

# ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 61.

NUMBER 2.

Mosonmagyaróvár  
2020



SZÉCHENYI  
EGYETEM  
UNIVERSITY OF GYŐR





# ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



Mosonmagyaróvár

VOLUME 61.

NUMBER 2.

2020

**SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY**  
Faculty of Agricultural and Food Sciences  
Mosonmagyaróvár  
Hungary

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

Közleményei

**Volume 61. Number 2.**

**Mosonmagyaróvár**

**2020**

**Editorial Board/Szerkesztőbizottság**

Bali Papp Ágnes Jolán PhD	Pinke Gyula DSc
Hanczné Dr Lakatos Erika PhD	Reisinger Péter CSc
Hegyí Judit PhD	Salamon Lajos CSc
Kovács Attila József PhD	<u>Schmidt János MHAS</u>
Kovácsné Gaál Katalin CSc	Schmidt Rezső CSc
Manninger Sándor CSc	Szalka Éva PhD <i>Editor-in-chief</i>
Molnár Zoltán PhD	Varga László DSc
Nagy Frigyes PhD	Varga-Haszonits Zoltán DSc
Neményi Miklós MHAS	Varga Zoltán PhD
Ördög Vince DSc	

**Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai**

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 61. No. 2.

Bernáth Jenő, Egri Borisz, Gáspárdy András, Gócza Elen, Gulyás László, Keszthelyi Sándor, Prokisch József, Sipos Kitti, Szabó Ferenc,

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 61. No. 2.

**Cover design/Borítóterv:** Andorka Zsolt © 2000  
Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

**Address of editorial office/A szerkesztőség címe**  
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.



## A NORMANDE FAJTA SZEREPE, JELENTŐSÉGE FRANCIAORSZÁGBAN

TŐZSÉR JÁNOS<sup>1</sup> – HOLLÓ GABRIELLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet,  
Gödöllői Campus,

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet,  
Kaposvári Campus,

### ÖSSZEFOGLALÓ

Ebben a tanulmányban a szerzők célja volt, hogy röviden bemutassák a normande szarvasmarha fajtát, beleértve a fajta jellemzését, a tej és a hústermelőképességének leírását, valamint összefoglalják az ezzel a fajtával végzett vizsgálatok eredményeit. A normande fajta Franciaország kettős-hasznú szarvasmarha fajtája, az északnyugat-franciaországi Normandia régióból. Elsősorban a teje miatt tartják, de a fajta alkalmas marhahús előállítására is. A normande fajta teje gazdag beltartalmú, különösen kiemelkedő a fehérjetartalma. A fajta termelése jelentősen hozzájárul a Camembert, a Pont l'Évêque és a Livarot világhírű oltalom alatt álló eredetmegjelölésű sajtok előállításához. A tenyésztési program elsődleges célja a tejtermelés növelése a magas fehérjetartalom fenntartása mellett. A tenyésztési program emellett más részcélokat is tartalmaz pl. a funkcionális tulajdonságok (tőgy, láb, szomatikus sejttség) javítása. A normande világon elterjedt szarvasmarhafajta, több országba exportálták, és a fajta létszáma az EU tagállamaiban is folyamatosan növekszik. Ezen kívül, nagy állományok vannak Dél-Amerikában, különösen Kolumbiában.

**Kulcsszavak:** normande fajta, fajta leírás, értékmérő tulajdonságok, szelekciós index.

## BEVEZETÉS

A 18. században Franciaországban, a Cauchoise (kushoház), az Augeronne (uzsron) és a Cotentine (kontantin) fajtákat jó fűvű, mérsékelt éghajlatú területeken nevelték, valamint a kotentini mocsaras területeken és a normann dombokon is tartották, ahol a takarmány egész évben rendelkezésre állt. A normande fajta eredete ezekre az ősi fajtákra vezethető vissza. A normande fajtát tartók kezdettől fogva felismerték a fajta két jellegzetes tulajdonságát: a teje kiváló a puha sajtokat készítésére, illetve a húsa márványozott.

A normande fajta történetének fő dátumai az alábbiak:

- 1836 -tól a durham fajta (angol) felhasználása a tenyésztésben a koraérés és a testfelépítés javítása érdekében,
- 1877-1928 -ban a normande fajtát Dél-Amerikába exportálják,
- 1883 -ban a genealógiai információk megnyitása és az első normandiai törzskönyv létrehozása,
- 1914 -ben az első tejtermelés ellenőrző szervezet létrehozása (Seine-Maritime)
- 1946 -ban normande tehéneken az első mesterséges termékenyítés Franciaországban (a Loupe központban)
- 1952 -ben tesztállomás létrehozása a normande bikák vizsgálatára
- 1958 -ben a Nemzeti Felvásárlási Csoport létrehozása
- 1976 -ban a Nemzeti Normande Szarvasmarha fajta Szelekciós és Promóciós szervezetének létrehozása
- 1986 -ban a Génétique Normande Avenir szervezet megalapítása
- 2000-ben a normande fajta terjedése Dél-Amerikában, az USA-ban és Kelet-Európában (*https-1*).

## A FAJTA JELLEMZÉSE

A normande egy kettős hasznosítású fajta, amely lehetővé teszi a tenyésztők számára a minőségi, fehérjében gazdag tej, valamint olyan marhahúst előállítását, ami az íze és a márványozottsága miatt elismert a piacon.

A normande fajta Franciaországban főleg a Grand-Ouest régióban honos, de megtalálható az Ardennektől a Pireneusokig. A normande tehén tejösszetételének nagy szerepe van a normandiai tej- és tejtermékek (Camembert de Normandie, Livarot, Pont-L'évêque, Neufchâtel, Isigny tejszín és vaj) ismertségében a világon.

Tejtermelési- és a gazdasági teljesítményén túl a normande fajta megtartotta azokat az ún. funkcionális képességeket - jó termékenység, hosszú élettartam, könnyű ellés és kezelhetőség -, amelyek biztosítják a tenyésztés gazdaságosságát és segítik a tenyésztők munkáját.

A hímváru egyedek borjúként, fiatal növendékbikaként vagy tinóként kerülnek a piacra. A tehenek, még több laktáció után is, ízletes húsról és márványozottságukról ismertek a fogyasztók körében (*https-2*).

#### *A fajta rámája*

- Marmagasság: tehén 144 cm, bika 155 cm
- Kifejlettkori élő súlya: tehén 700-800 kg, bika 900-1100 kg (*1.-2. kép*)

#### *A fajta küllemi leírása*

- Fej: A normandiai tehén gyakran jellegzetes "ókulát" visel, domború homlokú és általában háromszög alakú fejjel bír, tágasan elhelyezkedő szemekkel.
- Test: A test hosszú és terjedelmes, ennél fogva a fajta jó takarmányfelvevő képességű és jól értékesíti a fűvet. A szárazon álló tehenek bordáit izomzat fedti.
- Színezet: Szörköntöse három színű lehet: fehér (vagy fűrj), barna (szőke) és majdnem fekete (csíkos). A domináns színtől függően a tehenek színét fűrjnek, szőkének vagy csíkosnak hívják. "Fűrj" szörzet jellemzői: fehér háttér színes foltokkal tarkítva. "Szőke" szörzet jellemzői: egy nagy szőke színű folt borítja a tehén szinte teljes testét, a has fehér marad. "Csíkos" szörzet jellemzői: egy nagy csíkos folt borítja a tehén szinte teljes testét, a has itt is fehér marad. A normand fajta fehér fejű, a szem körül leggyakrabban foltok ("ókula") jellemzők, de a pofán is, amelyek ellenállnak a napfénynek (*https-1*).

*A fajta főbb számadatai*

- Aktív populáció létszáma: 810.000 tehén, amelyből 289.946 egyed termelésellenőrzött,
- Laktációs tejtermelés 2019 évben: 6643 kg tej, 4,25 % tejszír, 3,48 % tejfehérje,
- Hasított felek súlya: 17 hónapos növendékbika: 370 kg, selejt tehén:380 kg, tinó: 400 kg (*https-2, Hurtaud 2020*).



Forrás: <https://www.pinterest.fr/pin/796363146578320482/>

*1.kép: Normande tehén*  
*Picture 1. Normande cow*





Forrás: <http://164.177.30.40/Normande,364.html>

2.kép: Normande bika (Uvray)

Picture 2: Normande bull (Uvray)

## A FAJTA TEJÉNEK SAJÁTÓSÁGAI

### *A tejsír jellemzői*

*Ferlay és mtsai* (2006) kimutatták, hogy a tarentaise tejelő tehenekben kisebb mértékű volt a lipolízis, a montbéliarde tejelő tehenekhez képest. *Vanbergue et al.* (2017) azt igazolták, hogy a normann tejelő tehenek kevésbé voltak fogékonyak a spontán lipolízisre, mint a holstein-frízi fajtájúak. A normande fajta tejének fontos jellemzője, hogy a zsírcseppek nagyobbak, mint más fajtánál. A fajta hatásának magyarázatai azonban kevésbé kerültek leírásra és ellentmondásosak is az irodalomban. *Hurtaud* (2020) úgy véli, a fajta kevésbé befolyásolja a tej zsírsavprofilját. A vizsgálatok szerint nagy az egyedi variancia a zsírsavprofil tekintetében, valamint kimutatták, hogy a normande fajtában csökken a C16: 1/C16: 0 arány, a  $\Delta 9$  deszaturációja miatt.

*A tej fehérjéinek variánsai*

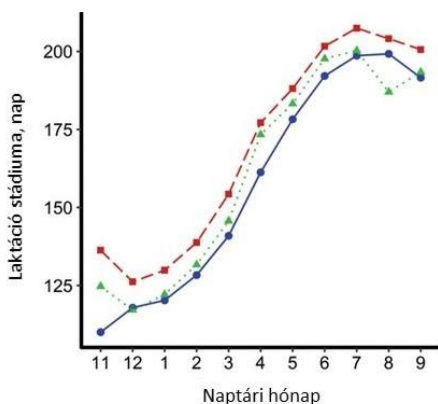
A tehéntejben a különböző kazein frakciók nagyon fontosak. A normande fajtában  $\alpha_{S1}$ -kazein esetében a B típus aránya a meghatározó 81%-kal. Az  $\alpha_{S2}$ -kazein tekintetében a fajta minden egyede az A típust hordozza. A fajtában a  $\beta$  kazeinek aránya az alábbi: A1 20%, A2 32%, A3 2%, B 45% és C 1%. A  $\kappa$ -kazein típusait tekintve az A változat 34%-ot, a B típus pedig 66%-ot képvisel. A  $\beta$ -laktoglobulinban a B variáns gyakorisága nagyobb (52%), mint az A változat gyakorisága. Az  $\alpha$ -laktalbumin vonatkozásában a B típus aránya 100%-os (Hurtaud 2020). Előnyös a fajtában az, hogy a tehenek 62%-a  $\beta$  kazein esetében az A2A2 típust mutatja. Az is egyértelmű, hogy a sajtgyártás szempontjából kiemelt fontosságú a fajta tejében a  $\kappa$ -kazein B és  $\beta$ -laktoglobulin B variánsok kedvező aránya.

*A tej Ca tartalma*

Govignon -Gion et al. (2015) vizsgálatai szerint a normande fajtájú tehenek tejének Ca tartalma nagyobb (1315 mg/kg), mint a holstein-fríz (1220 mg/kg) és a montbéliarde (1239 mg/kg) teheneké. A nemesítés hatékonysága szempontjából fontos eredmény, hogy a tej Ca tartalmának öröklődhetősége a normande fajtában ( $h^2=0,74$ ) jibb, mint a holstein-frízben ( $h^2=0,40$ ) és a montbéliardban ( $h^2=0,70$ ).

A tehenek laktációs napjainak alakulását hónaponként, a holstein (piros szaggatott vonal), a montbéliarde (kék folytonos vonal) és normande (zöld szaggatott vonal) fajták esetében az 1. ábra mutatja (Gaignon et al. 2018).

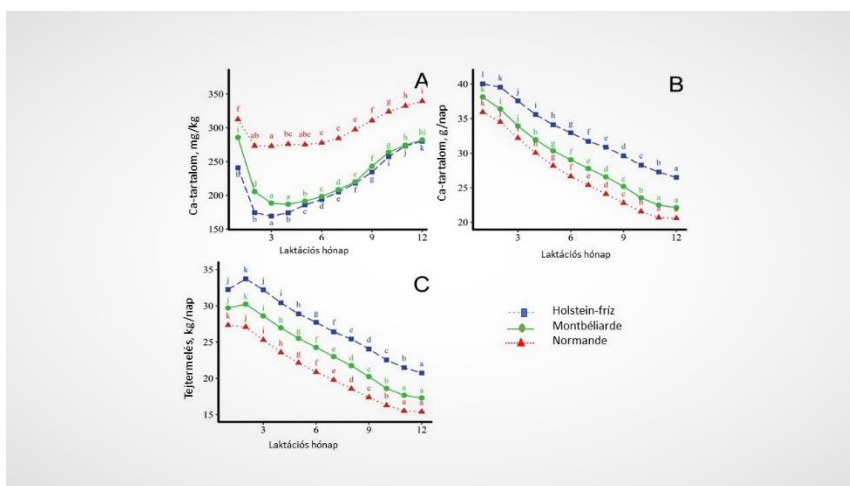
Gaignon et al. (2018) vizsgálata szerint, az egyes fajtákon belül, a Ca-tartalmat befolyásolta a laktáció szakasza (2. ábra) (holstein-fríz esetében Effect Size: ES = 0,33, a montbéliarde esetében 0,35, normande esetében 0,21;  $P < 0,0001$ ), ugyanakkor a laktáció hónapjai között jelentős volt a variancia. A tej Ca tartalmát bemutató görbék hasonlóak voltak a fajták között, de az amplitúdók különböztek egymástól. A normande fajta görbéje minden mérési pontban felülmúlta a másik két fajta tejének Ca tartalmát, tehát kifejezett fajta hatás mutatkozott.



(Holstein (▪), Montbéliarde (•) Normande (▲))

Forrás: Gaignon és mtsai, 2018

1. ábra: Holstein, montbéliarde és normande tehének laktációs napjai  
Figure 1. Lactation stages of Holstein, Montbéliarde and Normande cows



A betűk (a – l) jelzik a fajtán belüli laktációs szakaszok összehasonlításának eredményeit; a különböző betűk a Ca-tartalom jelentős különbségét jelzik ( $P < 0,001$ ). Letters (a–l) indicate the results of comparison between the stages of lactation within a breed; different letters indicate significant differences in Ca content ( $P < 0.001$ ).

2. ábra: A laktáció szakaszának hatása az egyes fajtákban (holstein:▪, montbéliarde:•, normande:▲) a tej Ca-tartalomra (A), a tejben naponta kiválasztódó Ca mennyiségére (B) és a napi tejtermelésre (C) a fajtákban

Figure 2: Effect of the stage of lactation, within each breed, on (A) milk Ca content, (B), amount of Ca secreted daily in milk and (C) daily milk production for Holstein (▪), Montbéliarde (•),

and Normande (▲).

## A TEJFELDOLGOZÁS HATÁSA

*Hurtaud* (2020) munkájából is tudjuk, hogy a normande tehén tejének használatakor javult az sajthozam és hatékonyabb lett az oltás. Fontos megállapítás, hogy fajtának nincsen hatása a tej hőstabilitására. A fajtának ugyancsak nincs befolyása a vaj paramétereire, de a vaj sárgább a normande fajta esetében. A normande fajtát hosszú ideig legeltetik, így a zöld növényzet nagyobb karotin tartalma sárgává teszi a tejsírt és a belőle készített vaját.

## A FAJTA, MINT KERESZTEZÉSI PARTNER

*Heins et al.* (2011) egy érdekes vizsgálatot végeztek Kaliforniában, hat tenyészetben. Fajtatiszta holstein-fríz tehenek (HF, n=416) túlélési arányát, hasznos élettartamát és jövedelemtermelő képességét hasonlították össze, holstein-fríz x normande (HFxNO, n=251), holstein-fríz x montbéliarde (HFxMO, n=503), holstein-fríz x skandináv vörös (HFxSV, n=321) tehenekhez képest. Főbb eredményeiket az alábbiakban összegeztük:

- A HFxNO (1,2%), a HFxMO (2,0%) és a HFxSV tehenek esetében (1,6%) lényegesen kevesebb volt az elhullás, mint a fajtatiszta holstein-fríz teheneknél (5,3%) az első laktációban.
- Valamennyi keresztezett csoportban lényegesen több volt a második, harmadik és negyedik alkalommal ellő tehenek száma és átlagos túlélése 300-400 nappal volt hosszabb, mint holstein-frízeké.
- A keresztezett tehenek az élettartamuk alatt több tejsírt és tejfehérjét termeltek, mint a holstein-fríz állomány.
- A HFxNO tehenek, tehenenként 26%-kal nagyobb, várható élettartamra jutó profitot állítottak elő, de 6,7%-kal kevesebb életnapra jutó nyereséggel, mint a fajtatiszta holstein-fríz állomány.
- A HFxMO és a HFxSV állományok esetében viszont 50 illetve 44%-kal nagyobb, az egy tehenre vonatkoztatott várható élettartamra jutó profit, és az életnapra jutó nyereség is 5,3 illetve 3,6%-kal volt kedvezőbb.

A kísérletről megállapítható, hogy a holstein-fríz fajtának jó keresztezési partnerei lehetnek a normande, a montbéliarde és a svéd vörös fajta.

## A FAJTA HÚSTERMELŐ KÉPESSÉGÉNEK FEJLESZTÉSE

### *A normande tehentől származó hús értékelése az ágazatban*

Az alábbi területek tartják fontosnak (*Denoyelle és Drouet 2020*):

- A normande tehén további tenyésztési céljai a tejtermelésben.
- A gyakorlatba hiányzik a tehének vágás előtti feljavítása.
- A „zsír” hatása az feldolgozó iparra.
- A marhahús termelés ágazatára vonatkozó terv.
- A fogyasztói elvárásoknak való jobb megfelelés: külső tulajdonságok (pl. ételek), belső tulajdonságok (pl. táplálkozási, érzékszervi)
- Regionális programok kialakítása.
- A normande tehének húsának pontosabb értékelése és a megfelelő kommunikációs eszközökkel a fajta húsának minőségi jellemzőit megismertetni a fogyasztókkal.

A normande tehének húsának értékelését, az alábbi pontok szerint tervezik megvalósítani:

- 1.: Projektmenedzsment kialakítása
- 2.: A normande tehének eredményes vágás előtti feljavítási szempontjainak feltárása.
- 3.: A normande tehének vágás előtti feljavítási módszereinek összehasonlítása kísérleti állomáson.
- 4.: A normande tehének húsának és hasított féltest minőségének értékelése oly módon, hogy kapcsolódják a fogyasztói elvárásokhoz.
- 5.: A kommunikációs médiumok promóciója és terjesztése a 2.,3. és 4. munkaszakaszok eredményeire vonatkozóan (*Denoyelle és Drouet 2020*).

Korábban említettük már, hogy a kettős hasznú fajták esetében a jövedelmezőség növelhető a vágóérték tulajdonságok javítása révén. *Croulé et al. (2017)* fontos vizsgálatokat végeztek, amelyben 156 226 montbéliarde (MO), 160 361 normande (NO) és 8691 szimmentali (SM) fiatal bika vágási teljesítményét elemezték több tulajdonságra épülő egyed modellel. Eredményeik a következők voltak:

- A három fajtában a hasított test súlyának az öröklődhetősége mérsékelt volt (MO: 0,19, NO: 0,12, SM: 0,17) és a hasított test küllemben (MO: 0,23, NO: 0,26, SM: 0,21). Ennél is alacsonyabbnak találták a  $h^2$  értéket, a vágási életkor vonatkozásában (MO: 0,09, NO: 0,17, SM: 0,08).
- Mindhárom fajta esetében a hasított test súlya és a hasított test külleme közötti genetikai összefüggések mérsékelték és kedvező irányúak voltak ( $r_g = 0,30 - 0,52$ ). Szoros és kedvező összefüggéseket számítottak a hasított test súlya és a vágási életkora között ( $r_g = -0,49 - 0,71$ ).
- A vágási életkor és a hasított test külleme tekintetében alacsony és kedvezőtlen értékeket határoztak meg ( $r_g = -0,25 - 0,10$ ), tehát a fiatalabb életkorban a hasított test külleme nem mindig volt kedvező.
- A fiatal bikák és a vágóborjú értékmérői közötti genetikai összefüggések mérsékelték, de kedvező irányúak voltak ( $r_g = 0,32 - 0,70$ ), ami azt jelzi, hogy a hízóalapanyag-előállításához szükséges apák kiválasztására érdemes oda figyelni a nemesítő munkában.
- A fiatal bika hasított súlya és a tehén méretei közötti genetikai összefüggések közepes szorosságúak voltak ( $r_g = 0,22 - 0,45$ ). A fiatal bikák hasított testének külleme, mérsékeltén kedvező genetikai korrelációt mutattak ( $r_g = 0,11 - 0,24$ ), a tehén szélességi méreteivel, de laza és negatív genetikai összefüggésben ( $r_g = -0,21 - -0,36$ ) álltak a tehén marmagasságával. A nagyobb marmagasságú tehének általában nehezebb fiatal bikákat állítanak elő, a kisebb szélességi méretekkel rendelkező tehének esetében, a bikák külleme gyengébb.
- Végezetül megállapították, hogy mind a három fajtában létezik genetikai variabilitás, amely lehetővé teszi a fiatal bikák vágóértékének genetikai javítását, szimultán szelekciót használva, továbbá fontos, hogy nincsen nagyon kedvezőtlen összefüggés a tejtermelési tulajdonságokkal.

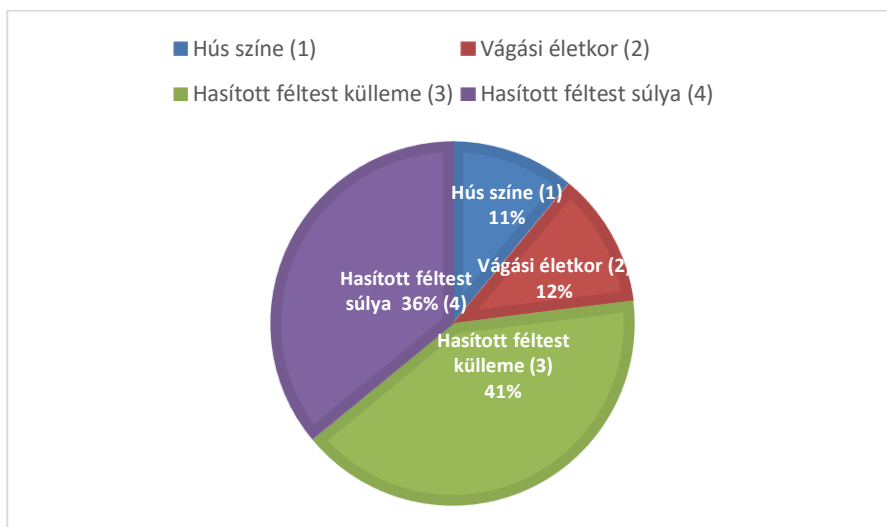
## SZELEKCIÓS INDEXEK

A tapasztalatok szerint, a hústermelési tulajdonságoknak (ún. hentes tulajdonságok) gazdasági súlya még a tisztán tejtermelő normande tenyészetekben is fontos. Ezért az Osiris program keretében az Idele intézet azt tanulmányozta, hogy az egyes tulajdonságok relatív gazdasági súlya milyen szerepet játszik a gazdaság jövedelemének alakulásában. Két típusú gazdálkodási formát szimuláltak az Inosys tenyésztési hálózatának információira építve: vegyes rendszer (tejtermelés és ökörhízalás) és tisztán csak tejtermelés. Idele intézet kimutatta, hogy a gazdasági súlyok a hústermelési tulajdonságok tekintetében 21 és 28% között mozogtak, a hizlalási tevékenység mértéke szerint. A kizárólag tejtermeléssel foglalkozó gazdaságokban, a tejtermelést kifejező tulajdonságok és a funkcionális tulajdonságok szerepe a meghatározó (79 %). Ezzel szemben a kettős hasznosítású állományok esetében a funkcionális és a hentes tulajdonságok együttes aránya 61 %-ot ér el.

A kiváló vágóértékű egyedek kiválasztása érdekében 2015-ben és 2017-ben új indexeket vezettek be az egyesület szakemberei a borjakra és a fiatal hízómarhákra vonatkozóan. Ezeket a vizsgálatokat a Nemzeti Vágási Adatbázisra (Normabev) alapozták, amely az alábbi jellemzőket tartalmazza borjakra (BO) és a fiatal marhákra (FM) vonatkozóan: vágás dátuma, vágási súly, EUROP minősítés eredménye. A borjak és a fiatal marhák teljesítménye alapján az alábbi jellemzők kerülnek értékelésre az indexek révén:

- hasított test alakulása (külleme)(conformation-index BO és conformation-index FM),
- borjú húsának színe (meat-color-index BO),
- hasított test növekedése, kombinált indexben külön a borjúra és a fiatal szarvasmarhára: a.) carcass-growth-index BO: hasított féltest súly (74%) és vágási életkor (26%), b.) carcass-growth-index FM. hasított féltest súly (79%) és vágási életkor (21%),
- hasított féltest súlya (carcass-weight-index BO és carcass-weight-index FM)
- kombinált index a hústermelő képességre (kombinált index BO és kombinált index FM) (*Vallée és Valais 2019*).

A hústermelő képességre vonatkozó kombinált indexek súlyozást a 3. -4. ábrák mutatják.



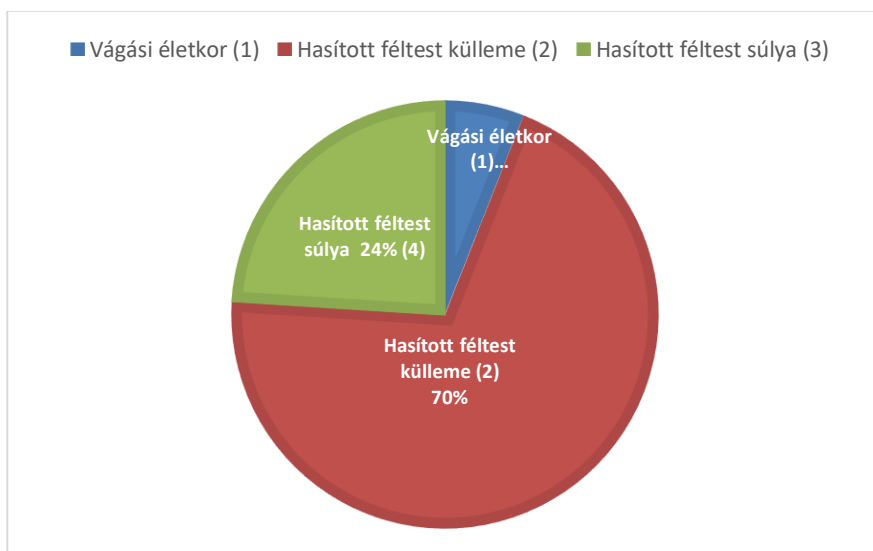
meat colour(1), age at slaughter (2), carcass conformation (3), carcass weight

3.ábra: A hústermelő képesség kombinált indexének súlyozása a borjaknál  
 Figure 3: Weighting of the combined index of meat production capacity in calves

A 3. ábra azt szemlélteti, hogy a borjak kombinált indexében a hasított félttest küllemének (41%) és a hasított félttest súlyának (36%) van kiemelt szerepe. A hússzín és vágási életkor súlyai azonosak egymással.

A fiatal marhák esetében a vágási életkor súlya (6%) a felére csökkent, az előző indexhez képest, viszont a hasított félttestek küllemének jelentősége (70%) jóval megnőtt, ebben a kombinált indexben (4. ábra).





age at slaughter (1), carcass conformation (2), carcass weight (3)

4.ábra: A hústermelő képesség kombinált indexének súlyozása a fiatal szarvasmarhában  
Figure 4: Weighting of the combined index of meat production capacity in young cattle

Összegzésként megállapíthatjuk, hogy a tenyésztő szervezet elméleti és gyakorlati szakemberei olyan értékmérő tulajdonságokat vontak be a két kombinált indexbe, amelyek jól mérhetőek, megbízható az adatbázis és végezetül szoros kapcsolatban állnak gazdaság jövedelmezőségének színvonalával.

Az egyesület szakemberei a tenyésztői munkájukat az alábbi elvek figyelembe vételével végzik a gyakorlatban (*Vallée és Valais 2019*):

- Egy új elképzelés szerint, a borjakra, a fiatal szarvasmarhákra és a tejelő tehenekre vonatkozó összes elérhető információt használják munkájuk során. A tejtermelő tehenek azon küllemi adatait dolgozzák fel, amelyek alkalmasak a hústermelő képesség előre jelzésére pl. far magasság, far 2 szélesség, hát, ágyék és comb izmoltsága.
- Az eddigi tapasztalatok alapján, a normande fajtát egyaránt lehetséges szelektálni a tejtermelésre és a bikák hústermelő képességének javítására.
- A tejirányú szelekció végrehajtása lehetővé teszi a tejtermelés javulását, valamint a bikák és üszők koraérését. Létezik egy genetikai kapcsolat a

potenciális tejtermelés és az üszők ivari koraérése között. Az elmúlt 10 év tejirányú szelekciója, 3 hónappal előrébb hozta az üszők tenyésztésbeli életkorát a fajtában.

- Az is fontos szempont, hogy ha a szelekciót kizárólag a tejtermelés növelésére fókuszáljuk a normande fajtában, akkor a selejt tehének külleme romlani fog. A selejt tehének hústermelő képessége negatív összefüggésben van a tejtermelő képességgel, ennek háttérében a testtartalékok mobilizációja van, a tejtermelési időszak alatt.
- Az is igaz, hogy a hústermelő képességre irányuló szelekció csökkentené a tejtermelés növekedési ütemét, ugyanakkor jelentősen javítaná a vágómarhák húsformáit, minden vágómarha típusban, és emellett koraérést is biztosítana.
- Mindezek alapján, tapasztalataik szerint, a tejtermelő -és a hústermelő képességre irányuló egyidejű szelekció megvalósítása lehetővé teszi az ivari koraérés maximalizálását, fenntartva a tejtermelés előrehaladását és a húsformák javulását is.

Annak érdekében, hogy a tenyésztők jövedelmét javítsák a normande fajtában – a kettős tenyészcélnak megfelelően – módosították a fajta ún. teljes teljesítmény indexét (ISU). A teljes teljesítmény indexben végzett módosítások – 2012-es indexhez képest – az értékmérők súlyozása és azok gazdasági jelentősége szempontjánól is jól tükrözik a fajta tenyésztési céljait (*Vallée és Valais* 2019).

A teljes teljesítmény index (ISU) összetétele és arányai az alábbiak voltak 2012-ben: tejtermelés (40%), hústermelés (5,4%), funkcionális tulajdonságok (42%) és egyéb küllemi tulajdonságok (12,6%).

A 2018 áprilisától érvényes új teljes teljesítmény indexben (új-ISU) az értékmérő tulajdonságok súlyozása jelentősen változott: tejtermelés (26%), hústermelés (20%), funkcionális tulajdonságok (40,25%) és egyéb küllemi tulajdonságok (13,75%).

Az új szelekciós indexben, a súlyozás tekintetében, a legnagyobb változás a tejtermelésben következett be 40%-ról, 26%-ra csökkent, átértékelve a tejszír szerepét. A hústermelés súlyozása 5,4%-ról 20% -ra emelkedett. Az új értékelésben, figyelembe veszik az izmoltság és a ráma jellemzői mellett a kifejlett tehének vágóértékének jellemzőit is. Fontos megjegyezni, hogy a kifejlett tehének vágóértékére vonatkozó szelekciós index hiánya miatt, ezt a jellemzőt a selejt tehének vágási adataival becsülik.

A tenyésztő számára a hústermelő képesség fontos értékmérő tulajdonság, ezért létrehoztak egy hústermelést jellemző kombinált indexet (SYOB), amely a különböző ivarú szarvasmarhák hústermelő képességét összegzi egy számban. Az új mutató egyesíti a fiatal szarvasmarhák indexeit (39%), a tehenek rámáját és izmoltságát (37,5%), valamint a borjak hústermelését (23,5%). A különböző indexek ugyan olyan súllyal kerültek figyelembe vételre, mint ami volt az ISU indexben (*Vallée és Valais 2019*).

