 149-152.
<https://doi.org/10.23716/TTO.11.2004.26>
- Sárospataki M.* (2019): A vadon élő méhekről. *Méhészet*, 67. 20-21.
- Soares, S. – Amaral, J. S. – Oliveira, M. B. P. P. – Mafra, I.* (2017): A comprehensive review on the main honey authentication issues: Production and origin. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 16. 1072-1100. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12278>
- Stanley, D. A. – Gunning, D. – Stout, J. C.* (2013): Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. *J. Insect. Conserv.*, 17. 1181-1189. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9599-z>
- Székács, A. – Takács-Sánta, A.* (2014): Hogyan befolyásolja a beporzók ritkulása a mezőgazdasági hozamokat a világban és Magyarországon? *Termvéd. Közl.*, 20. 59-78.
http://real.mtak.hu/110121/1/termvedkozl_2014_59-78.pdf
- Szemeráth, O. – Farkas, J.* (1983): A napraforgó méhlátogatottsága az időjárás és fajta függvényében. Az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont közleményei, 355-359.
- Tamburini, G. – Berti, A. – Morari, F. – Marini, L.* (2016): Degradation of soil fertility can cancel pollination benefits in sunflower. *Oecologia*, 180. 581-587. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3493-1>
- Végh, R. – Puter, D. – Vaskó, Á. – Csóka, M. – Mendnyánszky, Zs.* (2022): Mézek és virágporok beltartalmi összetételének és színjellemzőinek vizsgálata. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 68. 3779-3792. doi: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/1-4-HUN>
- Velardi, S. – Leahy, J. – Collum, K. – McGuire, J. – Ladenheim, M.* (2021): "You treat them right, They'll treat you right": Understanding beekeepers' scale management decisions within the context of bee values. *J. Rural Stud.*, 81. 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.12.002>
- Vrabcová, P. – Hájek, M.* (2020): The economic value of the ecosystem services of beekeeping in the Czech Republic. *Sustainability*, 12. 10179. <https://doi.org/10.3390/su122310179>
- Zábrodská, B. – Vorlová, L.* (2015): Adulteration of honey and available methods for detection—a review. *Acta Veterinaria Brno*, 83. 85-102.
- Zajác, E. – Donkó, K. S. – Hark, L. – Hidas, A. – Horváth, J. – Szalainé Mátray, E. – Szalay, T.* (2017): A pannon méh (*Apis mellifera carnica pannonica*) hazai génmegőrzése. In: Génbanki kutatások régi használataink védelmében. Műhelytanulmányok a tudományos génmegőrzés tárgy köréből. Szerk.: Szalay, I., Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó. Budapest, 202-212.

Érkezett: 2022. július

Szerzők címe: Feketéné Ferenczi A. – Szűcs J. – Bauerné Gáthy A.
Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar

Authors' address: University of Debrecen, Faculty of Economics and Business
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
ferenczi.aliz@econ.unideb.hu

A LISZTBOGÁR (*TENEBRIO MOLITOR*) NAGYÜZEMI ELŐÁLLÍTÁSA

HETÉNYI NIKOLETTA

ÖSSZEFOGLALÁS

A lisztbogár (*Tenebrio molitor*) könnyen szaporítható, speciális berendezést vagy tartási körülményt nem igényel. A fejlődés teljes átalakulással történik, a nőtények 400-500 petét raknak. Az egyedfejlődés ütemét jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők és a takarmányozás. Ezért a lárvák fejlődése 1-8 hónapig tart és „C” alakba tekeredésük jelzi a bábállapot előtt időszakot. Elhelyezésükre a hálós, illetve perforált aljzattal rendelkező kétszintes műanyag dobozok a legmegfelelőbbek, de használható hagyományos műanyag doboz is. A lisztbogár számára a szénhidrát a legfontosabb tápanyag, ennek hiányában nem fejlődik. Jól alkalmazkodnak a különböző összetételű takarmányokhoz. Erre a célra felhasználható a búzaborpa, akár 100%-ban, de a termelési adatok optimalizálásához érdemes takarmánykeveréket alkalmazni. A lárvák nyersfehérje-tartalmát nem befolyásolja jelentős mértékben a takarmány fehérjetartalma. Ezzel szemben a takarmány nagymértékű hatást gyakorolhat a nyerszsírtalomra és a zsírsavösszetételre. Mindezek miatt a takarmányösszetételt előállítási céljaink határozzák meg.

SUMMARY

Hetényi, N.: MASS PRODUCTION OF YELLOW MEALWORM (TENEBRIO MOLITOR)

Global protein demand is increasing, and insects are good alternative protein sources for animals and humans. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) is one of the most important farmed insect species; the percentage of edible parts is nearly 100%. The processed animal protein of yellow mealworm larvae is authorised in farm animals (except ruminants) and pet/companion animal feeds. In addition, the dried, frozen, and powder form is authorised as a novel food for human consumption. The larvae are known to have good nutritional value, digestibility, and flavour. Yellow mealworms are easy to breed and raise in large quantities. The life cycle has four stages: egg, larva, pupa, and adult. Females lay approximately 400-500 eggs, which hatch after 3–9 days at 25°C. The larva stage lasts 1–8 months, and the pupal stage for 6-28 days, depending on the environment and nutrition. The life span of adults is 2-3 months. Larvae are 16-32 mm long. The optimal temperature is 25-28°C, and the relative air humidity should be 60-75%. Larvae and beetle can be housed in 15 cm high plastic trays, preventing insects from escaping. Trays with the screened bottom are less labour intensive and frass cannot be accumulated in the tray, favour mite proliferation. Mealworms are negative phototropic; thus, the optimal photoperiod is 10:14-12:12 light: dark but keeping under dark conditions is also acceptable. Larvae can obtain water from the atmosphere. Additionally fresh feeds such as fruits or vegetables can be supplemented for moisture. Larvae and beetles are omnivorous and mainly fed on wheat bran or other cereal bran/flour. Carbohydrates are the most important nutrient for the yellow mealworm (67.3-71.5% in the diet). The crude protein content of the feed can be between 2-32% on dry matter basis, but 20-23% seems to be optimal. The ether extract should be 0.5-10% on dry matter basis. The diet has less influence on the larvae's crude protein content, but it significantly impacts the crude fat level and fatty acid composition.

BEVEZETÉS

A közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) a rovarok (*Insecta*) osztályának bogarak (*Coleoptera*) rendjébe, azon belül pedig a gyászbogárfélék (*Tenebrionidae*) családjába tartozik. Világszerte előforduló bogár. Takarmányként, illetve humán élelmiszerként a lárvát használják. Az Európai Unióban — bizonyos korlátozások mellett — jelenleg felhasználható a kérődzők kivételével a haszonállatok és a társállatok, kedvtelésből tartott állatok takarmányozásában (2017/893 EU rendelet). Humán élelmiszerként a fagyasztott, a szárított és por formájú lisztbogár lárvát engedélyezték (2015/2283, 2021/882 és 2022/169 EU Rendelet). A fekete katonalégység után a második legnagyobb mennyiségben előállított rovarfaj.

EGYEDFEJLŐDÉS

A lisztbogár teljes átalakulással fejlődik, amelynek szakaszai a pete, lárvá, báb és kifejlett bogár. A lárvák testhossza 16-32 mm, súlyuk 75-220 g. A lárvák testsúlyra való szelekciója lehetséges, de ez csökkenti a lárvák túlélési arányát (Morales-Ramos és mtsai, 2019). A kifejlett bogarak mérete 12-16 mm, súlyuk pedig hozzávetőleg 136 g (Riberio és mtsai, 2017; Hong és mtsai, 2020). Ezen értékeket befolyásolja a tartási körülmény és a takarmányozás (1. táblázat). Az egyedfejlődés hossza a környezeti hatásoktól függően 57-203 nap. A nőstények alkalmanként 100-200 petét raknak le, életük során összesen 400-500 petét, amelyekből 25°C-on 3-9 nap elteltével kelnek ki a lárvák. Ez a fejlődési szakasz 1-8 hónapig tart, ami alatt 9-23 alkalommal vedlenek. A vedlések számára hatással van a takarmányozás is. A kizárólag búzakorpán tartott lárvák esetében 16 vedlés, míg a búzakorpa-szárított burgonya-tojásfehérje keveréken tartva 10 vedlés után bábozódtak be (Morales-Ramos és mtsai, 2010). A bábállapot előtt időszakot jelzi, hogy „C” alakba tekerednek. A bábállapot 6-28 napig tart, hosszát elsősorban a környezeti hőmérséklet befolyásolja. A frissen kikelt bogarak kezdetben fehér színűek majd fokozatosan sötétedik a színük a kitin megszilárdulásával párhuzamosan. Három nap elteltével kezdődik a peterakás és a kifejlett bogarak élettartama 2-3 hónap (Riberio és mtsai, 2017; Hong és mtsai, 2020). Az életkor előrehaladtával a bogarak reprodukciós teljesítménye csökken (Adamaki-Sotiraki és mtsai, 2022; Froominckx és mtsai, 2022).

ZÁRTTÉRI TENYÉSZTÉS

A lisztbogár könnyen szaporítható, speciális berendezést vagy tartási körülményt nem igényel. Elhelyezésükre megfelel egy 65x50x15 cm-es műanyag doboz, amiből a kifejlett bogarak sem tudnak kimászni (Dossey és mtsai, 2016). Mivel repülni nem tudnak, így nem kell lefedni az edényeket (van Huis és Tomberlin, 2017). A bogarak számára felületnövelőt, pl.: tojástartó kell biztosítani. A zárt aljú műanyag dobozos rendszer olcsó, ugyanakkor hátránya, hogy az ürülék felhalmozódik benne, ami kedvez az atkák elszaporodásának. Munkaigényessé teszi használatukat, hogy a lerakott peték az alomanyagban maradnak. Ezzel szemben a hálós, illetve perforált aljzattal (nagyjából 0,5 mm-es) rendelkező dobozok használatakor ezeket a problémákat kiküszöbölhetjük. Itt a kétszintes dobozrendszer felső szintjén vannak

a bogarak vagy a lárvák, az alatta lévő edénybe pedig lehullik az ürülék, a peték, illetve a fiatal, kisméretű lárvák. Ilyen dobozok alkalmazásakor nem használható liszt állagú takarmány, mert az is az alsó szintre hullana (Dossey és mtsai, 2016).

Nagyüzemi körülmények között 25-28°C az optimális környezeti hőmérséklet. Az egyes életszakaszok hőmérsékletigénye között nincs különbség. A tolerálható tartomány, amelyen belül még fejlődnek a rovarok, 10-35°C, de a két szélső érték felé közeledve lassul a növekedési ütem. A környezeti hőmérséklet hatással van a lárvák fehérje- és zsírtartalmára, valamint a zsírsavösszetételre is (Bjerge és mtsai, 2018; Adámková és mtsai, 2020). A hőmérséklet növekedésével a zsírtartalom emelkedik (15°C-on 24,1%; 31°C-on 31,6%), a fehérjetartalom pedig csökken (15°C-on 57,8%; 31°C-on 37,9%; Bjerge és mtsai, 2018). A páratartalom tekintetében 60-75% megfelelő. A nagyobb páratartalom akár kedvezően is befolyásolhatja a lárvák fejlődését, de hajlamosít a penészgomba fertőzésre és az atkák elszaporodására (Riberio és mtsai, 2017).

A lisztbogarakat és lárvákat negatív fototropizmus jellemzi. Az alomanyagban, a felszínhez közel helyezkednek el és csak sötétben másznak annak felszínére. A bábozódás beindulásához napi 10-12 óra sötétség szükséges (Riberio és mtsai, 2017). Ugyanakkor Eberle és mtsai (2022) a legjobb túlélési arányt és növekedési ütemet a legrövidebb fejlődési idő mellett 25 és 30°C-on mérték teljes sötétségben. Kröncke és mtsai (2022) szintén alkalmasnak találták a megvilágítás nélküli elhelyezést.

A lárvák nagy egyedsűrűsége késlelteti vagy megakadályozza a bebábozódást, valamint lassítja a lárvák növekedési ütemét és csökkenti a báb súlyát. Ezen felül megfigyelték a mortalitás, illetve a kannibalizmus növekedését és a romló takarmányértékesítést, ez tehát összességében az előállítási költségek növekedésével jár. A bogarak nagy egyedsűrűsége csökkenti az élettartamot és növeli a felnőtt bogarak által elfogyasztott peték számát (Dossey és mtsai, 2016; Frooninckx és mtsai, 2022). Nagyüzemi körülmények között megfelelő lehet a 0,94 bogár/cm² és 1,18 lárv/cm² egyedsűrűség (Dossey és mtsai, 2016). A lisztbogár és lárv termelési adataira és élettani paramétereire a tartási körülmények mellett jelentős hatása van a takarmányozásnak is (1. és 3. táblázat). A beltenyésztésből származó hím bogarak szaga kevésbé vonzó a nőstények számára, míg a hímek esetében nem figyelték meg hasonló különbséget (Pölkki és mtsai, 2012).

TAKARMÁNYOZÁS ÉS TENYÉSZTÉSI EREDMÉNYEK

A tenyésztett rovarok esetében is alkalmazni kell a haszonállatokra vonatkozó takarmányozási tilalmat (999/2001 és 1069/2009 EU rendeletek). Ennek értelmében ételmaradékot, húst és halat tartalmazó élelmiszereket nem lehet felhasználni. Habár a lárvák csirketrágyán tartva is megfelelően fejlődnek és a bogarak szaporodási mutatói is kedvezőek, de a jelenlegi szabályozás mellett ilyen alomanyagot sem lehet felhasználni (Silva és mtsai, 2021).

A lisztbogár alkalmazkodott a szélsőségesen száraz környezethez. A lárvák képesek a takarmányban vagy környezetben lévő víz mellett a levegő nedvességtartalmát is felvenni. Ettől függetlenül az optimális fejlődés érdekében szükséges valamilyen vízforrást (pl.: friss zöldség vagy gyümölcs, nedves takarmány) biztosítani számukra. A bogaraknak a felületnövelésre használt tojástartóra érdemes

helyezni a lédús takarmányt, de a maradékot naponta el kell távolítani (*Riberio és mtsai, 2017*)

Morales-Ramos és mtsai (2020) a lárvák szabad takarmányválasztása alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális zsír:fehérje:szénhidrát arány átlagosan $10 \pm 4:24 \pm 4:66 \pm 6\%$. *Kröncke és mtsai (2022)* a 8,6-10% zsír-, 19,9-22,8% fehérje- és 67,3-71,5% szénhidrát-tartalmú keveréket alkalmazásakor érték el a legjobb eredményt.

