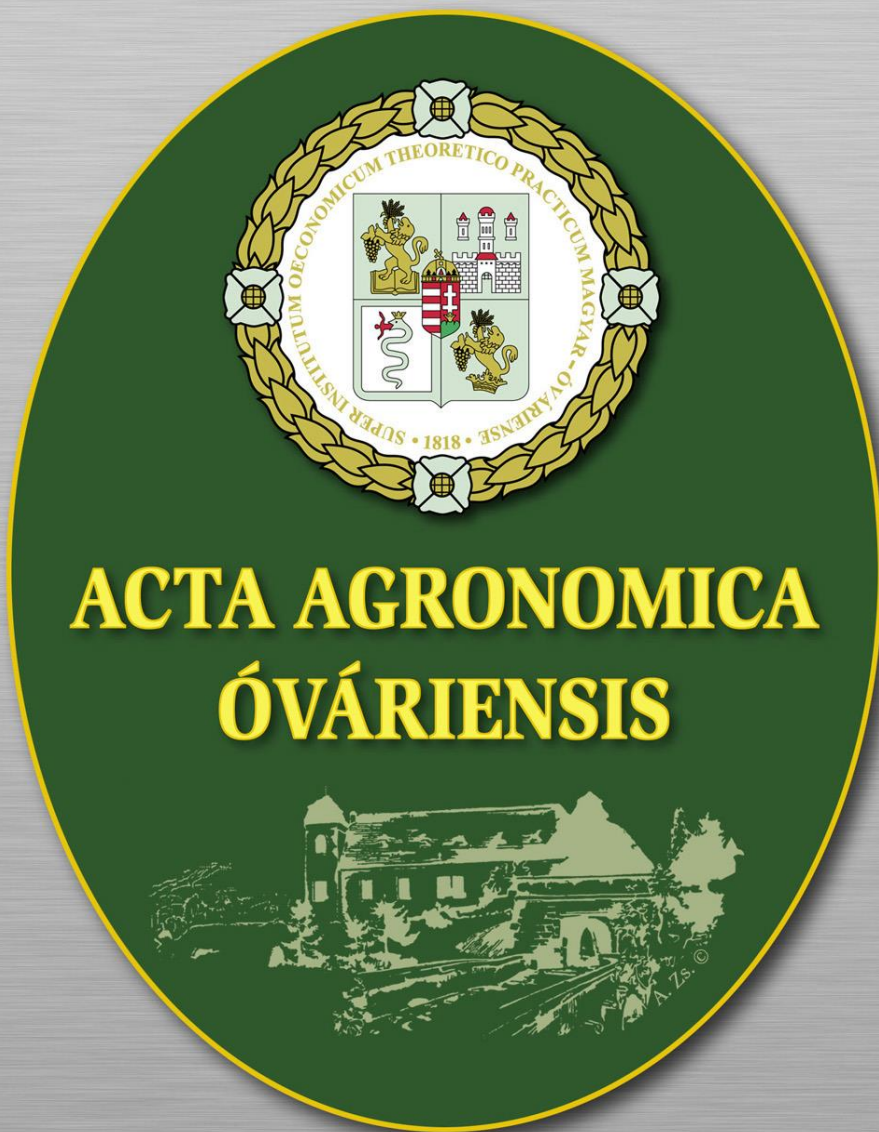




**VOLUME 64.**

**KÜLÖNSZÁM II.**

**Óvári Tudományos Napok 2023**

**Mosonmagyaróvár  
2023**



**SZÉCHENYI  
EGYETEM**  
UNIVERSITY OF GYŐR





**Mosonmagyaróvár**

**VOLUME 64.**

**KÜLÖNSZÁM II.**

**2023**

# SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY

Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University  
Hungary

## SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Közleményei

**Volume 64. Különszám II.**

**Mosonmagyaróvár**

**2023**

**Editorial Board/Szerkesztőbizottság**

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Ásványi Balázs PhD         | Palkovics László Amand, DSc |
| Egri Borisz, DSc           | Pinke Gyula DSc             |
| Hanczné Lakatos Erika, PhD | Reisinger Péter CSc         |
| Gombkötő Nóra, PhD         | Schmidt Rezső CSc           |
| Kalocsai Renátó, PhD       | Szabó Ferenc, DSc           |
| Kovács Attila József, PhD  | Torma András, PhD           |
| Kovácsné Gaál Katalin, CSc | Troján Szabolcs, PhD        |
| Molnár Zoltán PhD          | Tóth Tamás, PhD             |
| Nagy Frigyes PhD           | Varga László DSc            |
| Neményi Miklós MHAS        | Varga-Haszonits Zoltán DSc  |
| Nyéki Anikó, PhD           | Varga Zoltán PhD            |
| Mezei Katalin, PhD         |                             |