Megállapítható tehát, hogy a fajta szelekciója Franciaországban két pillérre épül, a tejtermelésre és a hústermelésre, valamint a hústermelő képességre. Növelni kell a normande tenyésztők jövedelmét, amelynek biztosítására megfelelő lehet már ma is, a kettős hasznosítási irány követése a gyakorlatban.

Franciaországban 2009-ben vezették be genom-tenyésztétkbecslést a montbéliarde, a normande és a holstein-fríz fajtában. *Doublet et al. (2019)* ezekben a fajtákban, 2005-2015 között, megvizsgálták az évi genetikai előrehaladást, a beltenyésztési arányokat - a homozigotizálás alapján -, és a származási adatokat a genomszelekció előtt és után. A genom szelekció révén, az átlagos éves genetikai előrehaladás 50, 71 és 33% -os növekedését mutatott a montbéliarde, normande és holstein-fríz bikák esetében, ezzel párhuzamosan a generációs intervallumok 1,7, 1,9, illetve 2-szeresére csökkentek. Nem találtak szignifikáns változást a beltenyésztettségben a montbéliarde és a normande fajták esetében. Ezzel szemben a beltenyésztettség jelentős növekedését tapasztalták a holstein-fríz fajtában, amely a homozigotizálás alapján évente akár 0,55% lehet. A törzskönyvi adatok alapján számított érték az évre vonatkoztatva 0,49% volt. Megállapították, hogy az éves genetikai diverzitás csökkent a holstein-fríz bikákban, kevés számú csúcs bika használat miatt. Ezt nem tapasztalták a másik két fajta esetében. Úgy vélik, hogy ezt a kérdést érdemes a jövőben vizsgálni, az új tenyésztési módszerek alkalmazása miatt pl. donor tehenek használata, embrió átültetés, in vitro termékenyítés stb.

## **ELTERJEDÉSE A VILÁGBAN**

Valójában több mint 100 éve hozták létre Brazíliában, Kolumbiában, Ecuadorban, Paraguayban, Uruguayban és Venezuelában a fajta tenyésztő egyesületeit, amelyek munkájukon keresztül hozzá járulnak adott ország genetikai és termeléstehnológiai fejlődéséhez a tejágazatban. Mexikóban a normande fajta jól alkalmazkodott a kivételes

környezeti körülményekhez, az-az a szárazsághoz és a napsütéshez. Ilyen körülmények között különösen előnyös a fajta szívóssága és a termelő képessége (*htpps-2*).

Európában is fejlődik a fajta, különösen Belgiumban, Svájcban, Nagy-Britanniában és Írországbán. Írországbán a normande fajta maximálisan tudja hasznosítani a legelőt és ezáltal a termékenység biztonságos az állományokban. Olaszországban a normande állomány – a jó tejtermelése révén – a sajtkitermelés (rendement fromager) 15%-os növelését idézte elő a parmezán előállítás során. Magyarországon ez a fajta még nem került kipróbálásra és nem létezik (*htpps-2*).

### ÚJRA FELFEDEZETT ÚT A GAZDÁLKODÁSBAN

*Derouallière* és *Fourdin* (2020) véleménye szerint a normande fajta esetében 2050-ben egy speciális farm hálózat fog működni, amely megpróbálja majd megteremteni az összhangot a fajta tulajdonságai, a gazdasági, a társadalmi és az állattenyésztési rendszerek jellemzői között. Ennek gyakorlati megvalósításához a gazdának nyitottságot kell mutatni a társadalom felé, tehát egy nyitott farmot kell üzemeltetni, ahova például iskolások is ellátogathatnak ismeretszerzés érdekében. Ugyanakkor az is fontos, hogy a gazdaság eredményei megismerhetők legyenek a társadalom számára, tehát az információk közlése fontos.

Ezt a kísérleti programot több szervezet támogatja: Eilyps (tanácsadás, szakértés, tenyésztés), a Bretagne-i Tenyésztési tanácsadó Központ, a Normandiai Agrárkamara és a Loire-i Agrárkamara. A programban jelenleg 15 gazdaság vesz részt, amelyek közül van olyan, aki csak tejtermeléssel foglalkozik, mások tejet és húst is előállítanak. A gazdák egy része biogazdaságként működik, más része pedig a földrajzi eredetvédelem elveinek megfelelően végzi munkáját.

A gazdaságok átlag adatait a következőkben összegezzük (*Derouallière* és *Fourdin* 2020):

- Mezőgazdaság által hasznosítható terület: 132 ha
- Tömegetakarmányok termesztésére alkalmas terület: 92 ha
- Hagyományos szántóföldi kultúrák: 40 ha
- Állatlétszám: tehén: 97 egyed, ökör: 8 egyed, növendék bika: 12 egyed
- Tejtermelés: 5670 l, tejszír 4,4 %, tejfehérje 3,6 %.

A 2019 évi adatok szerint az átlagos bruttó árres 1964 EUR volt üzemenként. Az értékesített tej átlagára 404 EUR/1000 l volt. Kilenc gazdaság hagyományos módon termelt tejet, a tej átlagos ára 370 EUR/1000 l -nek alakult. A földrajzi eredetazonosítási rendszer keretében termelő gazdák (3 gazdaság) esetében a tej felvásárlási ára kedvezőbbnek (423 EUR/1000 l) mutatkozott, mint az előző. A legmagasabb tejárat azon gazdák érték el (3 gazdaság) akik biogazdálkodást folytatnak (487 EUR/1000 l). Látható tehát, hogy a tejpiacon elismeri a többletmunkával előállított minőségi élelmiszer alapanyagot.

A vágóállat előállítás tekintetében az ökrök (5 gazdaság) felvásárlási ára 1395 EUR/egyed volt, a fiatal hizott marhánál (6 gazdaság) pedig ennél kedvezőbb, 1457 EUR/egyed-nek adódott. A felvásárlási árakból látszik, hogy a húsipar – a piaci igényeket követve – különbséget tud tenni a különböző vágómarhák értéke között.

*Derouallière és Fourdin (2020)* mutatta be egy normande farm szén ©-lábnyomát, más tejtermelési rendszerekhez képest (*1. táblázat*).

A témához kapcsolódó számítások alapelveit az alábbiakban foglaljuk össze (*Anonim, 2017*):

- *Bruttó szénlábnyom*: Összes üvegházhatású gáz / tejtermelés széndioxid egyenértékben 1 l tejre számolva, g
- *Szénkészlet*: Teljes szénkészlet / tejtermelés széndioxid egyenértékben 1 l tejre számolva, g
- *Nettó szénlábnyom* (tejtermelő farm üvegházhatású gázai): Bruttó szénlábnyom / szénkészlet, g

Az *1. táblázat* adatai tájékoztató jellegűek, arra hívja fel a figyelmet, hogy érdemes lenne hazai tejtermelő telepeken is hasonló vizsgálatokat végezni továbbá, hogy van mód szénlábnyom csökkentésére a gyakorlati körülmények között. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy 1 l tej előállítására 1 kg CO<sub>2</sub>-re van szükség számos körülmény függvényében.

*1.táblázat: A egy normande farm és a más tejtermelési rendszerek szénlábnyoma 2017-ben*

*Table 1: Carbon footprint of one Normande farm and other dairy production systems in 2017*

<b>Indikátorok (1)</b>	<b>Normande farm lábnyoma(2)</b>	<b>Más tejtermelési rendszerek lábnyoma(3)</b>
Szénkészslet (4)	36.451 kg C/év	22.000 kg C/év
Biodiverzitás (5)	155 ha	113 ha
Táplált emberek száma (6)	2280	1970
Nettó tej emisszió (7)	0,89	0,86

indicatures (1), footprint of the one Normande farm (2), footprint of the other dairy production system (3), carbon stockage (4), biodiversiy (5), number of nouried people (6), net milk emission (7)

A farmhálózat adatainak elemzése során *Derouallière* és *Fourdin* (2020) azt is megvizsgálta, hogy a gazdaságonként rendelkezésre álló jövedelem havonként hogyan alakult. 2017-ben ez az érték átlagosan 1951 EUR volt, szemben az országos átlaggal (1638 EUR).

Munkaszervezés szempontjából fontos lehet az ügyeleti napok számának alakulása is. Az ügyeleti munka napjainak tekintetében az alábbi eredményt kapták (*Derouallière* és *Fourdin*, 2020): normande hálózat 3,77 nap/UGB, az országos átlag 5 nap/UGB.

Összegzésként elmondhatjuk, hogy a normande farmhálózat gazdálkodási modelljének alpelve az, hogy megpróbálja az összhangot megteremteni társadalmi igények, a gazdasági elvárások és a termeléstehnológiai lehetőségek között, olyan módon, hogy a gazdák megélhessenek a munkájukból, ugyanakkor a környezetterhelés mértékére is tekintettel legyenek a napi tevékenységük során.

A francia kutatók, rég-óta foglalkoznak a tejelő tehenek és az üszök bendőben oldódó metán (CH<sub>4</sub>) kibocsátásának számszerűsítésével (*Dall-Orsoletta et al.* 2019). A kísérleteket 2006 és 2015 között az INRA tejtermelő kísérleti telepen végezték holstein-friz (Ho) és normande (No) fajtákkal. A fajta, az első ellési életkor és a takarmányozás intenzitásának (TI nagy és TI alacsony) hatását elemezték a bendőben oldható metán mennyiségére. Főbb eredményeik a következők voltak:

- Minden kísérleti csoport azonos mennyiségű tejmennyiséget adott (400 t). A napi bendőbeli CH<sub>4</sub> termelés, a szárazanyagbeviteltől függött, átlagosan 21,5 g/kg elfogyasztott szárazanyag. A tejelő tehenek gáztermelése (CH<sub>4</sub>/egyed),

évente 123-158 kg között változott. A benőbeli CH<sub>4</sub> kibocsátás intenzitás (CH<sub>4</sub>/tejhozam kg) csökkent a tehének termelékenységének javulásával.

- Az üszők pótlási aránya és az első ellési életkor erőteljesen befolyásolta a tehének és az üszők létszámát, következésképpen a bendőbeli CH<sub>4</sub> kibocsátást.
- Megállapították, hogy átlagosan a holstein-fríz állomány kevesebb metánt kibocsátott ki (2,5 t/év bendőbel CH<sub>4</sub>), mint a normande állomány.
- Az éves bendőbeli CH<sub>4</sub>-kibocsátása 13,1 tonnáról, 17,3 tonnára nőtt, akkor, amikor a takarmányozás nagy intenzitásról, az alacsony intenzitásra tért át.
- Az eredmények arra utalnak, hogy a takarmányozás, a fajta, az első ellési kor és az üszők pótlási aránya csökkentheti a bendőben oldódó CH<sub>4</sub>-kibocsátást.

Az áttekintő tanulmány információi alapján az alábbiakat kívánjuk kiemelni:

- A normande fajta, Franciaországban az egyik legrégebbi szarvasmarha fajtának számít. A fajta hosszú története során kialakultak mindazok a szakmai és társadalmi szervezetek (tenyésztő szervezet, termelésellenőrzés hivatala, termelői -és értékesítési csoportok, földrajzi eredetvédelem keretén belüli márkázott termékek előállítására, regionális agrár-kamarák stb.), amelyek napjainkban is nagymértékben segítik a fajta foglalkozó gazdák munkáját.
- A francia kutatók, az elmúlt években eredményes kutatómunkát végeztek a normande fajta értékmérő tulajdonságainak jobb megismerésére és dolgoztak az információk gyakorlat számára történő átadásának javításán pl. a tej Ca tartalma és örökölhetősége, vágási információkat tartalmazó adatbázis létrehozása, a tej fehérje polimorfizmusainak elemzése stb.
- Példaként említjük, a francia kollégák azon elméleti és gyakorlati munkáit, amelyek a tejtermelés üvegház hatású gázainak, ill. a szénlábnymórnak az alakulását elemzik a kísérleti normande farmhálózat tagjainál. Ebben a hálózatban dolgozó tenyésztők a gazdasági, a társadalmi és a termeléstecnológiai tényezők elvárásait próbálják meg összehangolni, szem előtt tartva azt a társadalmi igényt, hogy jó ha a tejtermelés és marhahústermelés környezettudatosan folyik a gyakorlatban.
- A tenyésztő egyesület gyakorlati szakemberei és az elmélettel foglalkozó francia kollégák kiváló szakmai együttműködése tette lehetővé azt, hogy 2018-ban

bevezessenek egy olyan új teljes teljesítmény indexet, amely megfelelő választ tud adni napjainkban a tenyésztők jövedelmezőségének javítása tárgyában.

- A normande fajta példája jól igazolja azt, hogy meg lehet találni egy kettős hasznosítású fajta szakmai szerepét napjainkban a világ szarvasmarhatenyésztésében.

## **THE ROLE AND THE IMPORTANCE OF THE NORMANDE CATTLE BREED IN FRANCE**

JÁNOS TŐZSÉR<sup>1</sup> – GABRIELLA HOLLÓ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szent István University, Institute of Animal Husbandry,  
Gödöllő Campus,

<sup>2</sup>Szent István University, , Institute of Animal Husbandry,  
Kaposvár Campus,

### **SUMMARY**

In this study, authors aimed to present Normande cattle breed briefly, including description of type, milk and beef characteristics as well as to summarize of results of trials conducted with this breed. The Normande is a French dual-purposed cattle breed from the Normandy region of north-west France. It is raised principally for its milk, but breed is also suitable for beef production. Normande produces a milk rich in milk solids, particularly protein content. Normande breed has become a major contributor to such world-famous Protected Designation of Origin cheeses as Camembert, Pont l'Évêque and Livarot. The primary objective of the Normande breeding program is to increase dairy output while maintaining the high protein yields. However, the breeding program also features other sub-objectives: to improve functional traits (udder, feet, somatic cell counts). The Normande is world cattle breed, it has been exported to many countries, and the number of animals within breed is also continuing to develop in the EU-countries. Moreover, there are large Normande stocks in South America, especially Columbia.

**Keywords:** Normande cattle breed, breed description, production traits, selection index.



## IRODALOMJEGYZÉK

- Anonim* (2017): Les vaches à la rescousse de l'environnement! Nitrates, gaz à effet de serre. Et si nous nous étions trompés? 2<sup>ème</sup> édition du Carrefour des Éleveurs, 2017. juin, 9. <https://www.lvh-france.com/download/newsDocument/47/2-Calcul-des-emissions-de-GES-Les-vaches-a> (2020.10.22.)
- Crouél I. – Fouilloux M.N. – Saintilan R. – Ducrocq V.* (2017): Carcass traits of young bulls in dual-purpose cattle: genetic parameters and genetic correlations with veal calf, type and production traits. *Animal*, 11:6, 929-937.
- Chilliard Y.* (1982): Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme: revue bibliographique. *Lait*, 62, 1-31.
- Couvreur S. – Hurtaud C. – Lopez C. – Delaby L. – Peyraud J.L.* (2006): The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cowdiet, milk fatty acid composition, and butterproperties. *J. Dairy Sci.*, 89, 1956-1969.
- Dall-Orsoletta A. C. – Leurent-Colette S. – Launay F. – Ribeiro-Filho H.M.N. – Delaby L.* (2019): A quantitative description of the effect of breed, first calving age and feeding strategy on dairy systems enteric methane emission. *Livestock Science*, 224, 87-95.
- Denoyelle C. – Drouet M.* (2020): Qualités intrinsèques de la viande issue de vaches normandes. Web Conférences, Salons d'Automne 2020.09.17.
- Derouallière J. – Fourdin S.* (2020): La race Normande en 2050 un réseau de fermes pour atteindre la triple performance. Organisme de sélection de la race Normande, Institut de l'élevage, Web Conférences, Salons d'Automne 2020,09.17.
- Doublet A. CH. – Croiseau P. – Fritz S. – Michenet A. – Hozé Ch. – Danchin-Burge C. – Laloë D. – Restoux G.* (2019): The impact of genomic selection on genetic diversity and genetic gain in three French dairy cattle breeds. *Genet Sel Evol* 51:52  
<https://doi.org/10.1186/s12711-019-0495->
- Ferlay A. – Martin B. – Pradel P. – Coulon J.B. – Chilliard Y.* (2006): Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and Montbeliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.*, 89, 4026-4041.

- Gaignon P. – Gelé M. – Hurtaud C. – Boudon A.* (2018): Characterization of the nongenetic causes of variation in the calcium content of bovine milk on French farms. *Journal of Dairy Science*, 101, 5., 4554-4569.
- Govignon-Gion A. – Minery S. – Wald M. – Brochard M. – Gelé M. – Rouille B. – Birochard B. – Ferrand-Calmels M. – Hurtaud C.* (2015): Genetic parameters for milk calcium content predicted by MIR spectroscopy in three French breeds. 66. Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), Varsovie, POL, 2015-08-31-2015-10-03, 355
- Heins B. J. – Hansen L. B. – Vries A. De.* (2011): Survival, lifetime production, and profitability of Normande× Holstein, Montbéliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreds versus pure Holsteins. *J. Dairy Sci.* 95 :1011–1021
- Hurtaud C.* (2020): Le lait de vache Normande. INREA, L'institut Agro-Agrocampus Oeust UMR PEGASE, Saint-Gille, Web Conférences, Salons d'Automne 2020,09.17.
- http-1* (2020): Discription de la Race bovine Normande.  
[https://www.lanormande.com/description\\_race\\_normande.html](https://www.lanormande.com/description_race_normande.html)
- http-2* (2020): Race bovine Normande,  
<http://www2.agroparistech.fr/svs/genere/especes/bovins/normand.htm>
- Vanbergue E. – Delaby L. – Peyraud J.L. – Colette S. – Gallard Y. – Hurtaud C.* (2017): Effects of breed, feeding system, and lactation stage on milk fat characteristics and spontaneous lipolysis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100, 4623-4636.
- Vallée R. – Valais A.* (2019): De nouveaux index pour une sélection efficace de la mixité en race Normande. *Terra*, Septembre, 38-39.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Tőzsér János<sup>1</sup> – Holló Gabriella<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet, Gödöllői Campus, Gödöllő Páter K. út 1.

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet, Kaposvári Campus, 7400, Kaposvár, Guba S. u. 40.

e-maile: Tozser.Janos@szie.



## AZ ALPAKÁK VÖRÖS GYOMORFÉRGÉNEK (*HAEMONCHUS CONTORTUS*) ELŐFORDULÁSA MAGYARORSZÁGI ÁLLOMÁNYOKBAN

PRÁGAI ANDREA - PAJOR FERENC - BODNÁR ÁKOS

Szent István Egyetem, Állattenyésztés- tudományi Intézet

Gödöllő

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Anvari-Tafti et al.* (2013), megállapította, hogy a belső paraziták, melyek a tevékben előfordultak, a kecskékből, juhokból, szarvasmarhákból is megtalálhatóak. Hasonlóan más kérődzőkhöz, az alpakra is veszélyes a különböző férgekkel való fertőzöttség. A vörös gyomorféreg (*Haemonchus contortus*) 2012 nyarán Angliában a nyirkos, párás időjárás miatt nagy problémát okozott az akkor született criknak (alpaka csikónak) Mivel nehéz felismerni a fertőzött állatokat, ezért nagyon sok állat el is pusztul a paraziták miatt (*Thomas*, 2012). Ez a parazita hazánkban is igen elterjedt, főként a legeltetett állatokban. Általában esős nyár végén, őszi hónapokban jelenik meg, és elsősorban a fiatal állatokat veszélyezteti (*Farkas et al.*, 2004). Ezért fontosnak tartottuk a hazai állomány vizsgálatát. A vizsgálatunk során különböző alpaka tenyészetekben (Békéscsaba, Jobaháza, Mezőtúr, Bábolna, Balassagyarmat, Tata) bélsár mintát vettünk, 2014 tavaszán 34 állattól, ősszel összesen 22-től, 2015-ben 10 állattól. A mintákat az Állatorvostudományi Egyetem Parazitológiai és Állattani Tanszékén vizsgálták dúsítással és mikroszkópos módszerrel. A vizsgálatok eredményeként kiderült, hogy a legtöbb mintában nem találtak semmilyen férget, vagy annak petéjét. Azonban több különböző családba tartozó féreg petéit megtalálták, így a *Strongylida*, *Nematodirus*, *Müllerius Trichostrongylida* feregét. A *Trichostrongylida* típusú petéből azonban nem volt meghatározható egyértelműen, hogy vörös gyomorféreg-e.

Megállapítható, hogy az állományok csak kismértékben voltak fertőzöttek különböző típusú férgekkel. Fontos szempont a férgekkel való fertőzöttség megelőzése az állományokban, a jövőbeli jobb eredmények miatt.

**Kulcsszavak:** alpaka, endoparaziták, *Haemonchus contortus*, Magyarország

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A tevéfélék családjához tartozó alpaka (*Vicuna pacos*), láma (*Lama glama*), vikunya (*Lama vicunga*) és guanakó (*Lama glama guanicoe*) Dél-Amerikából származik, az Andok térségéből. Az alpakát a vikunyából házasították a gyapjáért. Gyapjának számos előnye van, finom, puha, erős, jól festhető, melegebb a juh gyapjánál, de nem tartalmaz lanolint (Leguía 1991, Altizio és Westendorf, 1998, Kadwell et al., 2001), mely sok embernél allergiás reakciót válthat ki (Johnston, 2016)

A világ bármely pontján, hasonlóan más kérődzőkhöz az alpakára is veszélyes a különböző férgekkel való fertőzöttség, mely többek között hasmenést, lassú növekedést és elhullást is okozhat az állatoknál (Machen et al., 1998, Villarroel, 2013, Twomey et al., 2014, Edwards et al., 2016).

Anwar és Khan (1999) dromedárok belében vizsgálta, hogy milyen paraziták találhatóak bennük. 600 állatból 30 esetében megtalálható volt a vörös gyomorféreg. Az összes féreg szám 7,1%-át a *Haemonchus longistipes* tette ki, melyet a *Haemonchus contortus* követett (5,0%). Irán középső területén 144 dromedár emésztőrendszerét vizsgálta Anvari-Tafti et al. (2013), mely során megállapították, hogy 22 állat volt vörös gyomorféreggel fertőzött. Továbbá a belső paraziták, melyek a tevékben előfordultak, a kecskéknél, juhoknál, szarvasmarháknál is megtalálhatóak, ezért felhívják a figyelmet a megfelelő féregirtási stratégiára.

A parazitáknak jelentős hatása van a Dél-Amerikai tevéfélék egészségi állapotára, ezek közül is főként a fonálféreg jelentenek problémát. Dél-Amerikában a fonálféreggel való fertőzöttség van döntő többségben, 70-100%-át érinti az állatoknak (Leguie, 1991). Schock et al. (2007) egy 4-5 hónaposan elpusztult criát vizsgált meg. Az emésztőrendszerében *Camelostromylus mentulatu*, *Trichostrongylus* típusú peték, *Eimeria macusaniensis* és egyéb *Eimeriák* is megjelentek, melyek hozzájárultak a hasmenéshez, majd az alpaka elpusztulásához. Arenas (2007) továbbá azt írja, hogy a lámák főként *Strongylidea*-kal fertőződnek.

*Hyuga és Matsumoto* (2016) 2010 decembere és 2011 októbere közt vizsgáltak 53 alpakát Japánban, Kento régióban. Megállapították, hogy a fauna hasonló volt más országokéhoz. Vörös gyomorférgel (*Haemonchus contortus*) fertőzött alpakákat a világ különböző pontjairól jelentettek, Ausztráliából, Európából, Új-Zélandról, az Egyesült Királyságból, Brazíliából és az Egyesült Államokból (*Leguía*, 1991, *Rickard és Bishop*, 1991, *Hill et al.*, 1993, *Rickard*, 1994, *Fowler*, 2001, *Cebra és Stang*, 2008, *Ballweber*, 2009, *Brasil et al.* 2012, *Franz et al.*, 2015, *Rashid et al.*, 2019 a,b,c). A 2012. év nyarán Angliában a nyirkos, párás időjárás nagy problémát okozott, mivel ilyenkor könnyebben terjednek a belső paraziták. A fertőzött állatokat nehéz felismerni, ezért nagyon sok el is pusztult a paraziták miatt (*Thomas*, 2012). Visszatekintve, 2011-ben 7 esetet diagnosztizáltak az Egyesült Királyságban, 2012-ben 14-et (*Emerging Threats Quarterly Report*, 2012). Belgiumból is jeleztek már vörös gyomorférgel fertőződött alpakát. A farmon 45 állat volt, melyeket rendszeresen féregtelenítettek (*Sarre et al.*, 2012). Ez a parazita hazánkban is igen elterjedt, főként a legeltetett állatokban. Általában esős nyár végén, őszi hónapokban jelenik meg, elsősorban a fiatal állatokat veszélyezteti (*Farkas et al.*, 2004). Az alpakák főként akkor fertőződhetnek, ha más kérődzőkkel tartják egy legelőn, vagy intenzív legelőkön (olyan területeken, melyeket műtrágyázással, öntözéssel vagy más agrotechnikai művelettel tettek alkalmassá az intenzív gyepgazdálkodásra), melyeken korábban kérődzők voltak (*Hill et al.*, 1993, *Beldomenico et al.*, 2003). *Thomas és Morgan* (2013) vizsgáltak fiatal alpakákat elválasztás után. Négy csoportot alakítottak ki: 1. kontrol (kezeletlen); 2. amelyek fenbendazole anthelmintikumot-ot kaptak; 3. amelyek toltrazuril kokcidiosztátot kaptak; és 4. amelyek mind a kettőt megkapták. Hat hét elteltével a kontrol csoport átlagosan 2,5 kg súlyt veszített, míg a kezelt állatok átlagosan 1,3 kg-ot.

*Rashid et al* (2019) interneten kitölthető kérdőívet használt a parazitával fertőzöttség felmérésére Ausztráliában. A kérdések kiterjedtek a farm gazdálkodására, a féregtelenítésre és a legelő használatra is. A megkérdezettek körülbelül a fele tud a paraziták veszélyességéről, nagy részük védekezik is ellene az állományában.

A vörös gyomorféreg (*Haemonchus contortus*) a *Strongylida* alrendbe, *Trichostrongylidae* családba tartozik, a nőtény kb. 30 mm nagyságú, tarkázott, rozsdásvörös. A hím vörösseszürke, kb. 20mm hosszú (*Bowman*, 2009, Internet I.). A juhokban és a kecskében élősködő gyomorféreg genetikailag azonos, azonban morfológiájában eltérhet (*Rahman és Hamid* 2007). Életciklusa kb. 3 hét, a meleg,

nyirkos körülmények optimálisak számára. Az állatok takarmány felvételkor vehetik fel a lárvákat. A legveszélyesebb a kora reggeltől délelőttig tartó időszak. Ilyenkor a lárvák a takarmányon lévő harmatcseppekben vannak, később, ahogy szárad, a nedves talajba vándorolnak. A lárva az állatban fejlődik tovább. A nőstény több ezer petét rak naponta. *Machen et al* (1998) nagyjából 5000 darabot ír, míg más vizsgálatok szerint akár 10 000 petét is képes rakni, és 200 mikroliter vért elfogyasztani naponta (*Prichard, 2001, Burke, 2005*). Ronthatja a hústermelést, csökkenti a termékenységet tevék esetében (*Anvar és Khan, 1998*). Alpakákban vérszegénységet, súlycsökkenést okozhat. Az érintett állatoknak folyadék halmozódik fel az állkapcsa alatt, amit a vér alacsony fehérjetartalma okoz. Az íny és a szemek sápadttá válnak (*1. ábra*). Hasmenés általában nem fordul elő (*Poe, 2012*). *Gasser et al* (2008) azonban említést tesznek hasmenésről is, mint tünet.

Fontos a parazitával való fertőzöttség megfelelő monitorozása és az ennek megfelelő kezelés kialakítása (lehetőség szerint tevéféléknek szánt gyógyszerekkel) (*Franz et al, 2015*). Kecskék esetében már korábban is tapasztalták, hogy a vörös gyomorféreg rezisztens a különböző féregirtó szerekre a világ különböző részein (*Zajac és Gipson, 2000, Kaplan 2004*). *Jabbar et al* (2013) egy éves alpakánál vizsgálta a vörös gyomorféreg féreghajtóra való rezisztenciáját. Megfigyelésük szerint az állat elpusztulása előtt letargikus volt, erősen lefogyott, és felnőtt gyomorférgert találtak a tápcsatornájában, abamectin (0,2 mg/kg) kezelés ellenére.

A vörös gyomorféreg ellen első sorban az Albendazole, Ivermectin, Levamisole, Moxidectin alkalmazhatóak. A kezelt állatokat érdemes olyan területen tartani, mely könnyen tisztítható és fertőtleníthető (*Villarroel, 2013*). Hazánkban korábban rézgálicot Cupnicol-t (mely réz-és nikotinszulfátot tartalmaz) alkalmaztak a *Trichostrongylidae* fertőzés ellen (*Holló, 1971*). *Wyk és Bath* (2002) szerint a kondíció bírálata mellett még a FAMACHA teszt elvégzése is segíthet a fertőzöttség megállapításában. A szemnyálkahártyájának vizsgálata során a vérszegénység, és annak mértéke állapítható meg. A pontozás 1-től 5-ig történik (*Di Loria et al, 2009*). *Motyovszki* (2017) juhok felső szemhéjának lehúzása után enyhe nyomást gyakorolt a szemgolyóra, így a belső nyálkahártya jól láthatóvá vált az osztályozáshoz. *Storey et al.* (2017) 21 alpaka és láma farmon használta a tesztet. Eredményeik alapján ajánlják az alkalmazását Dél-Amerikai tevéfélék esetében is. *Hale* (2006) továbbá a tüneteket gyors felismerésére hívja fel a figyelmet, hogy az állatok lehető leghamarabb megkaphassák a megfelelő kezelést.



*1.ábra:* Membrán színének ellenőrzése, a lazac szín a megfelelő (Thomas, 2012)

*Figure 1:* Checking membranes for colorness, salmon pink is optimal

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Különböző tenyészetekben (Békéscsaba, Jobaháza, Mezőtúr, Bábolna, Balassagyarmat, Tata) bélsár mintát gyűjtöttünk különböző évszakokban (*1.táblázat, 2. ábra*). 2014-ben, tavasszal csoportosan vettünk mintát Tatán 6 állattól (vegyes korú), Mezőtúron 4 felnőtt kancától, Bábolnán 4 felnőtt kancától és 2 felnőtt csödörtől, Balassagyarmaton 2 felnőtt kancától, Jobaházán 8 felnőtt kancától és 4 felnőtt csödörtől, Békéscsabán 4 felnőtt kancától. 2014 őszén csoportosan gyűjtöttünk mintákat, Bábolnán a kancáktól és a csödöröktől külön, Békéscsabán a kancáktól. Jobaházán egyedileg sikerült mintát vennünk az alpakáktól, hímeiktől és nőstényektől is. Az alpakák jellemzően egy helyre ürítenek, így tudtuk figyelni az egyes állatokat és mintát venni a bélsárból. A minta begyűjtése után a bélsarat eltávolítottuk. A mintákat széklettartályba gyűjtöttük, majd hűtőtáskában szállítottuk a laborba. Országos átlagban 2014-ben (május, augusztus kivételével) melegebb volt az időjárás a megszokottnál. Csapadék tekintetében az egyik csapadékosabb év volt, jelentősebb mennyiség két nyári hónapban is előfordult (OMSZ, 2015). 2015 tavaszán egyedileg vettünk mintát a jobaházi állatoktól, 6 kanca és 4 csödör esetében. A legtöbb hónapban jelentősen melegebb volt az időjárás. A január, május és október csapadékban gazdag volt, míg április, június, július, december igen száraz. Azonban például augusztusban normál mennyiségű csapadék hullott (OMSZ, 2016). A tenyészetekben rendszeres féregtelenítést végeznek, 2014- ben és 2015-ben a Panacure pasztát használták, míg a korábbi években Ivomec-et. Az állatokat olyan területen tartják, ahol korábban más állatot nem tartottak. A kancákat és a csödöröket a farmokon külön

területen tartják, azok szomszédosak egymással. A mintákat az Állatorvostudományi Egyetem Parazitológiai és Állattani Tanszékén vizsgálták felszínűsítással és mikroszkópos módszerrel.