A legszélesebb körben használt alomanyag a búzakorpa, amely akár kizárólagos takarmányként is adható (*Dossey és mtsai, 2016; Melis és mtsai, 2019; Bordiean és mtsai, 2020; Rumbos és mtsai, 2020; Zim és mtsai, 2021; Jajíc és mtsai, 2022*). *Bordiean és mtsai (2020)* a legnagyobb egyedi lárvasúlyt a 100%-os búzakorpával érték el, amit az extrahált repcedara és 20%-os fehérjetartalmú csirke-táp 75-25%-os keveréke és a búzakorpa-csirke-táp 50-50%-os keveréke követett. A lisztbogár számára a szénhidrát a legfontosabb tápanyag, ennek hiányában nem fejlődik (*Dossey és mtsai, 2016; Riberio és mtsai, 2017*). *Krönchen és mtsai (2022)* egy önkéntes takarmányválasztáson alapuló vizsgálatban a 67,3-71,5% között szénhidrát-tartalmat találtak optimálisnak. Nem minden szénhidrátforrás megfelelő, mert a kukoricagluténen vagy amaránt magon tartott bogarak nem szaporodtak (*Rumbos és mtsai, 2020*). A rizs-, árpa- és kölespehely alkalmazásakor kevesebb élő lárvét sikerült nyerni, mint a búzakorpa esetében (*1. táblázat*). Rozspehely etetésekor pedig kisebb számú, de nagyobb méretűre nőtt lárvét gyűjtöttek be az inkubációs idő végén. A hüvelyesek lisztjei növelték a bogarak mortalitását és csökkentették a lárvaszámot. Ezen a takarmánycsoporton belül a csicseriborsó- és a lencseliszt eredményezte a legnagyobb lárvasúlyt, míg a szójaliszt ebből a szempontból nem volt előnyös.

Rumbos és mtsai (2020) vizsgálatából kiderült, hogy a takarmány fizikai formája is hatása van a termelési mutatókra (*1. táblázat*). Annak ellenére, hogy a kölespehely és a szemes köles táplálóanyag-tartalma megegyezik, a pehely kedvezőbben hatott a bogarak termelési mutatóira, míg a szemes forma a lárva súlygyarapodását javította. *Naser El Deen és mtsai (2022)* a különböző részecskeméretű takarmányok (0-0,8; 0,8-2; 2-3; 3-4 mm; búzakorpa, pelletált csirke-táp, darált kukorica, lucerna pellet) hatását vizsgálták a lárva növekedési ütemére. A lucerna pellet kivételével a 2 mm alatti szemcseméret szignifikánsan növelte a lárva súlygyarapodását.

A takarmány fehérjetartalma 2-32% között mozoghat, de a 20-22% körüli szint optimális (*Ramos-Elorduy és mtsai, 2002; Kröncke és mtsai, 2022*). Limitáló aminosavak a treonin és a triptofán (*Riberio és mtsai, 2017*). Csupán gyenge pozitív korreláció figyelhető meg a táp fehérjetartalma és a lárva fehérjetartalma között (*Rumbos és mtsai, 2020; Jajíc és mtsai, 2022*). A táp energiatartalma, valamint a lárva egyedsúlya között nincs összefüggés, viszont nagy fehérjetartalmú táp kedvezően hat a növekedési ütemre (*Rumbos és mtsai, 2020*). Ennek ellenére *Rumbos és mtsai (2020)* azt tapasztalták, hogy a hüvelyesek lisztjei nagy fehérjetartalmuk ellenére a legtöbb esetben kedvezőtlenül hatottak a lárva súlygyarapodására (*1. táblázat*). Az egyik legrosszabb eredményt a szójaliszt adta, amire magyarázatot adhat a szójában található tripszin inhibitor jelenléte, amennyiben azt hőkezeléssel nem eliminálták. A maximális növekedési ütemhez szükséges aminosavigényen felüli bevitel szintén negatívan hat a súlygyarapodásra, mert a feleslegben felszívódott aminosavak anyagcseréje energiaigényes folyamat.

1. táblázat

Különböző takarmányok hatása a *Tenebrio molitor* termelési mutatóira

| Takarmány (1) | Bogarak mortalitása (%)*(2) | Élő lárvák száma** (3) | Egyedi lárvasúly szárítva (mg)** (4) | ECl (%)** (5) |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Árpa liszt (6) | 3,3±2,1 | 52,0±7,2 | 3,3±0,4 | 8,0±1,0 |
| Kukorica liszt (7) | 6,7±3,3 | 120,7±19,9 | 0,6±0,1 | 5,2±0,4 |
| Kukorica keményítő (8) | 3,3±2,1 | 103,8±24,9 | 0,4±0,1 | 3,0±0,7 |
| Durumbúza liszt (9) | 6,7±3,3 | 123,0±20,6 | 4,3±0,9 | 16,9±1,4 |
| Kölesliszt (10) | 1,7±1,7 | 49,5±13,1 | 0,3±0,1 | 1,8±0,3 |
| Kölespehely (11) | 3,3±2,1 | 102,7±7,9 | 0,6±0,1 | 5,5±0,6 |
| Zabliszt (12) | 16,7±4,9 | 153,5±5,4 | 0,7±0,1 | 5,6±0,2 |
| Zabkorpa (13) | 3,3±2,1 | 70,3±9,8 | 0,8±0,1 | 9,9±0,3 |
| Zabpehely (14) | 0,0±0,0 | 69,8±11,9 | 1,6±0,4 | 6,8±0,8 |
| Rizsliszt (15) | 1,7±1,7 | 51,5±6,4 | 1,0±0,3 | 3,1±0,7 |
| Rozsliszt (16) | 6,7±3,3 | 149,3±13,4 | 1,0±0,1 | 4,9±0,4 |
| Rozspehely (17) | 3,3±0,0 | 20,7±5,2 | 8,3±1,1 | 11,6±0,5 |
| Búzaliszt (18) | 3,3±2,1 | 107,5±37,1 | 2,1±0,5 | 5,6±1,7 |
| Búzakorpa (19) | 6,7±2,6 | 183,8±11,3 | 8,2±0,9 | 14,9±0,4 |
| Teljes kiőrlésű búzaliszt (20) | - | 56,2±19,9 | 1,8±0,2 | 4,6±0,9 |
| Tönkölybúza liszt (21) | 8,3±4,8 | 121,3±18,9 | 2,5±0,1 | 9,2±0,6 |
| Hajdina pehely (22) | 3,3±3,3 | 21,3±1,4 | 1,5±0,4 | 6,0±0,9 |
| Hajdina liszt (23) | 10,0±2,6 | 155,0±15,1 | 1,4±0,0 | 8,7±0,6 |
| Csicseriborsó liszt (24) | 15,0±4,3 | 90,5±21,8 | 1,1±0,1 | 7,1±0,5 |
| Lencseliszt (25) | 30,0±8,2 | 71,7±10,3 | 1,4±0,1 | 8,6±0,7 |
| Szójaliszt (26) | 48,5±9,9 | 6,7±3,3 | 0,6±0,1 | 2,5±0,5 |
| Tojótáp (27) | 6,7±3,3 | 149,2±25,3 | 11,1±1,9 | 15,5±0,7 |
| Tejpor (28) | 5,0±3,4 | 28,0±6,9 | 0,5±0,1 | 7,1±5,5 |
| Tojáspor (29) | 13,3±4,2 | 4,7±1,2 | 0,8±0,1 | 1,9±1,1 |
| Tejptótló tápszer (30) | 48,3±13,5 | 180±24,9 | 3,1±0,5 | 14,0±0,5 |

*1 hét elteltével,**9 hét inkubáció után, ECl = Efficiency of conversion of ingested feed (elfogyasztott takarmány átalakításának hatékonysága)

Forrás: Rumbos és mtsai (2020)

Table 1. Effects of substrates on mealworm production

substrate (1); adult mortality (*after 1-week) (2); number of alive larvae (**after 9 weeks) (3); individual larval dry weight (4); efficiency of ingested food conversion (ECl) (5); barley meal (6); corn flour (7); corn starch (8); durum wheat flour (9); millet flour (10); millet flakes (11); oat flour (12); oat bran (13); oat flakes (14); rice flour (15); rye flour (16); rye flakes (17); wheat flour (18); wheat bran (19); whole meal flour (20); zea flour (21); buckwheat flakes (22); buckwheat flour (23); chickpea flour (24); lentil flour (25); soya meal (26); egg-layer hen feed (27); milk powder (28); egg whole powder (29); milk-based feed (30)

A hüvelyesek nagyobb lektintartalma a keményítőben gazdag alapanyagokkal szemben szintén magyarázatot adhat az eredményekre. A bogarak szaporodási mutatóira kedvezőbben hatottak a keményítőben gazdagabb takarmányok, mint a hüvelyesek (*Rumbos és mtsai, 2020*). A legnagyobb lárvaszámot a búzakarpa, a tejpótló tápszert, a tojótáp, valamint a hajdina- és rozsliszt eredményezte (1. táblázat). Több vizsgálat alapján a tojótáp vagy brojlercsirke táp is kedvező termelési adatokat eredményez (*Bordiean és mtsai, 2020; Rumbos és mtsai, 2020; Zim és mtsai, 2021*). Az egyes fejlődési szakaszok aminosavigénye azonos (*Oonincx és Finke, 2020*). A fehérjetartalom növelése csökkenti a lárvák fejlődési idejét és növelheti azok súlyát (*Morales-Ramos és mtsai, 2011, 2013; van Broekhoven és mtsai, 2015*). A lisztbogár számára megfelelő a 0,5-10% közötti nyerszsírtartalom.

A lárvák jól tolerálják a takarmányban (pl. sörtörköly) lévő emészthető rostokat, mivel emésztőrendszerükben megtalálható a celluláz enzim (*Genta és mtsai, 2009; Melis és mtsai, 2019*). A lisztbogár és lárvá vitaminigényéről keveset lehet tudni, az 1940-es és 50-es években végeztek ezzel kapcsolatban kísérleteket. Ezek alapján elmondható, hogy bizonyos B-komplexbe tartozó vitaminok (tiamin, riboflavin, piridoxin, niacin, pantoténsav) hiányában nincs fejlődés. Biotin és folsav ellátás nélkül pedig nagymértékben lelassul a növekedés. Valószínűleg ezért is előnyös takarmány a búzakarpa. Az A-, C-, D-, E- és K-vitamin kiegészítésnek nincs kimutatható pozitív hatása. Amennyiben a lárvák már elérték a kifejlett állapotot, vitaminkiegészítés nélkül is lezajlik a bábozódás (*Riberio és mtsai, 2017*).

A rovarok takarmányértékesítésének vizsgálatakor is használható a használlatoknál alkalmazott fajlagos takarmányhasznosítás (FCR = Feed Conversion Ratio). Entomológusok azonban inkább az elfogyasztott takarmány átalakításának hatékonyságával (ECI = Efficiency of Conversion of Ingested food) számolnak, ami a súlygyarapodás/elfogyasztott takarmány * 100 (*Waldbauer, 1968*). A lisztbogár lárvá esetében az FCR és ECI értékek is széles határok között mozognak a takarmánytól függően (1., 2. és 3. táblázat). A kevés fehérjét, illetve a kevés fehérjét és szénhidrátot tartalmazó táp rontja a takarmányhasznosítást (*Oonincx és mtsai, 2015; van Broekhoven és mtsai, 2015; Bordiean és mtsai, 2020*). *Bordiean és mtsai* (2020) a 100% búzakarpa, 100% csirketáp, 100% extrahált repcedara, valamint a repcedara vagy búzakarpa és csirketáp különböző arányú keverékei esetében nem találtak szignifikáns különbséget az FCR értékek között (1,55-2,08). Az ECI esetében azonban szignifikáns eltérések voltak, a legnagyobb 23,9%-ot a repcedara-csirketáp 25-75%-os keveréke eredményezte.

A TAKARMÁNYOZÁS HATÁSA A LISZTKUKAC TESTÖSSZETÉTELÉRE

A takarmány összetételének változtatásával módosítható a lárvák testösszetétele. A takarmány zsírtartalmának növelése hatással van a zsírsavösszetételre, de nem befolyásolja a lárvá vagy a báb zsírtartalmát (*Dreassi és mtsai, 2017, 2. táblázat*). A búzakarphoz képest a sörtörköly etetése jelentősen növelte a többszörösen telítetlen, de csökkentette az egyszerűen telítetlen zsírsavak mennyiségét.

Van Broekhoven és mtsai (2015) különböző takarmányok (sok fehérje [24,0%] + sok szénhidrát [28,4%]; sok fehérje [32,5%] + kevés szénhidrát [7,4%]; kevés fehérje [10,7%] + sok szénhidrát [46,7%]; kevés fehérje [20,0%] + kevés szénhidrát [19,4%] és kontrollcsoport [15,5% fehérje és 23% szénhidrát]) hatását vizsgálva

2. táblázat

Különböző takarmányok hatása a *Tenebrio molitor* lárva testösszetételére

| | Búzakorpa (1) | Sörtörköly (2) | Zabliszt (3) | Búzalisztból készült kenyér (4) |
|--|---------------|----------------|--------------|---------------------------------|
| Nyersfehérje (% eredeti anyagban) (5) | 13,35 ± 0,08 | 14,78 ± 0,30 | – | – |
| Nyerszsír (% eredeti anyagban) (6) | 12,42 ± 0,13 | 6,39 ± 0,09 | – | – |
| Palmitinsav (% zsírsav) (7) | 17,78 ± 0,33 | 18,04 ± 0,08 | 20,25 ± 1,13 | 19,46 ± 0,37 |
| Olajsav (% zsírsav) (8) | 43,67 ± 0,50 | 21,58 ± 0,12 | 43,56 ± 0,21 | 44,53 ± 1,28 |
| Linolsav (% zsírsav) (9) | 27,90 ± 0,38 | 47,38 ± 0,22 | 22,49 ± 0,94 | 19,71 ± 0,87 |
| Linolénsav (% zsírsav) (10) | 1,44 ± 0,03 | 3,30 ± 0,05 | 0,55 ± 0,19 | 0,28 ± 0,08 |
| Telített zsírsavak (% zsírsav) (11) | 22,96 ± 0,21 | 24,38 ± 0,72 | 29,33 ± 0,26 | 30,94 ± 0,66 |
| Egyszeresen telítetlen zsírsavak (% zsírsav) (12) | 47,29 ± 0,47 | 24,35 ± 0,29 | 46,81 ± 0,83 | 48,26 ± 1,03 |
| Többszörösen telítetlen zsírsavak (% zsírsav) (13) | 29,86 ± 0,22 | 51,38 ± 0,57 | 23,58 ± 1,06 | 20,48 ± 0,90 |
| FCR (%) (14) | 5,48 ± 0,19 | 4,35 ± 0,45 | – | – |

FCR = Feed conversion ratio (fajlagos takarmányhasznosítás)

Forrás: Dreassi és mtsai (2017); Melis és mtsai (2019)

Table 2. Composition of *Tenebrio molitor* larvae fed with various substrates

wheat bran (1); brewer's grain (2); oat flour (3); wheat flour bread (4); crude protein (on a fresh weight basis) (5); ether extract (6); palmitic acid (% fatty acid) (7); oleic acid (8); linoleic acid (9); linolenic acid (10); saturated fatty acids (11); monounsaturated fatty acids (12); polyunsaturated fatty acids (13); feed conversion ratio (14)

arra jutottak, hogy a lárvák fehérjetartalma csak minimálisan változott, a zsírtartalomra és a zsírsavösszetételre viszont jelentős hatása volt a takarmányoknak (3. táblázat). Az adatokból látható, hogy fehérjehiányos takarmány alkalmazásakor lassul a lárvák fejlődési üteme (van Broekhoven és mtsai, 2015). Hasonló következtetésre jutottak Oonincx és mtsai (2015) is, de vizsgálatukban a túlélési arányt is jelentősen rontotta a fehérjében szegényebb táp (12,9 és 14,4%).