3-5 g bélsarat üvegbot segítségével kevernek össze egy kis tálkában dúsítóoldattal. Keverés közben a szuszpenziót átmoszák egy kb 1 mm átmérőjű nyílásokkal ellátott szűrőn. Annyi kell belőle, hogy egy 15 ml-es centrifuga csövet megtöltsön. Majd 1500 fordulat/perc sebességen 2-3 percig centrifugálják, míg a peték a folyadékoszlop tetejére emelkednek. A folyadékoszlop tetejét megérintik egy érdesre csiszolt végű üvegbottal. A rátapadt cseppet egy zsírtalanított vagy tojásfehérje-glicerin elegyével leheletszerűen megkent tárgylemez közepére teszik. Egy csepp víz hozzáadása, és fedőlemezzel való borítás után vizsgálható mikroszkóp alatt a minta. Az vizsgálat alapján pontos mennyiséget nem állapítottak meg, csak azt, hogy a mintában milyen parazitát találtak.



2. ábra: Mintavétel (Fotó: saját kép, 2014)

*Figure 2: Sampling*



1. táblázat: A vizsgált alpakák ivar és kor szerinti megoszlása  
 Table 2: The distribution of sex and age of the alpacas by examined period

	2014 tavasz	2014 ősz	2015 tavasz
Kanca	26	16	6
Csödör	8	6	4
Felnőtt	33	22	10
Növendék	1	0	0

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A 2014. évben vett trágyaminták gyomorférgekkel való fertőzöttségét telepek és évszakok szerinti bontásban az 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A 2014-ben vett bélsármintákból történő petemeghatározás eredményei  
 Table 2: Results of coproscopy from faecal samples taken in 2014

Tenyészetek	2014. Tavasz (május)	2014. Ősz (október)
Tata	0	nincs minta
Mezőtúr (kanca)	0	nincs minta
Bábolna (kanca)	0	0
Bábolna (csödör)	<i>Trichostrongylida</i> pete	0
Balassagyarmat	0	nincs minta
Jobaháza (kanca)	<i>Strongylida</i> -típusú peték	0
Jobaháza (csödör)	0	0
Békéscsaba (kanca)	nincs minta	<i>Nematodirus</i> és <i>Müllerius</i> pete

2014 tavaszán csoportosan vett minták közül az eredmény negatív lett a tatai, mezőtúri, bábolnai (kancák esetében), balassagyarmati és jobaházi (csödörök esetében). Bábolnán a csödöröknél *Trichostrongylida* petéket találtak, azonban ezek esetében nem tudták pontosan meghatározni, hogy nagy gyomorférgétől származtak-e. Jobaházán a kancáknál *Strongylida*-típusú petéket tudunk kimutatni.

2014 őszén csoportosan gyűjtött minták esetében a békéscsabai kancáknál *Nematodirus* petéket és tüdőféreg (*Müllerius*) petéket találtak. A bábolnai csoportosan és jobaházi egyedileg gyűjtött minták eredménye a kancák és a csödörök esetében is negatív lett.

Mivel a 2014-es év viszonylag csapadékos volt és meleg, ez erősen kedvezhet a paraziták szaporodásának és terjedésének, ahogyan *Prichard* (2001) és *Burke* (2005) írta, hogy ezek az optimális körülmények. 2012-ben ez a nyirkos időjárás kedvezett is a paraziták elszaporodásának Angliában, ami miatt sok alpaka elpusztult (*Thomas*, 2012). A hőmérséklet és a csapadékeloszlás változása is jelentősen befolyásolhatja a paraziták jelenlétét és virulenciáját (*Tóth et al.*, 2018). Ennek ellenére a gyomor- és bélférgek előfordulási aránya a vizsgált telepeken szerencsére kismértékű volt.

A 2015. évben az előző évi tapasztalatokat felhasználva, hazai viszonylatban az egyik legjobb alpaka tenyésztőtől, tavasszal vettünk egyedi bélsármintákat csődöröktől és kancáktól, az eredményeket a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat: A 2015-ben vett bélsár-minták *Trichostrongylida*-pete meghatározásának eredményei

Table 3: Interpretation of *Trichostrongylidae* eggs in alpacas of Jobaháza in 2015

Tenyészet	2015. tavasz	Előfordulási arány, %
Jobaháza (kanca)	<i>Trichostrongylida</i> sp. peték	100
	<i>Nematodirus</i> sp. peték	50
Jobaháza (csődör)	<i>Trichostrongylida</i> sp. peték	100

Ellentétben a 2014-es eredményekkel, amikor *Strongylida*-típusú petéket találtak, a 2015-ben vizsgált mintákban mind a 6 kanca és 4 csődör esetében *Trichostrongylida* petéket, és a kancák közül 2-nél még *Nematodirus* peték is voltak. Vagyis a kórokozó férgek előfordulási aránya ebben az évben 100%, azaz igen jelentős volt. A pontos faj meghatározására ebben az évben sem volt lehetőség. 2015 viszonylag csapadékmentes volt, azonban többek között a májusban lehullott, több mint 100 mm csapadék mennyisége kedvezhetett az alvó állapotban lévő paraziták fejlődésének, szaporodásának. A vizsgált farm alpakáinak jelentős részét érintette a gyomorférggekkel való fertőzöttség. Hazánkban megfigyelhető, hogy a féregtelenítés ellenére visszatérnek a paraziták. A legelőkön található paraziták mennyisége és rezisztenciája a vegyszerekre egyre nagyobb mértékben alakul ki. A klímaváltozás és az új paraziták behurcolása is segíti ezt a folyamatot (*Kovács et al.* 2008). *Zajac és Gipson* (2000) és *Kaplan* (2004) kecskékénél, míg *Sarre et al.* (2012) és *Jabbar et al.* (2013) alpakáknál tapasztalta, hogy a férgek rezisztenssé válhatnak a féregtelenítésre használt szerekre.

A gyomor-bél férgesség a juh fajban is igen jelentős, és az egyik legelterjedtebb parazitózis az ún. elmaradt gazdasági haszon lényeges részét képezheti. Korábbi adatok szerint hazánkban a gyomor- és bélférgesség kórokozói a *Trichostrongilus*, *Cooperia* és leggyakrabban a *Nematoda* fajok közül kerülnek ki, és szinte az összes juhállományban megtalálhatóak. *Nematoda* fajok fertőzése során a juhok nem mutatnak jellegzetes klinikai tünetet, gyengébb termelési mutatókban jelentkezik a kártétel (pl. kisebb súlygyarapodás, fejlődésben való visszamaradás, rossz takarmányértékesítés (Mucsi, 2010; Polgár és Toldi, 2011). Érdekes eredményt mutatott ki Tóth et al. (2018), akik kezelt és kezeletlen magyar merinó juhok endoparazita fertőzöttséget értékelték. Megállapították, hogy a parazita fajok megjelenése és szaporodási dinamikája a két vizsgált csoportban eltért. A kezeletlen csoportban többször és súlyosabb parazita fertőzéseket mutattak ki. Tóth et al. (2016), a gyomor és bélférgék a júniusi hónapban okozták a legsúlyosabb fertőzést, majd mindkét csoportban felszaporodtak. A 2014. és a 2015. évi jobaházi adatok közötti nagy különbség felvetheti a féregtelenítés idejének kérdését is, különösen az átlagtól eltérő csapadékosabb időszakban a hatékony féregtelenítéshez csak a megfelelő időben történő kezelések tudnak hozzájárulni, ellenkező esetben csak szerény eredményeket érünk el. Hazai tapasztalatok, pl. a juhok féregtelenítése esetén is megerősítik, hogy a gyógyszeres kezelések nem minden esetben hatékonyan történnek meg (Tóth et al., 2018). Továbbá Lepres (2015) a peték élettartamát vizsgálva legelőn, megállapította, hogy a gyomor és bélférgék petéi és lárvái a nyáron (július és augusztus) kirakott bélsárból kb. 1 hónap alatt tűntek el.

A tenyészállatok értéke nagyon magas, beszerzési áruk 750 000 Ft-tól 1,5 millióig is terjedhet. Sajnos vannak olyan gondok, amelyeket nem lehet orvosolni, például az állatok hosszú távon történő szállításából eredő stressz. Ugyanakkor vannak olyan problémák (ilyen a férgesség is), amelyek elkerülhetők és ezzel gazdaságosabbá tehetjük az állatok tartását. Jó példa erre a legnagyobb egyedyszámmal rendelkező békéscsabai alpakatelep, ahol az alapítás óta csupán egyszer jelentkezett a férgesség problémája, elhullás pedig egyáltalán nem volt.

## **KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

Szerettük volna megvizsgálni, hogy más országokhoz hasonlóan a hazai alpaka állomány fertőzött-e. Általánosságban elmondható, hogy a hazánkban található alpaka

farmok kismértékben fertőzöttek férgekkel, *Strongylida*-típusú peték, *Trichostrongylida* peték, *Nematodirus* peték fordultak elő az általunk vett bélsár mintákban. Azonban ezt az aktuális meteorológiai hatások (pl. csapadékeloszlás, stb.) jelentős mértékben befolyásolhatják. A fertőzöttség nem csak egy területre korlátozódik, hanem az ország több részén is előfordul. Ivarszerinti eloszlásban megfigyelhető, hogy a hímek és a nőstények egyaránt veszélyeztetettek. Fontos tényező a legelők tisztántartása, szarvasmarhától, és kiskérődzőktől történő elkülönítés, és az állatok (főként a más országból érkezők) féregtelenítése. Javasolható Rashid (2019) módszeréhez hasonló kérdőíves monitorozással is felderíteni a hazai állomány fertőzöttségét és a védekezési lehetőségeket.

## **ALPACA STOMACH WORM (*HAEMONCHUS CONTORTUS*) OCCUR IN HUNGARIAN ALPACAFARMS**

ANDREA PRÁGAI - FERENC PAJOR - ÁKOS BODNÁR

Szent István University, Institute of Animal Husbandry

Gödöllő

### **ABSTRACT**

*Anvari-Tafti et al.* (2013) found that internal parasites which found in camels were also can found in goats, sheep, and cattle. Like other issues, it's dangerous for alpacas to be infected with various worms.

The summer of 2012 was rainy, foggy, the temperature was mild, some crias (young alpacas) births in heavy rain. This weather was optimal for *barber's pole* worms (*Haemonchus contortus*), to infect alpacas. For owners not easy to notice the signs of infestation. Because of this reason more alpacas died in the infection of worms than other illness (*Thomas*, 2012). The Barber's pole worm is common in Hungary too, mostly the grazing animals are infected with them (*Farkas et al.*, 2004).

We collected manure samples from alpacas, from different places like Békéscsaba, Jobaháza, Mezőtúr, Bábolna, Balassagyarmat, Tata. In the spring of 2014 we collected 34 samples, in fall 22 and in 2015 10. The samples examined in the laboratory of the University of Veterinary Medicine Department of Parasitology and Zoology. In some of

them found different type of worms, *Strongylida*, *Nematodirus*, *Müllerius Trichostrongylida* ovides.

The alpacas were slightly infected with different types of worms. The prevention of worm infection in alpaca stocks would be an important aspect to get better results in the future.

**Keywords:** alpaca, endoparasites, *Haemonchus contortus*, Hungary

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú pályázat támogatta.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Altizio B. A.- Westendorf M. L.* (1998): Llamas and alpacas, Rutgers Cooperative Research & Extension, NJAES, Rutgers, The State University of New Jersey

*Anvari-Tafti, M.- Szamand, A.- Hekmatimoghaddam, S.- Moobedi, I.* (2013): Gastrointestinal helminths of camels (*Camelus dromedarius*) in center of Iran. *Trop Biomed*, 30(1), 56-61.

*Anwar, A. H., - Khan, M. N.* (1998): Parasitic fauna of camel in Pakistan. In *Proceedings of the Third Annual Meeting for Animal Production under Arid Conditions* (Vol. 2, pp. 69-76).

*Anwar, M., - Hayat, C. S.* (1999): Gastrointestinal parasitic fauna of camel (*Camelus dromedarius*) slaughtered at Faisalabad abattoir. *Pakistan J. Biol. Sci*, 2(1), 209-210.

*Arenas, R.E.Z.* (2007): Estudio de la fauna parasitaria del tracto gastrointestinal de la liebre europea (*Lepus Europaeus*, Pallas 1778), proveniente de Estancias de las provincias de Última Esperanza y Magallanes, XIIª Región, Chile. Universidad Austral del Chile (tese).

*Ballweber, L.R.*, (2009): Ecto- and endoparasites of New World camelids. *Vet. Clin. North*

*Am. Food Anim. Pract.* 25, 295–310.

- Beldomenico P.M.- Uhart M.- Bono M.F.- Marul C., Baldi R.- Peralta J.L.* (2003): Internal parasites of free ranging guanaco from Patagonia, *Vet Parasitol*, Res.103, 1465-1467 p.
- Bowman D.B.*(2009): Helminths. In: Bowman DB, ed. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. 9th ed. St. Louis, MO: Elsevier:159–162, 333.
- Brasil, B. S.- Nunes, R. L.- Bastianetto, E.- Drummond, M. G.- Carvalho, D. C.- Leite, R. C.. - Oliveira, D. A.* (2012). Genetic diversity patterns of *Haemonchus placei* and *Haemonchus contortus* populations isolated from domestic ruminants in Brazil. *International journal for parasitology*, 42(5), 469-479.
- Burke J.* (2005): Management of Barber pole Worm in Sheep and Goats in the Southern U.S. , 1 Farms Research Update, February 2005, published by Dale Bumpers Small Farms Research Center, SPA, ARS, USDA
- Cebra, C.K.- Stang, B.V.* (2008): Comparison of methods to detect gastrointestinal parasites in llamas and alpacas. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 232, 733–741.
- Di Loria, A.- Veneziano, V.- Piantedosi, D.- Rinaldi, L.- Cortese, L.- Mezzino, L., - Ciaramella, P.* (2009). Evaluation of the FAMACHA system for detecting the severity of anaemia in sheep from southern Italy. *Veterinary parasitology*, 161(1-2), 53-59.
- Emerging Threats Quarterly Report* (2012): Miscellaneous Exotic & Farmed Species Surveillance quarterly report Vol 14 No 3 Date November 2012
- Edwards E. E.-Garner B. C.- Williamson L. H.- Storey B. E., - Sakamoto K.* (2016): Pathology of *Haemonchus contortus* in New World camelids in the southeastern United States: a retrospective review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 28 (2), 105-109.
- Farkas R.- Fok É.- Hornok S.* (2004): Állatorvosi parazitológiai diagnosztika, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi kar, Parazitológiai és állattani tanszék, Budapest 195-199 p.
- Fowler, M.E.*(2001): Selected diseases of South American camelids. *J. Camel Pract. Res.* 8, 99–112.
- Franz S.- Wittek T.- Joachim A.- Hinney B.- Dadak A. M.* (2015): Llamas and alpacas in Europe: Endoparasites of the digestive tract and their pharmacotherapeutic control. *The Veterinary Journal*, 204(3), 255-262.

- Gasser R.B.- Bott N.J.- Chilton NB- Hunt P-Beveridge I. (2008): Toward practical, DNA based diagnostic methods for parasitic nematodes of livestock – bionomic and biotechnological implications. *Biotechnol Adv.*;26(4):325–34.
- Hale, M. (2006). Managing internal parasites in sheep and goats. *ATTRA* <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/parasitesheep.pdf> (accessed on 14/6/2013)
- Hill F.I.-Death A.F.-Wyeth T.K.(1993): Nematode burdens of alpacas sharing grazing with sheep in New Zealand, *New Zeal. Vet. J.* 41, 205-208 p.
- Holló F. (1971): Adatok a juh parazitás gastro-enteritisének (trichostrongyloidosisának) terápiájához, Állatorvostudományi Egyetem Parazitológiai Tanszék
- Hyuga, A., Matsumoto, J, (2016): A survey of gastrointestinal parasites of alpacas (*Vicugna pacos*) raised in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 78, 719–721.
- Jabbar, A.- Campbell, A. J.- Charles, J. A.- Gasser, R. B. (2013): First report of anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus* in alpacas in Australia. *Parasites & vectors*, 6(1), 243.
- Johnston, M. C. (2016). Ombre Alpaca Nuno Felting. In *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings* (Vol. 73, No. 1). Iowa State University Digital Press.
- Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H. F., Baldi, R., Wheeler, J. C., Rosadio, R., & Bruford, M. W. (2001): Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1485), 2575-2584.
- Kaplan, R. (2004): Responding to the emergence of multiple-drug resistant *Haemonchus contortus*: Smart Drenching and FAMACHA© [PowerPoint]. Retrieved July 12, 2005, [www.scsrpc.org/Files/Files/Misc/FL%20Goat%20Prodn%20Conf%20June04%20Comp%20format.pdf](http://www.scsrpc.org/Files/Files/Misc/FL%20Goat%20Prodn%20Conf%20June04%20Comp%20format.pdf)
- Kovács A.- Szentléleki A.-Sipos M. (2008): Növekvő parazitaveszély a legelőn, *AWETH* Vol 4. Különszám, 781- 787.
- Leguía, G. (1991): The epidemiology and economic impact of llama parasites. *Parasitol. Today* 7, 54–56.
- Lepres L. B. (2014): Juhok féregpetéinek élettartama a legelőn (szakdolgozat), Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Parazitológiai és Állattani Tanszék
- Motyovszki N. (2017): A juhok albendazolos kezelésének vizsgálata (Doctoral dissertation)

- Mucsi I.*(2010): Juhtenyésztési alapismeretek. III. kötet Juhbetegségek. Tudás Alapítvány, Hódmezővásárhely. 32.
- Országos Meteorológiai Szolgálat* (2015): Beszámoló 2014. év éghajlatáról és szélsőséges időjárási eseményeiről, 18-21.
- Országos Meteorológiai Szolgálat* (2016): Beszámoló 2015. év éghajlatáról és szélsőséges időjárási eseményeiről, 14-18.
- Poe I.* (2012): Barber's Polein Sheep, Goats and Alpaca, [http://www.lhpa.org.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/430773/Barbers-pole-in-sheep\\_April2012.pdf](http://www.lhpa.org.au/__data/assets/pdf_file/0006/430773/Barbers-pole-in-sheep_April2012.pdf)
- Polgár P.- Toldi Gy.* (2011): Juh- és kecsketenyésztés, Pannon Egyetem, Kaposvári Egyetem, [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059\\_juh\\_es\\_kecsketenyesztes/ch10s10.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_juh_es_kecsketenyesztes/ch10s10.html) (utolsó letöltés: 2020. május 10.)
- Prichard R.* (2001): Genetic variability following selection of *Haemonchus contortus* with anthelmintics. *Trends Parasitol.* 2001;17(9):445–53.
- Rahman, W. A., - Hamid, S. A.* (2007). Morphological characterization of *Haemonchus contortus* in goats (*Capra hircus*) and sheep (*Ovis aries*) in Penang, Malaysia. *Tropical biomedicine*, 24(1), 23-27.
- Rashid, M. H.- Stevenson, M. A.- Campbell, A. J.- Vaughan, J. L.- Beveridge, I., - Jabbar, A.* (2019): An assessment of worm control practices used by alpaca farmers in Australia. *Veterinary parasitology*, 265, 91-100.
- Rashid, M.H.- Vaughan, J.L.- Stevenson, A.M.- Campbell, A.J.D.- Saeed, M.A.- Indjein, L.- Beveridge, I.- Jabbar, A.* (2019)a: Epidemiology of gastrointestinal nematodes of alpacas in Australia: I. a cross-sectional studies. *Parasitol. Res In Press.*
- Rashid, M.H.- Stevenson, A.M.- Vaughan, J.L.- Saeed, M.A.- Campbell, A.J.D.- Beveridge, I.- Jabbar, A.* (2019)b: Epidemiology of gastrointestinal nematodes of alpacas in Australia: II. longitudinal studies. *Parasitol. Res In Press.*
- Rashid, M.H.- Beveridge, I.- Vaughan, J.L.- Jabbar, A.* (2019)c: Worm burdens and associated histopathological changes caused by gastrointestinal nematodes in alpacas from Australia. *Parasitol. Res In Press.*



- Rickard, L.G.- Bishop, J.K.* (1991): Helminth parasites of llamas (*Lama glama*) in the Pacific Northwest. *J. Helminthol. Soc. Wash.* 58, 110–115.
- Rickard, L.G.* (1994): Update on llama medicine. *Parasites. Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.* 10, 239–247.
- Sarrea C.- Claerebouta E.- Vercruysea J.- Levecke B.- Geldhofa P.- Pardonb B.- Alvineriec M.- Sutrac J.F.- Geurdena T.* (2012): Doramectin resistance in *Haemonchus contortus* on an alpaca farm in Belgium, *Veterinary Parasitology* 185 (2012) 346– 351
- Schock, A.- Bidewell, C. A.- Duff, J. P.- Scholes, S. F. - Higgins, R. J.* (2007): Coccidiosis in British alpacas (*Vicugna pacos*). *Veterinary Record* 160, 805-806
- Storey, B. E., Williamson, L. H., Howell, S. B., Terrill, T. H., Berghaus, R., Vidyashankar, A. N., & Kaplan, R. M.* (2017). Validation of the FAMACHA© system in South American camelids. *Veterinary parasitology*, 243, 85-91.
- Thomas S.* (2012): Parasite paradise, *Alpaca World Magazine*, Autumn, 40-45 p.
- Thomas, S. M., - Morgan, E. R.* (2013): Effect on performance of weanling alpacas following treatments against gastro-intestinal parasites. *Veterinary parasitology*, 198 (1-2), 244-249.
- Tóth M. - Oláh J.* (2016): "parazita fertőzöttség időbeni változásának vizsgálata magyar merinó juhoknál." a világ interdiszciplináris megközelítésben: 21-38
- Tóth M.- Farkas R.- Oláh J.- Varga K. - Komlósi I.- Monori I.* (2018): Kezelt és kezeletlen magyar merinó juhok endoparazita fertőzöttségének vizsgálata Karcagon. XXXVII Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, 2018. november 9-10. Programfüzet. 86.
- Twomey, D.F.- Wu, G.- Nicholson, R.- Watson, E.N.- Foster, A.P.* (2014): Review of laboratory submissions from New World camelids in England and Wales (2000–2011). *Vet. J.* 200, 51–59.
- Van Wyk, J. A., - Bath, G. F.* (2002): The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary research*, 33(5), 509-529.
- Villarroel, A.* (2013): Internal parasites in sheep and goats.
- Zajac, A. M. - Gipson, T. A.* (2000): Multiple anthelmintic resistance in a goat herd. *Veterinary Parasitology*, 87(2-3), 163-172.

Internet I: <http://www.agraroldal.hu/juh-4.html> 2013.08.25.

*A szerző levélcíme – Address of the author:*

Prágai Andrea  
Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal  
1024 Budapest Keleti K.u.24.  
pragai.andrea@gmail.com

Pajor Ferenc  
Szent István Egyetem, Állattenyésztés- tudományi Intézet  
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
Pajor.Ferenc@szie.hu

Bodnár Ákos  
Szent István Egyetem, Állattenyésztés- tudományi Intézet  
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
Bodnar.Akos@szie.hu



## SORCS2 POLIMORFIZMUS GENOTIPIZÁLÁSA KÜLÖNBÖZŐ TYÚK ÁLLOMÁNYOKBAN

<sup>1</sup>SÁRVÁRI LORETTA CSILLA - <sup>1</sup>TEMPFLI KÁROLY - <sup>1</sup>SZALAI KLAUDIA -  
<sup>1</sup>ZSÉDELY ESZTER - <sup>1</sup>LENCSES-VARGA ERIKA - <sup>1</sup>HERCEG BALÁZS -  
<sup>2</sup>ALMÁSI ANITA - <sup>2</sup>HIDAS ANDRÁS - <sup>2</sup>ORBÁN ATTILA - <sup>1</sup>BALI PAPP ÁGNES

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Állattudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup> Bábolna TETRA Kft., Bábolna

### ÖSSZEFOGLALÁS

A modern állati termék előállításban az állatjólét egyre fokozódó hangsúllyal jelenik meg. A megfelelő állatvédelem és állatjólét biztosítása a pozitív fogyasztói megítélés elérésének és a hatékony termelés fenntartásának egyaránt alapvető feltétele. Jelen vizsgálatban egy potenciális, az agresszív viselkedés kialakulásában szerepet játszó marker, a *SORCS2* (sortilin related VPS10 domain containing receptor 2) génben található egy pontos nukleotid polimorfizmus genotipizálását végeztük el különböző kísérleti tojótyúk hibridekben (C1, C2, Tint). Kidolgoztuk a gén polimorfizmusának azonosításához használható polimeráz láncreakció és restrikciós fragmenthossz polimorfizmus (PCR-RFLP) módszert. A vizsgálathoz szükséges DNS-t tollmintákból izoláltuk, majd PCR-RFLP és agaróz gélelektroforézis segítségével végeztük a genotipizálást. A vizsgált hibrid állományokban meghatároztuk a különböző *SORCS2* allélok és genotípusok arányát, és statisztikai módszerekkel elemeztük az allél- és genotípus-gyakoriságban megfigyelhető különbségeket. További elemzések során a *SORCS2* genotípus hatásait értékeltük számos tulajdonság alakulására (pl. tollazat épsége 30 és 60 hetes életkorban, vedlés megjelenése 60 hetes korban, különböző viselkedésminták előfordulási gyakorisága). Eredményeink alapján a *SORCS2*

genotípusok eltérő arányban fordulnak elő a vizsgált hibrid állományokban, ezáltal szerepet játszhatnak a viselkedésbeli és termelésbeli különbségek kialakulásában.

**Kulcsszavak:** viselkedés, *SORCS2*, tyúk

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az állatok viselkedése a külső és a belső környezeti hatásokra történő magatartásbeli megnyilvánulásukat jelenti. A viselkedést alakító életfolyamatok, ezáltal a viselkedési formák, módok a szervezet és a környezet kölcsönhatásának eredményei, amelyekben mind az öröklött, mind a szerzett (tanult) viselkedési sémák szerepet játszanak (*Gere és Csányi, 2001*). A baromfiiparban az agresszív magatartás az állatjólét kiemelt kérdése az egész világon. A tyúk faj esetében mindmáig kevés információval rendelkezünk az agresszív viselkedés genetikai hátteréről, azonban *Li és mtsai* 2016-ban teljes genomra kiterjedő asszociációs vizsgálatot (GWAS) végeztek a tyúk agresszív viselkedésével kapcsolatos genetikai mechanizmus feltárása céljából. A GWAS eredményeként mintegy 17 génben vagy gén közelében (köztük pl. a *SORCS2* az Idegi Növekedési Faktor, és Dopamin receptor gének) 33 egyponyos nukleotid polimorfizmust (SNP) azonosítottak mint az agresszív viselkedés potenciális genetikai markerei. A tyúk agresszív viselkedését úgy definiálják, mint az élőhelyért, a takarmányért, a párosodásért, az egyedi túlélésért folytatott küzdelem, a közvetlen szociális dominancia megnyilvánulása. A tyúk társas viselkedésének fontos eleme a társaikkal folytatott küzdelem révén, hogy meghatározzák pozíciójukat a hierarchiában, és felállítsák a szociális rangsort (*Väisänen és mtsai, 2005*). Az agresszív viselkedés emellett megnövekedett szociális stresszt, testkárosodást, halálózást, valamint megjelenési hibákat okozhat, így súlyos gazdasági veszteségeket jelent a termelésben. Ezért az agressziót szabályozó genetikai mechanizmus feltárása nem csak a tyúk faj agressziójának jobb megértését szolgálja, hanem javíthatja a baromfiipar gazdasági hatékonyságát és az állatok jólétét is.

A *SORCS2* gén legnagyobb mértékben a központi idegrendszerben expresszálódik, terméke a Vps10p-D fehérjék családjába tartozik. Fontos szerepet játszik a neurális struktúrák és az agyi plaszticitás kialakulásában. A közelmúltbeli, emlősöknél megállapított asszociációs eredmények érdekessé teszik a gén vizsgálatát mint a bipoláris zavar (BD), a figyelemhiányos hiperaktivitási rendellenesség (ADHD), a skizofrénia, és az Alzheimer-kór kialakulásában szerepet játszó faktor (*Soronen, 2012; Takata és mtsai,*

2011; Tielbeek és mtsai, 2012; Zeitz és mtsai, 2013; Fabbri és Serretti, 2016). Jelen vizsgálat fő célja a *SORCS2* génben azonosított SNP genotipizálására alkalmazható PCR-RFLP módszer kidolgozása, valamint a polimorfizmus hazai tyúk-állományban való jelenlétének igazolása volt. Az eltérő *SORCS2* genotípusú csoportok termelési, viselkedési tulajdonságainak összevetése révén lehetőség nyílik a polimorfizmus szelekcióban való alkalmazhatóságának felmérésére.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatban szereplő tyúkok két különböző kísérleti telepről származtak: Kaposvárról (N=119) és Mosonmagyaróvárról (N=30). Az állományt három, fejlesztés alatt álló, szabadtartásra alkalmas, árutermelő tojóhibrid csoport alkotta (C1, C2, és Tint néven). Mindkét telepen zárt, csoportos (ketrec nélküli) tartástechnológiát alkalmaztak azonos takarmányozási feltételekkel. A kaposvári minták értékelésénél rendelkezésre álló adatokat (pl. tollazat bonitálás eredménye, tollazat épsége 30 és 60 hetes életkorban, vérmérséklet) és tollmintákat kaposvári kollégáinknak, Dr. Sütő Zoltán professzor úrnak és kutatócsoportjának köszönhetjük. A bonitálás során a tollazat épsége és fejlettsége került bírálatra. A kifogástalan, ép tollazat 36 maximális pontszámmal értékelhető, míg a különböző testtájakon és különböző mértékben jelentkező hiányosságok pontlevonást eredményeztek. A vérmérséklet (ideges/nyugodt) megítélése a bonitálások során tanúsított viselkedés alapján történt. A mosonmagyaróvári kísérleti állományban a tyúkok között megfigyelhető főbb viselkedésmintákat és azok gyakoriságát 35-37 hetes életkorban rögzítettük, egy órás megfigyelési periódusok alkalmával. Az egyedek azonosítását különböző színű szalagok lábán való elhelyezésével valósítottuk meg. A tyúkok között megfigyelhető főbb viselkedésmintákat, viselkedéstípusokat és azok gyakoriságát rögzítettük legalább egy órás megfigyelési periódusokban, mindig a délelőtti órákban. A megfigyelés végén az állatoktól tollmintát gyűjtöttünk, azokat egyedileg jelölt mintavételi zacskókba helyeztük, majd a felhasználásig -20 °C-on tároltuk.

Az agresszív viselkedés kialakulásának potenciális markereként azonosított *SORCS2* (sortilin related VPS10 domain containing receptor 2) polimorfizmus (*Li és mtsai, 2016*) genotipizáláshoz PCR-RFLP módszert (polimeráz láncreakció-restrikciós fragmenthossz polimorfizmus) dolgoztunk ki. A *SORCS2* gén vizsgált szakaszának felsokszorozásához

szükséges primereket a primer3 programmal terveztük meg. A polimorfizmus azonosításához használható restriktív enzim (RsaI) a New England BioLabs Enzyme Finder alkalmazás segítségével választottuk ki.

A PCR reakció komponenseinek (Maxima SYBR Green mastermix, primerek, nukleázmentes víz) összemérése után az alábbi sorrendben és lépésekkel amplifikáltuk a *SORCS2* vizsgált szakaszát: bevezető denaturáció: 95 °C, 6 min, majd 95 °C, 15s; primer kapcsolódás: 60 °C, 30s; elongáció: 72°C, 30s; a denaturációs, feltapadási és elongációs szakaszt 39-szer ismételtük.

A restriktív fragmenthossz polimorfizmusnál a PCR termékeket legalább 3 órán keresztül, 37 °C-on inkubáltuk. A gélbe juttatott mintákat UV-fényben látható festékkel (etídium-bromiddal) jelöltük. Az UV-megvilágítás során az adott minta által megtett út hossza arányos a fragment méretével, így polimorfizmusok elkülönítésére alkalmas.

A statisztikai értékelés SPSS v.16 program segítségével, független mintás t-próba és Khí négyzet teszt alkalmazásával történt.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A kidolgozott PCR-RFLP módszert sikeresen alkalmaztuk a polimorfizmus azonosítására. A használt *RsaI* enzim *C* allél jelenléte esetén végez hasítást, így a 228 bp hosszúságú PCR-terméket egy 75 és egy 153 bp hosszúságú szakaszra vágja.

A Kaposvárról származó állományok rendelkezésre álló fenotípusos eredményeit és a kapcsolódó *SORCS2* genotípusok közötti összefüggések az alábbi táblázatokban láthatók. Az egész vizsgált állományra (N=119) vonatkozó tollazat bonitálási eredményeket a *SORCS2* genotípus szerint mutatja be az *1. táblázat*.

1.táblázat: A tyúkok bonitálási eredményei SORCS2 genotípus szerint

Table 1: Bonitation result of individuals of different SORCS2 genotypes

	<sup>(1)</sup> SORCS2 genotípus (N)	
	CC	CT
<sup>(2)</sup> Bonitálás pontszám (30 hetes korban)	35,88±0,37 (75)	35,98±0,15 (44)
<sup>(3)</sup> Bonitálás pontszám (60 hetes korban)	32,64 <sup>b</sup> ±3,76 (61)	34,34 <sup>a</sup> ±2,58 (41)

<sup>a,b</sup> A különböző betűvel ellátott átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

<sup>a,b</sup> The difference between the averages with different letters is significant (P<0,05)

(1) SORCS2 genotypes, (2) Bonitation score (at 30 weeks of age), (3) Bonitation score (at 60 weeks of age)

A 30 hetes életkorban (N=119) elért összpontszámok átlagai alapján nem különböztek szignifikáns (P<0,05) mértékben a CC és a CT genotípusú csoportok. A 60 hetes korban (N=102) megállapított bonitálási eredményeket tekintve megállapítható, hogy a CT genotípusú heterozigóta csoport szignifikánsan (P<0,05) nagyobb bonitálási átlagot ért el, vagyis nagyobb mértékben megőrizték tollazatuk épségét. A SORCS2 genotípus tollazatra gyakorolt hatásáról mindeddig nem számoltak be a szakirodalomban. A genotípus-fenotípus asszociációk hátterében számos polimorfizmus esetében a tulajdonság biológiai hátterét ténylegesen befolyásoló lokuszhoz való genetikai kapcsoltság áll. A SORCS2 gén és a tollazat alakulása közötti összefüggés értékeléséhez további adatok szükségesek, ill. a lehetséges kapcsoltsági viszony feltárásában *in silico* vizsgálat nyújthat segítséget.

A 2. táblázatban látható a genotípusok megoszlása a három kísérleti csoportban. A homozigóta C genotípus legnagyobb arányban a Tint, legkisebb arányban a C1 állományban fordult elő. A C1 hibrid esetében a CC genotípust szignifikánsan (P<0,05) kisebb arányban figyeltük meg, mint a Tint és a C2 hibridnél.

2.táblázat: A SORCS2 genotípus gyakorisága hibridek szerint

Table 2: Distribution of SORCS2 genotype frequencies in different herds

Állomány	<sup>(1)</sup> SORCS2 genotípus arány (N)	
	CC	CT
<b>C1</b>	52,8 (28) <sup>b</sup>	47,2 (25)
<b>C2</b>	68,8 (33) <sup>a</sup>	31,2 (15)
<b>Tint</b>	77,8 (14) <sup>a</sup>	22,2 (4)

<sup>a,b</sup> A különböző betűvel ellátott genotípus-gyakoriságok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

<sup>a,b</sup> The difference between genotype frequencies with different letters is significant (P<0,05)

(1) SORCS2 genotype ratio

A 60. élethéten a 102 genotipizált tyúk közül 22 egyednél figyeltek meg vedlést (az állomány 21,6%-a). A vedlést mutató egyedek több mint háromnegyede CC genotípusú volt (3. táblázat), ami a C allél vedléssel való tendenciaszerű (P=0,059) összefüggésére utal.

3.táblázat: A vedlés megjelenése SORCS2 genotípus szerint

Table 3: Appearance of shedding in different SORCS2 genotype groups

	<sup>(1)</sup> SORCS2 genotípus (N)	
	CC	CT
<sup>(2)</sup> Nem vedlik (%)	55,0 (44)	45,0 (36)
<sup>(3)</sup> Vedlik (%)	77,3 (17)	22,7 (5)

Pearson-féle Kí négyzet  $\chi^2=3,56$  (P=0,059)

Pearson's Chi Square  $\chi^2=3,56$  (P=0,059)

(1) SORCS2 genotype, (2) non shedding, (3) shedding

A 4. táblázatban az ún. bundás tollazat és az elhullások aránya látható SORCS2 genotípusonként. A bundás tollazat az állomány egészéhez viszonyítva szignifikánsan (P<0,05) nagyobb arányban fordult elő a heterozigóta (CT) csoportban. A heterozigóta csoportban szignifikánsan (P<0,05) kevesebb elhullást rögzítettek, mint a homozigótáknál (18,2% a CC, illetve 6,8% a CT genotípus-csoportban).



4.táblázat: A „bundás” tollazat kialakulása és az elhullás SORCS2 genotípus szerint

Table 4 Mortality rate and formation of “furry” plumage in different SORCS2 genotype groups

		<sup>(1)</sup> SORCS2 genotípus	
		CC	CT
<sup>(2)</sup> Bundás	Megfigyelt egyedszám (N)	16	18
	SORCS2 genotípus arányában (%)	21,3 <sup>b</sup>	40,9 <sup>a</sup>
<sup>(3)</sup> Elhullott	Megfigyelt egyedszám (N)	14	3
	SORCS2 genotípus arányában (%)	18,7 <sup>a</sup>	6,8 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> A különböző betűvel ellátott értékek közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

<sup>a,b</sup> The difference between the values with different letters is significant (P<0,05)

(1) SORCS2 genotype, (2) furry, (3) died

A bonitálás során értékelték az állatok vérmérsékletét, az egyedeket viselkedésük alapján két csoportra (ideges vagy nyugodt) osztották. Az 5. táblázatban az ideges és nyugodt madarak aránya látható genotípusonként. A SORCS2 polimorfizmus vérmérsékletre gyakorolt hatásának vizsgálatához további egyedeket szükséges bevonni a kísérletbe, hiszen a jelenleg genotipizált 119 egyedből mindössze 4 minősült ideges vérmérsékletűnek. Genotípusonként nem volt különbség az ideges és/vagy nyugodt tyúkok arányában (P>0,05).

5.táblázat: Az ideges/nyugodt vérmérsékletű egyedek előfordulása különböző SORCS2 genotípusú csoportokban

Table 5: Occurrence of nervous / calm-blooded individuals in different SORCS2 genotype groups

		<sup>(1)</sup> SORCS2 genotípus	
		CC	CT
<sup>(2)</sup> Ideges	Megfigyelt egyedszám (N)	3	1
	SORCS2 genotípus arányában (%)	4,8	2,4
<sup>(3)</sup> Nyugodt	Megfigyelt egyedszám (N)	59	40
	SORCS2 genotípus arányában (%)	95,2	97,6

(1) SORCS2 genotype, (2) nervous, (3) calm

Jelenleg a mosonmagyaróvári kísérleti állomány 30 egyedétől állt rendelkezésre a viselkedésminták vizsgálatának és a *SORCS2* genotipizálási munkának az eredménye. A 6. táblázatban – tájékoztató jelleggel – látható az egyes viselkedésminták előfordulási esetszáma a különböző genotípusú csoportokban.

6. táblázat: A felvételezett viselkedésminták előfordulása különböző *SORCS2* genotípusonként

Table 6: Occurrence of recorded behavior patterns by different *SORCS2* genotypes

<i>SORCS2</i> genotípus	CC (N=19)			CT (N=9)			TT (N=2)		
	Átlag	Szórás	Összes eset	Átlag	Szórás	Összes eset	Átlag	Szórás	Összes eset
<sup>(2)</sup> Viselkedésformák									
<sup>(3)</sup> Jelölő csipkedése	1,37	1,74	26	1,22	1,92	11	3,00	1,14	6
<sup>(4)</sup> Csipkedés	0,21	0,54	4	0,22	0,44	2	0,50	0,71	1
<sup>(5)</sup> Támadó csipkedés	0,11	0,31	2	0,22	0,44	2	0	0	0
<sup>(6)</sup> Falra ugrás	0,05	0,23	1	0	0	0	0	0	0
<sup>(7)</sup> Tollazat borzolása	0,37	0,60	7	0,67	0,71	6	1,00	1,41	2
<sup>(8)</sup> Szárnycsapkodás	0,11	0,46	2	0,11	0,33	1	0,50	0,71	1
<sup>(9)</sup> Szárnyemelés	0,16	0,38	3	0,11	0,33	1	0	0	0
<sup>(10)</sup> Tollázkodás	0,95	1,62	18	0,67	0,71	6	2,00	2,83	4
<sup>(11)</sup> Idegés járkálás	0,53	1,61	10	0,22	0,67	2	0	0	0
<sup>(12)</sup> Kiutat keresés	0,58	1,22	11	0,44	1,33	4	0,50	0,71	1
<sup>(13)</sup> Felreppenés	1,05	3,92	20	0,56	1,01	5	0	0	0
<sup>(14)</sup> Szökési kísérlet	0,32	1,00	6	1,56	2,35	14	0	0	0
<sup>(15)</sup> Fekvés	0,63	1,34	12	0,67	1,12	6	1,00	1,41	2
<sup>(16)</sup> Kapirgálás	0,37	0,96	7	1,56	3,32	14	0,50	0,71	1
<sup>(17)</sup> Áldozat	0,05	0,23	1	0,33	1,00	3	0	0	0
<sup>(18)</sup> Üldözés	0	0	0	0,11	0,33	1	0	0	0

(1) *SORCS2* genotype, (2) behaviors; (3) marker pinching, (4) pinching, (5) offensive pinching, (6) jump on the wall, (7) plumage ruffle, (8) flapping, (9) wing lift, (10) feathering, grooming, (11) nervous walking, (12) way out search, (13) flying up, (14) escape attempt, (15) recline, (16) scratching, (17) victim, (18) persecution

A mosonmagyaróvári kísérleti állományban rögzített viselkedésmintákat négy főbb kategóriába (agresszió, érdeklődés, komforttevékenység, menekülés) soroltuk. A 7.

táblázat a főbb kategóriák átlagos előfordulását mutatja be genotípusonként tájékoztató jelleggel.

7. táblázat: Főbb viselkedéstípusok előfordulása a különböző SORCS2 genotípusú csoportokban

Table 7: Occurrence of major behavioral types in different SORCS2 genotype groups

(1) SORCS2 genotípus		(2) Agresszió	(3) Érdeklődés	(4) Komfort	(5) Menekülés
<b>CC (N=19)</b>	Átlag	0,11	1,63	4,16	1,47
	Szórás	0,315	1,832	5,346	2,932
	Összes eset	2	31	79	28
<b>CT (N=9)</b>	Átlag	0,33	1,44	4,33	1,89
	Szórás	0,5	2,068	4,359	3,689
	Összes eset	3	13	39	17
<b>TT (N=2)</b>	Átlag	0	3,5	5	0,5
	Szórás	0	0,707	4,243	0,707
	Összes eset	0	7	10	1
<b>Összes (N=30)</b>	Átlag	0,17	1,7	4,27	1,53
	Szórás	0,379	1,878	4,863	3,037
	Összes eset	5	51	128	46

(1) SORCS2 genotype, (2) aggression, (3) interest, (4) comfort, (5) escape

Kezdeti eredményeink alapján a CT genotípusú állományban gyakoribb volt az agresszív viselkedésminták előfordulása, mint a homozigóta C egyedeknél, míg a két homozigóta T tyúk esetében nem rögzítettünk agresszív viselkedésmintát.

A genotipizált és a viselkedéssel kapcsolatos vizsgálatba vont állomány további növelésével pontosabb képet kaphatunk a SORCS2 polimorfizmus szerepéről a viselkedés alakulásában és az agresszió megjelenésében a tyúk fajnál.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A kidolgozott PCR-RFLP módszert sikeresen alkalmaztuk a polimorfizmus azonosítására.

Az emésztés után agaróz gélelektroforézist futtattunk, viszont láthatóvá kellett tenni az RFLP- termékeket. Erre a célra olyan festékeket használtunk, melyek nukleinsavakkal fluoreszkáló komplexeket képeznek: a látható tartományban fényt bocsátanak ki magukból és ultraibolya fényben gerjeszthetőek.

Eredményeink alapján a *SORCS2* genotípusok eltérő arányban fordulnak elő a vizsgált hibrid állományokban, ezáltal szerepet játszhatnak a hibridvonalak közötti viselkedésbeli és termelésbeli különbségek kialakulásában.

### **Genotyping of a *SORCS2* polymorphism is different chicken populations**

<sup>1</sup>SÁRVÁRI LORETTA CSILLA - <sup>1</sup>TEMPFLI KÁROLY - <sup>1</sup>SZALAI KLAUDIA -  
<sup>1</sup>ZSÉDELY ESZTER - <sup>1</sup>LENCSES-VARGA ERIKA - <sup>1</sup>HERCEG BALÁZS -  
<sup>2</sup>ALMÁSI ANITA - <sup>2</sup>HIDAS ANDRÁS - <sup>2</sup>ORBÁN ATTILA - <sup>1</sup>BALI PAPP ÁGNES

<sup>1</sup> Széchenyi István University, Faculty of agricultural and Food Sciences,  
Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup> Bábolna TETRA Kft., Bábolna

#### **ABSTRACT**

Increasing consumer pressure to further improve animal welfare is a major challenge in modern animal production. In this preliminary study, a single nucleotide polymorphism of *SORCS2* (sortilin related VPS10 domain containing receptor 2) was genotyped in different chicken hybrid populations (e.g. Bábolna C1, C2, Tint) as a potential marker for aggressive behaviour. A polymerase chain reaction and restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) method was developed for the identification of *SORCS2* genotypes. Required DNA was isolated from feather samples, and agarose gel electrophoresis was applied for visual allele discrimination. Allele and genotype frequencies were calculated, and population differences were analysed. In a genotype-trait association study, allele effects were investigated on several traits (e.g. general plumage condition at week 30 and 60, occurrence of molting at week 60, frequency of

behavioural types). Based on the results, it was concluded that the analysed *SORCS2* marker can contribute to differences in behavioural and production traits between hybrid populations.

**Keywords:** behaviour, *SORCS2*, chicken

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kaposvári kollégáinknak, Dr. Sütő Zoltán professzor úrnak és kutatócsoportjának köszönjük a kaposvári minták értékeléséhez gyűjtött és rendelkezésünkre bocsátott adatokat (pl. tollazat bonitálás eredménye, tollazat épsége 30 és 60 hetes életkorban, vérmérséklet) és a szükséges tollmintákat!

A kutatást a 2018-1.3.1-VKE-2018-00042 projekt támogatta.

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

## IRODALOMJEGYZÉK

*Fabbri, C., Serretti, A.* 2016. Genetics of long-term treatment outcome in bipolar disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 65, 17–24.

*Gere T. – Csányi V.* (2001): Gazdasági állatok viselkedése I. Általános etológia. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

*Li Z. - Zheng M. - Abdalla B.A. - Zhang Z. - Xu Z. - Ye Q. - Xu H. - Luo W. - Nie Q. - Zhang X.* 2016. Genome-wide association study of aggressive behaviour in chicken. *Scientific Reports*, 6:30981.

*Soronen, P.* 2012. Genetics behind mood disorders: Candidate gene studies of bipolar and major depressive disorders. Akadémiai disszertáció, Helsinki Egyetem, Finnország, 108.

*Takata A., Kawasaki H., Iwayama Y., Yamada K., Gotoh L., Mitsuyasu H., Miura T., Kato T., Yoshikawa T., Kanba S.* 2011. Nominal association between a polymorphism in DGKH and bipolar disorder detected in a meta-analysis of East Asian case-control samples. *Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 65, 280–285.

*Tielbeek J.J., Medland S.E., Benyamin B., Byrne E.M., Heath A.C., Madden P.A., Martin N.G., Wray N.R., Verweij K.J.* 2012. Unraveling the genetic etiology of adult antisocial behavior: a genome-wide association study. *PLoS One*, 7:e45086.

*Väisänen J. - Hakansson J. - Jensen P.* 2005. Social interactions in Red Junglefowl (*Gallus gallus*) and White Leghorn layers in stable groups and after re-grouping. *Br Poult Sci.* 46, 156–168.

*Zeitz M.J., Lerner P.P., Ay F., Van Nostrand E., Heidmann J.D., Noble W.S., Hoffman A.R.* 2013. Implications of COMT long-range interactions on the phenotypic variability of 22q11.2 deletion syndrome. *Nucleus*, 4, 487–493.

*A szerző címe – Address of the author:*

Sárvári Loretta Csilla

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Állattudományi Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: sarvari.loretta@sze.hu



**THE EFFECT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL CONTROL ON THE  
WESTERN CORN ROOTWORM LARVAE (*Diabrotica virgifera virgifera*  
LeConte) IN FIELD TRIALS**

VÖRÖS LEVENTE – ÁBRAHÁM RITA – ENZSÖL ERZSÉBET

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

**ABSTRACT**

The western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) is one of the most important harmful corn pests in Hungary, currently it is essential to control both larvae and imagos in monoculture cultivation. The control of larvae is costly and the use of large quantities of soil disinfectants places an increased burden on the environment. Since 2018, the European Union has been extracting more and more active substances, so the number of insecticides that can be used against larvae has greatly decreased, thus increasing the value of environmentally friendly biological products that provide effective protection. In our experiments, in 2018, we compared the larval killing effect of Force 1.5 G (tefluthrin) soil disinfectant and Poncho pro (clothianidin) seed coating under field conditions. We examined whether the efficiency of more cost-effective, easier-to-treat dressing achieves the results produced by the more expensive soil disinfectant. Force 1.5 G soil disinfectant was applied at a rate of 12 kg / ha and Poncho pro (clothianidin) was applied to the seed surface at a dose of 1.25 mg. After the approval of the seed coating with neonicotinoid in bread was revoked, in 2019 we started to study the larvicidal effect of a biological procedure (*Heterorhabditis bacteriophora* entomopathogenic nematode). We wondered if this biological product could take up the fight against the larvae of the American corn borer, whether it could achieve the effectiveness of the commonly used Force 1.5 G (tefluthrin) soil disinfectant. In the 2019 experiment, the

dose of soil disinfectant was the same as in the previous year, the nematodes were applied in 2 doses, the lower dose was 2 billion / ha and the higher dose was 3 billion / ha.

The experiments were carried out in Győr-Moson-Sopron county on the border of Gyömöre village on a large field plot, in 4 replicates. In the evaluation of the experiment, the plants were excavated with a 20x20 cm earth ball, the larval counts were recorded, and then the roots were washed and the value of root retention was determined using the modified Iowa scale. Data were evaluated by statistical analysis.

We found that each experimental material significantly reduced the number of rootworms compared to the control. Root damage caused by larvae remained below the economic threshold (modified IOWA scale: 3.5). The larvicidal effect of insect pathogenic nematodes is practically the same as that of tefluthrin, no verifiable difference was found between their effects.

**Keywords:** western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis bacteriophora* Poiner, root damage, modified IOWA scale.

## INTRODUCTION

In addition to wheat/*Triticum aestivum*/ and rice/*Oryza sativa*/, corn /*Zea mays*/ is the most important cereal of mankind. The world has a sown area of 140-160 million hectares. It is the largest planted area in Hungary, 1.2 million ha including silage corn. Due to the large production area, it is in many cases grown in monoculture. In addition to the appropriate agrotechnical processes (tillage, nutrient supply, number of sown plants, weed control), the control of western corn rootworm (*Diabrotica v. virgifera*) is becoming an increasing challenge during maize production.

There are two subspecies of the species, *Diabrotica virgifera zea*, and *Diabrotica virgifera virgifera*, which is also common in Europe (Krysan *et al.* 1980). The insect has a tropical (Mexican) gene center (Krysan 1982), from where it conquered the area of the corn belt in North America. The first economic damage was caused by the XX. century on sweet corn (Gillette 1912). It crossed the Hungarian border in 1995 (Tóth and Nagy 1995, Princzinger 1996). Our economic damage was first observed in 1998 (Ripka *et al.* 2000).



The main damage is caused by the larvae in the soil, which hatches around mid-May (Luckmann *et al.* 1974, Bergman és Turpin, 1984) and begin to damage the roots (Pálfay 2001). As a result of the chewing, the plants are tilted and their stems are typically curved, it is a typical gooseneck-like shape also called goose necking (Chiang 1973). Damage of imagos is similar to damage of *Oulema* species, but because their oral organs are stronger and they chew through the larger veins of the leaves, their damage image thus becomes like a hole (Čamprag *et al.* 1994). After leaf damage, the damage images can be observed on the coat of arms of the plant and then on the pistils that appear later (Mouser 2003, Ludwig and Hill 1995). The *D.v.v.* chews the anthers on male inflorescences (Krysan 1986), but this does not endanger fertilization due to the intensive pollen production of corn. The main and the most dangerous damage of imagos is the chewing of pistils (Tuska *et al.* 2002). In the case of large numbers, the pistils are chewed on a brush, resulting in reduced fertility and thus a significant decrease in yield (Culey *et al.* 1992). With the spread of the pest, the cost of control against it increased in direct proportion. In Hungary today, the costs of controlling the corn borer are the highest among the pests. Chemicals are used against both larvae and imagos and their combined cost (insecticide + application) rivals the price of hybrid seed.

Pest control methods are common on our continent, such as soil disinfection (Széll *et al.* 2005, Sutter *et al.* 1989, Sutter *et al.* 1990, Fuller *et al.* 1997), seed dressing and insecticide spraying (Hataláné *et al.* 2004, Horváth 2003), but experiments have also been started in the field of biological control and the development of long-lasting insecticide preparations. The most effective chemical control against larvae in Hungary (Komáromi *et al.* 2001) and in the United States too (Rice 2004) is the application of soil disinfectant simultaneously with sowing (Pálfay 2001). The most common granular soil insecticide is tefluthrin (Force 1.5 G) (Tímár, 2003), which has a good killing effect on rootworms, but problematic is its toxicity and/or non-target effects and the high cost per ha. The Force 1.5 G is not harmful for the young plant, there is no weed control restriction and it is a sure solution even in case of large numbers of larvae. In a smaller area, they are protected by sowing simultaneously with chlorpyrifos, a liquid application device applied to the seedbed, but this active ingredient can no longer be used from February 2020. Coating the seed with an insecticide also provides protection against the *D.v.v.* and other soil-dwelling pests from the moment of sowing (Čamprag and Baöa 1995). In Hungary, the neonicotinoid active substances (clothianidin, thiamethoxam, imidacloprid)

have been successfully used as dressings against rootworms. They had the advantage of having a long duration of action when absorbed into the seedling, providing protection for up to six weeks. On the 31st of December 2018, the European Union banned dressing with neonicotinoids.

The chemical possibilities of control of the corn beetle have been becoming increasingly scarce, which is why research has focused on biological solutions that destroy only the target species without harmful side effects, such as the entomopathogenic nematodes (EPN). They are generally easy to apply, and safe to humans as well as non-target organisms (Toepfer *et al.* 2009). Such species include *Steinernema glaseri*, *S. arenarium*, *S. abassi*, *S. bicornutum*, *S. feltiae*, *S. krausseii*, *S. carpocapsae*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. Using them as a biocontrol agents to control *D. v.v.* rootworm shows much promise (Kurtz *et al.* 2009). From among the species studied former, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar reduced the larvae of the *D.v.v.* by 81% in field trials compared to the negative control (Toepfer *et al.* 2008). The efficacy of EPN is depend on a range of biotic and abiotic factors for example the species/strain, dose used, timing of application, developmental stage of the pest, and soil characteristics (e.g. soil temperature, moisture, texture) (Petzold *et al.* 2013).

Infectious juvenile larvae of nematodes enter the rootworms through body openings using their mouth bayonets. In their closed mouth, they carry symbiont bacteria (*Photorhabdus luminescens*) with them, which, by liquefying the larval body, make it easily absorbed by the nematode. Within 2-3 days of entry, the attacked larva dies (Ciche and Ensign 2003). Based on production conditions and costs, *H.b.* is the most suitable insect pathogenic nematode for biological control (Toepfer *et al.* 2005). The aim is to select nematode strains that are as drought tolerant and infectious as possible. The new strains are tested in field experiments, ensuring that they do not lose their key traits and that their effectiveness against the *D.v.v.* is maintained or improved.

Within the framework of the CABI project (*URL 1*) domestic experiments were carried out between 2004 and 2007 and the efficacy of nematodes was evaluated using various application techniques (injection into the soil and spraying on the soil)(Toepfer *et al.* 2010/a). Both methods reduced the level of damage of the larvae of *D.v.v.* by more than 50%. The best effect (68% larval mortality) was observed when nematodes were injected into the soil at the same time as sowing. In further experiments, Toepfer *et al.* (2010/b) found that *H. b.* due to nematodes, root damage according to the Iowa scale decreased by

3-15%, according to the scale showing damage to root floors (0.00-3.00), the damage decreased by 14-54%. Both the increase in nematode dose and the wash precipitate improved the efficiency of nematodes. In 2012 managed to solve the mass breeding of *H. b.* (URL 2) and make the product produced in this way commercially available under the name Dianem (URL 3). The Hungarian distributor of Dianem is the Biocont Magyarország Kft. The bioagent can be used in corn and delicacy corn against the larvae of *D.v.v.*, the recommended dose is 2 billion nematodes / ha (4 packages of 500 million) sprayed with 200-400 l / ha into the soil. A dose of 2 billion nematodes / ha is already enough to prevent the damage of the *D.v.v.* (Toepfer et al. 2018). According to Tóth et al. (2019) *H. b.*'s effect remains proportional against time (less reduction compared to insecticides), which may suggest that nematodes are able to multiply in the soil, thus reducing the number of imago that hatch later. The use of insect pathogenic nematodes against the larvae of *D.v.v.* is a promising biological solution, but their efficacy in field conditions has not yet been sufficiently demonstrated. In our tests, the insect pathogen *H. b.* nematode larvicidal effect is compared to tefluthrin soil disinfection and untreated control.

We wondered if this biological product could take up the fight against the larvae of the American corn borer, whether it could achieve the effectiveness of the commonly used Force 1.5 G (tefluthrin) soil disinfectant.

## MATERIAL AND METHOD

The tests were performed near Gyömöre village (Győr-Moson-Sopron county) in 2018-2019. The experiment was set up on a dedicated third-year monoculture maize field. The average gold crown value of the area is 13.2 AK / ha. The size of the experimental plots was 1.2 ha (18 × 670 m) in both years. Treatments were performed in 4 replicates. Three types of active substances were tested against the corn borer's larve:

- tefluthrin: soil disinfection with Force 1.5 G in 2018 and 2019
- clothianidin: dressing with Poncho Pro in 2018
- insect pathogenic nematode (*Heterorhabditis bacteriophora*) sprayed on soil Dianem preparation in 2019

Force 1.5 tefluthrin-containing soil disinfectant was applied simultaneously with sowing using a granulate sprayer at a dose of 12 kg / ha on 28th of April 2018 and on the

2nd of May 2019. Seed treated with Poncho Pro (clothianidin) dressing was purchased ready, sown on the 2nd of May 2019. Control plots did not receive any insecticide treatment. The insect pathogenic nematode Dianem containing *H.b.* was applied on the 2nd of May 2019. A stock solution of the powder formulation was prepared by adding water with gentle agitation. (figure1). The stock solution was further diluted in the 3000 L sprayer by removing the mixing and pressure filters in the sprayer (to avoid damage of nematoda). The mixed formulation was sprayed at a dose of 400 l / ha on the entire soil surface (figure 2) and then applied to the soil with a spade harrow. The sowing also took place on this day. Two doses were used in the experiment:

- low dose: 2 billion nematodes / ha
- high dose: 3 billion nematodes / ha

The nematodes reach the upper 20-30 cm depth of the soil and migrate within a 30 cm radius. As these are living organisms, more attention needs to be paid to several things when applying. Appropriate ecological conditions are needed for their survival and reproduction. They require a minimum soil temperature of 10 ° C and a water amount of 200-400 l / ha for field application. After application, it is important to cover them with soil because they are sensitive to light. The nematode requires gentle mixing and dilution, so sprayer filters should be removed to avoid injury (*Toepfer et al. 2019*).

We evaluated the experiment on the 12th of July 2018 and 10th of July 2019. We determined the number of larvae/plant (by digging the roots of 10 plants per plot, after soaking for 3 hours) and evaluated the degree of root recoil on the modified Iowa scale. Statistical analyses were performed using the Statistica (version 13.2; StatSoft, Inc. 1984-2016 DELL) software.



*Figure 1: Mixing of entomopathogenic nematodes (Dianem)*



*Figure 2: Application of entomopathogenic nematodes (Dianem)*

## RESULTS

### Larval number per plant

In 2018, we found a total of 32 larvae of *D.v.v.* on the dug 120 corn roots, and in 2019, a total of 33 larvae of *D.v.v.* on the dug 160 roots. There were significantly fewer larvae in the plots of the treated areas than in the control plots (*Table 1*). The number of larvae in the root zone of 40 maize plants from one treatment varied between 2 and 22 (representing an average of 0.05 to 0.55 larvae per plant). The fewest larvae were in the Force 1.5 G-treated plot (2018-4pcs, 2019-2pcs). Slightly more larvae occurred in the case of nematode-treated (5-6 plants / 40 plants) and dressed plants (6 plants / 40 plants). However, significantly more larvae (20 and 22 larvae / 40 plants) occurred in the untreated control areas.

*Table 1:* Number of corn rootworm (*Diabrotica v. virgifera*) per plant according to treatments 2018-2019

Number of larvae/plant									
		2018				2019			
Repli- cates	Samp- led plants number	Pon- cho pro	Cont- rol	Force 1,5G		Control	Dianem 2 billion/ha dose	Force 1,5G	Dianem 3 billion/ha dose
I.	10	2	8	1		7	2	1	1
II.	10	1	6	1		5	1	1	2
III.	10	1	3	2		3	1	0	1
IV.	10	2	5	0		5	1	0	2
<b>Sum.</b>	40	6	22	4		20	5	2	6

*Figure 3* shows that the number of larvae per plant is on average higher in the two control plots than in the treated plots, but their value is low (only 0.55 in 2018, 0.5 in

2019), the 2 already dangerous per plant does not even approach the value. The average larval numbers in the treated areas are even lower, ranging from 0.05 to 0.15 / plant. According to the results of the statistical analysis (paired t-test) (Table 2), each treatment is statistical significantly different from the control in terms of the average number of larvae. (There is a statistical significant difference between treatment pairs marked in red).