A kifejlett lárvák fehérje- és zsírtartalma széles határok között mozoghat, még a búzakorpán tartott lárvák esetében is jelentősen eltérnek a vizsgálati eredmények (4. táblázat). Jajić és mtsai (2022) a legnagyobb fehérje- és legkisebb zsírtartalmat búzakorpával érték el. A kitenben gazdag kutikulában jelentős mennyiségben fehérje is található. A savdetergens rostfrakció (ADF) az aminosavak közül főleg valint, hisztidint és glicint tartalmaz nagyobb mennyiségben (Finke, 2007). A bogarak glicinben és triptofában, míg a lárvák leucinban, fenilalaninban és tirozinban

3. táblázat

Különböző fehérje- és szénhidrát-tartalmú takarmányok hatása a lisztbogár testösszetételére és termelési adataira

| Takarmány (1) | Nyers-fehérje (2) | Nyers-zsír (3) | FCR (5) | Fejlődési idő (nap) (6) | Túlélés (%) [*] (7) | Linolsav (8) | Linolénsav (9) |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| | % szárazanyag (4) | | | | | % zsírsav (10) | |
| sok fehérje + sok szénhidrát (11) | 48,6 | 26,3 | 3,04 | 79±3,2 | 88±5,2 | 20,99 | 0,67 |
| sok fehérje + kevés szénhidrát (12) | 47,5 | 27,6 | 2,62 | 95±3,2 | 92±2,6 | 31,25 | 1,29 |
| kevés fehérje + sok szénhidrát (13) | 46,9 | 18,9 | 6,05 | 168±11,5 | 88±0,9 | 15,45 | – |
| kevés fehérje + kevés szénhidrát (14) | – | – | – | 95±7,1 | 84±10,5 | – | – |
| kontrollcsoport (15) | 45,1 | 25,0 | 3,44 | 123±2,4 | 86±9,6 | 27,83 | 1,48 |

*50%-os bábozódási arány elérésekor, FCR = Feed conversion ratio (fajlagos takarmányhasznosítás)

Forrás: van Broekhoven és mtsai (2015)

Table 3. Composition of *Tenebrio molitor* larvae fed with various substrates

substrate (1); crude protein (2); ether extract (3); on dry matter basis (4); feed conversion ratio (5); development time (day) (6); survival (*at 50% pupation rate) (7); linoleic acid (8); linolenic acid (9); in % of fatty acids (10); high protein + high carbohydrate (11); high protein + low carbohydrate (12); low protein + high carbohydrate (13); low protein + low carbohydrate (14); control group (15)

gazdagabbak. A fehérjetartalmakkal kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a mérések során a nyersfehérje meghatározáshoz általában a 6,25-ös szorzóval számolnak, ami a rovarok jelentős NPN-tartalma miatt túlbecsült érték (Janssen és mtsai, 2017; Boulos és mtsai, 2020; Rítvanen és mtsai, 2020). Irodalmi adatok alapján ezen érték a lisztbogár lárvá esetében 4,75 (Janssen és mtsai, 2017), illetve 5,41 (Boulos és mtsai, 2020). A fejlődő lárvá nyerszsírtartalma fokozatosan emelkedik majd a kifejlett bogár esetében csökken, mert a bábállapot során ez a fő energiaforrás (Ooninx és Finke, 2021).

Humán táplálkozási szempontból a lárvá zsírsavösszetétele a kedvezőtlen $\omega 6$: $\omega 3$ arány miatt nem optimális (2. és 3. táblázat). Célirányos takarmányozással azonban növelhető az élettani szempontból kedvező $\omega 3$ zsírsavak mennyisége. Erre alkalmas lehet a lenmag, a lenmagolaj és a chia mag (Francardi és mtsai, 2017; Melis és mtsai, 2019; Ooninx és mtsai, 2020; Lawal és mtsai, 2021). Az ideálisnak tekintett 5:1-es arány vagy ahhoz közeli érték elérhető 10% lenmagliszt vagy 10% chia mag takarmányba keverésével (Francardi és mtsai, 2017; Lawal és mtsai, 2021).

A lárvák szénhidrát-tartalma elhanyagolható, 1-7% közötti, és elsősorban az emésztőrendszerben maradt takarmányt jelenti (Ooninx és Finke, 2021). A legtöbb tenyésztett rovarhoz hasonlóan (Finke, 2002, 2013) a lisztbogár lárvák is szegények kalciumban (<1-2,5 g/kg), de foszforban gazdagok (7-8 g/kg). A vedlések száma befolyásolja az ásványianyag-tartalmat. A második vedlés utáni szakaszban a legnagyobb a Ca- (0,736 g/kg), Fe- (250 mg/kg), K- (14,6 g/kg), Mn- (18,9 mg/kg),

4. táblázat

A lisztbogár lárvá táplálóanyag-tartalma

| Forrás (1) | Nyersfehérje (2) | Nyerszsír (3) | Nyershamu (4) | Takarmány (6) |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---|
| | % szárazanyag (5) | | | |
| <i>Ravzanaadii és mtsai</i> (2012) | 46,4 | 32,7 | 2,9 | búzakorpa és zöldségek (7) |
| <i>Zhao és mtsai</i> (2016) | 51,5 ± 0,51 | 32,9 ± 0,9 | 4,9 ± 0,07 | búza, búzakorpa, répa (8) |
| <i>Zielińska és mtsai</i> (2015) | 43 | 40,9 | 3,4 | ismeretlen, kereskedőtől vásárolt lárvák (9) |
| <i>Oonincx és mtsai</i> (2015) | 44,4 | 26,8±1,9 | – | sütemény maradék (50%), kenyér (50%) (10) |
| | 53,6±0,3 | 22,5±1,1 | – | gabona (60%), sörélesztő (20%), sütemény maradék (20%) (11) |
| <i>Lenaerts és mtsai</i> (2018) | 63,9 | – | 4,4 | ismeretlen, kereskedőtől vásárolt lárvák (12) |
| <i>Megido és mtsai</i> (2018) | 52,3 | 18,2 | 4,7 | búzaliszt, sörtörköly, búzakorpa (13) |
| <i>Heidari-Parsa és mtsai</i> (2018) | 60,2±1,08 | 19,1±0,3 | 4,2±0,3 | zabpehely és zöldségek (14) |
| <i>Jajíc és mtsai</i> (2022) | 71,2 ± 1,1 | 6,1 ± 1,1 | 7,5 ± 0,2 | búzakorpa (15) |
| | 38,9 ± 0,2 | 45,2 ± 0,4 | 3,5 ± 0,02 | árpa (16) |

Table 4. Composition of *Tenebrio molitor* larvae

reference (1); crude protein (2); ether extract (3); crude ash (4); on dry matter basis (5); feed (6); wheat bran, vegetables (7); wheat, wheat bran, carrot (8); unknown, commercial larvae (9); cookie remains (50%), bread (50%) (10); cereal grains (60%), brewer's yeast (20%), cookie remains (20%) (11); unknown, commercial larvae (12); wheat flour, brewer's grain, wheat bran (13); oat flakes, vegetables (14); wheat bran (15); barley (16)

Na- (2,1 mg/kg), S- (9,1 g/kg) és Zn- (171 mg/kg) tartalom (*Simon és mtsai*, 2013). A kis és közepes méretű lárvák esetében elérhető az 1:1-es Ca:P, ha a felhasználás előtti 48 órában 8% Ca-ot tartalmazó tápot alkalmazunk (*Hunt és mtsai*, 2001). A lárvák vitamintartalmáról és annak a takarmányozással való kapcsolatáról még kevés információ áll rendelkezésre (*Oonincx és Finke*, 2021). A D-vitamin tartalom UVB sugárzás biztosítása mellett meghaladhatja a 6000 NE/kg-ot (*Oonincx és mtsai*, 2018). Az E-vitamin szint <22-116 NE/kg között mozoghat, de a kereskedelmi forgalomban kapható rovarokban általában <37 IU/kg (*Finke*, 2015; *Oonincx és mtsai*, 2018).

KÖVETKEZTETÉSEK

A lisztbogár az egyszerűen tenyészthető rovarok közé tartozik, szükségleti értékei viszonylag jól ismertek és könnyen alkalmazkodik a különböző összetételű takarmányokhoz. Mivel a takarmány összetétele hatással van a lárvák táplálóanyag-tartalmára és élettartamára, valamint a bogarak szaporodásbiológiai mutatóira is, a takarmányösszetételt előállítási céljaink határozzák meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- 999/2001 EU rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács 999/2001/EK rendelete (2001. május 22.) egyes fertőző szivacsos agyvelőbántalmak megelőzésére, az ellenük való védekezésre és a felszámolásukra vonatkozó szabályok megállapításáról.
- 1069/2009 EU rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet).
- 2017/893 EU rendelet: A Bizottság 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról.
- 2015/2283 rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/2283 rendelete (2015. november 25.) az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg)
- 2021/882 rendelet: A Bizottság (EU) 2021/882 végrehajtási rendelete (2021. június 1.) a szárított *Tenebrio molitor* lárvá (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg)
- 2022/169 rendelet: A Bizottság (EU) 2022/169 végrehajtási rendelete (2022. február 8.) a közönséges lisztbogár fagyasztott, szárított és por formában lévő lárvája (*Tenebrio molitor* lárvá) (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg)
- Adamaki-Sotiraki, C. – Rumbos, C. I. – Athanassiou, C. G. (2022): Strain effect on the adult performance of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. J. Insects Food Feed, 8. 1401-1410.
- Adámková, A. – Miček, J. – Adámek, M. – Borkovcová, M. – Bednářová, M. – Hlobilová, V. – Knižková, I. – Juríková T. (2020): *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) - Optimization of rearing conditions to obtain desired nutritional values. J. Insect Sci., 20. 24.
- Bjørge, J. D. – Overgaard, J. – Malte, H. – Gianotten, N. – Heckmann, L. H. (2018): Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. J. Insect Physiol., 107. 89-96.
- Boulos, S. – Tännler, A. – Nyström, L. (2020): Nitrogen-to-protein conversion factors for edible insects on the swiss market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. Front. Nutr., 7. 89.
- Bordiean, A. – Krzyżaniak, M. – Stolarski, M. J. – Peni, D. (2020): Growth potential of yellow mealworm reared on industrial residues. Agriculture, 10. 599.
- Dossey, A. T. – Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. (eds.) (2016): Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications. Academic Press, San Diego, CA.
- Dreassi, E. – Cito, A. – Zanfini, A. – Materozzi, L. – Botta, M. – Francardi, V. (2017): Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Lipids, 52. 285-294.
- Eberle, S. – Schaden, L.M. – Tintner, J. – Stauffer, C. – Schebeck, M. (2022): Effect of temperature and photoperiod on development, survival, and growth rate of mealworms (*Tenebrio molitor*). Insects, 13. 321.
- Finke, M. D. (2002): Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biol., 21. 286-293.
- Finke, M. D. (2007): Estimate of chitin in raw whole insects. Zoo Biol., 26. 105-115.
- Finke, M. D. (2013): Complete nutrient content of four species of feeder insects. Zoo Biol., 32. 27-36.
- Finke, M. D. (2015): Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. Zoo Biol., 34. 554-564.

- Frooninckx, L. – Berrens, S. – Van Peer, M. – Wuyts, A. – Broeckx, L. – Van Miert, S. (2022): Determining the effect of different reproduction factors on the yield and hatching of *Tenebrio Molitor* eggs. *Insects*, 13. 615.
- Francardi, V. – Cito, A. – Fusi, S. – Botta, M – Dreassi, E. (2017): Linseed to increase n-3 fatty acid in *Tenebrio molitor* (Coleoptera Tenebrionidae). *Redia*, 100. 73-76.
- Genta, F. A. – Bragatto, I. – Terra, W. R. – Ferreira, C. (2009): Purification, characterization and sequencing of the major β -1,3-glucanase from the midgut of *Tenebrio molitor* larvae. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 39. 861-874.
- Heidari-Parsa, S. – Imani, S. – Fathipour, Y. – Kheiri, F. – Chamani, M. (2018): Determination of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) nutritional value as an animal and human food supplementation. *Arthropods*, 7. 94-102.
- Hong, J. – Han, T. – Kim, Y. Y. (2020): Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. *Animals*, 10. 2068.
- Hunt, A. S. – Ward, A. W. – Ferguson, G. W. (2001): Effects of a high calcium diet on gut loading in varying ages of crickets (*Acheta domestica*) and meal-worms (*Tenebrio molitor*). *Proceedings of the 4th Conference on Zoo and Wildlife Nutrition*. Lake Buena Vista, Florida. 94–99.
- Janssen, R. H. – Vincken, J. P. – van den Broek, L. A. – Fogliano, V. – Lakemond, C. M. (2017): Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *J. Agric. Food. Chem.*, 65. 2275-2278.
- Jajić, I. – Krstović, S. – Petrović, M. – Urošević, M. – Glamočić, D. – Samardžić, M. – Popović, A. – Guljaš, D. (2022): Changes in the chemical composition of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) reared on different feedstuffs. *J. Anim. Feed Sci.*, 31. 191-200.
- Kröncke, N. – Benning, R. (2022): Self-selection of feeding substrates by *Tenebrio molitor* larvae of different ages to determine optimal macronutrient intake and the influence on larval growth and protein content. *Insects*, 13. 657.
- Lawal, K. – Kavle, R. – Akanbi, T. – Miroso, M. – Agyei, D. (2021): Enrichment in specific fatty acids profile of *Tenebrio molitor* and *Hermetia Illucens* larvae through feeding. *Future Food*, 3. 1-7.
- Lenaerts, S. – Van Der Borgh, M. – Callens, A. – Van Campenhout, L. (2018): Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chem.*, 254. 129-136.
- Megido, C. R. – Poelaert, C. – Ernens, M. – Liotta, M. – Blecker, C. – Danthine, S. – Tyteca, E. – Haubruge, É. – Alabi, T. – Bindelle, J. (2018): Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758). *Food Res. Int.*, 106. 503-508.
- Melis, R. – Braca, A. – Sanna, R. – Spada, S. – Mulas, G. – Fadda, M. L. – Sassu, M. M. – Serra G. – Aneddaet, R. (2019): Metabolic response of yellow mealworm larvae to two alternative rearing substrates. *Metabolomics*, 15. 113.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro-Ilan D. I. – Tedders W. L. (2010): Developmental plasticity in *Tenebrio mamar* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of instar variation in number and development time under different diets. *J. Entomol. Sci.*, 45. 75-90.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro-Ilan, D. I. – Tedders, W. L. (2011): Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. *Environ. Entomol.*, 40. 1285-1294.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro Ilan, D. I. – Tedders, W. L. (2013): Use of nutrient self-selection as a diet refining tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Entomol. Sci.*, 48. 206-221.
- Morales-Ramos, J. A. – Kelstrup, H. C. – Rojas, M. G. – Emery, V. (2019): Body mass increase induced by eight years of artificial selection in the yellow mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) and life history trade-offs. *J. Insect Sci.*, 19. 4.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Kelstrup, H. C. – Emery, V. (2020): Self-selection of agricultural by-products and food ingredients by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) and impact on food utilization and nutrient intake. *Insects*, 11. 827.

- Naser El Deen, S. – Spranghers, T. – Baldacchino, F. – Deruytter, D. (2022): The effects of the particle size of four different feeds on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Eur. J. Entomol., 119. 242-249.
- Oonincx, D. G. – van Broekhoven, S. – van Huis, A. – van Loon, J. J. A. (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS One, 10. e0144601.
- Oonincx, D. G. – Van Keulen, P. – Finke, M. D. – Baines, F. M. – Vermeulen, M. – Bosch, G. (2018): Evidence of vitamin D synthesis in insects exposed to UVb light. Sci. Rep., 8. 1-10.
- Oonincx, D. G. – Laurent, S. – Veenbos, M. E. – van Loon, J. J. (2020): Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. Insect Sci., 27. 500-509.
- Oonincx, D. G. – Finke, M. D. (2021): Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. J. Insects Food Feed, 7. 639-659.
- Pölkki, M. – Krams, I. – Kangassalo, K. – Rantala, M. J. (2012): Inbreeding affects sexual signalling in males but not females of *Tenebrio molitor*. Biol. Lett., 8. 423-425.
- Ramos-Elorduy, J. – González, E. A. – Hernández, A.R. – Pino, J. M. (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol., 95. 214-20.
- Ravzanaadii, N. – Kim, S-H. – Choi, W. H. – Hong, S-J. – Kim, N. J. (2012): Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. Int. J. Indust. Entomol., 25. 93-98.
- Ribeiro, N. (2017): *Tenebrio molitor* for food or feed: rearing conditions and the effects of pesticides on its performance. PhD thesis, Escola Superior Agrária de Coimbra, 70.
- Ritvanen, T. – Pastell, H. – Welling, A. – Raatikainen, M. (2020): The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species - *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. Agric. Food Sci., 29. 1-5.
- Rumbos, C. I. – Karapanagiotidis, I. T. – Mente, E. – Psafakis, P. – Christos, G. (2020): Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. Sci. Rep., 10. 11224.
- Silva, L. B. – de Souza, R. G. – da Silva, S. R. – Feitosa, A. D. C. – Lopes, E. C. – Lima, S. B. P. – Dourado, L. R. B. – Pavan, B. E. (2021): Development of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) on poultry litter-based diets: Effect on chemical composition of larvae. J. Insect Sci., 21. 7.
- Simon, E. – Baranyai, E. – Braun, M. – Fábrián, I. – Tóthmérész, B. (2013): Elemental concentration in mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.) during metamorphosis. Biol. Trace Elem. Res., 154. 81-87.
- Zim, J. – Lhomme, P. – Takhim, A. – Sarehane, M. – Bouharroud, R. (2021): Growth performance, conversion and survival rates of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) reared on various livestock diets. Mor. J. Agri. Sci., 2. 161-164.
- van Huis, A. – Tomberlin, J. K. (eds) (2017): Insects as food and feed: from production to consumption. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 447.
- van Broekhoven, S. – Oonincx, D. G. – van Huis, A. – van Loon, J. J. (2015): Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. J. Insect Physiol., 73. 1-10.
- Waldbauer, G. P. (1968): The consumption and utilization of food by insects. Adv. Insect Physiol., 5. 229-288.
- Zhao, X. – Vázquez-Gutiérrez, J. L. – Johansson, D. P. – Landberg, R. – Langton, M. (2016): Yellow mealworm protein for food purposes - Extraction and functional properties. PLoS One, 11. e0147791.
- Zielińska, E. – Baraniak, B. – Karaś, M. – Rybczyńska, K. – Jakubczyk, A. (2015): Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Res. Int., 77. 460-466.

Érkezett: 2022. augusztus

Szerző címe: Hetényi N.

Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

Author's address: University of Veterinary Medicine Budapest, Institute for Animal Breeding, Nutrition and Laboratory Animal Science
H-1078 Budapest, István u. 2.
hetenyi.nikoletta@univet.hu

2022-BEN SIKERESEN MEGVÉDETT PhD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI SUMMARIES OF PhD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2022

A FELNEVELÉS SORÁN ETETETT INDÍTÓTÁP KEMÉNYÍTŐ- ÉS NDF-TARTALMÁNAK, ILLETVE A MANNÁNOLIGOSZACHARID- ÉS AZ INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA AZ ITATÁSOS BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS EGYES ÉLETTANI PARAMÉTEREIRE

TÓTH SZANDRA

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Témavezetők: Kovács Melinda az MTA rendes tagja, Fébel Hedvig CSc

A három kísérletből álló doktori munkában az itatásos borjúnevelés két kérdéskörére fókuszálva a jelölt a borjú indítótápj eltérő szénhidrátforrásának, illetve a MOS és inulin prebiotikum hatását vizsgálta a borjak teljesítményére, az emésztőrendszer mikroflóra összetételére és a vér egyes biokémiai paramétereire.

Arra kereste a választ, hogy a MOS, illetve az inulin eltérő koncentrációban, illetve különböző korban adagolva miként befolyásolja:

- a borjak testtömeg-gyarapodását, szilárd takarmányfelvételt;
- a bélsár mikrobióta összetételét;
- a vér biokémiai paramétereit (albumin, koleszterin, glükóz, összfehérje, triglicerid, karbamid, bilirubin, kreatinin).

Az első két életheten főcstejjel és tejpótlóval adagolt nagyobb mennyiségű (28 g/nap) MOS- illetve inulin-kiegészítéskor immunológiai paraméterek (IgG, OVA-val provokált immunválasz) változását is nyomon követte.

A MOS egyik alkalmazott mennyiségben sem befolyásolta a borjak szilárd takarmány felvételét, növekedését, vérkémiái paramétereit. Az 1-14 napos életkor között napi 28 g MOS-kiegészítés hatására megnőtt a bélsár *E. coli* és coliform száma, valamint a borjak vérszérumának kreatinin értéke. 18,7 g/nap inulin-kiegészítés esetén nőtt a bélsárban a *Clostridium* és az aerob baktériumok száma, valamint csökkent a vérszérum összfehérje-tartalma. 14 napos korig adagolt 28 g/nap inulin a kontrollcsoporthoz viszonyítva nem volt hatással a bélsár mikrobióta tartalmára. A felnevelés ideje alatt átlagosan 18,7 g/nap inulin-kiegészítés nem befolyásolta a szilárd takarmány felvételt, valamint a testtömeg-gyarapodást. Ugyanakkor az 1-14 nap között a nagyobb mennyiségben (28 g/nap) adott inulin csökkentette a borjak testtömeg-gyarapodását.

Az összes IgG-tartalom ugyancsak kisebb volt 28 g/nap inulin-kiegészítés esetén. A 14. és 24. napon ovalbuminnal (OVA) provokált immunválaszként az OVA specifikus IgG nem változott, a vizsgált citokinek közül (IL-1 β , IL-2, IL-6, IFN- γ) pedig az IL-6 kifejező gén mutatott kezelés hatást, szintje az inulinnal kezelt csoportban kisebb volt.

Az eredmények felhasználhatóságára az alábbi javaslatok tehetők:

- Az élet első 5 hetében, a borjak indítótáp felvételének növelését elősegítendő a nagyobb keményítő- (28,5%) tartalom melletti kisebb NDF- (15,9%) tartalmú indítótáp alkalmazása javasolt.

- A borjak első két élethetében a napi 28 g inulin-kiegészítés alkalmazása, a testtömeg-gyapodásra gyakorolt depresszív hatása miatt nem javasolt.

- A MOS, illetve az inulin hosszabb távú, a tejítatás teljes idejére kiterjedő alkalmazását (18,7 g/nap), a bél mikrobiota összetételének és számának kedvező változása indokolhatja.

EFFECT OF DIETARY STARCH AND NDF CONTENT AND SUPPLEMENTATION OF MANNANOLIGOSACCHARIDE AND INULIN ON THE PERFORMANCE AND SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF CALVES REARED ON MILK REPLACER

SZANDRA TÓTH

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus
Doctoral School in Animal Science

Supervisors: Melinda Kovács Member of the HAS, Hedvig Fébel CSc

In the doctoral thesis consisting of three experiments, the candidate investigated the effect of different carbohydrate sources in calf starter diet and effects of prebiotics (MOS and inulin) on calf performance, ruminal and intestinal microflora and some clinical chemical parameters.

The aim of the doctoral work was to find answer how MOS and inulin, when administered at different concentrations and at different ages, affect the:

daily weight gain, starter feed intake;

the composition of the microbiota of the faeces;

some clinical chemical parameters of blood (albumin, cholesterol, glucose, total protein, triglyceride, urea, bilirubin, creatinine).

During the first two weeks of life, changes in immunological parameters (IgG, OVA-provoked immune response) were also monitored during higher doses (28 g/day) of MOS and inulin supplementation with colostrum and milk replacer.

MOS had no effect on feed intake, daily gain or clinical chemical parameters of the calves in any of the applied amounts. Between 1 and 14 days of age, 28 g/day of MOS supplementation increased the faecal *E. coli* and coliform counts and the serum creatinine of calves.

18.7 g/day of inulin supplementation resulted in an increase in the number of *Clostridium* and aerobic bacteria in the faeces and a decrease in serum total protein. A dose of 28 g/day of inulin administered up to 14 days of age had no effect on faecal microbiota content compared to control. An average of 18.7 g/day of inulin supplementation during rearing did not affect feed intake or weight gain. However, inulin given in larger amounts (28 g/day) between 1–14 days reduced the weight gain of calves.

Total IgG levels were also lower at 28 g/day inulin supplementation. OVA-specific IgG did not change as an immune response provoked by ovalbumin (OVA) on days 14 and 24, and among the cytokines tested (IL-1 β , IL-2, IL-6, IFN- γ) level of the IL-6-expressing gene was lower in the inulin-treated group.

The following suggestions can be made for the usability of the results:

- In the first 5 weeks of life, in order to increase the feed intake of calves, it is recommended to use a diet with a lower NDF content (15.9%) in addition to a higher starch (28.5%) content.

- The use of 28 g of inulin supplementation per day for the first two weeks of life in calves is not recommended due to its depressive effect on body weight gain.

- Longer-term use of MOS or inulin over the entire dairy period (18.7 g/day) may be justified by a favourable change in the composition and number of intestinal microbionas.

A DOMESZTIKÁCIÓ ANYAI SZAPORODÁSI VISELKEDÉSRE KIFEJTETT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA NYÚLFAJBAN

BENEDEK ILDIKÓ

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

Allattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Témavezetők: Altbäcker Vilmos DSc, Zsolnai Attila DSc

A jelölt a nyúl fészeképítéséhez köthető hormonális változások genetikai hátterének felderítését célozta meg, a progeszteron- és a prolaktinreceptor-génben (PGR, PLR) lévő polimorfizmusok befolyásoló hatásán keresztül, megállapította, hogy ezeknek a hatásoknak mekkora a genetikai varianciáhozjárada. A genetikai háttérén felül a vemhesség alatti stressz (kortizol) hatását is vizsgálta a fészekanyag behordására, a fiókák számára és a mortalitására. Az anyanyulak személyiség-típusát viselkedés vizsgálatokkal mérte fel (új táplálék – új aréna tesztel), nézve, hogy a személyiség hogyan befolyásolja a nyúl reprodukív tulajdonságait, illetve az anya személyisége befolyásolja-e az ivadékok viselkedését.

Eredményei alapján a következő megállapításokat tette:

- A progeszteronreceptor-gén promóter régiójában egy új pontmutációt írt le. A 2464G>A helyen található pontmutáció asszociációt mutatott a fészeképítés időzítésével. A viselkedésnek genetikai háttérében a PGR gén kandidáns szerepét megállapította, a tulajdonság h^2 értéke 0,1. A GG genotípus korábban kezdődő fészeképítést eredményez.
- A prolaktinreceptor-gén promóter szakaszában négy SNP-t (SNP1-407G>A, SNP2-496G>C, SNP3-926T>C és SNP4-937A>C) és egy mikroszatellit írt le. A mikroszatellit esetében a rövid fragmenthossz magasabb tejtermelést eredményezett. Egyik polimorfizmus sem mutatott asszociációt a fészekben található szőr mennyiségével.
- A filást megelőző három napban fellépő kortizolszint-emelkedés korrelál a filást megelőző progeszteronszint-változással. A stresszérzékeny anyák megkésített fészekanyag-behordása a magas kortizolválasz okozta progeszteron kibocsájtás következménye. A magas kortizolszint progeszteronszintre kifejtett hatása következtében a fiókaszám szignifikánsan alacsonyabb, a születés-kori mortalitás magasabb volt a stresszérzékeny anyáknál.
- A stresszérzékeny anyák esetében a magasabb kortizolszint az ivadékok ivararányát befolyásolja. A magasabb kortizol értékkel rendelkező anyák ivadékainál szignifikánsan magasabb lett a nőivarú egyedek aránya.