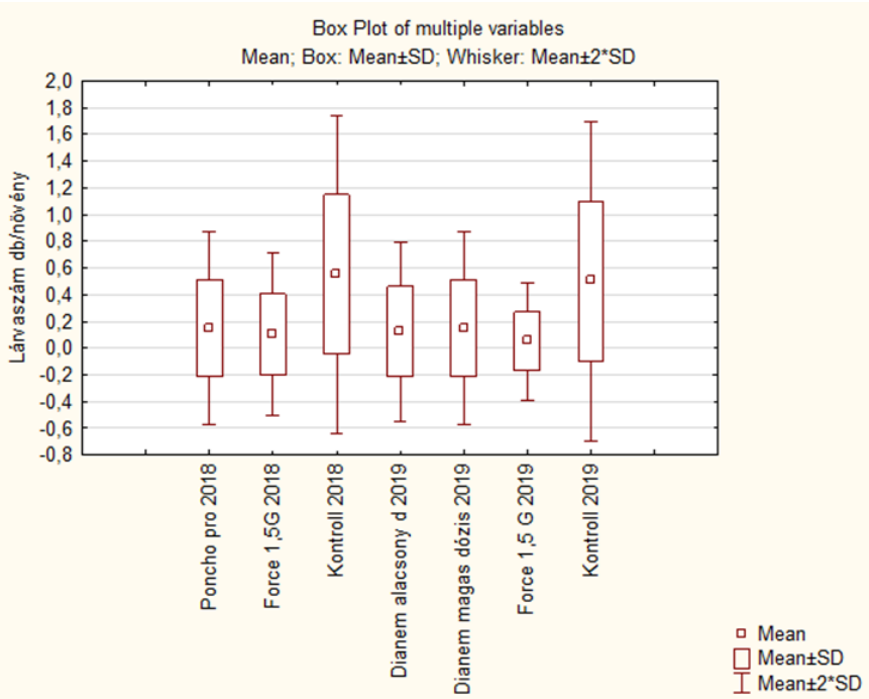


Figure 3: Average numbers of larvae (*Diabrotica v. virgifera*) per plant 2018-2019

Table 2: The comparison of average numbers of larvae (*Diabrotica v. virgifera*) with paired t-test

Group 1 vs. Group 2	T-test for Independent Samples (Vörös Levente lárva Note: Variables were treated as independent samples)				
	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p
Poncho pro 2018 vs. Poncho pro 2018	0,150000	0,150000	0,00000	78	1,00000
Poncho pro 2018 vs. Force 1,5G 2018	0,150000	0,100000	0,66953	78	0,50513
Poncho pro 2018 vs. Kontroll 2018	0,150000	0,550000	-3,62448	78	0,00051
Poncho pro 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	0,150000	0,125000	0,32078	78	0,74923
Poncho pro 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	0,150000	0,150000	0,00000	78	1,00000
Poncho pro 2018 vs. Force 1,5 G 2019	0,150000	0,050000	1,49284	78	0,13951
Poncho pro 2018 vs. Kontroll 2019	0,150000	0,500000	-3,16311	78	0,00222
Force 1,5G 2018 vs. Poncho pro 2018	0,100000	0,150000	-0,66953	78	0,50513
Force 1,5G 2018 vs. Force 1,5G 2018	0,100000	0,100000	0,00000	78	1,00000
Force 1,5G 2018 vs. Kontroll 2018	0,100000	0,550000	-4,24870	78	0,00005
Force 1,5G 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	0,100000	0,125000	-0,34965	78	0,72754
Force 1,5G 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	0,100000	0,150000	-0,66953	78	0,50513
Force 1,5G 2018 vs. Force 1,5 G 2019	0,100000	0,050000	0,84208	78	0,40232
Force 1,5G 2018 vs. Kontroll 2019	0,100000	0,500000	-3,76588	78	0,00032
Kontroll 2018 vs. Poncho pro 2018	0,550000	0,150000	3,62448	78	0,00051
Kontroll 2018 vs. Force 1,5G 2018	0,550000	0,100000	4,24870	78	0,00005
Kontroll 2018 vs. Kontroll 2018	0,550000	0,550000	0,00000	78	1,00000
Kontroll 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	0,550000	0,125000	3,92665	78	0,00018
Kontroll 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	0,550000	0,150000	3,62448	78	0,00051
Kontroll 2018 vs. Force 1,5 G 2019	0,550000	0,050000	4,96825	78	0,00000
Kontroll 2018 vs. Kontroll 2019	0,550000	0,500000	0,37388	78	0,70950
Dianem alacsony d 2019 vs. Poncho pro 2018	0,125000	0,150000	-0,32078	78	0,74923
Dianem alacsony d 2019 vs. Force 1,5G 2018	0,125000	0,100000	0,34965	78	0,72754
Dianem alacsony d 2019 vs. Kontroll 2018	0,125000	0,550000	-3,92665	78	0,00018
Dianem alacsony d 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	0,125000	0,125000	0,00000	78	1,00000
Dianem alacsony d 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	0,125000	0,150000	-0,32078	78	0,74923
Dianem alacsony d 2019 vs. Force 1,5 G 2019	0,125000	0,050000	1,18254	78	0,24058
Dianem alacsony d 2019 vs. Kontroll 2019	0,125000	0,500000	-3,45525	78	0,00089
Dianem magas dózis 2019 vs. Poncho pro 2018	0,150000	0,150000	0,00000	78	1,00000
Dianem magas dózis 2019 vs. Force 1,5G 2018	0,150000	0,100000	0,66953	78	0,50513
Dianem magas dózis 2019 vs. Kontroll 2018	0,150000	0,550000	-3,62448	78	0,00051
Dianem magas dózis 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	0,150000	0,125000	0,32078	78	0,74923
Dianem magas dózis 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	0,150000	0,150000	0,00000	78	1,00000
Dianem magas dózis 2019 vs. Force 1,5 G 2019	0,150000	0,050000	1,49284	78	0,13951
Dianem magas dózis 2019 vs. Kontroll 2019	0,150000	0,500000	-3,16311	78	0,00222
Force 1,5 G 2019 vs. Poncho pro 2018	0,050000	0,150000	-1,49284	78	0,13951
Force 1,5 G 2019 vs. Force 1,5G 2018	0,050000	0,100000	-0,84208	78	0,40232
Force 1,5 G 2019 vs. Kontroll 2018	0,050000	0,550000	-4,96825	78	0,00000
Force 1,5 G 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	0,050000	0,125000	-1,18254	78	0,24058
Force 1,5 G 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	0,050000	0,150000	-1,49284	78	0,13951
Force 1,5 G 2019 vs. Force 1,5 G 2019	0,050000	0,050000	0,00000	78	1,00000
Force 1,5 G 2019 vs. Kontroll 2019	0,050000	0,500000	-4,45735	78	0,00002
Kontroll 2019 vs. Poncho pro 2018	0,500000	0,150000	3,16311	78	0,00222
Kontroll 2019 vs. Force 1,5G 2018	0,500000	0,100000	3,76588	78	0,00032
Kontroll 2019 vs. Kontroll 2018	0,500000	0,550000	-0,37388	78	0,70950
Kontroll 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	0,500000	0,125000	3,45525	78	0,00089
Kontroll 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	0,500000	0,150000	3,16311	78	0,00222
Kontroll 2019 vs. Force 1,5 G 2019	0,500000	0,050000	4,45735	78	0,00002
Kontroll 2019 vs. Kontroll 2019	0,500000	0,500000	0,00000	78	1,00000



## **The damage of root**

Root damage values did not exceed 3.5 on the modified IOWA scale, the damage threshold, where the pest was already causing a loss of profit in none of the treatments or control areas (*Table 3*). The highest value of 2.83 occurred in the 2018 control area. The least root damage was observed in 2019 with the Force 1.5 G soil disinfection treatment. Dianem showed relatively good results at a low dose (2 billion/ha) with minimal damage according to IOWA, only 1.45. Based on the data in *Table 3* can be concluded that treatments performed in both 2018 and 2019 reduced root damage to larvae. The fact that the larval number in the control area did not reach (only strongly approached) the hazard value is due to the fact that in the year before the experiment we paid a lot of attention to the control of imagos. We do not dare to risk not protecting against the imagos of *D.v.v.* from the second year onwards in the case of monoculture maize production.

In 2018, the degree of root recurrence as a result of the treatments shows a clear significant difference compared to the control (*Figure 4, Table 4*). This year, the best results were obtained with tefluthrin treatment, but Poncho pro treatment was also far from the economic harm thresholds on the scales.

In 2019, all treatments proved to be effective and showed a significant difference from the control in terms of the degree of root recoil. No significance was observed between low (2 billion/ha) and high (3 billion/ha) dose Dianem nematode treatments. We also found no demonstrable difference between low-dose (2 billion/ha) Dianem and Force 1.5 G treatment, demonstrating that the biologically active agent killed larvae to the same extent as tefluthrin. The formulations applied to the plots kept the root damage of the larvae below the economic threshold (3.5).

Table 3: Extent of root damage (modified IOWA scale) per treatment 2018-2019

Treatments	Number of repeats	Number of the plants										Av	Average of 40 plants
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Poncho Pro 2018	I.	2	2	2,5	1,5	1,5	2	2,5	1	3	1	1,9	1,98
	II.	2,5	2,5	3	1	1	3	1,5	2,5	1,5	1,5	2	
	III.	2	2	2	2,5	2	1,5	2,5	1,5	1,5	2,5	2	
	IV.	1,5	1,5	3	2,5	1,5	2	2	2,5	2	1,5	2	
Control 2018	I.	2,5	3	2,5	3	3	3,5	3,5	4,5	3	3	2,95	2,83
	II.	3,5	3,5	3,5	3	2,5	3	2,5	2	3	1,5	2,8	
	III.	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	4	3,5	2,5	2,5	3	3	
	IV.	2	2,5	1,5	3	2,5	3,5	3,5	2,5	2	2,5	2,55	
Force 1,5G 2018	I.	1,5	1,5	1	1	2	1	2,5	1,5	2	1	1,5	1,55
	II.	2	1,5	2	1	1,5	1	1	1	2	2	1,5	
	III.	1	1	1,5	1,5	1,5	2,5	2	1	1,5	1,5	1,5	
	IV.	2	2	1,5	1,5	2,5	1	2	2	1	1,5	1,7	
Dianem 2 billion/ha dose 2019	I.	3	2,5	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,45	1,45
	II.	2	2	2	2,5	2,5	1,5	1,5	1	1	1	1,7	
	III.	1	1	1	1	1	1	1	2	1,5	1,5	1,2	
	IV.	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1,45	
Control 2019	I.	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	1	1	1	1,9	2,15
	II.	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	2	1	2,05	
	III.	3,5	4	4	2,5	2,5	2	1,5	1,5	1	1	2,35	
	IV.	2,5	2,5	1,5	1,5	3	3	2,5	2	3	1,5	2,3	
Force 1,5G 2019	I.	1	1,5	1	1,5	1	2	1	1,5	1	1	1,25	1,36
	II.	1	1,5	2	1	1,5	2,5	1,5	1	1	1	1,4	
	III.	1,5	2	2	1,5	1	1,5	1,5	2,5	1	1	1,45	
	IV.	1	2	1	1	2	2	1,5	1	1	1	1,35	
Dianem 3 billion/ha dose 2019	I.	2,5	2,5	2	1,5	2	3	1,5	2	1	2,5	2,05	1,7
	II.	1	1,5	2	1	1	1,5	2	1	1	1	1,3	
	III.	2	3	2,5	1,5	2	2,5	2,5	2	1	2,5	2,15	
	IV.	1	1	2	1	2	1,5	1,5	1	1	1	1,3	

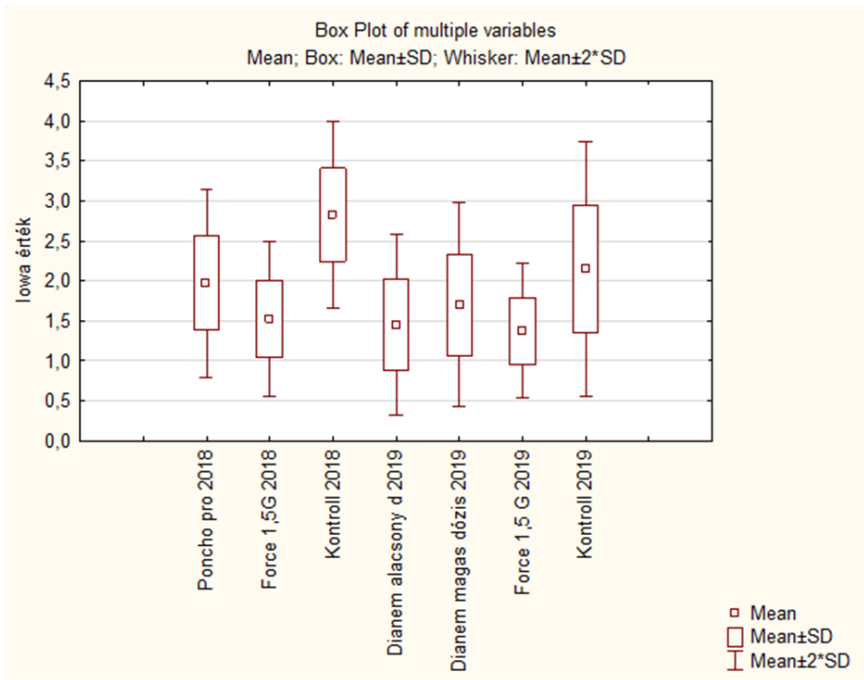


Figure 4: Extent of root damage (modified IOWA scale) 2018-2019

Table 4: Statistical analysis of root damage values (modified IOWA scale) by paired t-test

Group 1 vs. Group 2	T-test for Independent Samples (Vörös Levente low Note: Variables were treated as independent samples)				
	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p
Poncho pro 2018 vs. Poncho pro 2018	1,975000	1,975000	0,0000	78	1,0000
Poncho pro 2018 vs. Force 1,5G 2018	1,975000	1,525000	3,7512	78	0,0003
Poncho pro 2018 vs. Kontroll 2018	1,975000	2,825000	-6,4911	78	0,0000
Poncho pro 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	1,975000	1,450000	4,0764	78	0,0001
Poncho pro 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	1,975000	1,700000	2,0040	78	0,0485
Poncho pro 2018 vs. Force 1,5 G 2019	1,975000	1,375000	5,2533	78	0,0000
Poncho pro 2018 vs. Kontroll 2019	1,975000	2,150000	-1,1202	78	0,2660
Force 1,5G 2018 vs. Poncho pro 2018	1,525000	1,975000	-3,7512	78	0,0003
Force 1,5G 2018 vs. Force 1,5G 2018	1,525000	1,525000	0,0000	78	1,0000
Force 1,5G 2018 vs. Kontroll 2018	1,525000	2,825000	-10,8853	78	0,0000
Force 1,5G 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	1,525000	1,450000	0,6407	78	0,5235
Force 1,5G 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	1,525000	1,700000	-1,3859	78	0,1697
Force 1,5G 2018 vs. Force 1,5 G 2019	1,525000	1,375000	1,4881	78	0,1407
Force 1,5G 2018 vs. Kontroll 2019	1,525000	2,150000	-4,2602	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Poncho pro 2018	2,825000	1,975000	6,4911	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Force 1,5G 2018	2,825000	1,525000	10,8853	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Kontroll 2018	2,825000	2,825000	0,0000	78	1,0000
Kontroll 2018 vs. Dianem alacsony d 2019	2,825000	1,450000	10,7179	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Dianem magas dózis 2019	2,825000	1,700000	8,2264	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Force 1,5 G 2019	2,825000	1,375000	12,7583	78	0,0000
Kontroll 2018 vs. Kontroll 2019	2,825000	2,150000	4,3320	78	0,0000
Dianem alacsony d 2019 vs. Poncho pro 2018	1,450000	1,975000	-4,0764	78	0,0001
Dianem alacsony d 2019 vs. Force 1,5G 2018	1,450000	1,525000	-0,6407	78	0,5235
Dianem alacsony d 2019 vs. Kontroll 2018	1,450000	2,825000	-10,7179	78	0,0000
Dianem alacsony d 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	1,450000	1,450000	0,0000	78	1,0000
Dianem alacsony d 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	1,450000	1,700000	-1,8561	78	0,0672
Dianem alacsony d 2019 vs. Force 1,5 G 2019	1,450000	1,375000	0,6747	78	0,5018
Dianem alacsony d 2019 vs. Kontroll 2019	1,450000	2,150000	-4,5453	78	0,0000
Dianem magas dózis 2019 vs. Poncho pro 2018	1,700000	1,975000	-2,0040	78	0,0485
Dianem magas dózis 2019 vs. Force 1,5G 2018	1,700000	1,525000	1,3859	78	0,1697
Dianem magas dózis 2019 vs. Kontroll 2018	1,700000	2,825000	-8,2264	78	0,0000
Dianem magas dózis 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	1,700000	1,450000	1,8561	78	0,0672
Dianem magas dózis 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	1,700000	1,700000	0,0000	78	1,0000
Dianem magas dózis 2019 vs. Force 1,5 G 2019	1,700000	1,375000	2,6898	78	0,0087
Dianem magas dózis 2019 vs. Kontroll 2019	1,700000	2,150000	-2,7928	78	0,0065
Force 1,5 G 2019 vs. Poncho pro 2018	1,375000	1,975000	-5,2533	78	0,0000
Force 1,5 G 2019 vs. Force 1,5G 2018	1,375000	1,525000	-1,4881	78	0,1407
Force 1,5 G 2019 vs. Kontroll 2018	1,375000	2,825000	-12,7583	78	0,0000
Force 1,5 G 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	1,375000	1,450000	-0,6747	78	0,5018
Force 1,5 G 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	1,375000	1,700000	-2,6898	78	0,0087
Force 1,5 G 2019 vs. Force 1,5 G 2019	1,375000	1,375000	0,0000	78	1,0000
Force 1,5 G 2019 vs. Kontroll 2019	1,375000	2,150000	-5,4561	78	0,0000
Kontroll 2019 vs. Poncho pro 2018	2,150000	1,975000	1,1202	78	0,2660
Kontroll 2019 vs. Force 1,5G 2018	2,150000	1,525000	4,2602	78	0,0000
Kontroll 2019 vs. Kontroll 2018	2,150000	2,825000	-4,3320	78	0,0000
Kontroll 2019 vs. Dianem alacsony d 2019	2,150000	1,450000	4,5453	78	0,0000
Kontroll 2019 vs. Dianem magas dózis 2019	2,150000	1,700000	2,7928	78	0,0065
Kontroll 2019 vs. Force 1,5 G 2019	2,150000	1,375000	5,4561	78	0,0000
Kontroll 2019 vs. Kontroll 2019	2,150000	2,150000	0,0000	78	1,0000

## CONCLUSIONS

Studies over two years showed that each treatment significantly reduced the number of larvae per plant and the degree of root recoil compared to the control. All of the treatments are suitable for controlling corn bug's larvae in monocultural growing. In the exact years, the number of chemicals that can be used against *Diabrotica* larvae has greatly decreased, thus increasing the value of environmentally friendly, effective protective biological preparations.

Further studies are needed to clarify how the efficacy of the nematode formulation varies under different weather conditions and different soil types and how the application process could be simplified for large-scale use.

## KÉMIAI ÉS BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS HATÁSA AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR LÁRVÁRA (*Diabrotica Virgifera Virgifera* LeConte) SZABADFÖLDÖN

VÖRÖS LEVENTE – ÁBRAHÁM RITA – ENZSÖL ERZSÉBET

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) hazánk egyik legveszélyesebb kukoricakártevője, jelenleg monokultúrás termesztésben elengedhetetlen mind a lárvá, mind az imágók elleni védekezés. A lárvák irtása költséges és a nagy mennyiségben felhasznált talajfertőtlenítő szerek fokozott terhelést jelentenek a környezetre nézve. Az utóbbi években a lárvák ellen használható inszekticidek száma nagymértékben leszűkült, így felértékelődnek a környezetkímélő, hatásos védelmet nyújtó biológiai készítmények. Kísérleteink során 2018-ban összehasonlítottuk a Force 1,5 G (teflutrin) talajfertőtlenítő készítmény és a Poncho pro (klotianidín) csávázószer lárváölő hatását szántóföldi körülmények között. Vizsgáltuk, hogy a költséghatékonyabb, könnyebben kezelhető csávázás hatásfoka eléri-e a drágább talajfertőtlenítő által

produkált eredményeket. Miután a neonikotionoidos csávázószerek engedélyét kukoricában visszavonták, 2019-ben egy biológiai eljárás (*Heterorhabditis bacteriophora* entomopatogén fonálféreg) lárvicid hatását kezdtük el vizsgálni. A kísérletek Győr-Moson-Sopron megyében Gyömöre község határában folytak nagy parcellán, 4 ismétlésben.

Megállapítottuk, hogy mindegyik kísérleti anyag a kontrollhoz képest szignifikáns mértékben csökkentette a kukoricabogár lárvák számát. A lárvák okozta gyökérvárosítás a gazdasági küszöbérték (módosított Iowa skála: 3,5) alatt maradt. A rovarpatogén fonálféreg lárvicid hatása gyakorlatilag a teflutrinnal megegyező, hatásuk között nem találtunk igazolható különbséget.

**Kulcsszavak:** amerikai kukoricabogár, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, rovarpatogén fonálféreg, *Heterorhabditis bacteriophora* Poiner, gyökérvárosítás, módosított IOWA skála

## LITERATURE

- Bergman, M.K. and Turpin, F.T.* (1984): Impact of corn planting date on the population dynamics of corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.*, 13: 898-901.
- Čamprag, D. – Seculič, R. – Bača, F.* (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérvárosítás Jugoszláviában. *Agrofórum*, 4. (7): 41-42.
- Čamprag, D. – Bača, F.* (1995): *Diabrotica virgifera* (Coleoptera, Chrysomelidae), a new pest of maize in Yugoslavia. *Pestic. Sci.* 45:291-292.
- Chiang, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annu. Rev. Entomol.* 18:47-72.
- Ciche, T. A. – Ensign, J. C.* (2003): For the Insect Pathogen *Photorhabdus luminescens*, Which End of a Nematode Is Out? *Applied and Environmental Microbiology*. 69(4): 1890–1897.
- Culy, M.D. – Edwards, C.R. – Cornelius, J.R.* (1992): Effect of silk feeding by western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) on yield and quality of inbred corn in seed corn production fields. *J. Econ. Entomol.*, 85:2440-2446.
- Fuller, B.W. – Boetel, M.A. – Walgenbach, D.D. – Grundler, J.A. – Hein, G.L. – Jarvi, K.J. – Keaster, A.J. – Landis, D.A. – Meinke, L.J. – Oleson, J.D.* (1997): Optimisation of

insecticide for managing corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae in the north central United States. *Journal of economic entomology*, vol. 90 (5) pp. 1332-1340.

*Gillette, C.P.* (1912): *Diabrotica virgifera* as a corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 5:364-366.

*Hataláné Zsellér I. – Ripka G. – Vörös G.* (2004): Veszélyes kártevők (I./9.) Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) Gyakorlati Agroforum, 6. (15): 2-11.

*Horváth A.* (2003): A kukoricabogár elleni védekezésre engedélyezett rovarölő szerek az engedélykíratok alapján. Gyakorlati Agroforum Extra 4,15.

*Kiss J. – Edwards, C.R. – Allara, M. – Sivcev, I. – Igrc-Barčić, J. – Festić, H. – Ivanova, I. – Princzinger, G. – Sivček, P. – Rosca, I.* (2001): A 2001 update on the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Europe. Proceedings book of the XXI IWGO Conference and VIII Diabrotica Subgroup Meeting, p. 83-87

*Komáromi J., Kiss, J., Edwards, C.R.* (2001): A kukoricabogár rajzásdinamikája és egyedsűrűségének változása Bácska térségében. Agroforum, 12:17-18.

*Krysan, J.L. – Smith, R.F. – Branson, T.F. – Guss, P.L.* (1980): A new subspecies of *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): description, distribution, and sexual compatibility. *Annals Entomol. Soc. Am.*, 82: 574-581

*Krysan, J.L.* (1982): Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica*: evidence for tropical origin and temperate adaptations. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75:136-142.

*Krysan, J.L.* (1986): Introduction: Biology, Distribution, and Identification of Pest *Diabrotica*. In: Krysan J. and Miller, T. (eds): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York pp. 1-23.

*Kurtz, B. – Hiltbold, I. – Turlings, T.C.J. – Kuhlmann, U. – Toepfer, S.* (2009): Comparative susceptibility of larval instars and pupae of the western corn rootworm to infection by three entomopathogenic nematodes. *Biocontrol*, 54 (2009), pp. 255-262

*Luckmann, W.H. – Chiang, H.C. – Ortman, E.E. – Nichols, M.P.* (1974): Bibliography of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Say) and the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological Notes* 90: 15 (BN90)

*Ludwig, K.A. – Hill, R.E.* (1975): Comparison of gut contents of adult western and northern corn rootworms in northeast Nebraska. *Environ. Entomol.*, 4:435-438 117.

*Mooser, J.* (2003): Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica v. virgifera*

LeConte in Europe. PhD thesis, Faculty of Agricultural Sciences. Georg-August-Universität, Göttingen 89 pp.

Pálfay G. (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. Gyakorlati Agroforum, 12: (5) 6.

Petzold, J.L. – Maxwell, S.T. – Jaronski, E.H. – Cilton, M.W. – Dunbar, M.A. – Jackson, A.J. – Gassmann A. (2013): Interactions among Bt maize, entomopathogens, and rootworm species (Coleoptera: Chrysomelidae) in the field: effects on survival, yield, and root injury. J. Econ. Entomol., 106 (2013), pp. 622-632

Princzinger G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. IWGO Newsletter XVI 1. pp. 7–11.

Rice, M.E. (2004): Transgenic rootworm corn: Assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. Plant Health Progress, Progress doi: 10.1094/php-2004-0301-01-RV. Online publikálva

Ripka G. – Hataláné Zsellér I. – Kiss J. (2000): Hol tart ma az amerikai kukoricabogár Európában? Gyakorlati Agroforum, 11. (3): 106-108.

Sutter, G.R., Branson, T.F., Fisher, J.R., Elliott, N.G. Jackson, J.J (1989): Effect of insecticide treatments on root damage ratings of maize in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of economic entomology, vol.82 (6), pp. 1792-1798.

Sutter, G.R., Fisher, J.R., Elliott, N.C., Branson, T.F. (1990): Effect of insecticide treatments on root lodging and yields of maize in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of economic entomology, vol.83 (6), pp. 2414-2420.

Szél, E., Streb P., Hataláné ZS. I., Kádár, A. (2005): A kukoricabogár elleni védekezés tapasztalatai szántóföldi kísérletek eredményei alapján. Gyakorlati Agroforum Extra 10, 13-17.

Tímár, A. (2003): Komoly kihívásra, komoly válasz. Gyakorlati Agroforum Extra 2, 13-89.

Toepfer, S – Gueldenzoph, C. – Ehlers, R.U. – Kuhlmann, U. (2005): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. Bull. entomol. Res. 95(5): 473-482.



- Toepfer, S. – Peters, A. – Ehlers, R.U. – Kuhlmann, U. (2008): Comparative assessment of the efficacy of entomopathogenic nematode species at reducing western corn rootworm larvae and root damage in maize. *J. Appl. Entomol.*, 132, pp. 337-348
- Toepfer, S. – Haye, T. – Erlandson, M. – Goettel, M. – Lundgren, J.G. – Kleespies, R.G. – Weber, D.C. – Wals, G.C. – Peters, A. – Ehlers, R.U. – Strasser, H. – Moore, D. – Keller, S. – Vidal, S. – Kuhlmann, U. (2009): A review of the natural enemies of beetles in the subtribe Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae): implications for sustainable pest management. *Biocontrol Sci. Tech.*, pp. 1-65
- Toepfer, S. – Burger, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A. – Kuhlmann, U. (2010/a): Controlling Western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*. 134(5): 467-480.
- Toepfer, S. – Hataláné Zsellér, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A. (2010/b): The effect of application techniques on field-scale efficacy: Can the use of entomopathogenic nematodes reduce damage by western corn rootworm larvae. *Agricultural and Forest Entomology*. 12(4).
- Toepfer, S. – Tóth, Sz. – Zellner, M. (2018): Talajfertőtlenítő inszekticidek kiváltása entomopatogén fonálférgék felhasználásával az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*, Coleoptera: Chrysomelidae) károsítása ellen. *Poszter*. 64. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 20-21.
- Toepfer, S. – Knuth, P. – Glas, M. – Tóth, SZ. – Zellner, M. (2019): Field level dose-efficacy response of entomopathogenic nematodes at controlling at *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Poszter*. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.
- Tóth M. és Nagy B. (1995): Amerikából jöttem...A kukoricabogár. *Élet és Tudomány*, 8: 227–229.
- Tóth, Sz. – Szalay, M. – Zellner, M. – Knuth, P. – Glas, M. – Kiss, J. – Toepfer, S. (2019): A *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) lárvája elleni kémiai és biológiai védekezési lehetőségek hatékonyságának időbeli különbségei szabadföldön. *Poszter*. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.
- Tuska, T. – Kiss, J. – Edwards, C.R. – Szabó, Z. – Ondrusz, I. – Miskuczka, P. – Garai, A. (2002): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) imágó veszélyességi küszöbértékének (biberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. *Növényvédelem*. 38:505-511.

*URL 1:* <https://www.cabi.org/projects> Beneficial nematodes to control rootworms in European maize

*URL 2:* <https://www.e-nema.de/service-en/compatibility-of-pesticides> Compatibility of other pesticides with entomopathogenic nematodes

*URL 3:* [https://www.dianem.at/\\_ref/files/produktflyer.pdf](https://www.dianem.at/_ref/files/produktflyer.pdf) Nachhaltige Bekämpfung des Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera virgifera*) mit Nematoden

*– Address of the authors:*

Vörös Levente

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
9200, Mosonmagyaróvár

Ábrahám Rita

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
9200, Mosonmagyaróvár

Enzsöl Erzsébet

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
9200, Mosonmagyaróvár



**VARIATIONS IN MINERAL CONTENT OF OPIUM POPPY SEEDS  
(*PAPAVER SOMNIFERUM* L.)**

PÉTER ZUBAY<sup>1</sup> - ZSUZSANNA JÓKAINÉ SZATURA<sup>2</sup> - MÁRTA LADÁNYI<sup>3</sup> -  
ÉVA NÉMETH ZÁMBORINÉ<sup>1</sup> - KRISZTINA SZABÓ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Medicinal and Aromatic Plants, Institute of Sustainable Horticulture,  
Szent István University, Budapest

<sup>2</sup>Department of Applied Chemistry, Institute of Food Quality, Safety and Nutrition,  
Szent István University, Budapest

<sup>3</sup>Department of Biometrics and Agricultural Informatics, Institute of Mathematics and  
Basic Science, Szent István University, Budapest

**ABSTRACT**

Due to its special chemistry, opium poppy is a valuable raw material for the pharmaceutical and food industries. This research aimed to determine the mineral content of seeds in eight opium poppy accessions. We studied one registered culinary, ('Zeno Plus'); three industrial varieties ('Botond', 'Hunor', 'Korona'), and four strains of landrace origin ('Lilla', 'MB', 'T18', 'T28') using ICP-OES, to open the way for their utilisation in functional food development. Highly significant differences in mineral content were found among the accessions. 'Zeno Plus' had the highest macromineral content (15976.667±440.038 mg/kg d.w. for Ca; 3733.000±78.689 mg/kg d.w. for Mg; 8219.333±47.648 mg/kg d.w. for K), 'Botond' accumulated the most of the iron (110.043±3.966 mg/kg d.w.), whilst 'MB' proved to be the most effective in the accumulation of Zn (84.233±1.478 mg/kg d.w.), Cu (18.660±0.897 mg/kg d.w.), Na (68.237±1.410 mg/kg d.w.) and Mn (108.267±2.706 mg/kg d.w.). All three accessions are promising materials for food fortification or biofortification breeding programs.

**Keywords:** food fortification; chemical variability; presscake

## INTRODUCTION

New industries such as food supplements and food fortification have emerged. These are the combined response of the agriculture, food and health industries to current global food challenges such as quality hunger and food which is impoverished in vitamins and minerals (Thomas 2007, Mayer 1997, Ekholm *et al.* 2007). Several minerals have been recognized for their nutraceutical potential and thus have become candidates for functional food ingredients. The most obvious minerals and trace elements with nutraceutical potential are calcium, magnesium, manganese, copper, zinc, selenium and iron (Wildman and Kelley 2007, Ferrari and Torres 2002). Micronutrient deficiency is common around the globe. These silent epidemics affect people of all genders and ages. Food fortification is a population based approach to help in meeting community health needs safely, an approach which has led to success in the past century (Tulchinsky (2010). Micronutrient supplementation must be carefully controlled, given the toxic effects ascribed to trace elements (Fraga (2005).

Mineral malnutrition is a burning global challenge, and different strategies have been created to prevent it, such as agricultural production methods, food processing procedures, as well as economic and consumer education programs (Miller and Welch 2013). Biofortification is an innovative and sustainable strategy for addressing micronutrient malnutrition (White and Broadley 2005, Welch and Graham 2005). Nowadays, biofortification programs such as HarvestPlus and Biofort Brazil are being developed (Miller and Welch 2013). Among others, food and flour fortification with iron is a current and long term strategy to prevent or to overcome *iron deficiency anemia* in numerous countries (Huma *et al.* 2007). At present, technical challenges limit the bioavailability of minerals in fortified foods, but plant breeding is a very promising new approach to improve dietary nutritional quality (Zimmerman and Hurrel 2007).