- Az új táplálék iránti explorációs viselkedés látenciája jól, míg a frekvenciája rosszul ismételhető paraméter. Az exploráció látenciája negatív korrelációt mutat a tejtermeléssel, a születéskori tömeggel és a 21 napos tömeggel. Az ivadékok explorációs látenciáját szignifikánsan befolyásolja az egyed tömege és az anyának az explorációs viselkedése; a neofil anyák ivadékai igazolhatóan alacsonyabb látenciát mutattak az új táplálék-tesztben.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DOMESTICATION ON MATERNAL REPRODUCTIVE BEHAVIOR IN RABBITS

ILDIKÓ BENEDEK

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

Doctoral School in Animal Science

Supervisors: Vilmos Altbäcker DSc, Attila Zsolnai DSc

The candidate aimed to explore the genetic background of hormonal changes associated with rabbit nest building, through the influence of polymorphisms in the progesterone and prolactin receptor genes (PGR, PLR), and to determine the proportion of genetic variance of these effects. In addition to the genetic background, she also studied the effect of stress (cortisol) to what extent it can change the progesterone levels of pregnant rabbit does and whether this change impacts delivering nest material, the number of kits and mortality. She measured maternal personality by behavioral tests (novel food - novel arena test), examining how personality affects the reproductive traits of the rabbit and whether the mother's personality influences the behavior of the offspring.

Based on her results, she made the following conclusions:

- She described a new point mutation in the promoter region of the progesterone receptor gene. The point mutation at 2464G>A showed an association with the timing of nesting. A candidate role of the PGR gene was identified as the genetic background for this behavior, with a trait h^2 value of 0.1. The GG genotype results in an earlier nest building.
- Four SNPs (SNP1-407G>A, SNP2-496G>C, SNP3-926T>C and SNP4-937A>C) were identified by sequencing the promoter region of the prolactin receptor gene and a microsatellite was detected. The microsatellite showed an association with milk production and the short fragment length resulted in higher milk production. None of the polymorphisms showed an association with the amount of fur in the nest.
- The increase in cortisol levels in the three days before the parturition correlates with the change in progesterone levels in the same period. Delayed delivery of nest material by stress-sensitive mothers is a consequence of progesterone release caused by the high cortisol response. Due to the effect of high cortisol levels on progesterone levels, the number of kits was significantly lower and birth mortality was higher in stress-sensitive mothers.
- In stress-sensitive mothers, higher cortisol levels have been shown to affect the sex ratio of the offspring. The proportion of females was significantly higher in the offspring of mothers with higher cortisol levels.

- The latency of exploratory behavior towards a new food is a well repeatable, while the frequency is a poorly repeatable parameter. The latency of exploration shows a negative correlation with milk production, birth weight and 21-day weight. The exploration latency of the offspring is significantly influenced by the weight of the individual and the exploration behavior of the mother; offspring of neophilic mothers showed a demonstrably lower latency in the novel food test.

SZOPÓSNYULAK KIEGÉSZÍTŐ TÁPLÁLÁSA

KACSALA LÁSZLÓ

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Témavezető: Matics Zsolt PhD

A jelölt, doktori munkája során a szopósnyulak kiegészítő táplálásának különböző lehetőségeit kutatta (tejpor-, szója-, malactápszer alapú pellettek, valamint por-, folyékony alapú drencs oldatok és a szoptatási gyakoriság hatása bizonyos termelési mutatókra). Hasonló jellegű vizsgálatokról csak korlátozott számban olvashatunk a szakirodalomban, különösképpen igaz ez a megállapítás a korai életszakaszra (1-16. életnap) vonatkozóan. Szopósnyulak számára gyártott szilárd táplálékkal a disszertáció témakörében megjelent publikációkat követően kezdtek el foglalkozni kutatócsoportok.

Eredményei alapján a következő megállapításokat tette:

- A szopósnyulak 2-19 napos korban fogyasztottak a tejpor alapú (90% tejpor), a szójadara alapú (82,5% szójadara) és a malactápszer alapú (79,5% malactápszer) szilárd táplálékból, azonban a kiegészítő táplálás a tejfogyasztást nem befolyásolta. A tejpor alapú és a szójadara alapú pellettek etetése nincs hatással a szopósnyulak súlygyarapodására, testsúlyára és elhullására. A malactápszerből készített kiegészítő takarmány kedvezően hatott a szopósnyulak növekedésére.
- A szakirodalmi adatokkal ellentétben az anyanyúl tápjában (200 mg/kg) és a szopósnyulak szilárd takarmányában (1%) alkalmazott kakukkfű kiegészítésnek nem volt kedvező hatása. A glicerin (11,9%), mint energiaforrás bekeverése a szopósnyulak kiegészítő takarmányába ugyancsak hatástalannak bizonyult.
- Az anyanyulak és a szopósnyulak önkéntesen fogyasztották a nyílt víztükrű itatókból felkínált drencs oldatokat. A por alapú drencs oldatot nagyobb arányban fogyasztották, mint a folyékony alapú drencs oldatot. A vizsgált összetételű drencs oldatok fogyasztása azonban nem befolyásolta a termelési eredményeket (anyanyulak, szopósnyulak).
- Megállapítottuk, hogy az anyanyulak felnevelési módjának hatása van a szoptatási viselkedésükre. A fióka korokban kétszer szoptatott anyanyulak esetében gyakrabban fordult elő napi többszöri szoptatás (70,5%), mint az egyszer szoptatott csoportnál (26,6%). A szopósnyulak súlygyarapodására és életben maradására nem volt hatással az anyanyulak felnevelési módja.

ADDITIONAL FEEDING OF SUCKLING RABBITS

LÁSZLÓ KACSALA

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus

Doctoral School of Animal Science

Supervisor: Zsolt Matics PhD

In his doctoral work, candidate researched various options of additional feeding of suckling rabbits (pellets based on milk powder, soybean meal or piglet formula, as well as powder or liquid-based drench solutions and the effect of nursing frequency on certain performance traits). Only a limited number of studies can be found in similar nature in the literature, especially for the early life stage (1st to 16th day of life).

Based on his results, he made the following statements:

1. Suckling rabbits consumed solid feed based on powdered milk (90% milk powder), soybean meal (82.5% soybean meal) and piglet formula (79.5% piglet formula) at the age of 2-19 days, however, complementary feeding did not affect milk consumption. The feeding of pellets based on powdered milk and soybean meal had no effect on the weight gain, weight and mortality of suckling rabbits. Additional feed prepared from piglet formula favorably affected the growth of suckling rabbits.
2. Contrary to literature data, thyme supplementation in does' feed (200 mg/kg) and solid feed of suckling rabbits (1%) had no beneficial effect. The inclusion of glycerol (11.9%) as an energy source in the complementary feed for suckling rabbits has also proved ineffective.
3. Does and suckling rabbits voluntarily consumed the drench solutions provided from drinkers. The powder-based drench solution was consumed at a higher rate than the liquid-based drench solution. However, the consumption of drench solutions with the studied composition did not affect the production (does, suckling rabbits).
4. The way does are raised had an impact on their nursing behavior. Does nursed twice during the suckling age were more likely to nurse more than once a day (70.5%) than the once-nursed group (26.6%). The weight gain and survival of suckling rabbits was not affected by the way the does were raised.

FELSŐ LÉGÚTI FUNKCIÓZAVAROK SPORT- ÉS HOBBILOVAKBAN

Dr. JOÓ KINGA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Témavezetők: Kovács Melinda az MTA rendes tagja, Korbacska Kutasi Orsolya PhD

A jelölt sport- és hobbilovak dinamikus felső légúti funkciózavarait vizsgálta overground endoszkópiával. A dinamikus felső légúti elváltozásokról szóló tanulmányok mindezedig elsősorban versenylovak populációjával foglalkoznak, míg

a sport-, hobbilovak tekintetében a szakirodalom még nagyon hiányos. Jelen doktori disszertációban, a Magyarországon vizsgált sport- és hobbilovak mellett, a speciális jármódú – sportlóként és lovas bemutatókon alkalmazott – kolumbiai criollo paso lovak felső légúti funkció zavarait értékelték

Eredményei alapján a következő megállapításokat tette:

Magyarországi vizsgálatokon alapuló új tudományos eredmények:

- Ló asztma estén gyakori társjelenség a légyszájpad felső helyzetváltozása.
- A légyszájpad felső helyzetváltozás eredete sport- és hobbilovakban jellemzően alsó légúti szűkülettel, illetve légúti gyulladással hozható összefüggésbe. –
- Azoknál az eseteknél, ahol a légyszájpad felső helyzetváltozás és a lóasztma egyidejűleg jelenik meg, a kezelésnél elsősorban az alsó légutakra kell fókuszálni.

Kolumbiai vizsgálatokon alapuló új tudományos eredmények:

- A kolumbiai criollo paso lovak legfontosabb felső légúti funkciózavara a dinamikus gége kollapszus.
- A gége dorsalis nyálkahártyaredőjének ventro-rostralis helyzetváltozását, ami felső légutakban egy ritka elváltozás, el kell különíteni a palatopharyngealis ív rostralis helyzetváltozásától kolumbiai criollo paso lovakban.
- A kannaporc szarvnyúlvány csúcsának ventromedialis luxációja felülreprezentált a criollo lovak körében.
- A criollo lovak esetében az intenzív munka ellenére is relatíve ritka a légyszájpad felső helyzetváltozása

UPPER RESPIRATORY TRACT FUNCTIONAL DISORDERS IN SPORT AND PLEASURE HORSES

Dr. KINGA JOÓ

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
Doctoral School in Animal Science

Supervisors: Melinda Kovács Member of the HAS, Orsolya Korbacska-Kutasi PhD

The candidate evaluated the upper respiratory tract functional disorders of non-racing, sport- and pleasure horses with overground endoscopy. Reports of dynamic airway obstructions are primarily concerned with racehorse populations, while reports on such obstructions in sport-, show- and pleasure horses are scarce. In this study non-racing, sport- and pleasure horses in Hungary were investigated, alongside a special show horse, the Colombian Criollo horse.

Based on her results, she made the following conclusions:

Results of the examinations performed in Hungary:

- Equine asthma commonly co-appears with dorsal displacement of the soft palate.
- The origin of dorsal displacement of the soft palate is typically accompanied by lower airway obstruction and/or airway inflammation in sport and pleasure horses.
- In cases where DDSP is co-appearing with equine asthma, the treatment should primarily focus on the lower airways.

Results of the examinations performed in Colombia:

- Among the Colombian Criollo horses the most significant functional problem is the dynamic laryngeal collapse.
- Ventrorostral displacement of the dorsal laryngeal mucosa, which is a rare disease of the upper airways, should be distinguished from rostral displacement of the palatopharyngeal arch in the Colombian Criollo horses.
- Ventrolateral luxation of the arytenoid cartilage was over-represented in Colombian Criollo horses compared with other studies.
- Despite the intensive workload of Colombian Criollo horses DDSP is relatively uncommon.

A KÖRNYEZETI TÉNYEZŐKHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS ELEMZÉSE AZ EURÓPAI ŐZ (*CAPREOLUS CAPREOLUS* LINNAEUS, 1758) PÉLDÁJÁN KERESZTÜL

TÓTH BÁLINT

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezető: Csányi Sándor CSc

Európa legnagyobb részén az őz a legmagasabb sűrűségben előforduló szarvasféle. Számos tanulmány leírta már a faj tér- és időbeli mozgásmintázatait, mindig maradnak azonban nyitott kérdések a témát illetően. Az őz élőhelyhasználatának és térbeli viselkedésének megértése érdekében a Szent István Egyetem Vadvilág Megőrzési Intézete egy vizsgálsorozatot folytatott Jász-Nagykun-Szolnok megyében 2001 és 2010 között, amelybe 2007-ben kapcsolódtam be. Munkám során 18 (9 bak és 9 suta), GPS-GSM típusú jeladóval ellátott őz 3 óránkénti lokalizációs pontjait elemeztem (~2900 pont/év). Célkitűzésem volt (1) a Tisza árterében, illetve mezőgazdasági területen jelölt őzek mozgáskörzet-méreteinek több szempontú összehasonlítása, (2) az őzek Tisza folyón történő átúszásainak részletes elemzése, illetve (3) a területen jelentkező, feltételezhetően legintenzívebb ember általi zavarás, a téli élő mezei nyúl befogások őzre gyakorolt hatásainak vizsgálata. A kutatás helyszíne a tiszapüspöki Hofi Géza Vadásztársaság Egyesület 5.238 ha-os területe volt, melynek nagy része (73,8%) mezőgazdasági művelésű, mindössze 6,6%-a erdő (jelentős része ártéri erdő). Az egyedek jelölés előtti befogása állított hálós módszerrel, hajtással történt. Az adatok elemzése után igazoltam, hogy a vegyes erdő-mezőgazdasági környezetben élő őzek mozgáskörzetei kisebbek voltak, mint a velük szomszédos, döntően mezőgazdasági területen élő őzeké. A bakok és suták mozgáskörzet-méretei között éves szinten nem tudtam különbséget kimutatni. Úgy tűnik, a különböző okokból adódó, ivarok közötti különbségek kiegyenlítették egymást. Az őzek mozgáskörzet-méretei esetében két fő időszakot különböztettem meg: tél (november-március) és nyár (május-augusztus). A két időszakot csak rövid átmenet választotta el. A téli területek nagyobbak voltak, mint a nyáriak. Ennek oka feltehetően az lehet, hogy a téli időszakban a táplálékkinálat és a takarás is kisebb, így nagyobb területeket kell bejárni a túlélés érdekében. Az általam elemzett, havonkénti mozgáskörzetek összehasonlításával következtetni

lehetett arra, hogy mely időszakok tekinthetők összefüggőnek, így javaslom, hogy a szezonális vizsgálatához más fajok esetén is érdemes inkább rövidebb időszakok területhasználatát elemezni, és ezek összefüggéseiből megállapítani, hogy melyek egésze tekinthető egy „szezonnak” vagy „évszaknak”. Megállapítottam, hogy az őzek számára a Tisza folyó nem jelentett mozgást korlátozó akadályt, tehát nem töltött be barrier funkciót. Mindkét ivar minden évszakban keresztezte a Tisza folyót. Több átúszás történt a nappali időszakban, ennek okai a jobb látási, tájékozódási viszonyok lehetnek. A két ivar között ebben az esetben sem volt különbség, egyforma arányban keltek át a folyón. Eredményeim szerint különbség volt az átúszásos napok és a többi nap vízszintjei között a vizsgálati időn belül. Az átúszások napjain a vízállás alacsonyabb volt, mint azokon a napokon, mikor nem történt átúszás. Tovább vizsgálva, az átúszások 90%-a 200 cm-es vízállás alatt történt. Logikusnak tűnik, hogy az alacsonyabb vízszint – ezáltal esetleg a folyó szélességének és sodrásának csökkenése – jobb lehetőséget és magasabb fokú biztonságérzetet jelenthet az átúszáshoz. Az élő mezei nyúl befogás csak azoknál az őzeknél eredményezte a napi mozgáskörzet megváltozását, amelyek közvetlenül belekerültek a hajtások területébe. Ilyenkor az egyedek kimenekültek a hajtás területéből, majd amikor az véget ért, vissza is tértek. Az eredmények alapján tehát a fokozott emberi aktivitással járó, hangos, mozgalmas, de rövid ideig tartó, alkalmankénti zavarás miatt a területhasználat csak egy nagyon rövid időre és nagyon kis területen változott meg.

ANALYSIS OF ADAPTATION TO THE ENVIRONMENTAL FACTORS THROUGH THE EXAMPLE OF THE EUROPEAN ROE DEER (*CAPREOLUS CAPREOLUS* LINNAEUS, 1758)

BÁLINT TÓTH

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisor: Sándor Csányi CSc

In most of Europe, Roe deer has the highest population density among cervids. Several European studies described the spatiotemporal patterns of Roe deer movements, but there are always open questions regarding this topic. To provide information on the spatial behaviour and the habitat use of Roe deer, Szent István University conducted a research program between 2001 and 2010 that I joined in 2007. The data collection took place in Jász-Nagykun-Szolnok county, Hungary. I analysed the localisation points of 18 Roe deer (9 males and 9 females) equipped with GPS-GSM type collars during my work. The collars recorded one localization point every three hours (~2900 points/year). The aim of my dissertation was (1) to compare the home range sizes of Roe deer tagged in the Tisza floodplain forest and an agricultural area in several aspects, (2) to perform a detailed analysis of the river crossings across the Tisza River and (3) to investigate the effects of the live brown hare capture (which is the most intense human disturbance in the study area) on Roe deer. The study area is 5,238 ha, mostly covered by agricultural land (73.75%). The forest cover was only 6.6% (mainly floodplain forests of the

Tisza River). The individuals were captured in a drive-by using standing nets. After analysing the data, I proved that the home range sizes of Roe deer living in a mixed forest-agricultural environment were smaller than those living in the adjacent predominantly agricultural area. No difference was found between the home range sizes of the sexes annually (the possible individual differences between the sexes balanced out each other). Regarding the home range sizes of Roe deer, I distinguished two main periods: winter (November-March) and summer (May-August). The two periods were separated only by a short transition. The winter home range sizes were larger than the summer ones. The possible explanation is the weaker food supply and cover during winter, which makes the Roe deer use larger areas to survive. The comparison of the monthly home range sizes allowed me to identify the periods that form coherent seasons. When a study aims to examine the seasonality in any species, I recommend analysing the home range sizes of shorter periods, as this allows researchers to identify the periods that can be applied as actual seasons. I found that the Tisza River could not act as a barrier for Roe deer movements, and the river crossings seemed random. Crossings across River Tisza occurred in each season for both sexes. A significant difference could be proven in the higher frequency of daytime crossings. The possible explanation for this difference is that eyesight is an important sense of orientation and avoiding risks in a new, unknown, or less known place. In the study period, there was a difference in the water level between the days with crossings and the non-crossing days: the number of crossings was higher at lower water levels. Further analyses showed that 90% of all crossings happened at a water level lower than 200 cm. It seems rational that a lower water level – a narrower river with a lower flow rate – offers a better opportunity for a safer swim across the river. I found that live brown hare captures caused changes in the habitat use of Roe deer only when the individuals' localisations fell into the driver's area. In those cases, the individuals escaped from the given area and returned after the drive ended. This occasional and short-in-time disturbance with increased human presence and noise could cause changes in habitat use only for a short time and in a small area.

A HAZAI MÉZELŐ MÉHEKET BETEGÍTŐ NOSEMA FAJOK ELŐFORDULÁSÁNAK VIZSGÁLATA, ÉS KIMUTATÁSI MÓDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE

CSÁKI TAMÁS

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezetők: Heltai Miklós DSc, Békési László Szabolcs PhD

Korábban úgy gondolták, hogy a *Nosema apis* csak a nyugati mézelő méheket, a *Nosema ceranae* pedig csak a keleti mézelő méheket fertőzi. A kétezres évek elejére több méhészet számolt be nyári állománygyengülésről, de az évszakos ciklikusság és a klasszikus tünetek hiányában nem gyanakodtak a noszémásságra. A közelmúltban azonban sorra születtek jelentések arról, hogy a *Nosema ceranae* a nyugati mézelő méheket is fertőzi. Járványtani szempontból kimutatták, hogy a nyugati és keleti mézelő méheknél a fertőzés tünetei és kórtana eltérő. Az „A”

típusú nosemosis idült állapota jellemzően tavasszal, a hordás beindulása előtt mutatkozik dizentéria mellett a kaptár közelében lévő röpképtelen, vagy már elhullott méhekkkel és vontatott fejlődéssel. A „C” típusú nosemosis esetében klinikai tünetek nem mutatkoznak, annak nincs szezonálitása, de a kezeletlen családok összeomlanak. A *Nosema ceranae* magyarországi jelenlétét nyugati mézelő méheknél először 2007-ben mutatták ki. Munkám átfogó célja a mézelő méhek nosemosisát okozó *Nosema* fajok hazai területi és szezonális előfordulásának vizsgálata, valamint a fertőzés diagnosztikájának fejlesztése volt. Feltételezésem szerint a *Nosema ceranae* Magyarországon már korábban is jelen volt, ezért 2007-nél korábban gyűjtött *Nosema* spp. pozitív méhminták fertőzési típusának meghatározását végeztem el PCR vizsgálattal. Feltételezések szerint Európában a *Nosema* fajok közül a *Nosema ceranae* az elterjedtebb. Ennek bizonyítására felmértem a *Nosema* fajok magyarországi elfordulását több időszakban és nagy területen végzett mintagyűjtéssel. Archív konzervált minták vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a *Nosema ceranae* már 2004-ben. jelen volt hazánkban. A 2010. évben tavasszal, nyáron és ősszel Magyarország egész területére kiterjedő reprezentatív méhmintákon végzett PCR vizsgálattal meghatároztam a *Nosema* fajok évszakonkénti magyarországi területi elterjedését. Megállapítottam, hogy a *Nosema* sp. minden évszakban és minden területen kimutatható, a *Nosema ceranae* az elterjedtebb. A nosemosis diagnosztikájában kockázati szint alapú szemikvantitatív értékelési módszert vezettem be, amivel méhcsalád szinten pontosabban meghatározható a fertőzöttség. A hazai *Nosema* spp. vizsgálatokhoz triplex PCR vizsgálatot végeztem, amelynek során a módszert módosítottam olyan módon, hogy azzal egyszerűbb és gazdaságosabb lett a *Nosema* fajok kimutatásához alkalmazott molekuláris vizsgálat, amely ugyanakkor megbízható módon különbözteti meg a *Nosema* spp. fertőzési típusokat.

SURVEY OF THE PREVALENCE OF NOSEMA SPECIES IN HUNGARIAN HONEY BEES AND DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETECTION

TAMÁS CSÁKI

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisors: Miklós Heltai DSc, László Szabolcs Békési PhD

Nosema apis were previously thought to infect only western honeybees and *Nosema ceranae* only eastern honeybees. By the early 2000s, several apiaries reported summer population declines, but no suspicion of *Nosema* was raised without seasonal cyclicality and classic symptoms. More recently, however, there have been several reports of *Nosema ceranae* infecting western honeybees. From an epidemiological point of view, it has been shown that the symptoms and pathology of infection in western and eastern honeybees are different. The chronic stage of type A nosemosis is typically seen in the spring, before the onset of brood production, with dicentrics, flightless or dead bees near the hive, and stunted development. Type C nosemosis has no clinical signs or seasonality, but untreated colonies collapse. *Nosema ceranae* was first detected in western

honeybees in Hungary in 2007. My work aimed to investigate the spatial and seasonal distribution of *Nosema* species causing nosemosis in honeybees in Hungary and to improve the diagnostics of the infection. I hypothesized that *Nosema ceranae* was already present in Hungary; therefore, I performed PCR testing to determine the infection type of *Nosema* spp. positive bee samples collected earlier than 2007. It is assumed that *Nosema ceranae* is the most widespread *Nosema* species in Europe. To prove this, I assessed the distribution of *Nosema* species in Hungary by collecting samples over several periods and a large area. By examining archived preserved samples, I found that *Nosema ceranae* was already present in Hungary in 2004. In 2010, I determined the seasonal distribution of *Nosema* species in Hungary by PCR analysis of representative bee samples from spring, summer, and autumn. I have found that *Nosema* sp. is detectable in all seasons and areas, with *Nosema ceranae* being the most widespread. I introduced a risk level-based semi-quantitative evaluation method for *Nosema* diagnosis, which allows a more accurate determination of colony-level infestation. For domestic *Nosema* spp. testing, I performed a triplex PCR assay, modifying the method to make it simpler and more economical to use a molecular assay for *Nosema* species detection while reliably distinguishing *Nosema* spp. infection types.

MOLEKULÁRIS MÓDSZEREK FEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA KÖZÖSÉGI ÉS HORGÁSZATI JELENTŐSÉGŰ HALFAJOK VIZSGÁLATÁHOZ

KESZTE SZILVIA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezető: Kovács Balázs PhD

Az utóbbi évtizedek bebizonyították, hogy mind egyes vizeinket károsító folyamatok, így például az algavirágzás, megfékezésére betelepített majd kontrollálhatatlanná vált busa-fajok, mind gazdasági érdekből a törpeharcsa telepítése olyan mértékű beavatkozás a természetes rendszerbe, amely csak felelős döntések és kellő háttérismeret mellett lehetséges. Ezekhez járulhatnak hozzá a biodiverzitás fenntartását és genetikai erőforrásaink megőrzését célzó molekuláris genetikai kutatások. A fenti célok eléréséhez mikroszatellit markereket adaptáltam populációgenetikai vizsgálatokhoz közeli rokon fajokból az őshonos kőszüllőből (*Sander volgensis*), valamint a közösségi jelentőségű gardából (*Pelecus cultratus*). Felmértem egyes mitokondriális genomi markerek, így a citokróm b, kontroll régió, citokróm oxidáz 1 alkalmazhatóságát filogenetikai és taxonómiai vizsgálatokhoz az invazív ezüstkárász (*Carassius gibelio*) esetében. Ezek felhasználásával meghatároztam az idegenhonos, invazív ezüstkárász populációk genetikai diverzitását a Balatonban és annak vízgyűjtő területein. Emellett vizsgáltam a Magyarország nagyobb vizeiben található őshonos kőszüllő populáció genetikai diverzitását. A PCR protokollok optimalizálásával 11 mikroszatellit markert (MS 420, MS 417, MS 192, MS 384, MS 373, MS 703, MS 701, MS 704, MS 404, MS 395, MSL-1) sikeresen adaptáltam fogassüllő (*Sander lucioperca*) fajból kőszüllőre (*Sander volgensis*) és egy 1 mikroszatellit markert (Albi61) sújtásos küszből (*Alburnoides bipunctatus*)

gardára (*Pelecus cultratus*). Öt újonnan adaptált és polimorf mikroszatellit markerrel (MS 701, MS 704, MS 404, MS 395, MSL-1), valamint a mitokondriális genom kontroll régiójával elvégeztem három magyar kősüllő állomány (Balaton, Duna, Tisza-Holt-Körös) populációgenetika vizsgálatát. Megállapítottam, hogy a populációk eltérnek a Hardy-Weinberg egyensúlytól, és közülük a balatoni hordozza a legegységibb, ezáltal génmegőrzési szempontból a legértékesebb genetikai hátteret. Három, a szakirodalomban korábban jól jellemzett mitokondriális genetikai markerrel (Citokróm b, Citokróm oxidáz 1-es alegység, D-loop) elvégeztem a Balaton és vízgyűjtőterületén található öt és egy további ezüstkárász (*Carassius gibelio*) populáció filogenetikai analízisét. Ennek során meghatároztam a kárász komplex tagjainak taxonómiai azonosítására leginkább alkalmas markert (Cyt.B). Bizonyítottam, hogy a magyarországi ezüstkárász állományban aranyhal eredetű mitokondriális genomot hordozó egyedek is találhatóak. Populációgenetikai vizsgálatot végeztem két magyar és egy lengyel garda populáción, amelynek során megállapítottam, hogy mind a hazai, mind a lengyel populációk aggasztóan homogén genetikai háttérrel rendelkeznek.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MOLECULAR METHODS FOR THE STUDY OF FISH SPECIES OF COMMUNITY AND FISHERIES

SZILVIA KESZTE

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisor: Balázs Kovács PhD

Recent decades have shown that both the introduction of bushmeat species that have become uncontrollable to control certain processes that damage our waters, such as algal blooms, and the introduction of dwarf duckweed for economic reasons, are interventions in the natural system that can only be carried out with responsible decisions and sufficient background knowledge. Molecular genetic research can contribute to maintaining biodiversity and conserving our genetic resources. To achieve the above objectives, I adapted microsatellite markers for population genetic studies from closely related species of the native Volga zander (*Sander volgensis*) and the community-associated sablefish (*Pelecus cultratus*). I assessed the applicability of some mitochondrial genomic markers, such as cytochrome b, control region, and cytochrome oxidase 1, for phylogenetic and taxonomic studies of the invasive gibel carp (*Carassius gibelio*). Using these data, I determined the genetic diversity of alien invasive silver smelt populations in Lake Balaton and its catchment areas. I also investigated the genetic diversity of the indigenous populations of the stone loach in the larger waters of Hungary. By optimising PCR protocols, I successfully adapted 11 microsatellite markers (MS 420, MS 417, MS 192, MS 384, MS 373, MS 703, MS 701, MS 704, MS 404, MS 395, MSL-1) from pikeperch (*Sander lucioperca*) to Volga zander (*Sander volgensis*) and one microsatellite marker (Albi61) from riffle minnow (*Alburnoides bipunctatus*) to sabre carp (*Pelecus cultratus*). Population genetics of three Hungarian stone loach stocks (Balaton, Duna, Tisza-Holt-Körös) was investigated

using five newly adapted and polymorphic microsatellite markers (MS 701, MS 704, MS 404, MS 395, MSL-1) and the mitochondrial genome control region. I found that the populations deviate from the Hardy-Weinberg equilibrium and that the Balaton population carries the most unique and, thus, the most valuable genetic background from a gene conservation point of view. Using three mitochondrial genetic markers (cytochrome b, cytochrome oxidase subunit 1, D-loop) previously well characterized in the literature, I performed phylogenetic analyses of five and one other Prussian carp (*Carassius gibelio*) populations from Lake Balaton and its catchment. I determined the marker (Cyt. B) most suitable for the taxonomic identification of the members of the silver carp complex. I demonstrated that the Hungarian silver carp population also contains individuals with a goldfish-origin mitochondrial genome. I performed a population genetics study on two Hungarian and one Polish sabrefish population and found that both the Hungarian and Polish populations have a worryingly homogeneous genetic background.