Opium poppy (*Papaver somniferum* L.) is an industrial crop whose cultivation and usage dates back to prehistoric times (Tétényi 1997, Nencini 1997). The manufacture of morphine in Europe started in the 19th century with small pharmaceutical companies. After the method of producing morphine from dried capsules instead of opium was

invented by the Hungarian pharmacist Kabay in 1928, the perspective of a dual benefit appeared, integrating the pharmaceutical and food industries' purposes and demands (Anonymus 1925, Anonymus 1931). Thanks to Kabay's method, high quality seeds (the most significant use in food industry) and valuable pharmaceutical raw material became available simultaneously (Bernáth 1998). Poppy seeds are a rich source of stearic, palmitic, oleic, linoleic and linolenic acids,  $\beta$ -tocopherol, and polyphenols with antioxidant activity (Özcan and Atalay 2006). Poppy seed has a high nutritional value compared to other valuable plant materials (Table 1) and incorporating it into the diet could satisfy some human nutritional needs and promote health. In the last few decades, the main breeding goals of poppy have been to reach high yields with favourable alkaloid content and composition, while breeding for optimal fatty acid composition has been greatly limited (Singh 1990, Singh 1995). Consequently, there is a large pool of different poppy accessions and varieties with only minimum information available on the components of the seeds.

Poppy-seed meal is created from presscake, which is a by-product of the edible oil industry; it contains a high amount of crude protein and 11-14% of residue oil, depending on the variety and the extraction parameters (Eklund and Agren 1975). The following minimal information has been published thus far on the utilization of poppy-presscake and seed-meal: additive to forage supplement (Akinci and Bayram 2003), survey on the effect of ruminal methane production (Wang et al. 2017) and food product development possibilities (Aksoylu, Cagindi and Köse 2015, Gök et al. 2011). The modern concept of waste management tends to identify agro-food waste from a different perspective: waste materials are seen as resources which can be bioconverted into high value-added, useful products (Ezejiolor, Enebaku and Ogueke 2014). Edible oil-derived, processed presscake can be an economically beneficial raw material for the food industry, especially because there is a necessity to utilize as many valuable by-products as possible in order to stay competitive (Helkar, Sahoo and Patil 2016).

*Table 1:* Comparison of mineral content in poppy seed with other plant materials which have high nutrition value (mg/kg d.w.)

Species	Minerals									References
	Ca	Mg	K	Na	Na to K ratio	Fe	Cu	Zn	Mn	
<b>Poppy seed</b>	14 380	3 470	7 190	260	1:27.65	97.60	16.27	79.00	67.07	USDA 2020
<b>Hemp seed</b>	700	7 000	12 000	50.00	1:240	79.50	16.00	99.00	76.00	
<b>Flax seed</b>	2550	3 920	8 130	300	1:27.10	57.30	12.20	43.40	24.82	
<b>Beets, raw</b>	160	230	3 250	780	1:4.17	8.00	0.75	3.50	3.29	
<b>Spinach, raw</b>	990	790	5 580	790	1:7.06	27.10	1.30	5.30	8.97	
<b>Kale</b>	15 400	2 900	17 200	88 700	1:0.19	185.80	1.90	36.20	184.00	Miller-Cebert, Sisatani, Cebert 2009
<b>Cabbage</b>	4 700	1 900	18 400	38 000	1:0.48	76.50	-	14.50	24.70	
<b>Hazelnut</b>	1 860	1 730	8 630	2 600	1:3.32	42.00	23.00	29.00	56.00	Köksal et al. 2009
<b>Almond</b>	2 774	3 261	8 276	114	1:72.6	77.60	27.50	67.70	33.30	Simsek, Kizmaz 2017
<b>Apple</b>	312	331	31 976	9.62	1:3323.9	3.68	3.57	1.93	1.81	Todea et al. 2014.

In the last half century, global production of poppy seeds has doubled, during which time the main producer countries have been Australia, Turkey, India, and the Czech Republic – among others (*Procházka and Smutka 2012*). In Hungary, for a century poppy has been a traditional crop in several thousands of hectares. The intensive and broad scale breeding activity in the producing countries has resulted in a relatively large number of varieties and valuable selected genotypes. Therefore, the objective of this paper is to reveal the quantitative and qualitative variability of some essential minerals in the seeds. Hungarian poppy genotypes can reveal their potential in natural food fortification in the

future. Furthermore, we wanted to find valuable breeding stocks and genotypes to improve nutritional value in staple foods.

## **MATERIALS AND METHODS**

### ***Plant material, growth conditions and sampling***

Eight different opium poppy accessions were tested. The propagation material originated from the gene bank of the Department of Medicinal and Aromatic Plants of Szent István University. The plant material contained one registered culinary ('Zeno Plus') and three industrial varieties ('Botond', 'Hunor', 'Korona'), along with a further four selected strains of landrace origin ('Lilla', 'MB', 'T18', 'T28'). The industrial varieties are special high alkaloid containing cultivars, among which 'Botond' is characterised by morphine as the main component, and 'Hunor' has both morphine and tebaine in its capsules, while 'Korona' has been bred for high noscapine content. The culinary variety has a very low (below 0.2%) alkaloid content in the capsules. Among the other strains, only 'MB' has a higher alkaloid content (close to 2.0%) while the others are intended for culinary use. 'T18' has white seeds; all the others have blue or greyish ones.

The plants were grown at the Experimental and Research Farm of the University in Budapest. Seeds were sown into small plots (10m<sup>2</sup>) by hand at the end of September 2017 (in the case of the overwintering genotypes ('Hunor', 'Lilla', 'T18' and 'T28')); and in March 2018 for the others, summer poppy genotypes. Row and plant distances were 0.5 m and 0.05 m, respectively.

The Research Farm's soil type is sandy with a low humus content (0.6-0.8%) with a pH of 7.6-7.9. Nitrogen (80 kg/ha) was added in March and boron (2%) as leaf fertilizer at budding stage. Weed control was done by hoeing and occasional irrigation was applied in the dry periods. Plants were harvested by hand in early July (overwintering genotypes) and middle July 2018 (summer poppies), at the stage of full ripening.

### **Determination of mineral contents using ICP-OES**

#### ***Instrumentation***

All the samples were analysed in three replicates by ICP-OES (PerkinElmer, model: Optima 8000 ICP OES), using winLab32 software for the analysis. The spectrometer was equipped with a Charge-Coupled Device (CCD) array detector that measures from 160

nm to 900 nm. The introduction system was composed of a glass cyclonic spray chamber and a glass concentric (Meinhard) nebulizer. The injector tube diameter of the torch was 2.0 mm. A part of ICP-OES was also the Monochromator that detects the chemical elements separately. Instrument operating conditions are listed in *Table 2*. The selected analytical wavelengths are compiled in *Table 3*.

*Table 2:* ICP-OES operating conditions

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>
Nebulizer type	Meinhard
Spray chamber	Cyclonic
Sample flow	1.50 mL/min
Plasma gas flow	15 L/min
Auxiliary gas flow	0.3 L/min
Nebulizer gas flow	0.6 L/min
RF power	1300 W
Viewing distance	15 mm

*Table 3:* Wavelengths and plasma view which were selected

<b>Element</b>	<b>Wavelength (nm)</b>	<b>Plasma view</b>
Ca	315.887	Attn. radial
Mg	279.077	Radial
K	766.490	Attn. radial
Na	589.592	Attn. radial
Fe	259.939	Radial
Cu	324.752	Radial
Zn	213.857	Radial
Mn	257.610	Attn. radial



### *Sample preparation - Microwave assisted digestion*

The presence of the following minerals: Ca (calcium), Mg (magnesium), K (potassium) and Na (sodium), Fe (iron), Cu (copper), Zn (zinc) and Mn (manganese) was investigated by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). All samples were prepared for the analysis via the microwave digestion method and measured in triplicate.

Aliquots of each sample (0.5 g) were accurately weighed into a digestion vessel, then 5 mL of concentrated nitric acid (65% HNO<sub>3</sub>) was added. This mixture was left for one night, and the next day 3 mL of hydrogen peroxide (30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) were added in the digestion vessels. The vessels were placed in the microwave oven digestion system (Mars 5, CEM Corporation) which followed a specific digestion program. It took 20 minutes to reach a pressure of 250 psi inside the oven, then the samples were treated for 15 minutes in 2200 °C at a pressure of 250 psi, and finally cooled down for 20 minutes.

After mineralization, the resulting solutions were cooled to room temperature, and then transferred to autosampler tubes and diluted to a final volume of 25 mL with Milli-Q water. The determination of mineral contents in this clear solution was carried out by ICP-OES. The equipment calibration was performed with standard elemental solutions, diluted to the desired concentration. The dilutions were prepared using HNO<sub>3</sub> (2M). The first calibration solution (blank) contained only nitric acid; the second calibration solution was a dilution of the standard elemental solutions with nitric acid, containing the following minerals: Ca, Mg, K and Na. The third calibration solution was a dilution of standard elemental solutions with nitric acid, containing the following elements: Fe, Cu, Zn and Mn. The concentrations of the solutions ranged from 1 to 100 mg/kg (1.5, 10, 100 mg/kg, respectively) to match the amount of the elements possibly present in the samples.

### *Statistical analysis*

The examined accessions were compared for the mineral content of their seeds using one-way multivariate ANOVA (MANOVA). In order to normalize the data and regulate the variances, iron was square-root-transformed, calcium was inverse-transformed, and manganese and sodium were inverse-square-root-transformed. Normality of the residuals then was accepted by Shapiro-Wilk's test ( $p > 0.05$ ). Homogeneity of variances was checked by Levene's test ( $p > 0.05$ ). Multivariate factor effect was tested by Wilk's lambda. When there was a significant multivariate overall result, follow-up univariate

ANOVA was run with Bonferroni's correction in order to avoid Type I error accumulation. Homogeneous subgroups were separated by Tukey's hoc test. Statistical analysis was performed by using IBM SPSS v25.

## RESULTS

In terms of the mineral contents, considerable differences were found among the accessions. The overall MANOVA result was highly significant (Wilks' lambda<0.001; p<0.001). The follow-up between-subjects effect was significant for each mineral (F(7;16)> 209.9; Bonferroni's corrected p<0.001). Tukey's post-hoc test result is given in *Table 4*.

Among the macrominerals studied, Ca was the one showing the highest concentration in opium poppy seeds, with a global mean content of 9937.13 mg/kg (*Table 5*). Global mean contents for the other macrominerals were 5602.88 mg/kg for K, 2578.13 mg/kg for Mg and 23.82 mg/kg for Na. Accessions with the highest Ca accumulation were 'Zeno Plus' (15976.667±440.038 mg/kg d.w.), 'Hunor' (14075.333±293.423 mg/kg d.w.) and 'MB' (10985.333±97.167 mg/kg d.w.) (*Table 4*). The highest K concentration was recorded in 'Zeno Plus' (8219.333±47.648 mg/kg d.w.), 'Hunor' (6392.000±38.158 mg/kg d.w.) and 'Botond' (6238.667±59.501 mg/kg d.w.) (*Table 4*). 'Zeno Plus' (3733.000±78.689 mg/kg d.w.), 'Hunor' (3558.000±61.612 mg/kg d.w.) and 'Lilla' (2651.667±54.501 mg/kg d.w.) presented the highest Mg concentration, while 'MB', 'Botond' and 'Hunor' accumulated the highest quantity of Na (*Table 4*). On average, registered varieties had a higher content of the investigated essential minerals than landraces and breeding strains (except Na and Mn).

Global mean contents for the microminerals investigated here were: 66.36 mg/kg for Fe, 56.36 mg/kg for Mn, 54.96 mg/kg for Zn, and 12.77 mg/kg for Cu (*Table 5*). The maximum Fe content was measured in 'Botond' (110.043±3.966 mg/kg d.w.), 'Korona' (90.973±1.390 mg/kg d.w.) and 'MB' (88.533±0.948 mg/kg d.w.), while Zn accumulation was the highest in 'MB' (84.233±1.478 mg/kg d.w.), 'Botond' (71.443±1.091 mg/kg d.w.) and 'Zeno Plus' (70.173±1.193 mg/kg d.w.) (*Table 4*). Accessions showing high Mn accumulation were 'MB', 'Botond' and 'Hunor', while the accessions of 'MB', 'Korona' and 'Botond' accumulated a high amount of Cu in their seeds (*Table 4*). Ca

accumulation is the only case where each of the studied opium poppy accessions differed significantly. In the cases of the K, Fe, Na and Mn, seven genotypes showed significant differences (*Table 4*). In general, there was a large variation among the studied accessions in the content of essential minerals, with high differences in the content of Ca ('Korona':  $6330.667 \pm 68.879$  mg/kg d.w. - 'Zeno Plus':  $15976.667 \pm 440.038$  mg/kg d.w.), in the content of Fe ('T18':  $27.277 \pm 0.698$  mg/kg d.w. - 'Botond':  $110.043 \pm 3.966$  mg/kg d.w.), and in the content of Mn ('Lilla':  $31.763 \pm 0.803$  mg/kg d.w. - 'MB':  $108.267 \pm 2.706$  mg/kg d.w.) (*Table 4*). Moisture content of opium poppy seeds were 4,38%, whilst moisture content of the presscake was 6,48%.

*Table 4: Means (mg/kg d.w.) and standard deviations of minerals of the eight investigated poppy accessions. Different letters are for significantly different genotypes (Tukey's,  $p < 0.05$ )*

Minerals	Statistical parameters	Accession							
		'Botond'	'Hunor'	'Korona'	'Lilla'	'MB'	'T18'	'T28'	'Zeno Plus'
Ca	Mean	10430.667	14075.333	6330.667	6839.667	10985.333	6603.000	8255.667	15976.667
	StDev	75.002	293.423	68.879	40.501	97.167	29.000	42.782	440.038
	Tukey's	e	g	a	c	f	b	d	h
Mg	Mean	2365.667	3558.000	2315.667	2651.667	2295.333	2009.000	1696.667	3733.000
	StDev	82.597	61.612	55.869	54.501	32.716	43.313	40.377	78.689
	Tukey's	c	e	c	d	c	b	a	f
K	Mean	6238.667	6392.000	5744.333	4735.000	4383.333	4506.000	4604.333	8219.333
	StDev	59.501	38.158	63.532	61.000	22.898	36.428	20.526	47.648
	Tukey's	e	f	d	c	a	ab	bc	g
Na	Mean	48.263	22.850	9.923	7.545	68.237	10.008	8.830	14.883
	StDev	1.184	1.486	0.370	0.105	1.410	0.219	0.090	0.405
	Tukey's	f	e	c	a	g	c	b	d
Fe	Mean	110.043	54.453	90.973	32.493	88.533	27.277	60.530	66.553
	StDev	3.966	0.670	1.390	0.755	0.948	0.698	0.741	1.159
	Tukey's	g	c	f	b	f	a	d	e
Cu	Mean	15.150	12.773	16.680	11.047	18.660	7.259	7.737	12.817
	StDev	0.362	0.614	0.572	0.294	0.897	0.074	0.257	0.262
	Tukey's	d	c	e	b	f	a	a	c
Zn	Mean	71.443	46.310	56.517	39.917	84.233	28.613	42.460	70.173
	StDev	1.091	0.779	1.115	0.335	1.478	0.978	0.979	1.193
	Tukey's	e	c	d	b	f	a	b	e
Mn	Mean	72.933	62.377	53.807	31.763	108.267	35.713	37.963	48.053
	StDev	2.026	0.990	1.347	0.803	2.706	0.753	0.415	0.267
	Tukey's	f	e	c	a	g	c	b	d

*Table 5: Mineral content (mg/kg) of poppy seed according to different references, compared with the results of the current research*

<i>Minerals</i>	<i>Origin of the seeds</i>				
	<i>Southern Turkey (Özkutlu et al. 2007)</i>	<i>India (Ramasastry 1983)</i>	<i>Konya, Turkey (Özcan 2004)</i>	<i>USA (United States Department of Agriculture 2020)</i>	<i>Budapest Zubay et al. (Current research, global mean)</i>
<i>Ca</i>	<i>no data</i>	<i>17200</i>	<i>10583</i>	<i>14380</i>	<i>9937.13±3615,20</i>
<i>Mg</i>	<i>no data</i>	<i>no data</i>	<i>4256</i>	<i>3470</i>	<i>2578.13±716.56</i>
<i>K</i>	<i>no data</i>	<i>no data</i>	<i>5906</i>	<i>7190</i>	<i>5602.88±1327.38</i>
<i>Na</i>	<i>no data</i>	<i>no data</i>	<i>no data</i>	<i>260</i>	<i>23.82±22.44</i>
<i>Fe</i>	<i>29 ± 1.4</i>	<i>127</i>	<i>91.1</i>	<i>97,6</i>	<i>66.36±28.92</i>
<i>Cu</i>	<i>11 ± 0.4</i>	<i>no data</i>	<i>14.4</i>	<i>16.27</i>	<i>12.77±4.04</i>
<i>Zn</i>	<i>25 ± 0.4</i>	<i>no data</i>	<i>42.5</i>	<i>79</i>	<i>54.96±18.95</i>
<i>Mn</i>	<i>24 ± 1.7</i>	<i>no data</i>	<i>56.1</i>	<i>67.07</i>	<i>56.36±25.21</i>

## DISCUSSION

In the cases of Ca, K, Fe, Na and Mn, at least seven accessions differed significantly. Three accessions accumulated the minerals in the highest levels: ‘Zeno Plus’, strain ‘MB’ and ‘Botond’ (Fig 1. and 2.). ‘Zeno Plus’ is a spring ecotype variety meant for the food industry, while ‘Botond’ and strain ‘MB’ are high alkaloid containing winter poppies developed for pharmacological use. ‘T18’, the white coloured strain, differed in mineral content from the accessions with blue seeds, similar to other important properties described before by (Eklund and Agren 1975, Lo and Chua 1992, Hayes et al. 1987). All of the genotypes are of European origin, six of them originating from Hungary. Therefore, it seems that no strong connection exists between the origin of the accessions and their mineral contents. Similarly, neither overwintering characteristics nor alkaloid content of the capsules appear in connection with the nutrient values as measured. Further investigation is needed to understand the eventual anatomical and metabolical backgrounds of the determined differences among poppy accessions in their essential mineral content.

Until recently, extremely little information was available in the literature about the mineral content of poppy seeds with different origins (Table 5). This has caused a high standard deviation among the results reported by these references. Compared to the previous references, the poppy genotypes in our study have average mineral contents. At the same time, variety ‘Zeno Plus’ accumulated a prominent amount of K, while ‘MB’ was characterised by high concentrations of Zn and Mg compared to poppy-seed accessions from India, Turkey and the USA (Table 5).

Minerals accumulated in the highest concentrations were Ca, Mg, Fe and Zn. Similar to calcium, vitamins D and K together have a synergic effect on the skeletal and cardiovascular system (Kidd 2010); in the case of food product development, it is worth determining the vitamin D and K content of the fatty oil of poppy seed. Increased dietary magnesium intake fosters protection against many diseases typical in western civilization (Bo and Pisu 2008); and poppy may play a role in delivering a high proportion of magnesium. Iron deficiency is the most threatening type of mineral malnutrition in the world, causing serious consequences for human health (Haas and Brownlie 2001, Oski 1979). Also, poppy seed is an excellent, high iron content plant material for a food

fortification approach. The modern diet is lacking in potassium and loaded with energy-rich foods (Sebastian *et al.* 2006), thus a reconditioned, adequate potassium-to-sodium intake ratio is essential for human health (Jansson 1990, He and MacGregor 2008, Yang *et al.* 2011).

The bioconversion from waste to wealth of the poppy-seed presscake could be a sustainable way of alleviating malnutrition by delivering bioavailable, plant-based essential minerals to the population. Differences among the poppy-seed accessions could greatly benefit from sophisticated cross-sector collaborations between the pharmaceutical and food industries. Developers could process the poppy-seed presscake as a by-product of the edible oil industry into health promoting functional and novel foods. This could be based on the information from the best mineral-accumulating genotypes utilised by the food or pharmaceutical industries. Adding value to the by-products by applying knowledge of genetic potential and sharing research-based information would benefit those market players who are willing to cooperate with each other. The capsules of opium poppy plant accumulate narcotic alkaloids, though the seeds do not contain alkaloids unless they are contaminated by pest damage and during harvesting. Functional food is the manifestation of a modern theory which addresses contemporary food and nutrition problems. The development of fortified food using oilseeds could be an effective solution to these problems (Asma, El Fadil and El Tinay 2006, Shilpa and Lakshmi 2012). Development of poppy genotypes with enhanced mineral content may be included in breeding programs. Among the examined accessions, 'Zeno Plus', 'Botond' and the strain 'MB' were found to be promising for this purpose. Poppy-seed products are commonly consumed at festive meals in East-Central Europe.

Breeding, cultivation, processing and consumption of poppy is organically connected to Hungarian tradition and national identity, along with other populations in the region. Thus, a well-directed development of functional food products based on the new results and theory which were suggested in this article may make the poppy product line even more prosperous.

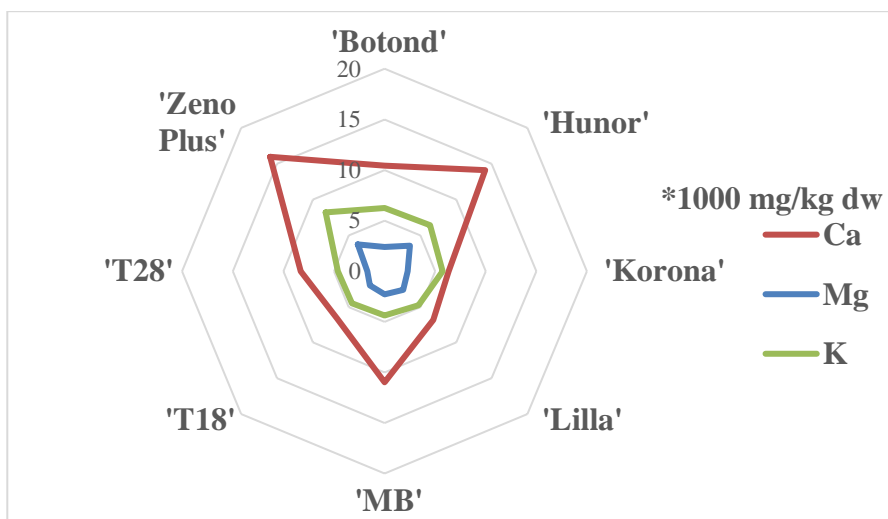


Figure 1: Mean values of macromineral contents (Mg, Ca and K, \*1000 mg/kg d.w.) of the eight investigated poppy accessions

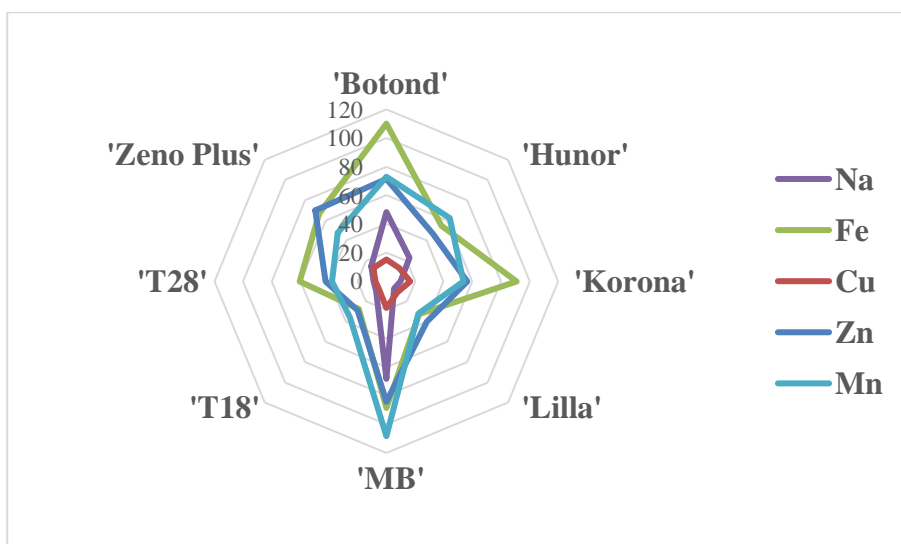


Figure 2: Mean values of mineral contents (Zn, Cu, Fe, Na and Mn, mg/kg d.w.) of the eight investigated poppy accessions



## KÜLÖNBSEGEK MÁK (*PAPAVER SOMNIFERUM* L.) MAG TÉTELEK ÁSVÁNYIANYAG-TARTALMÁBAN

ZUBAY PÉTER<sup>1</sup>, JÓKAINÉ SZATURA ZSUZSANNA<sup>2</sup>, LADÁNYI MÁRTA<sup>3</sup>,  
ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA<sup>1</sup>, SZABÓ KRISZTINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gyógy- és Aromanövények Tanszék, Fenntartható Kertészet Intézet, Szent István  
Egyetem, Budapest

<sup>2</sup>Alkalmazott Kémia Tanszék, Élelmiszerminőségi, -biztonsági és  
Táplálkozástudományi Intézet, Szent István Egyetem, Budapest

<sup>3</sup>Biometria és Agrárinformatika Tanszék, Matematika és Természettudományi Alapok  
Intézet, Szent István Egyetem, Budapest

### ÖSSZEFOGLALÓ

Speciális fitokémiai összetételének köszönhetően a mák értékes növényi alapanyag mind az élelmiszer- mind a gyógyszeripar számára. Kutatásunk célja nyolc hazai nemesítésű mák magtétel ásványianyag-tartalmának meghatározása volt. ICP-OES módszerrel vizsgáltuk négy fajtajegyzékben elismert, köztük egy étkezési- ('Zeno Plus') és három ipari ('Botond', 'Hunor', 'Korona') fajta, valamint négy tájfajta ('Lilla', 'MB', 'T18', 'T28') ásványianyag-tartalmát az élelmiszer dúsítási potenciál felmérése érdekében. Erősen szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a vizsgált fajták ásványianyag-tartalma között. A 'Zeno Plus' fajta esetén figyeltük meg a legnagyobb makroelem-tartalmat (Ca - 15976.667±440.038 mg/kg sz.a.; Mg - 3733.000±78.689 mg/kg sz.a.; K - 8219.333±47.648 mg/kg sz.a.), a 'Botond' halmozta fel a legtöbb vasat (110.043±3.966 mg/kg sz.a.), miközben az 'MB' bizonyult a leghatékonyabbnak a Zn (84.233±1.478 mg/kg sz.a.), Cu (18.660±0.897 mg/kg sz.a.), Na (68.237±1.410 mg/kg sz.a.) és az Mn (108.267±2.706 mg/kg sz.a.) elemek akkumulációjában. Mindhárom tétel kifejezetten ígéretes alapanyagoknak bizonyul élelmiszer dúsítás célú élelmiszerfejlesztések és nemesítési programok megvalósításához.

**Kulcsszavak:** élelmiszer dúsítás; ásványi anyag; olajpogácsa

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Ministry for Innovation and Technology within the framework of the Higher Education Institutional Excellence Program (NKFIH-1159-6/2019) in the scope of plant breeding and plant protection researches of Szent István University.



„SUPPORTED BY THE ÚNKP-18-3-I-SZIE-16 NEW NATIONAL EXCELLENCE PROGRAM OF THE MINISTRY OF HUMAN CAPACITIES”

This work was supported by the Human Resources Development Operational Program under grant number EFOP-3.4.3-16-2016-00012.

## DECLARATION OF INTEREST STATEMENT

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

## REFERENCES

*Akinci Z. - I. Bayram.* (2003): Effects of poppy seed meal on egg production and hatching results in quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Research in Veterinary Science.* 75: 141-47. doi: 10.1016/s0034-5288(03)00054-7

*Aksoylu Z. - Ö. Cagindi - E. Köse.* (2015): Effects on blueberry, grape seed powder and poppy seed incorporation on physicochemical and sensory properties of biscuit. *Journal of Food Quality.* 38: 164-74. doi: 10.1111/jfq.12133

*Anonymus* (1925): Szabadalom. Bejelentés napja: 1925. 05. 01. Szabadalom címe: Eljárás ópiumalkaloidák előállítására Jogosult: (100%) Kabay János; Budapest (HU) ügyszám: 89464 lajstromszám: 89464 .

*Anonymus* (1931): Szabadalom. Bejelentés napja: 1931. 11. 30. Szabadalom címe: Eljárás ópiumalkaloidák előállítására Jogosult: (100%) Kabay János; Büdszentmihály (HU) Feltaláló: (100%) Kabay János; Büdszentmihály (HU) ügyszám: K-11647, lajstromszám: 109788.