AZ AFLATOXIN ÉS SZTERIGMATOCISZTIN BIOLÓGIAI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA PONTY FAJBAN

KÖVESI BENJÁMIN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezető: Balogh Krisztián PhD

Az elsősorban *Aspergillus* penészek által termelt aflatoxin B1 (AFB1) és szterigmatocisztin (STC) toxikus hatásairól számos ismerettel rendelkezünk, de ezek vagy *in vitro* modelleken, vagy *in vivo* hosszan tartó, szubletális mikotoxin terhelések eredményein alapulnak. Az AFB1 és a STC halak szervezetére kifejtett rövidtávú hatásai kevésbé ismertek. Az AFB1 toxicitás legkorábbi jelei közé tartozik az oxidatív stressz, de az nem ismert, hogy a két mikotoxin milyen mértékben indukál a halakban oxidatív stresszt, és az milyen sorrendben és mértékben indukálja az antioxidáns védelmi rendszer molekuláris markereit. Vizsgálataim célkitűzése az volt, hogy megvizsgáljam az AFB1 és STC eltérő dózisainak, valamint azok keverékének egyszeri expozíciót követő rövidtávú hatását a glutation redox rendszer egyes elemeit, valamint az azok szabályozásáért felelős egyes transzkripciósz faktorokat kódoló gének expresszióját. A kísérletek során vizsgáltam az Nrf2/Keap1-ARE útvonalat kódoló egyes gének (*keap1* és *nrf2*), a glutation peroxidáz 4a és glutation peroxidáz 4b (*gpx4a* és *gpx4b*), valamint a glutation szintetáz (*gs*) és a glutation reduktáz (*gr*) enzimet kódoló gének expressziós változásait. Megállapítottam, hogy eltérő dózisu egyszeri per os AFB1 terhelés hatására pontyok májában a *keap1* és az *nrf2* gének expressziójában kezdeti gátlást követően az alkalmazott dózistól függő mértékben aktiváció következett be. A *gpx4a* és *gpx4b* gének expressziója egy kezdeti, a legnagyobb dózisinál észlelt, gátlást követően dózis függően indukálódott, ami összefüggést mutat a Keap1-Nrf2-ARE útvonal aktiválódásával. A *gs* gén expressziója a legnagyobb dózis hatására kezdeti gátlást követően a 16. órában minden dózisinál indukálódott. A *gr* gén expressziója a közepes és nagy dózisos hatására kezdeti gátlást követően a 16. órában indukálódott.

Itt is feltételezhető a Keap1-Nrf2-ARE útvonal aktiválódása. A *gr* gén expressziója a legkisebb dózisonál a 16. órára haladta meg a kontroll értéket. Eltérő dózisban alkalmazott, egyszeri per os STC terhelés hatására az *nrf2* gén expressziójában a kis dózis hatására kezdeti gátlás, majd minden alkalmazott dózis hatására aktiváció jelentkezett, de a kezdeti gátlás rövidebb idejű volt, mint az AFB1 esetében. A *keap1* gén expressziója a kis és közepes dózisok esetében a 8. órára nőtt, majd a 24. órában a legkisebb dózis kivételével meghaladta a kontroll értéket. A *gpx4a* gén expressziója a kis és nagy dózisok hatására kezdeti gátlást követően indukálódott, ami markánsabb volt, mint az AFB1 esetében és összefüggést mutatott a Keap1-Nrf2-ARE útvonal aktiválódásával. A *gpx4b* gén expressziója az alacsony dózisonál a 8. órában, majd a 16. és 24. órára minden dózisonál nagyobb volt, mint a kontroll. A *gs* és *gr* gének a kezdeti gátlást követően indukálódtak, ami az AFB1-hez képest markánsabb volt. Megállapítottam, hogy az AFB1 és STC eltérő dózisu egyszeri per os ko-expozíciója hatására az *nrf2* gén jelentősebb mértékben aktiválódott, mint a két mikotoxin önálló alkalmazásakor, ami szinergens hatásra utal. A *keap1* gén expressziója a 16. és 24. órában haladta meg a kontroll értékét. A *gpx4a* gén expressziója a ko-expozíció hatására mindhárom mintavételi időpontban gátlást mutatott, míg a *gpx4b* gén expressziója a 8. és 24. órában nőtt. A *gs* és *gr* gének expressziójában kezdeti aktivációt követően mérsékelt gátlás mutatkozott, ami az alkalmazott mikotoxinok között fennálló szinergens hatást valószínűsíti.

BIOLOGICAL EFFECTS OF AFLATOXIN B1 AND STERIGMATOCYSTIN IN COMMON CARP

BENJÁMIN KÖVESI

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science

Supervisor: Krisztián Balogh PhD

The toxic effects of aflatoxin B1 (AFB1) and sterigmatocystin (STC), produced mainly by *Aspergillus* moulds, are well known but are based either on in vitro models or on the results of prolonged sublethal mycotoxin exposure in vivo. The short-term effects of AFB1 and STC on fish are less well understood. The earliest signs of AFB1 toxicity include oxidative stress. Still, the extent to which the two mycotoxins induce oxidative stress in fish and the order and extent to which they induce molecular markers of the antioxidant defence system is unknown. My studies aimed to investigate the short-term effects of different doses of AFB1 and STC, as well as their mixture, following a single exposure on the expression of genes encoding some elements of the glutathione redox system and some transcription factors responsible for their regulation. The experiments were performed to investigate the expression changes of some genes encoding the Nrf2/Keap1-ARE pathway (*keap1* and *nrf2*), glutathione peroxidase 4a and glutathione peroxidase 4b (*gpx4a* and *gpx4b*), and the enzymes glutathione synthetase (*gs*) and glutathione reductase (*gr*). I found that different doses of single per os AFB1 loading in carp livers resulted in a dose-dependent activation of *keap 1* and *nrf2* gene expression after initial inhibition. The expression of *gpx4a* and *gpx4b* genes was induced in a dose-dependent manner

following an initial inhibition at the highest dose, which correlated with the activation of the Keap1-Nrf2-ARE pathway. Expression of the *gs* gene was induced at all doses after an initial inhibition at hour 16 following the highest dose. Expression of the *gr* gene was induced at hour 16 after initial inhibition at medium and high doses. Here again, activation of the Keap1-Nrf2-ARE pathway is assumed. Expression of the *gr* gene at the lowest dose exceeded the control value by hour 16. In response to a single per os STC load at different doses, there was an initial inhibition of *nrf2* gene expression at the low dose. Then activation at each dose was applied, but the initial inhibition was shorter than for AFB1. *Keap1* gene expression increased at 8 h for low and medium doses and then exceeded the control value at 24 h for all but the lowest dose. Expression of the *gpx4a* gene was induced after initial inhibition at low and high doses, which was more pronounced than for AFB1 and correlated with activation of the Keap1-Nrf2-ARE pathway. Expression of the *gpx4b* gene was higher than control at the low dose at 8 h and then at 16 and 24 h for all doses. The *gs* and *gr* genes were induced after initial inhibition, which was more pronounced than AFB1. I found that a single per os co-exposure to different doses of AFB1 and STC resulted in a greater activation of the *nrf2* gene than when the two mycotoxins were administered alone, suggesting a synergistic effect. *Keap1* gene expression exceeded that of the control at 16 and 24 h. The expression of the *gpx4a* gene was inhibited by co-exposure at all three sampling time points, while the expression of the *gpx4b* gene increased at 8 and 24 h. The expression of *gs* and *gr* genes showed moderate inhibition after initial activation, suggesting a likely synergistic effect between the mycotoxins used.

A DDGS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A HAZAI AKVAKULTÚRÁBAN

RÉVÉSZ NORBERT

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Hegyi Árpád PhD, Jakabné Sándor Zsuzsanna PhD

A növekvő népesség számára megfelelő mennyiségű állatieredetű fehérje biztosításához és a haltenyésztés költségeinek egyidejű csökkentéséhez tudományos kutatómunkára és innovatív megoldásokra van szükség. Az akvakultúra termeléshez szükséges teljes értékű és kiegészítő takarmányok gyártása nagymértékben függ a tengeri erőforrásoktól, főleg a hallisztban és halolajban található omega-3 zsírsavak szempontjából. A szója alapú fehérje ellátás úgy csökkenthető, ha növeljük a takarmány alapanyagok, ezen belül a melléktermékek emészthetőségét. Nagy energia-, közepes fehérje- és jól emészthető foszfortartalma miatt a kukoricatörköly (Dried Distiller's Grain with Solubles - DDGS) ígéretes alternatív takarmányalapanyag, amely alkalmas részlegesen kiváltani a tradicionális energiahordozókat (kukorica), fehérjeforrásokat (halliszt, szója) és foszforforrásokat (MCP, DCP). A DDGS megfelelő arányú bekeverése kiváló egészségi állapotot, jó növekedési teljesítményt és termékminőséget eredményezett a korábban vizsgált halfajokban. Kutatásai fő célja a DDGS alkalmazhatóságának vizsgálata volt legfontosabb édesvízi halfajaink

takarmányozásában. Vizsgáltam a DDGS látszólagos emészthetőségét pontyban (*Cyprinus carpio* L.) és európai harcsában (*Silurus glanis* L.) majd az emészthetőség függvényében optimális DDGS tartalmú teljes értékű takarmányokat alakítottam ki és teszteltem takarmányozási kísérletekben. Vizsgáltam a növekedésre, takarmányhasznosításra, táplálóanyagfelvételre, anyagcserére és az egészségre gyakorolt hatásokat. Félüzemi kísérletben vizsgáltam a félintenzív technológiával nevelt pontyállomány termelési paramétereit, húsminőségét és a termelés költséghatékonyosságát optimális DDGS tartalmú takarmány etetése mellett. Megállapítottam, hogy ponty esetében a DDGS tartalmú takarmány szárazanyag és fehérje emészthetősége a víz hőmérséklet növekedésével csökkent, amely megerősíti a hőmérséklet és emészthetőség közti közvetlen összefüggést. Számszerűsítettem a DDGS látszólagos emészthetőségi mutatóit pontyban, amelynek alapján megállapítottam, hogy a DDGS nyersfehérje emészthetősége jó, ezért alternatív fehérjeforrásként eredményesen alkalmazható a pontytakarmányozásban. Megállapítottam továbbá, hogy a kukorica DDGS jól emészthető foszforforrást jelent a ponty számára. Meghatároztam továbbá a DDGS látszólagos emészthetőségi mutatóit európai harcsában, amelynek alapján megállapítottam, hogy a ragadozó harcsa DDGS emészthetősége kisebb, mint a pontyé. Ennek alapján elmondható, hogy mindenevő a ponty eredményesebben hasznosítja a 40% DDGS tartalmú takarmányt. Igazoltam, hogy a harcsa növekedési üteme nem változott 30 % DDGS tartalmú takarmány etetésének hatására. A hozzáférhető foszfor mennyisége is nőtt a takarmány DDGS tartalmának függvényében, amely előnyös lehet a foszforfelvétel és a foszfor ürítés szempontjából. A DDGS tartalmú takarmány nem volt negatív hatással a filé kihozatalra és a húsminőségre. Gazdasági számításokkal pedig jobb pénzügyi teljesítményt figyeltem meg a DDGS-re alapozott összetett takarmány tavi etetésénél.

ASSESSING THE APPLICABILITY OF DDGS IN THE HUNGARIAN AQUACULTURE

NORBERT RÉVÉSZ

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisors: Árpád Hegyi PhD, Zsuzsanna Jakabné Sándor PhD

Scientific research and innovative solutions are needed to provide sufficient animal protein for a growing population while reducing the cost of fish farming. The production of complete and complementary feeds for aquaculture production depends on marine resources, especially for omega-3 fatty acids in fishmeal and fish oil. Soya-based protein supply can be reduced by increasing the digestibility of feed materials, including by-products. Due to its high energy, medium protein, and digestible phosphorus content, Dried Distiller's Grain with Solubles (DDGS) is a promising alternative feed material that can partially replace traditional energy sources (maize), protein sources (fishmeal, soybean) and phosphorus sources (MCP, DCP). Incorporating DDGS in the right proportions has resulted in excellent health, good growth performance, and product quality in the fish species previously

studied. The main objective of his research was to investigate the applicability of DDGS in feeding our most important freshwater fish species. I have investigated the apparent digestibility of DDGS in carp (*Cyprinus carpio* L.) and European catfish (*Silurus glanis* L.) and developed and tested feed formulations with optimal DDGS content in feed trials as a function of digestibility. Effects on growth, feed conversion, nutrient uptake, metabolism, and health were investigated. In a semi-industrial experiment, I investigated the production parameters, meat quality, and cost-effectiveness of semi-intensive carp stock fed with optimal DDGS feed. I found that the dry matter and protein digestibility of DDGS feed decreased with increasing water temperature in carp, confirming a direct correlation between temperature and digestibility. I have quantified the apparent digestibility of DDGS in carp, concluding that DDGS has good crude protein digestibility and can therefore be used effectively as an alternative protein source in carp diets. I also found that maize DDGS is a well-digestible source of phosphorus for carp. I have also determined the apparent digestibility of DDGS in European catfish, which indicates that the DDGS digestibility of predatory catfish is lower than that of carp. This suggests that omnivorous carp are more efficient utilizers of diets containing 40% DDGS. I confirmed that the growth rate of catfish did not change when fed diets containing 30% DDGS. The amount of available phosphorus also increased as a function of the DDGS content of the diet, which may be beneficial for phosphorus uptake and excretion. The DDGS feed did not have a negative effect on fillet yield and meat quality. And using economic calculations, I observed better financial performance for pond feeding of compound feed based on DDGS.

NAGY JELENTŐSÉGGEL BÍRÓ MIKOTOXINOK DNS-RE ÉS A KÁROSODÁST JAVÍTÓ ENZIMRENDSZER EGYES GÉNJEINEK EXPRESSZIÓJÁRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA TYÚK ÉS PONTY FAJOKBAN

SZABÓ RUBINA TÜNDE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezetők: Kovács-Weber Mária PhD, Kovács Balázs PhD

Mikotoxinok a penészgombák másodlagos anyagcseretermékei, amelyek szántóföldön, a raktározás során és a teljes élelmiszerláncban jelen vannak. Hatásaik számos specifikus és nem specifikus tünet kialakításával hozhatók összefüggésbe. Az egyik gyakori hatás oxidatív stressz kialakulása és az antioxidáns védőrendszer károsodása, amely jellemző a trichotecénvázis mikotoxinokra (DON, T-2), illetve az aflatoxinra egyaránt. Az oxidatív stressz hatását a DNS szintjén is tapasztalhatjuk, ám ezek kapcsoltágára, együttes vizsgálatára eddig kevés kísérlet irányult. Genotoxikus anyagok vizsgálata során elterjedt módszer a comet assay, amely szinte minden állatfajban és szövettípusban alkalmazható. Célom az eredetileg humán sejtvonalak vizsgálatára kifejlesztett LORD-Q PCR módszer adaptálása tyúk és ponty fajok mikotoxin okozta DNS károsodásának vizsgálatára. A DNS károsodások javításáért a DNS javító rendszer felelős, amely számos útvonalon keresztül végzi a károsodásra specifikus javítást. A DNS javító mechanizmusok

összefüggéseiről kevés ismerettel rendelkezünk, ezért célom volt ezen összefüggések felderítése is molekuláris szinten. Doktori munkám során felmértem a DON, a T-2, aflatoxin B1 és a szterigmatocisztin mikotoxinok DNS károsító hatását ponty, illetve T-2, aflatoxin B1 és a szterigmatocisztin esetében tyúk fajban. A vizsgálatokhoz egy, mind a négy mikotoxin hatásának vizsgálatához alkalmas hatékony, PCR alapú módszer adaptáltam mindkét faj esetében, továbbá célom volt a módszer összevetése a comet assay-vel. További célom volt feltérképezni a DNS javító mechanizmusok változását, ezzel képet kapni a vizsgált mikotoxinok DNS javító génekre gyakorolt hatásáról. Ehhez célom volt a DNS javításban szerepet játszó gének kiválasztása majd a génexpresszió vizsgálatához az rtPCR optimalizálása. Vizsgálataim során sikeresen adaptáltam a comet assay-t tyúk faj májsejtjeire és meghatároztam az optimális sejtsűrűséget. Comet assay-vel kimutattam a T-2 toxin DNS károsító hatását. Emellett sikeresen adaptáltam és elsőként alkalmaztam a LORD-Q PCR technikát ponty és tyúk fajokra.

Kimutattam, hogy DON és T-2 mikotoxinok hatására léziók alakultak ki a ponty genomjában, ám az idő előrehaladtával csökkenő tendencia volt megfigyelhető a léziók számában mindkét mikotoxin esetében. Sikeresen optimalizáltam eljárást OGG1, HSP70, p53, GADD45 α gének vizsgálatához ponty fajban, amelyeket sikeresen alkalmaztam az aflatoxin B1 és szterigmatocisztin hatásvizsgálata során. Sikeresen optimalizáltam kimutatási eljárást a RAD51, GADD45 β , REV1, BRCA2, MSH6, XPA gének vizsgálatához tyúk fajban, amelyeket sikeresen alkalmaztam az aflatoxin B1 és a szterigmatocisztin hatásvizsgálata során. Megállapítottam, hogy az aflatoxin B1 mindkét fajban expresszió csökkenést eredményezett a vizsgált génekben, tyúk fajban pedig szignifikáns mértékű léziószám növekedést. Megfigyeltem, hogy pontyban a szterigmatocisztin változóan befolyásolja a vizsgált gének expresszióját, de dózisfüggő összefüggés nem volt kimutatható. Tyúk fajban a szterigmatocisztin is léziókat alakított ki és befolyásolta a vizsgált gének expresszióját. Szövetteni vizsgálatokkal megállapítottam, hogy az aflatoxin B1 nagyobb mértékű elváltozásokat okozott a szterigmatocisztinhez képest a májban.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF IMPORTANT MYCOTOXINS ON DNA AND THE EXPRESSION OF CERTAIN ELEMENTS OF DAMAGE REPAIR ENZYME SYSTEMS IN CHICKEN AND COMMON CARP

RUBINA TÜNDE SZABÓ

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisors: Mária Kovács-Weber PhD, Balázs Kovács PhD

Mycotoxins are secondary metabolites of moulds present in fields, during storage, and throughout the food chain. Their effects are associated with the development of many specific and non-specific symptoms. One of the common effects is the development of oxidative stress and damage to the antioxidant defence system, which is characteristic of both trichothecene mycotoxins (DON, T-2) and aflatoxins. The effects of oxidative stress can also be observed at the DNA level, but few attempts have been made to investigate these two factors'

relationship and interaction. The comet assay is a widely used method for genotoxic substances and can be applied to almost all animal species and tissue types. I aim to adapt the LORD-Q PCR method, originally developed for studying human cell lines, to study mycotoxin-induced DNA damage in chicken and carp species. DNA damage repair is the responsibility of the DNA repair system, which carries out damage-specific repair through several pathways. Little is known about the interrelationships between DNA repair mechanisms, and I aimed to explore these interrelationships at the molecular level. I assessed the DNA damaging effects of the mycotoxins DON, T-2, aflatoxin B1, and sterigmatocystin in carp and T-2, aflatoxin B1, and sterigmatocystin in chick species. For the studies, I adapted an efficient PCR-based method to investigate the effects of all four mycotoxins in both species and aimed to compare the method with the comet assay. A further aim was to map the changes in DNA repair mechanisms and thus gain insight into the effects of the mycotoxins tested on DNA repair genes. For this purpose, I aimed to select genes involved in DNA repair and then optimize rtPCR for gene expression analysis. I successfully adapted the comet assay to the liver cells of chicken species and determined the optimal cell density. Using comet assay, I detected the DNA-damaging effect of the T-2 toxin. I also successfully adapted and applied the LORD-Q PCR technique to carp and hen species for the first time. I have shown that DON and T-2 mycotoxins induced lesions in the carp genome, but a decreasing trend in lesions was observed over time for both mycotoxins. I have successfully optimized a procedure for analysing OGG1, HSP70, p53, and GADD45 α genes in carp species, which I have successfully applied to analyse the effects of aflatoxin B1 and sterigmatocystin. Successfully optimized detection procedures for RAD51, GADD45 α , REV1, BRCA2, MSH6, and XPA genes in hen species were used in aflatoxin B1 and sterigmatocystin effect assays. I found that aflatoxin B1 decreased the expression of the genes tested in both species and showed a significant increase in lesion number in chickens. I observed that in carp, sterigmatocystin had a variable effect on the expression of the genes tested, but no dose-dependent relationship was detected. In chickens, sterigmatocystin also formed lesions and affected the expression of the genes tested. Through histological studies, it was found that aflatoxin B1 caused greater lesions in the liver compared to sterigmatocystin.

IN VITRO GÉNMEGŐRZÉSI MÓDSZEREK FEJLESZTÉSE LÚD (*ANSER ANSER DOMESTICA*) FAJBAN KORAI EMBRIONÁLIS SEJTEK FELHASZNÁLÁSÁVAL

SZTÁN NIKOLETTA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola
Témavezetők: Várkonyi Eszter CSc, Hidas András CSc

Az állati termékelőállítás növelésére irányuló intenzív szelekció és a nagy húskihozattal célzó keresztezési programok a baromfitenyésztésben a génállomány eróziójához vezettek. A genetikai diverzitás csökkenésének egyik oldala, hogy az intenzív fajták térhódításával háttérbe szorulnak az őshonos fajták. Az értékes allélok elvesztésének és a genetikai diverzitás beszűkülésének megakadályozására több megoldás is rendelkezésre áll, de ezek nagy része élő állományok fenntartása során veszélyeknek vannak kitéve, így az értékes populációk hosszútávú megőrzésére nem alkalmasak. Emiatt *ex situ*, *in vitro* génbankok kialakítása és fenntartása is szükséges. Madaraknál a nőivar a heterogametikus, így a W kromoszóma, valamint a mitokondriális DNS genetikai anyaga csak a nőivar génmegőrzésbe történő bevonásával oldható meg. Erre megoldást kínál az őssejtek tárolása, majd azok recipiens egyedekbe történő beültetése. Ezen egyedek egymással, vagy donor fajtával történő visszakeresztezésével visszanyerhető a kívánt genotípus. Házityúkban az ősvarsejtek izolálása és hosszú távú fenntartása már kidolgozott, amely alapul szolgálhat az ősvarsejtekkel történő manipulációkra más madárfajban is. A sejtvonalak fenntartásához, az ősvarsejtek donor embrióból való kinyerésének, tisztításának és felsokszorosításának nagy az infrastruktúra- és képzett humán-erőforrás-igénye. A blasztodermális eredetű őssejtek korai embrióba történő injektálásának kisebb a hatékonysága az ivarszervi kiméra-előállítást illetően, ezért célom volt a két módszert ötvözve kidolgozni egy olyan új technikát, amelyben blasztodermális sejtszuspenziót injektálok 3 napos lúdembrió véráramába abban az időszakban, amikor az ősvarsejtek vándorlása megtörténik az embrionális ivarszervekbe. Ehhez célom volt behatárolni a lúd embriófejlődésének azt az időszakát, amikor az ősvarsejtek vándorolnak az embrióban. Immunfestéssel volt célom bizonyítani, hogy a blasztodermális sejtszuspenzió ősvarsejteket tartalmaz és a megfelelő fejlettségű lúdembrió véráramában valóban vándorolnak a PG sejtek. Célom volt vizsgálni az injektálási módszer embriófejlődésre gyakorolt káros hatásait, továbbá elhalt embriókon és a kikelt naposlibákon mikroszatellit marker analízis segítségével megállapítani, hogy a recipiens embrióban vagy kislibában jelen vannak a donor sejtek. Végül célom volt vizsgálni, hogy a keltetés hányadik órájában végzett injektálás a leghatékonyabb a kiméra előállítás szempontjából. Megállapítottam, hogy a magyar lúd embriók a kritikus fejlődési stádiumot 69-84 óra inkubálás után érik el, ezért ez az az időszak, amikor a leghatékonyabb az őssejtek bejuttatása. Ősvarsejt-specifikus immunfestéssel igazoltam, hogy a frissen tojt lúdtojásból kinyert blasztodermális sejtszuspenzió ősvarsejteket is tartalmaz. Ősvarsejt-specifikus immunfestéssel igazoltam, hogy a 69-84 órát inkubált embrió véráramában vándorló ősvarsejtek találhatóak. Új kiméra előállítási módszert dolgoztam ki a blasztodermális sejtek intrakardiális injektálásra 3 napos embrió

szívcsövébe, amely költségghatékony, nem igényel bonyolult és drága felszereltséget. Megállapítottam, hogy az injektlás optimális időszaka lúd fajban 74-76 óra inkubációs idő közé tehető. Az általam kidolgozott módszer segítségével ivarszervi kiméra egyedeket állítottam elő magyar lúd fajtában, amelyet molekuláris genetikai markerek segítségével igazoltam.

DEVELOPMENT OF *IN VITRO* GENE CONSERVATION METHODS IN GOOSE SPECIES (*ANSER ANSER DOMESTICA*) USING EARLY EMBRYONIC CELLS

NIKOLETTA SZTÁN

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science
Supervisors: Eszter Várkonyi CSc, András Hidas, CSc

Intensive selection to increase animal production and crossbreeding programs for large meat imports have led to genetic erosion in poultry breeding. One aspect of the loss of genetic diversity is that indigenous breeds are being marginalized as intensive breeds become more widespread. Several solutions are available to prevent the loss of valuable alleles and the decline in genetic diversity. Still, most of these are at risk when maintaining living populations and are not suitable for the long-term conservation of valuable populations. For this reason, *ex-situ*, *in vitro* gene banks must be established and maintained. In birds, the female is heterogametic, so the genetic material of the W chromosome and mitochondrial DNA can only be solved by including the female in gene conservation. This can be achieved by storing stem cells and transplanting them into recipient individuals. The desired genotype can be recovered by backcrossing these individuals with each other or with a donor species. The isolation and long-term maintenance of stem cells in domestic fowl have been developed and can serve as a basis for stem cell manipulations in other avian species. Extracting, purifying, and replicating stem cells from donor embryos requires a large infrastructure and skilled human resources to maintain cell lines. Injection of blastodermal-derived stem cells into early embryos is less efficient for germline chimera production, and I aimed to combine the two methods to develop a new technique in which blastodermal cell suspensions are injected into the bloodstream of 3-day-old goose embryos during the period when stem cell migration into embryonic germlines occurs. To do this, I aimed to delimit the goose's embryonic development period, during which stem cells migrate in the embryo. I aimed to demonstrate by immunostaining that the blastodermal cell suspension contains stem cells and that PG cells are indeed migrating in the bloodstream of a properly developed goose embryo. Finally, I aimed to investigate which hour of hatching the injection is most efficient for chimera production. I have found that Hungarian goose embryos reach the critical developmental stage after 69-84 hours of incubation, and this is the period when stem cell introduction is most effective. Using stem cell-specific immunostaining, I have demonstrated that the blastodermal cell suspension extracted from freshly hatched goose eggs contains stem cells. Using stem cell-specific immunostaining, I have demonstrated that migrating stem cells are present in the bloodstream of

embryos incubated for 69-84 hours. I have developed a new chimera production method for intracardiac injection of blastodermal cells into the heart tubes of 3-day-old embryos that is cost-effective and does not require complex and expensive equipment. I found that the optimal time for injection in goose species is 74-76 hours of incubation time. I developed a method to produce germplasm chimeras in Hungarian goose breeds, which I verified using molecular genetic markers.



MAGYAR NEMZETI
VIDÉKI HÁLÓZAT

EGYÜTT A MAGYAR VIDÉKÉRT!



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió

Európai Mezőgazdasági
Vidékfejlesztési Alap



A VIDÉKI TÉRSÉGEKBE BERUHÁZÓ EURÓPA



- › VIDÉKFEJLESZTÉS
- › AGRÁRSZAKKÉPZÉS
- › TERMÉSZETMEGŐRZÉS
- › KÖRNYEZETVÉDELEM

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

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

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

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

Szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): HORN Péter (Kaposvár)

MANABE, N. (Japán),

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

ANTON István (Herceghalom),

BALOGH Krisztián (Gödöllő),

BODÓ Imre (Szentendre),

DUBLECZ Károly (Keszthely),

HIDAS András (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

PÓTI Péter (Gödöllő),

RÁTKY József (Budapest),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

URBÁNYI Béla (Gödöllő),

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

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

Felelős kiadó (Publisher): Bozay 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: Zemplén-Vektor Kft., 3900 Szerencs, Csalogány köz 5.