- Asma A. M. - B. E. El Fadil - A. El Tinay (2006): Development of Weaning Food from Sorghum Supplemented with Legumes and Oil Seeds. *Food and Nutrition Bulletin*, 27, (1): 26-34. doi: 10.1177/156482650602700104
- Bernáth, J. (1998): Introduction. In *Poppy: The Genus Papaver* by Bernáth, J. 1-7. The Netherlands: Harwood Academic Publisher. doi: 10.1007/978-0-387-77594-4\_15
- Bo S. - E. Pisu (2008): Role of dietary magnesium in cardiovascular disease prevention, insulin sensitivity and diabetes. *Current Opinion in Lipidology*. 19:50–56. doi: 10.1097/MOL.0b013e3282f33ccc
- Ekkholm, P. - H. Reinivuo - P. Mattila - H. Pakkala - J. Koponen - A. Happonen - J. Hellström - M. L. Ovaskainen (2007): Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20.: 487–95. doi: 10.1016/j.jfca.2007.02.007
- Eklund, A. - G. Agren (1975): Nutritive Value of Poppy Seed Protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 52: 188-90. doi: 10.1007/BF02672167
- Ezejiyor N. I. T. - E. U. Enebaku - C. Ogueke (2014): Waste to Wealth—Value Recovery from Agrofood Processing Wastes Using Biotechnology: A Review. *British Biotechnology Journal*. 4 (4): 418-81.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2004. *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2nd ed.
- Ferrari C. K. B - E. A. F. S. Torres (2002): Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 57: 251–60. doi: 10.1016/S0753-3322(03)00032-5
- Fraga, G. C. (2005): Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. *Molecular Aspects of Medicine*. 26: 235-44. doi: 10.1016/j.mam.2005.07.013
- Gök, V. - L. Akkaya - E. Obuz - S. Bulut (2011): Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. *Meat Science*. 89: 400-04. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.04.032
- Haas, D. J. - T. Brownlie (2001): Iron deficiency and reduced work capacity. *The Journal of Nutrition*. 131:6765-6915. doi: 10.1093/jn/131.2.676S
- Hayes, W. L -G. W. Krasselt -P. A. Mueggler (1987): Concentrations of Morphine and Codeine in Serum and Urine after Ingestion of Poppy Seeds. *Clinical Chemistry*. 33 (6): 806-8. doi: 10.1093/clinchem/33.6.806
- He F. J. - G. A. MacGregor (2008): Beneficial effects of potassium on human health. *Physiologia Plantarum*. 133 (4): 725-35. doi: 10.1111/j.1399-3054.2007.01033.x

- Helkar P. B. - A. K. Sahoo - N. J. Patil* (2016): Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients. *International Journal of Waste Resources*. 6 (248): 1-6. doi: 10.4172/2252-5211.1000248
- Huma N. - S. Rehman, F. M. Anjum - M. A. Murtaza* (2007): Food Fortification Strategy – Preventing Iron Deficiency Anemia: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47: 259-65. doi: 10.1080/10408390600698262
- Jansson B.* (1990): Dietary, total body, and intracellular potassium-to-sodium ratios and their influence on cancer. *Cancer Detection and Prevention*. 14 (5): 563-65.
- Kidd M. P.* (2010): Vitamins D and K as Pleiotropic Nutrients: Clinical Importance to the Skeletal and Cardiovascular System and Preliminary Evidence for Synergy. *Alternative Medicine Review*. 15 (3): 199-222.
- Köksal I. A. - N. Artık - A. Simsek - N. Günes* (2009): Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*. 99: 509–15. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.08.013
- Lo, D. S. T. - T. H. Chua* (1992): Poppy Seeds: implications of consumption. *Medicine, Science, and the Law*. 32.(4): 296-302. doi: 10.1177/002580249203200403
- Mayer A. M.* (1997): Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *British Food Journal*, 99: 207-11. doi: 10.1108/00070709710181540
- Miller-Cebert L. R. - A. N. Sistani - E. Cebert* (2009): Comparative mineral composition among canola cultivars and other cruciferous leafy greens. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22 (2) 112-16. doi: 10.1016/j.jfca.2008.11.002
- Miller D. D - M. S. Welch* (2013): Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *Food Policy*. 42: 115-28. doi: 10.1016/j.foodpol.2013.06.008
- Nencini, P.* (1997): The Rules of Drug Taking: Wine and Poppy Derivatives in the Ancient World. VI. Poppies as a Source of Food and Drug. *Substance Use & Misuse* 32(6), 757-66. doi: 10.3109/10826089709027300
- Oski, F. A.* (1979): The Nonhematologic manifestation of iron deficiency. *The American Journal of Diseases of Children*. 133: 315-22. doi: 10.1001/archpedi.1979.02130030091017
- Özcan M.* (2004): Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. *Food Chemistry*. 84: 437-40. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00263-2

- Özcan M. M - C. Atalay (2006): Determination of seed and oil properties of some poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. *Grasas y Aceites*, 57 (2): 169-74. doi: 10.3989/gya.2006.v57.i2.33
- Özkutlu F. - S. M. Kara - N. Sekeroglu (2007): Determination of Mineral and Trace Elements in Some Spices Cultivated in Turkey. *Acta Horticulturae*. 756: 321-28. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.756.34
- Procházka P. - L. Smutka (2012): Czech Republic as an Important Producer of Poppy Seed. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*. 4 (2): 1-13. doi: 10.22004/ag.econ.131361
- Ramasastri B. V. (1983): Calcium, iron and oxalate content of some condiments and spices. *Qualitas Plantarum, Plant Foods for Human Nutrition*. 33: 11-15. doi: 10.1007/BF01093733
- Sebastian A. -A. L. Frassetto - E. D. Sellmeyer - C. Morris, Jr. (2006): The Evolution-Informed Optimal Dietary Potassium Intake of Human Beings Greatly Exceeds Current and Recommended Intakes. *Seminars in Nephrology*. 26(6):447-53. doi: 10.1016/j.semnephrol.2006.10.003
- Shilpa K. S. - Iakshmi J. A. Iakshmi (2012): Comparison of enhancement in bioaccessible iron and zinc in native and fortified high-phytate oilseed and cereal composites by activating endogenous phytase. *International Journal of Food Science and Technology*. 47. 8: 1613-19. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03011.x
- Simsek M. - V. Kizmaz (2017): Determination of Chemical and Mineral Compositions of Promising Almond (*Prunus amygdalus* L.) Genotypes from Beyazsu (Mardin) Region. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*. 3 (1): 6-11. doi: 10.24180/ijaws.298525
- Singh S. P. - K. R Khanna - S. Shukla - S. B Dixit - R. Banerji (1995): Prospects of breeding opium poppies (*Papaver somniferum* L.) as a high linoleic acid crop. *Plant Breeding* 114 (1): 89-91. doi: 10.1111/j.1439-0523.1995.tb00768.x
- Singh S. - P. K. R Khanna - B. S. Dixit - S. N. Srivastava (1990): Fatty acid composition of opium poppy (*Papaver somniferum*) seed oil. *Indian Journal of Agricultural Science*. 60 (5): 358-59.
- Tétényi, P. (1997): Opium poppy (*Papaver somniferum*): Botany and horticulture. *Horticultural Reviews*. 19:373-405. doi: 10.1002/9780470650622.ch7

*Thomas, D.* (2007): The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) - A Review of the 6th Edition of McCance and Widdowson. *Nutrition and Health*. 19: 21-55. doi: 10.1177/026010600701900205

*Todea D. - O. Cadar - D. Simedru - C Roman - C. Tanaselia - I. Suatean - A. Naghiu* (2014): Determination of Major-to-Trace Minerals and Polyphenols in Different Apple Cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 42.:523-29. doi: 10.15835/nbha4229715

*Tulchinsky H. T.* (2010): Micronutrient Deficiency Conditions: Global Health Issues. *Public Health Reviews*. 32 (1): 243-55. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03391600>

USDA (United State Department of Agriculture) Food Data Central. 2020. <https://fdc.nal.usda.gov/>

*Wang S. -M. Kreuzer - U. Braun - A. Schwarm* (2017): Effect of unconventional oilseeds (safflower, poppy, hemp, camelina) on in vitro ruminal methane production and fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97: 3864-70. doi: 10.1002/jsfa.8260

*Welch R. M. - R. D. Graham* (2005): Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 18.:299-307. doi: 10.1016/j.jtemb.2005.03.001

*White J. P. - R. M. Broadley* (2005): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*. 10 (12). 586-93. doi: 10.1016/j.tplants.2005.10.001

*Wildman, R. - M. Kelley* (2007): Nutraceuticals and Functional Foods. In: *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods* by Wildman R. 1-23. USA. CRC Press Taylor & Francis Group.

*Yang, Q. - T. Liu - V. E. Kuklina - D. W. Flanders - Y. Hong -C. Gillespie - M-H. Chang - M. Gwinn - N. Dowling - J. M. Khoury* (2011): Sodium and Potassium Intake and Mortality Among US Adults. *Archives of Internal Medicine*. 171(13): 1183-91. doi:10.1001/archinternmed.2011.257

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

a  
a  
a

## **SZEMLE**



## MIKROBIOM KUTATÁSOK A SERTÉS MINT MODELLÁLLAT SEGÍTSÉGÉVEL

HERCEG EMIL BALÁZS - LENCSÉS-VARGA ERIKA - SZALAI KLAUDIA -  
TEMPFLI KÁROLY - BALI PAPP ÁGNES

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők irodalmi adatok alapján összefoglalják az emberi és a sertés mikrobiom kutatások fontosabb eredményeit. A bél mikroflórája és annak metabolitjai fontos tényezők az emlős emésztőrendszer működésében és az egészség megőrzésében.

Az endogén humán mikrobiomra vonatkozó ismeretek korlátozottak, mivel a korai mikrobiom kutatások elsősorban a kórokozó mikrobákra összpontosultak. Azonban a humán bélbaktériumok populációinak közelmúltban történő szekvenálása jelentős különbségeket mutatott a bél mikrobiom összetételével kapcsolatban, amelyek összefüggésbe hozhatók például az egészségi állapottal, a testzsír százalékkal vagy az életkorral. Figyelembe véve, hogy a baktériumok sejtszáma az emberi szervezetben található sejtek számával közel azonos, az emberi bél mikrobiomát gyakran második genomnak nevezik. Ezen a gyorsan fejlődő kutatási területen szükség van modell állatok használatára, amelyben a sertés potenciális jelölt az ember és a sertések közötti jelentős anatómiai, emésztésélettani hasonlóságok miatt.

Vizsgálatok igazolják, hogy az étrend módosítása során bekövetkező változások hatnak a sertés bél mikrobiom összetételére, akárcsak az embernél, ami jelzi a sertés mint modell állat alkalmazhatóságát és relevanciáját. A sertésmodell kísérleti eredmények felhasználhatók az embernél a tudatos táplálkozás és a bél mikrobiom közötti kölcsönhatások értékelésére.

**Kulcsszavak:** elhízás, mikrobiom, sertés,



## BEVEZETÉS

Bár már az idősámításunk előtti 3. században a görög *Hippokratész* azt állította, hogy „minden betegség a bélből ered”, majd a 19. században a Nobel-díjas *Mecsnikov*, aki a hosszú élettartam és a testben lévő baktériumok egészséges egyensúlya között közvetlen kapcsolatot állapított meg kinyilatkoztatta, hogy „a halál a vastagbélben kezdődik”, mégis sokáig feledésbe merültek elképzeléseik. A szakirodalmi eredmények alátámasztják, hogy a velünk együtt élő mikrobák szerepet játszanak a szervezetünkben lezajló élettani folyamatokban. Napjainkra megerősítést nyert, hogy a gyulladós folyamatokban, az immunrendszer hatékony működésében, az ingerületátvivő anyagok megfelelő képződésében, a tápanyagok különböző makromolekuláinak biokémiai reakcióiban a mikrobiom rendkívül fontos szerepet játszik, ezért különálló szervnek tekinthetjük. Mikrobiomunk állandóan változik. Helyes táplálkozás esetén a mikrobiom megfelelő állapotban van, és nem szaporodnak el a káros mikroorganizmusok. Ha ez utóbbi állandósul krónikus gyulladások, ennek következtében onkológiai folyamatok előfordulásának kockázata növekszik. Fontos tehát minél szélesebb körű ismereteket szereznünk mikrobiomunk működésével kapcsolatban. A sertés mint modellállat alkalmazása sok emberi mikrobiommal kapcsolatos kérdésre adhat választ, így a napjainkban óriási problémát jelentő, már népbetegségnek számító elhízás és a mikrobiom kapcsolata is vizsgálható sertés modell-kísérletek alapján.

## A MIKROBIOM FOGALMÁNAK KIALAKULÁSA

A mikrobiom fogalmat *Hans Winkler* (1920) használta először, *Lederberg és McCray* (2001) ezt fejlesztette tovább. Meghatározásuk szerint a mikrobiom az emberi testben élő kommenzalista, szimbionta és patogén mikroorganizmusok alkotta ökológiai rendszer (*Lederberg és McCray*, 2001). Az első kutatásokat a hetvenes években többek között *Savage* (1977) kezdte el, és megállapította, hogy a mikrobiomhoz tartozó baktériumoknak a többsége az emésztőrendszerben található (*Ren et al.*, 2011). *Savage* (1977) a béltraktusban található mikroba-számot  $10^{14}$  nagyságrendűre becsülte. Korábban az emberi szervezettel kapcsolatos mikrobiológiai kutatások a betegséget okozó mikrobákra fókuszáltak, így az emberi szervezet endogén flórájáról az ismeretek még kevésbé voltak tisztázottak (*Quilordan et al.*, 2016; *Relman és Falkow*, 2001).

A legelfogadottabb tudományos becslések szerint egészen 2015-ig úgy gondolták az emberi testben és testen  $10^{15}$ - $10^{16}$  baktérium található, míg az emberi testet felépítő sejtek száma  $10^{14}$ . Az izraeli Weizmann Intézet kutatói szerint ez a szám  $4 \times 10^{14}$  az emberi  $3 \times 10^{14}$  sejt számhoz képest, tehát közel 1:1 arányt mutat. Számos szakember második genomként említi a mikrobiomot. A mikrobiom "személyre szabott", az egészségmegőrzés szempontjából növekvő fontosságára hívják fel a figyelmet a kutatók (Schmidt et al., 1991).

Közvetlenül a kevert mintából izolált DNS felhasználásával megalkotott genomikai könyvtár szekvenálása révén a környezeti minták komplexen vizsgálhatók (Handelsman et al., 1998). Ezt a metagenomikai megközelítést számos vizsgálatban alkalmazták a környezeti mikrobaközösség meghatározására (Handelsman, 2004; Moreira et al., 2012; Stahl et al., 1984; Tringe és Rubin, 2005; Neelson és Venter, 2007). A szekvenálási technológia fejlődésével új lehetőségek nyíltak a mikrobiális közösség jellemzésére. **A szekvenálás alapú metagenomika alkalmas komplex mikrobiális közösségek pontos összetételének** meghatározására anélkül, hogy a közösség egyes tagjait izolálni, tenyészteni kellene; továbbá információt nyújt a mikrobák együttműködéséről, a közösségi szintű anyagcsere-folyamatokról is. A vizsgálatok alapja a közösségekből kivont DNS gyors és nagy áteresztőképességű meghatározása ún. új generációs szekvenálással (next generation sequencing, NGS), amellyel a teljes közösség – beleértve a nem tenyészthető mikrobákat is – genomját vizsgálni lehet.

Az emberi mikrobiom 20-60%-a (testrésztől függően) nem tenyészthető laboratóriumi körülmények között (Aasj et al., 2005; Bik et al., 2006; Palmer et al., 2007; Pei et al., 2004; Tyson et al., 2004; Zhou et al., 2004). A mikrobiom kutatások a mikrobaközösséget alkotó mikrobák meghatározását tűzték ki célul a mikrobák között fennálló filogenetikai kapcsolatok feltárása mellett 16S rRNS technika felhasználásával, amely segítségével a mikrobiomot alkotó baktériumok elkülöníthetők egymástól (Dymock et al., 1996; Giovannoni et al., 1990; Savage, 1977, Shi et al., 2010; Winkler, 1920; Woese és Olsen, 1986).

A baktériumok 16S rRNS génszekvenciáinak azonosítása révén vált világossá, hogy a bél mikrobiomja egyénenként jelentősen különbözik (Eckburg et al., 2005), eltérések figyelhetők meg az elhízott (*Firmicutes* törzsbe tartozó baktériumok aránya magasabb) és sovány emberek (*Bacteroidetes* arány magasabb) között (Ley et al., 2006). Palmer et al. (2007) kutatták a csecsemők mikrobiomjának változását az életkorral. A 16S rRNS

technikát alkalmazták a szájüreg (*Faveri et al. 2008*), a vagina (*Hyman et al. 2005*) és a bőr (*Gao et al. 2007*) mikrobiom vizsgálata során is.

## A HUMÁN MIKROBIOM KUTATÁSOK

Az emberi mikrobiom kutatása 2005 novemberében kezdődött el igazán intenzíven és szervezeten. A nemzetközi kutatási együttműködések megalapozó találkozó házigazdája a Francia Nemzeti Mezőgazdasági Kutatóintézet (Institut national de la recherche agronomique, INRA) volt elnöke Dusko Ehrlich terjesztette elő azt a javaslatot, hogy első lépésben a humán bélrendszer teljes átfogó metagenomikai vizsgálatát (Human Intestinal Metagenome Initiative, HIMI) végezzék el, határozzák meg az emberi bél mikrobiom összetételét, mind az egészséges, mind a betegségben szenvedő egyéneknél. A találkozó résztvevőinek javaslatára létrehozták a Nemzetközi Metagenom Konzorciumot, hogy a világ minden tájáról bekapcsolódhassanak a kutatásba, és elérjék a HIMI céljait

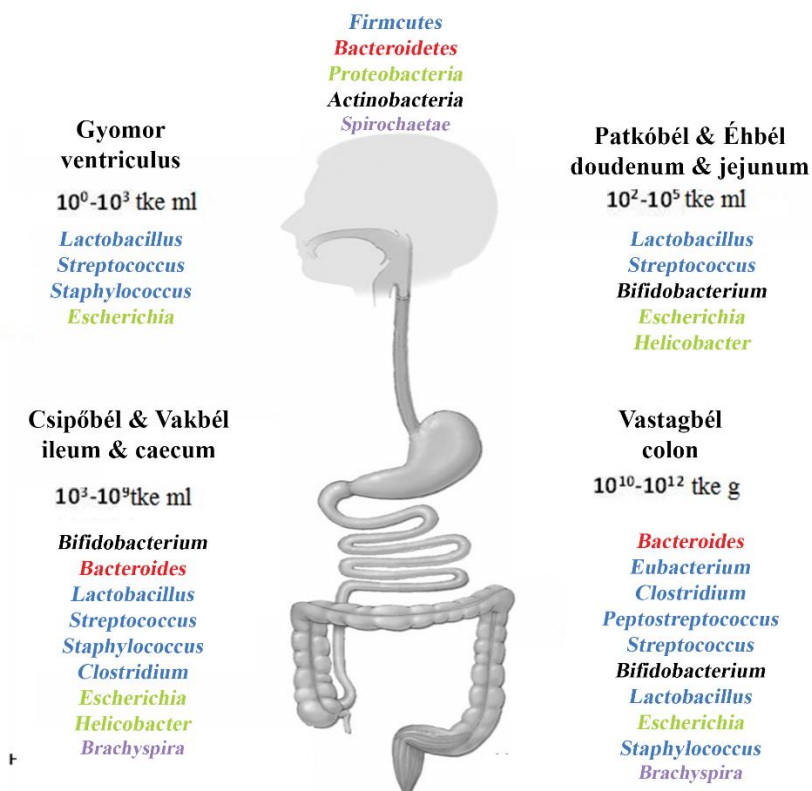
A párizsi találkozót követően az Amerikai Egészségügyi Minisztériumban (National Institutes of Health, NIH) tartottak megbeszélést a NIH által szponzorált Emberi Mikrobiom Projekt (HMP) elindításáról, amely az emberi mikrobiom kutatásokat négy testtájon való vizsgálatokra bővítette (a gyomor-bélrendszer mellett a szájüreg, a hüvely és a bőr vizsgálatára). A projektet kiemelt prioritással építették be az orvosbiológiai kutatások ütemtervébe.

A HMP kezdeti célja a humán mikrobiom összetételének megállapítása volt, ami alapja lehet a későbbi vizsgálatoknak, amelyek kiterjednek különböző populációkra, genotípusokra, betegségekre, életkorra, táplálkozásra, gyógyszeres kezelések és a környezet hatásaira.

A végső cél tehát megteremteni azon széleskörű lehetőségeket, amelyek segítségével javíthatjuk, kontrollálhatjuk az emberi mikrobiomot, és esetlegesen manipulálhatjuk azt betegség esetén (*Peterson et al., 2009*)

A NIH HMP ún. „Jumpstart” fázisa 2007-ben vette kezdetét négy szekvenálási központtal: Baylor College of Medicine, Broad Institute, J. Craig Venter Institute és a Washington University School of Medicine. Ebben a szakaszban több mint 500 újonnan megismert bakteriális genomot szekvenáltak. A legtöbb mikrobát a humán emésztőrendszerben találták.

A projekt 2012-ig tartó első részében a kutatások középpontjában a metagenomikai adatállományok és a számítástechnikai eszközök fejlesztése állt. Az adatállományt egészséges (pl. *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* probiotikus baktériumok nagy aránya jellemzi, vagy a közelmúltban azonosított *Akkermansia muciniphila*, amely a vékonybél belső felszínét védő mucinréteggel vonja be) és beteg (a soksejtes szervezetet támogató baktériumok arányának drasztikus csökkenése és gyulladáskeltő vegyületeket termelő baktériumok számának növekedése jellemzi, pl. *Clostridium difficile*) mikrobiomra osztották korcsoportok szerint. A felmerülő etikai, jogi és társadalmi kérdéseket tisztázva folytatta a program az emberi mikrobiom kutatást (1. ábra).



1. ábra: A bélmikrobiom eloszlása az emésztőszervrendszerben (Linden 2014). Az azonos törzsbe tartozó baktériumok azonos színnel jelölve

Figure 1: Distribution of microbiota in digestive tract (Linden 2014). The bacteria belonging to the same strain are labeled with the same color

A HMP által gyűjtött adatok elemzése és koordinálása a DACC (Data Analysis and Coordination Center) segítségével folyik, amely egy olyan informatikai rendszert működtet, melyet a tudományos közösség is használhatnak. A HMP DACC koordinálja is a fejlesztési adatokat és szabványokat, valamint honlapjukon elérhető a HMP katalógus a referencia törzsekkel (*URL*). Ez a kereshető és rendezhető projekt katalógus információkat tartalmaz az egyes referencia törzsekről, pl. a testen való izolálás helyéről, a szekvenálás állapotáról, továbbá arról, hogy melyik központ vesz részt a törzs szekvenálásában, meghatározásában. A projekt második fázisában (2012-2015) a HMP résztvevői a kezdeti fázisban megismert információkat referencia adatbázisként és új technológiák kifejlesztéséhez használták, meghatározták a mikrobiom változását a specifikus betegségek esetén.

A humán elhízás és a bélflóra összetétele közötti kapcsolatot több évtizedes kutatómunka során igazolták, ezen belül azt is, hogy a bélflóra szabályozza a zsír tárolását. A bélflóra szerepe az elhízás patogenezisében meghatározó kutatási területté vált. A vizsgálatok eredményei szerint az elhízás kialakulása kapcsolatban van a *Bacteroidetes* és *Firmicutes* törzsek egymáshoz viszonyított arányával, illetve az arányuk változásaival. A *Firmicutes* törzs tagjai nagy határfokkal képesek lebontani a táplálékot, nagyobb súlygyarapodás érhető el. A *Bacteroidetes* törzsbe tartozó baktériumok hatására a tartalék szénhidrátokat és a növényi rostokat rövid láncú zsírsavak előállításán keresztül a szervezet nem raktározza, hanem energiaforrásként hasznosítja. Az elhízás tehát a *Firmicutes:Bacteroidetes* aránnyal is jellemezhető. A nyugati emberek emésztőrendszerében a *Firmicutes* törzs dominál, míg az afrikaiakéban a *Bacteroidetes* (Geritsen et al., 2011; Mariat et al., 2009).

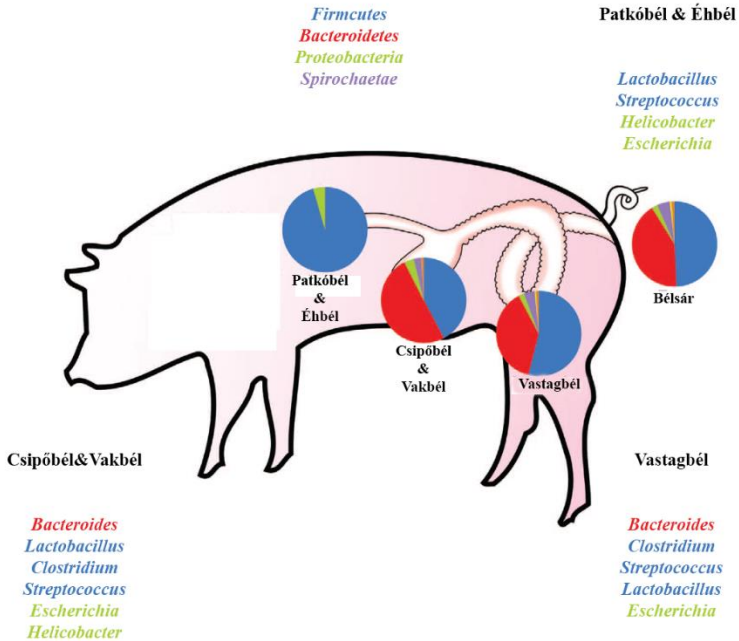
## A SERTÉS, MINT MODELLÁLLAT

### *Fenotípus és mikrobiom*

A táplálkozás folyamatai, a jó mikrobiom és az egészségmegőrzés kapcsolata modellállat segítségével bemutatható, pontosabban nyomon követhető a bél mikrobiális összetétele és aktivitásának hatása különböző betegségek kialakulására. Az ember és a sertés szervei nagymértékben hasonlítanak felépítésüket, méretüket vagy funkciójukat tekintve, így a mikrobiom összetétele is a bélrendszerben (1. és 2. ábra), ezért a sertés a mikrobiom vizsgálatok potenciális modellállata lehet. Számos vizsgálat eredménye

szerint az étrend módosítása során bekövetkező változások hasonló módon hatnak a sertés bél mikrobiom összetételére, mint az ember esetében.

*Heinritz et al.* (2016) sertéseken tanulmányozták az alacsony és magas rostbevitel következményeit. Vizsgálták, hogy azonos energiatartalmú étrendek esetében a magas rost/alacsony zsírtartalom (High Fiber, Low Fat, LF), valamint az alacsony rost/magas zsírtartalom (Low Fiber, High Fat, HF) hogyan befolyásolja a vakbél és a vastagbél mikrobiális összetételét és metabolikus aktivitását, valamint a vérszérum biokémiai paramétereinek változását. HF étrend esetén a *Bacteroides* és az *Enterobacteriaceae* nemzetségek magasabb kópiaszámban voltak a bélrendszerben az LF-hez képest. A *Bifidobaktériumok* nagyobb számban voltak jelen a LF étrend esetén. Az acetát és butirát mennyisége szintén az LF esetén volt magasabb. A glükóz magasabb volt a HF csoportban, míg a glutaminsav-piruvát transzamináz (GPT) nagyobb koncentrációban volt jelen az LF csoportban, azonban ebben az esetben a C-reaktív protein (CRP) mennyisége bizonyos idő elteltével csökkent. Ezek a megállapítások érvényesek a hasonló összetételű étrendet fogyasztó emberekre is, ami igazolja a sertésmodell alkalmazhatóságát.



2. ábra: A bélmikrobiom eloszlása a sertés emésztőszervrendszerben (Looft et al. 2014). Az azonos törzshe tartozó baktériumok azonos színnel jelölve

Figure 2: Distribution of microbiota in digestive tract (Looft et al. 2014). The bacteria belonging to the same strain are labeled with the same color)

Feng et al. (2015) megállapították, hogy a kínaiak táplálkozásuk során már elérik az egészségmegőrzés szempontjából elegendő rostmennyiséget (szemben a nyugati típusú étkezéssel, amely magas zsírtartalmú étrendet takar), ugyanakkor a monosodium L-glutamátot (MSG, azaz nátrium-glutamát) széles körben használják, mint napi élelmiszer-adalékanyag (ún. kínai étterem szindróma; Cui és Dibley, 2012). Több kutató számolt már be humán vizsgálatok mellett laborállat (egér, patkány) kísérleti eredményekre támaszkodva arról, hogy a MSG megváltoztatja a bél mikrobióta összetételét (Boutry et al., 2011a; Boutry et al., 2011b; Sender et al., 2015; Relman, 2002). Ugyanakkor kevés információ áll rendelkezésre arról a pontos mechanizmusról, amely révén az orális MSG befolyásolja a bél mikroorganizmusainak működését és összetételét. Feng et al. (2015) zsír és MSG különböző mennyiségének lehetséges kölcsönhatását vizsgálták. Négy

csoportot hoztak létre a következő étrendek szerint: normál zsírbevitel (kontroll), magas zsírbevitel, normál zsírbevitel + 3% MSG, és magas zsírbevitel + 3% MSG. Minden csoportban 8-8 növendék sertés volt. A bélflóra változását elemezték az éhbél (jejunum), a csípőbél (ileum), a vakbél (coecum) és a remesebél (colon) területén. Eredményeik azt mutatták, hogy mind a MSG, mind a magas zsírbevitel egyértelműen növelte a bél mikroorganizmusok sokféleségét. A MSG és a zsír módosította a bél mikrobiom-összetételét, különösen a vastagbélben. A MSG és a zsír együttes adagolása elősegítette azoknak a mikrobáknak a kolonizációját, amelyeknek köszönhetően az emésztőrendszerben az energia felszabadulása különböző anyagcsere utakon végbemegy. A MSG elősegítette a *Faecalibacterium prausnitzii* és *Roseburia* kolonizációt, míg a magas zsírbevitel a *Prevotella* mennyiségét fokozta a vastagbélben és egyéb bélszakaszokon. Az eredmények segíthetnek abban, hogy jobban megismerjük a bélrendszer kóros elhízást gátló bakteriális összetételét.

A bakteriális sokszínűség csökkenését és megváltozott anyagcsere-útvonalakat mutatnak a bélflóra összetételére irányuló vizsgálatok elhízás esetén. A sertés esetében is igazolt, hogy a bélflóra részt vesz a zsírtárolás folyamatában és a sertés elhízásának kialakulásában (Guo et al., 2008a; Guo et al., 2008b; Verhelst et al., 2004; Luo et al., 2012). Ezen túlmenően olyan *Escherichia spp.*-t is azonosítottak, amely szignifikánsan nagyobb gyakorisággal van jelen a zsírosodásra hajlamosabb sertésekben. Összességében, az endotoxin-indukált gyulladás, a dysbiosis a bélflóra összetételében, és *Firmicutes: Bacteroidetes* arány növekedése befolyásolja az elhízás kialakulását.

Az elhízás megelőzésével kapcsolatban vizsgálták a *Lachnospiraceae*, a *Ruminococcaceae*, a *Prevotella*, a *Treponema* és a *Bacteroides* törzseket. Leírták, hogy ezek a mikrobák étrendi poliszacharid és pektin fermentálásával rövid szénláncú zsírsavakat termelnek. A rövid láncú zsírsavak képesek szabályozni a szervezet energia homeosztázisát, védik a gazdaszervezetet a gyulladásos folyamatoktól és gátolják a zsírtömeg fejlődését. A bélben a mikrobiom összetétele fontos tényező lehet a zsírdepók kialakulásában (He et al., 2016).

### **Mikrobiom változása a korrallal**

A sertés bélflórája az állat növekedése és takarmányozása során állandóan változik. Pajarillo et al. (2014) közvetlenül választás előtti (4 hetes) és 2 héttel választás utáni (6 hetes) malacokat vizsgáltak. Az elválasztás előtti időszakban elsősorban *Firmicutes*



(54%), *Bacteroidetes* (38,7%), *Proteobacteria* (4,2%), *Spirochaetes* (0,7%) és *Tenericutes* (0,2%) törzsek találhatóak a bélrendszerben, és a *Bacteroides*, *Blautia*, *Dorea*, *Escherichia* és *Fusobacterium* populációk az uralkodók. Az elválasztás után változik az arány: *Bacteroidetes* (59,6%), *Firmicutes* (35,8%), *Spirochaetes* (2,0%), *Proteobacteria* (1%) és *Tenericutes* (1%). A fekély baktériumok több mint 90%-át *Firmicutes* és *Bacteroidetes* törzsek alkotják. Az elválasztás után a *Prevotella* és a *Clostridium* válik uralkodóvá a *Bacteroides* (hemicellulóz bontás) kárára (Kim és Isaacson, 2015). Kim et al. (2011) egy korábbi vizsgálatában megállapította, hogy a *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, és *Spirochaetes* törzsek jellemzőek a malacok fekély flórájára 10 és 22 hetes koruk között. Növekedésük során a *Firmicutes* mennyisége növekszik (*Anaerobacter*), és ezzel arányosan a *Bacteroidetes* pedig csökken (pl. a *Prevotella* a 10. héten 30%, a 22. hétre 3,5-4%-ra csökken). Ilyen arányban a hetek múlásával a 22. hétre a *Firmicutes* törzsön belül az *Anaerobacter*, *Sporacetigenium*, *Oscillibacter* és *Sarcina* mennyisége növekszik, míg a *Prevotella*, *Lactobacillus*, *Megasphaera*, *Faecalibacterium* és *Dialister* csökken (Kim et al., 2011). A 2. ábra mutatja a sertés emésztőszervrendszerében a bélflóra eloszlását.

### **Mikrobiom összetételének módosítási lehetőségei**

Quilodrán-Vega et al. (2016) a világon elsőként értékelték sertéstejből izolált tejsavbaktériumok lehetséges probiotikus hatását. Az izolált törzsek között van a *Lactobacillus curvatus* Tuco-5E, amelynek a gyomor-bél kórokozók elleni antagonisták hatását mutatták ki sertésben. A Tuco-5E képes volt csökkenteni az enterotoxikus és enterohemorragiás *Escherichia coli* törzsek, valamint a patogén *Salmonella* szaporodását a bélben. *In vitro* vizsgálatokban a *L. curvatus* Tuco-5E hatására a bélhámsejtek jelentős antagonisták hatást mutattak a *Salmonella* sp. törzs Tuco-I7 és *Salmonella enterica* ATCC 13096 ellen. Egér modellen bizonyították, hogy a *L. curvatus* Tuco-5E adagolása 5 egymást követő napon keresztül a *Salmonella* fertőzés előtt a *Salmonella enterica* serovar typhimurium számának csökkenését idézi elő a kezelt egerek májában és lépében, valamint képes megakadályozni a kórokozó véráramon keresztül történő terjedését. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a kocatej probiotikus baktériumok forrása lehet.

Prebiotikus oligoszacharidokat, köztük galakto-oligoszacharidokat (GOS) használtak malac tápszerben, így modellezve az emberi tej oligoszacharid összetételét, amelyekről

ismert, hogy az újszülötteknél fontos szerepe van a bél mikrobiom és az immunrendszer fejlesztésében. A bélrendszer maturációja a szopós malacok és a humán újszülöttek, csecsemők esetében nagyon hasonló. *Alizadeh et al.* (2016) újszülött malac modellt alkalmaztak, így tanulmányozva a GOS sokoldalú hatását csecsemőtápszerben az élet korai szakaszában. A fiatal malacokat elválasztották az anyakocától a fialás után 24-48 órával, és GOS-tartalmú tejpótlóval vagy kontrollként GOS nélküli tejpótlóval táplálták őket 3-tól 26 napos korig, mialatt az intestinalis kolonizáció alakulását figyelték. A tápszerben található GOS könnyen megerjedt a vastagbélben, ami a pH-t csökkentve a vajsav mennyiségének emelkedését eredményezte a caecumban. Emellett a 26. napig a *Laktobacillusok* és a *Bifidobaktériumok* számának növekedését tapasztalták. Hisztomorfológiai változásokat (a mikrovillusok szélessége és bazális membránja fejlődött) észleltek a malacok bélrendszerében a kontrollhoz képest. Különbséget figyeltek meg a bél diszacharidáz aktivitásában a kontroll és a GOS-kiegészítéssel táplált malacok között. GOS-etetés hatására emelkedett a  $\beta$ -defenzin-2 mennyisége a vastagbélben, és a szekretoros IgA szint a nyálban. Összefoglalva úgy tűnik, hogy a GOS adagolás az újszülötteknél ösztönözi a bél megfelelő összetételű mikrobiomjának, a bél morfológiai szerkezetének és védelmi rendszerének fejlődését. *Hoeflinger et al.* (2014) sertéseken vizsgálták meg a *Candida albicans* oro-gastro-intesztinális (oro-GIT) kolonizációját. A született malacokat 4 napig természetes módon az anyakoca tejével táplálták a normális bélflóra kialakulása érdekében. Ezt követően a malacokat mesterséges tenyésztési környezetben helyezték el és tejpótlóval táplálták. A sertéseket orálisan oltották be a három különböző *C. albicans* törzs valamelyikével. A malacokat naponta lemérték, majd a *Candida* kimutatására szájból vagy végbélből és az állatok környezetéből gyűjtöttek mintát. A tanulmány szerint a stabil *C. albicans* kolonizáció kialakulása nem befolyásolja a testtömeg-gyarapodást. A boncolás során kiderült, hogy a nyálkahártyán megtapadó *C. albicans* legnagyobb számban a nyelőcsőben található. A beoltatlan kontroll malacok *C. albicans*-negatívak maradtak. Ebben a vizsgálatban is igazolódott, hogy a sertés jól használható modellállat a *C. albicans* kolonizáció vizsgálatára a humán oro-GIT esetében. A sertésmodell segítségével könnyebben megérthető a *C. albicans* és a gazdaszervezet közötti kommenzalista kölcsönhatások.

*Zhou et al.* (2016) a sertés utóbelében történő mikrobiális összetétel-változást vizsgálták hosszú ideig tartó (170 nap) alacsony fehérjetartalmú takarmányok etetésekor. Az alacsony fehérjetartalmú étrend hatására csökkent a butirát, az izovalerát, az elágazó

láncú zsírsavak (BCFAs), és a rövid szénláncú zsírsavak koncentrációja (SCFAs) a vakbélben. A diétától jelentősen csökkent a *Lactobacillusok* száma a vakbélben, és a *Streptococcusok* mennyisége a vastagbélben; ugyanakkor a *Prevotella* és *Coprococcus* száma emelkedett a vakbélben, és a *Sarcina*, *Mogibacterium*, *Subdoligranulum* és *Coprococcus* száma magasabb volt a vastagbélben a normál fehérjetartalmú takarmányozással tartottakkal szemben.

*Egan et al.* (2015) arra kerestek bizonyítékot, hogy a kitozának (biopolimer, képes megkötni a zsírt a gyomorban, így azt nem engedi felszívódni, ezért nagyon népszerű a fogyókúra készítményekben) valóban van-e elhízás elleni hatása. A kísérletben garnéla héjból származó kitozán-adagolás hatását vizsgálták sertés modellben. A két kezelési csoportot (kontroll étrend és 1000 ppm kitozán/emse kiegészítés) 63 napon át vizsgálták. A következő paraméterek változását vizsgálták: testösszetétel, tápanyag emészthetőség, szérum leptin-koncentráció, emésztőenzim génexpresszió és a bél mikrobiom összetétele. A kitozán csökkentette a takarmányfelvételt és a végső testtömeget ( $P < 0,001$ ). Az ileumban csökkent a szárazanyag emészthetősége, a bruttó energia és a nitrogén teljes traktus emészthetősége a kontroll csoporthoz képest ( $P < 0,05$ ). A zsírsav-kötő fehérje 2 (*FABP2*) gén expressziója szintén csökkent ( $P = 0,05$ ) a sertésekben a kitozán hatására a kontrollhoz viszonyítva. A szérum leptin koncentráció növekedett ( $P < 0,05$ ) azokban az állatokban, amelyek a kitozánnal kiegészített takarmányt kapták. Elhízásra utaló jelek, a hátszalonna vastagság (mm), a testzsír-tartalom (kg) jelentősen csökkentek, miközben a sovány hús aránya (%) növekedett ( $P < 0,05$ ) a kitozánnal kiegészített takarmányt fogyasztó sertések esetén. A kitozán-tartalmú takarmányozás hatására csökkent a *Firmicutes* száma a vastagbélben ( $P < 0,05$ ), a *Lactobacillusok* mennyisége a vakbélben ( $P < 0,05$ ) és a vastagbélben ( $P < 0,001$ ), míg a *Bifidobacteriumok* száma növekedett a vakbélben ( $P < 0,05$ ). Összefoglalva, ezek az eredmények arra utalnak, hogy a garnélahéjból származó kitozán hatásos az elhízás ellen, valamint testsúlycsökkentő/szabályzó hatása is van.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az emlősök gyomor-bél traktusa egy komplex, sokszínű és dinamikus közössége a szimbiotikus baktériumoknak, ami folyamatos kapcsolatban van a gazdaszervezettel. A bélflóra bizonyítottan nagy jelentőségű az emlősöknél, sok funkcióval, mint például a

fermentálható emésztetlen energia szubsztrátok átalakításával, részt vesz az anyagcsere-folyamatokban, segíti a gazdaszervezet immunrendszerének működését a káros és patogén baktériumok szaporodásának akadályozásával.

Az endogén humán mikrobiomra vonatkozó ismeretek korlátozottak, mivel a korai mikrobiom kutatások elsősorban a kórokozó mikrobákra összpontosultak. Azonban a humán bélbaktériumok populációinak közelmúltban történő szekvenálása jelentős különbségeket mutatott a bél mikrobiom összetételével kapcsolatban, amelyek összefüggésbe hozhatók például az egészségi állapottal, a testzsír százalékkal vagy az életkorral. Figyelembe véve, hogy a baktériumok sejtszáma az emberi szervezetben található sejtek számával közel azonos, az emberi bél mikrobiomát gyakran második genomnak nevezik. Ezen a gyorsan fejlődő kutatási területen szükség van modell állatok használatára, amelyben a sertés potenciális jelölt az ember és a sertések közötti jelentős anatómiai hasonlóságok miatt.

Vizsgálatok igazolják, hogy az étrend módosítása során bekövetkező változások hatnak a sertés bél mikrobiom összetételére, akár csak az embernél, ami jelzi a sertés mint modell állat alkalmazhatóságát és relevanciáját. A legutóbbi eredmények arra utalnak, hogy a sertés mikrobiom értékes probiotikus baktériumok forrása, amelyek hasznosíthatók lehetnek az ember számára is. A sertésmodell alkalmazásával kapott eredmények felhasználhatók az ember esetében a tudatos táplálkozás és a bél mikrobiom közötti kölcsönhatások értékelésére.

Az ismertetett kutatási eredmények azt mutatják, hogy a bél mikroflórája és azok metabolitjai fontos tényezők az emésztőrendszer működésében és az egészség megőrzésében. A sertésmodell alkalmazásával kapott eredmények felhasználhatók az ember esetében is a tudatos táplálkozás és a bél mikrobiom közötti kölcsönhatások értékelésekor. Tervezett vizsgálatainkban a kifejezetten zsírsertésnek számító mangalica sertés faeces összetételét hasonlítjuk össze sovány, hústípusú fajtákéval.

## MICROBIOME RESEARCH WITH PIG AS A MODEL ANIMAL

EMIL BALÁZS HERCEG - ERIKA LENCSEŠ-VARGA - KLAUDIA SZALAI -  
KÁROLY TEMPFLI - ÁGNES  
BALI PAPP

Széchenyi István University, Faculty of agricultural and Food Sciences,  
Mosonmagyaróvár

### SUMMARY

This paper summarises some recent developments of human and pig microbiome research based on literature data. The intestinal microbiota and their metabolites are important factors in the function of the mammalian gastrointestinal tract and maintenance of health.

The knowledge on endogen human microbiota has been limited, as early human microbiological research focused mainly on pathological and pathogenic microbes. However, recent sequencing of human gut bacteria populations revealed considerable individual differences regarding the composition of gut microbiome which have been associated with health status, body fat percentage, or age. Considering that the cell count of bacteria in the human body is like that of the whole body, human gut microbiome is often referred to as the second genome. In need for model animals in this rapidly developing field of research, pig emerges as a potential candidate due to substantial anatomical similarities between humans and pigs.

Several results from dietetic treatments of humans and pigs demonstrate remarkably similar changes in the intestinal microbiota composition, which justify the applicability and relevance of pigs as a model animal. Recent findings indicate the significance of pig microbiota as a valuable source of probiotic bacteria for human use. Using the pig model, the results of the various experiments can also be used in humans to evaluate the interactions between conscious nutrition and intestinal microbiome.

**Keywords:** obesity, swine, microbiome

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

## IRODALOM

- Aas, J.A. – Paster, B.J. – Stokes, L.N. – Olsen, I. – Dewhirst, F.E. (2005):* Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *Journal of Clinical Microbiology.* 43, 5721–5732.
- Alizadeh, A. – Akbari, P. – Difilippo, E. – Schols, H.A. – Ulfman, L.H. – Schoterman, M.H. – Garssen, J. – Fink-Gremmels, J. – Braber, S. (2016):* The piglet as a model for studying dietary components in infant diets: effects of galacto-oligosaccharides on intestinal functions. *British Journal of Nutrition.* 115, 605–618.
- Bik, E.M. – Eckburg, P.B. – Gill S.R. – Nelson, K.E. – Purdom, E.A. – Francois, F. – Perez-Perez, G. – Blaser, M.J. – Relman, D.A. (2006):* Molecular analysis of the bacterial microbiota in the human stomach. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 103, 732–737.
- Boutry, C. – Bos, C. – Matsumoto, H. – Even, P. – Azzout-Marniche, D. – Tomé, D. – Blachier, F. (2011a):* Effects of monosodium glutamate supplementation on glutamine metabolism in adult rats. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition).* 3, 279–290.
- Boutry, C. – Matsumoto, H. – Airinei, G. – Benamouzig, R. – Tomé, D. – Blachier, F. – Bos, C. (2011b):* Monosodium glutamate raises antral distension and plasma amino acids after a standard meal in humans. *American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology.* 300, G137–G145.
- Cui, Z. – Dibley, M.J. (2012):* Trends in dietary energy, fat, carbohydrate and protein intake in Chinese children and adolescents from 1991 to 2009. *British Journal of Nutrition.* 108, 1292–1299.
- Dymock, D. – Weightman, A.J. – Scully, C. – Wade, W.G. (1996):* Molecular analysis of microflora associated with dentoalveolar abscesses. *Journal of Clinical Microbiology.* 34, 537–542.

- Eckburg, P.B. – Bik, E.M. – Bernstein, C.N. – Purdom, E. – Dethlefsen, L. – Sargent, M. – Gill, S.R. – Nelson, K.E. – Relman, D.A. (2005):* Diversity of the human intestinal microbial flora. *Science*. 308, 1635–1638.
- Egan, Á.M. – Sweeney, T. – Hayes, M. – O’Doherty, J.V. (2015):* Prawn shell chitosan has anti-obesogenic properties. influencing both nutrient digestibility and microbial populations in a pig model. *Public Library of Science*. 10, 1–16.
- Faveri, M. – Mayer, M.P. – Feres, M. – de Figueiredo, L.C. – Dewhirst, F.E. – Paster, B.J. (2008):* Microbiological diversity of generalized aggressive periodontitis by 16S rRNA clonal analysis. *Oral Microbiology and Immunology*. 23, 112–118.
- Feng, Z.M. – Li, T.J. – Wu, L. – Xiao, D.F. – Blachier, F. – Yin, Y.L. (2015):* Monosodium l-glutamate and dietary fat differently modify the composition of the intestinal microbiota in growing pigs. *Obesity Facts*. 8, 87–100
- Gao, Z. – Tseng, C.H. – Pei, Z. – Blaser, M.J. (2007):* Molecular analysis of human forearm superficial skin bacterial biota. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104, 2927–2932.
- Gerritsen, J. – Smidt, H. – Rijkers, G T. - De Vos, W.M. (2011):* Intestinal microbiota in human health and disease: the impact of probiotics. *Genes and Nutrition*. 6, 209–240.
- Giovannoni, S.J. – Britschgi, T.B. – Moyer, C.L. – Field, K.G. (1990):* Genetic diversity in Sargasso Sea bacterioplankton. *Nature*. 345, 60–63.
- Guo, X. – Xia, X. – Tang, R. – Zhou, J. – Zhao, H – Wang, K. (:2008a):* Development of a real-time PCR method for Firmicutes and Bacteroidetes in faeces and its application to quantify intestinal population of obese and lean pigs. *Letters in Applied Microbiology* . 47, 367–373.
- Guo, X. – Xia, X – Tang, R. – Wang, K. (2008b):* Real-time PCR quantification of the predominant bacterial divisions in the distal gut of Meishan and Landrace pigs. *Anaerobe*. 14, 224–228.
- Handelsman, J. – Rondon, M.R. – Brady, S.F. – Clardy, J. – Goodman, R.M. (1998):* Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: A new frontier for natural products. *Chemistry & Biology*. 5, R245–R249.
- Handelsman, J. (2004):* Metagenomics: Application of genomics to uncultured microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 68, 669–685.

- He, M. – Fang, S. – Huang, X. – Zhao, Y. – Ke, S. – Yang, H. – Li, Z. – Gao, J. – Chen, C. – Huang, L.* (2016): Evaluating the contribution of gut microbiota to the variation of porcine fatness with the cecum and fecal samples. *Frontiers in Microbiology* . 7, 1–13.
- Heinritz, S.N. – Weiss, E. – Eklund, M. – Aumiller, T. – Heyer, C.M.E. – Messner, S. – Rings, A. – Louis, S – Stephan S.C. – Mosenthin, R.* (2016): Impact of a high-fat or high-fiber diet on intestinal microbiota and metabolic markers in a pig model. *Nutrients*. 5, 1–16.
- Hoeflinger, J.L. – Coleman, D.A. – Oh, S. – Miller, M.J. – Hoyer L.L.* (2014): A piglet model for studying *Candida albicans* colonization of the human oro-gastrointestinal tract. *Federation of European Microbiological Societies Microbiology Letters*. 357, 10-15
- Hyman, R.W. – Fukushima, M. – Diamond, L. – Kumm, J. – Giudice, L.C. – Davis, R.W.* (2005): Microbes on the human vaginal epithelium. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102, 7952–7957.
- Kim, H.B. – Isaacson, R.E.* (2015): The pig gut microbial diversity: understanding the pig gut microbial ecology through the next generation high through put sequencing. *Veterinary Microbiology*. 177, 242–251.
- Kim, H.B. – Borewicz, K. – White, B.A. – Singer, R.S. – Sreevatsan, S. – Tu, Z.J – Isaacson, R.E.* (2011): Longitudinal investigation of the age-related bacterial diversity in the feces of commercial pigs. *Veterinary Microbiology*. 153, 24–133.
- Lederberg, J. – McCray, A.T.* (2001): 'Ome Sweet 'Omics—a genealogical treasury of words. *Scientist*. 7, 8.
- Ley, R.E. – Turnbaugh, P.J. – Klein, S. – Gordon, J.I.* (2006): Microbial ecology: Human gut microbes associated with obesity. *Nature*. 444, 1022–1023.
- Linden, D.R.* (2014): Hydrogen Sulfide Signaling in the Gastrointestinal Tract. *Antioxidants & Redox Signaling*. 20 (5): 818–30.
- Looft, T. – Heather, K.A. – Brandt, L.C. – Uri, Y.L. – Darrell, O.B. – Alt, D.P. – Henrissat, B. – Stanton, T.B.* (2014): Bacteria, Phages and Pigs: The Effects of in-Feed Antibiotics on the Microbiome at Different Gut Locations. *ISME Journal* 8 (8). Nature Publishing Group: 1566–76.
- Luo, Y.H. – Su, Y. – Wright, A.D. – Zhang, L.L. – Smidt, H. – Zhu, W.Y.* (2012): Lean breed Landrace pigs harbor fecal methanogens at higher diversity and density than obese breed Erhualian pigs. *Archaea*. 605289.



- Mariat, D. – Firmesse, O. – Levenez, F. – Guimaraes, V. – Sokol, H. – Dore, J. (2009): The *Firmicutes/Bacteroidetes* ratio of the human microbiota changes with age. *Biomedcentral Microbiology*. 9, 123-126.
- Moreira, A.P. – Teixeira, T.F. – Ferreira, A.B. – Peluzio Mdo, C. – Alfnas Rde, C. (2012): Influence of a high-fat diet on gut microbiota, intestinal permeability and metabolic endotoxaemia. *British Journal of Nutrition*. 108, 801–809.
- Nealson, K.H. – Venter, J.C. (2007): Metagenomics and the global ocean survey: What's in it for us and why should we care? *Journal of Microbial Ecology*. 1, 185–187.
- Pajarillo, E.A. – Chae, J. – Balolong, M.P. – Kim, H.B. – Kang D.K. (2014): Assessment of fecal bacterial diversity among healthy piglets during the weaning transition. *Journal of General and Applied Microbiology*. 60, 140–146.
- Palmer, C. – Bik, E.M. – Digiulio, D.B. – Relman, D.A. – Brown, P.O. (2007): Development of the human infant intestinal microbiota. *Public Library of Science*. 5, e177.
- Pei, Z. – Bini, E.J. – Yang, L. – Zhou, M. – Francois, F. – Blaser, M.J. (2004): Bacterial biota in the human distal esophagus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101, 4250–4255.
- Peterson, J. – Garges, S. – Giovanni, M. – McInnes, P. – Wang, L. – Schloss, J.A. – Bonazzi, V. – McEwen, J.E. – Wetterstrand K.A. – Deal C. et al. (2009) The NIH Human Microbiome Project. *Genome Research* 19 (12): 2317–23.
- Quilodrán-Vega, S.R. – Villena, J. – Valdebenito, J. – Salas, M.J. – Parra, C. – Ruiz, A. – Kitazawa, H. – García, A. (2016): Isolation of lactic acid bacteria from swine milk and characterization of potential probiotic strains with antagonistic effects against swine-associated gastrointestinal pathogens. *Canadian Journal of Microbiology*. 62, 514-524
- Relman, D.A. – Falkow S. (2001): The meaning and impact of the human genome sequence for microbiology. *Trends in Microbiology*. 9, 206–208.
- Relman, D.A. (2002): New technologies. human–microbe interactions. and the search for previously unrecognized pathogens. *Japanese Journal of Infectious Diseases*. 186, S254–S258.
- Ren, X. – Ferreira, J.G. – Yeckel, C.W. – Kondoh, T. – de Aranjó, I.E (2011): Effects of ad libitum ingestion of monosodium glutamate on weight gain in C57BL6/J mice. *Digestion*. 83, 32-36.

- Savage, D.C.* (1977): Microbial ecology of the gastrointestinal tract. *Annual Review of Microbiology*. 31. 107–133.
- Schmidt, T.M. – Delong, E.F. – Pace, N.R.* (1991): Analysis of a marine picoplankton community by 16S rRNA gene cloning and sequencing. *Journal of Bacteriology*. 173, 4371–4378.
- Sender, R. – Fuchs, S. – Milo, R.* (2015): Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *Public Library of Science*. 14(8): e1002533.
- Shi, Z. – Luscombe-Marsh, N.D. – Wittert, G.A. – Yuan, B. – Da, i Y. – Pan, X. – Taylor, A.W.* (2010): Monosodium glutamate is not associated with obesity or a greater prevalence of weight gain over 5 years: findings from the Jiangsu Nutrition Study of Chinese adults. *British Journal of Nutrition*. 104, 457–463.
- Stahl, D.A. – Lane, D.J. – Olsen, G.J. – Pace, N.R.* (1984): Analysis of hydrothermal vent-associated symbionts by ribosomal RNA sequences. *Science*. 224, 409–411.
- Tringe, S.G. – Rubin, E.M.* (2005): Metagenomics: DNA sequencing of environmental samples. *Nature Reviews Genetics*. 6. 805–814.
- Tyson, G.W. – Chapman, J. – Hugenholtz, P. – Allen, E.E. – Ram, R.J. – Richardson, P.M. – Solovyev, V.V. – Rubin, E.M. – Rokhsar, D.S. – Banfield, J.F.* (2004): Community structure and metabolism through reconstruction of microbial genomes from the environment. *Nature*. 428, 37–43.
- Verhelst, R. – Verstraelen, H. – Claeys, G. – Verschraegen, G. – Delanghe, J. – Van Simae, y L. – De Ganck, C. – Temmerman, M. – Vanechoutte, M.* (2004): Cloning of 16S rRNA genes amplified from normal and disturbed vaginal microflora suggests a strong association between *Atopobium vaginae*, *Gardnerella vaginalis* and bacterial vaginosis. *BioMed Central Microbiol.* 4, 16–20.
- Winkler, H.* (1920): Verbreitung und Ursache der Parthenogenesis im Pflanzen- und Tierreiche. Jena Verlag Von Gustav Fischer.
- Woese, C.R. – Olsen, G.J.* (1986): Archaeobacterial phylogeny: Perspectives on the urkingdoms. *Systematic and Applied Microbiology*. 7, 161–177.
- Zhou, L. – Fang, L. – Sun, Y. – Su, Y.* (2016): Effects of the dietary protein level on the microbial composition and metabolomic profile in the hindgut of the pig. *Anaerobe*. 38, 61–69.

Zhou, X. – Bent, S.J. – Schneider, M.G. – Davis, C.C. – Islam, M.R. – Forney, L.J. (2004): Characterization of vaginal microbial communities in adult healthy women using cultivation-independent methods. *Microbiology*. 150, 2565–2573.

Internetes hivatkozás:

URL: <https://www.hmpdacc.org>

*A szerző címe – Adress of the author:*

HERCEG Emil Balázs\* – LENCSEÉS-VARGA Erika – SZALAI Klaudia – TEMPFLI Károly – BALI PAPP Ágnes

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Állattudományi Tanszék,

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

\*E-mail: [herceg.balazs@sze.hu](mailto:herceg.balazs@sze.hu)



## TÁJÉKOZTATÓ ÉS ÚTMUTATÓ A SZERZŐK RÉSZÉRE

### Általános szempontok

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növény-tudományok (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika, stb.), állattudományok (takarmányozás, állatgenetika, állategészségügy, stb.), élelmiszer- és az ökonómiai tudományok témakörébe tartozó szakcikket közölhetünk. Szemle rovatunkba a fenti tárgykörökhöz tartozó irodalmi összefoglalók, témadokumentációk, módszertani ismertetések, stb. kerülnek.

2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat angol vagy magyar nyelven tesszük közzé. Ez attól függ, hogy az új tudományos eredmények nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. Más nyelven a továbbiakban már nem fogadunk be cikkeket. A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek. A megfelelő nyelvi színvonal fenntartása érdekében angolul írt cikk benyújtásakor anyanyelvi lektor által kiállított igazolást is kérünk csatolni.

3. Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el.

4. A kéziratot - annak mellékleteivel együtt - elektronikusan (e-mailben) kell megküldeni Dr. Szalka Éva címére (Acta Agronomica Óváriensis Szerkesztő Bizottsága, 9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.; szalka.eva@sze.hu)

### A kézirat összeállítása

#### 1. Formai követelmények

1.1. A kézirat táblázatokkal és ábrákkal együtt legfeljebb 16-20 gépelt - számozatlan - oldal legyen, Times New Roman betűtípussal 11 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépirás fekete betűkkel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, 1,5-es sorközzel történjék. Fej- és lábléc (másként: élőfej és élőláb) használatát kérjük mellőzni.

1.2. Az alcímeket, fejezetcímeket, egyéb elkülönülő részeket 1-1 üres sorral kell elválasztani a fő szövegtől, aláhúzás és sorszám nélkül.

1.3. Az idegen szavak írását fonetikusán vagy, ha még nem honosodtak meg, eredeti helyesírással kérjük.

A magyar fajnevek mellett a tudományos nevet (esetenként a címben is) fel kell tüntetni és *dőlt* betűvel írni. A fajták nevét (magyar és külföldi) a minősítésben elfogadott név szerint kell írni szintén *dőlt* betűvel (pl.: *Sinapis alba* cv. *Budakalász sárga*).

## 2. A kézirat szerkezete

2.1. A dolgozat címe alatt a szerző(k) neve, munkahelye(ik) és annak székhelye szerepeljen. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és munkahelyi beosztást nem közöljük.

2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:

-Bevezetés

-Irodalmi áttekintés

-Anyag és módszer

-Eredmények

-Következtetések

-Összefoglalás

-Irodalom

az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően. Egyes fejezetek a téma jellege, terjedelme szerint összevonhatók: Bevezetés és az Irodalmi áttekintés, Eredmények és a Következtetések. Az Anyag és módszer helyett a szerző a Kísérletek leírása címet is használhatja.

2.3. Az Irodalom után kérjük feltüntetni a szerző(k) levélcímét (név, munkahely és annak székhelye a postai irányítószámmal; e-mail cím).

A fentiek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalakra gépelve):

·magyar nyelvű közlemény esetén

-magyar nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal

-táblázatok és ábrák

-angol nyelvű táblázat- és ábracímek

-az ábrák feliratait és a táblázatok fejléceit angol fordításban, számozva pl:

1. táblázat Az egynyári szélű előfordulása a Fertő-Hanság-medence  
kukoricavetéseiben

Table 1 Occurrence of *Mercurialis annua* L. in maize fields in the Fertő-Hanság-basin

Felvételezési hely (1)		Egynyári szélű száma a felvételi négyzetekben (2)				Átlag db/4m <sup>2</sup> (3)
		1.	2.	3.	4.	
1.	Hanságfalva*	46	72	54	36	52
2.	Jánossomorja	38	27	25	30	30
3.	Hanságliget	2	1	4	0	2

\* a tenyészdőszak folyamán sem mechanikai, sem pedig kémiai gyomirtásban nem részesült

(1) location of survey, (2) the number of *Mercurialis annua* L. in sample squares, (3) average pc/4m<sup>2</sup>, \*during the vegetation period neither mechanical nor chemical weed control was carried out

angol nyelvű közlemény esetén

-angol nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal

-külön-külön oldalakra gépelt táblázatok és ábrák (a címek, feliratok, fejlécek magyarra fordítása nem szükséges)

### 3. Irodalmi hivatkozások

3.1. Az Irodalmi áttekintés című fejezetbe - hivatkozáskor - egy szerző esetében a szerzők családnévének *dőlt* betűvel történő leírásával és zárójelben közleményének kiadási évszámával szerepeljen, pl. *Pocsai* (1986). Szerzőpárosra történő hivatkozás esetén a két név közé "és" szót tegyen: *Pocsai és Szabó* (1983). Kettőnél több szerző esetében az elsőként feltüntetett szerző neve után *et al.* rövidítést kérjük: *Schmidt et al.* (1983). Egy mondaton vagy témakörön belül, ha több szerzőre hivatkozik, akkor a mondat vagy a témakör tárgyalása végén zárójelben kérjük a szerzők nevének és közleményei kiadási évszámának a felsorolását: (*Ivánicsics* 1971, *Gergátz és Seregi* 1985, *Szajkó* 1987). Tudományos közleményben, könyvben szereplő hivatkozásra történő utalásnál a cit. rövidítést kell használni (*Wagner* 1979 cit. *Fahn* 1982).

3.2. Az Irodalom összeállításakor a dolgozatban idézett szerzők nevét ABC- és megjelenési időrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni.

-Folyóiratban megjelent cikkekre való hivatkozásnál a szerző családneve és keresztnévének kezdőbetűje *dőlten* szedve, a cikk megjelenésének évszáma zárójelben, a cikk címe, a folyóirat megnevezése, az évfolyam száma félkövéren, a lapszám zárójelben és a kezdő-befejező oldal száma kerül felsorolásra.

Pl: *Pocsai K.* (1986): A lóbab vetőmagzsűkséglet csökkentési lehetőségeinek vizsgálata. Növénytermelés. 35, (1) 39-44.

-Ha az idézett hivatkozás könyvben jelent meg, akkor kérjük a szerző nevét, a könyv megjelenési évszámát zárójelben, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét közölni.

Pl: *Schmidt J.* (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

-Ha olyan szerzőre hivatkozik, aki társszerzőként írt a könyvben, akkor a szerző nevét az általa írt (hivatkozott) fejezet címét kérjük feltüntetni és "in" megjelöléssel a könyv szerkesztőjének a nevét, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét

Pl.: *Gimesi A.* (1979): A lucerna vegyszeres gyomirtása. In *Bócsa I. (szerk.): A lucerna termesztése.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

-Ha az Irodalmi áttekintésben több szerző által írt tanulmányra hivatkozott, az Irodalomban az összes szerző nevét ki kell írni és a nevek közé szóközzel kötőjelet keli tenni.

Pl: *Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Schmidt R. – Lantos Zs.* (1997): The effect of climatic conditions on the maize production. Acta Agronomica Óváriensis. 39, (1-2) 1-14.

-Külföldi szerző esetében család- és keresztnév közé vesszőt kell tenni. Magyar szerzőknél ez kerülendő.

#### **4. Ábrák és táblázatok**

4.1. A digitalizált képeket, ábrákat lehetőleg TIF, JPG kiterjesztésű állományként küldjék, és ne a dokumentumba ágyazva.

4.2. Táblázatok esetében kérjük, hogy szintén Times New Roman betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását.

4.3. Kérjük az eredeti ábrák, táblázatok külön állományban (pl. XLS) történő mentését, ezeket se illesszék a dokumentumba.

4.4. Ugyanazon adatsorokat grafikus és táblázatos formában nem közöljük.

Kérjük, hogy a szövegben az ábrákra és táblázatokra (dőlt betűvel írva) minden esetben hivatkozzanak.

### **5. Lektorálás, korrektúra**

5.1. Az angol nyelvű cikkek lektorálása két szinten (anyanyelvi és szakmai bírálat) történik. Mint azt az *Általános szempontokban* említettük, a közlemény beérkezésekor benyújtott anyanyelvi lektori igazolás biztosítja az *előzetes nyelvi ellenőrzést*, amit *szakmai bírálat* követ.

5.2. A szerzők javaslatot tehetnek a két szakmai lektor személyére. A javasolt lektorok tudományos minősítéssel rendelkező személyek legyenek. A javasolt lektorokat a Szerkesztőbizottság hagyja jóvá, illetve jelöl ki új lektorokat. A lektorok nevét az évi utolsó lapszámban a borító belső oldalán – a bírált cikk megjelölése nélkül - feltüntetjük.

5.3. A lektori véleményeket a szerzőknek a kézirattal együtt megküldjük. Kérjük a szerzőket, hogy dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb küldjék vissza e-mail-ben ([szalka.eva@sze.hu](mailto:szalka.eva@sze.hu)). Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni.

A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni.

A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

A Szerkesztőbizottság



**Kiadásért felelős:**

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

**A szerkesztőség címe**

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

## Tartalom

Tózsér J. - Holló G.:	
A normande fajta szerepe, jelentősége franciaországban.....	3
Prágai A. - Pajor F. - Bodnár Á.:	
Az alpakák vörös gyomorférgének ( <i>Haemonchus Contortus</i> ) előfordulása magyarországi állományokban .....	25
Sárvári L.Cs. – Tempfli K. – Szalai K.- Zsédely E. – Lencsés-Varga E – Herceg B. – Almási A.- Hidas A. – Orbán A. – Bali Papp Á.:	
<i>SORCS2</i> polimorfizmus genotipizálása különböző tyúk állományokban.....	41
Vörös L. - Ábrahám R. - Enzsöl E.:	
The effect of chemical and biological control on the western corn rootworm larvae ( <i>Diabrotica virgifera virgifera leconte</i> ) in field trials.....	53
Zubay P. - Jókainé Szatura Zs. - Ladányi M. - Zámboriné Németh É. - Szabó K.:	
Variations in mineral content of opium poppy seeds ( <i>Papaver somniferum</i> L.).....	73
Szemle.....	93
Herceg E. B. - Lencsés-Varga E. - Szalay K. - Templi K. - Bali Papp Á.:	
Mikrobiom kutatások a sertés mint modellállat segítségével.....	94
Tájékoztató és útmutató a szerzők részére.....	114