### **Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai**

Ádám Ferenc, Bakcsa Flórián, Bozsik Norbert, Centeri Csaba, Czompó Krisztián, Drobnyák Árpád, Fébel Hedvig, Fehér Milán, Gergely István, Hoitsy Márton, Hornyák Margit, Kalocsai Renátó, Könyves László, Kukorelli Gábor, Lencsés-Varga Erika, Makra László, Mándoki Míra, Milics Gábor, Pécsinger Judit, Pongrácz László, Puskás János, Reményik Bulcsú, Schmidt Rezső, Sós Endre, Stefanovitsné Bányai Éva, Szabó András, Szabó Rubina Tünde, Szekeres András, Tarnawa Ákos, Tenke János, Torma Tímea, Tóth Róbert, Varga Jenő, Várkonyi Eszter, Zsédely Eszter,

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 64. Különszám II.

**Cover design/Borítótér:** Andorka Zsolt © 2000

Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

**Address of editorial office/A szerkesztőség címe**

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.



## **NÖVÉNY-, VÍZ- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI SEKCIÓ**



## ENVIRONMENTAL EFFECTS OF CONVENTIONAL FARMING TECHNIQUES

Z.K. HASHIM<sup>1,2</sup> - V.M. VONA<sup>3</sup> - A.G.S.D. DE SILVA<sup>1,2</sup> - I.M. KULMÁNY<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Széchenyi István University, Agricultural and Food Research Centre, Győr, Hungary

<sup>2</sup> Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Plant Sciences, Mosonmagyaróvár, Hungary

<sup>3</sup> Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Water Management and Natural Ecosystems, Mosonmagyaróvár, Hungary

### ABSTRACT

The green revolution has increased crop yields and population but poses environmental challenges. Conventional practices, including heavy use of agrochemicals, contribute to environmental harm. The agriculture sector now accounts for 23% of all anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions. Synthetic fertilizers double food production but cause nutrient pollution. Conventional practices, such as frequent ploughing and heavy machinery, cause soil degradation, erosion, and soil health disruption. Compared to conventional tillage, conservation tillage enhances soil organic carbon and soil nitrogen. Herbicides used in weed management negatively affect non-target plants, water, and the development of herbicide-resistant weeds. Improper agricultural practices, such as crop cultivation, pesticide, irrigation, soil processing, burning, and animal waste, increase GHG emissions. Sustainable agriculture practices and technological advancements are crucial for environmental challenges.

**Keywords:** greenhouse gases, agriculture, environmental challenge, conservation tillage

### INTRODUCTION

The deployment of large machinery and high-input farming methods in modern agriculture is one of the major causes of anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions. According to the US EPA (2023), 23% of the world's GHG emissions come from the agriculture sector, primarily from the release of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), methane (CH<sub>4</sub>), and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in 2022. Numerous factors contribute to these emissions, such as the usage of chemical fertilisers, animal production, and mechanised farming.

Over 70% of the freshwater resources in the world are used in agriculture, with a large amount going towards irrigation. Nevertheless, there are drawbacks to this crucial practice. In addition to contributing to salt build-up, anaerobic breakdown, and changing

temperature and pressure patterns, it depletes aquifers, rivers, and groundwater. In addition to causing habitat loss and coastal erosion, irrigation also modifies rainfall patterns (Ruhl, 2000).

Although the use of fertilisers including phosphate and synthetic nitrogen (N) has greatly increased food production, it has also resulted in a sixfold rise in reactive nitrogen (Nr) in the environment. These fertilisers produce N<sub>2</sub>O, a powerful GHG, into the atmosphere and contaminate groundwater through N runoff (US EPA 2022).

Despite being essential for weed control and soil preparation, traditional tillage techniques have drawbacks. They worsen soil erosion and release carbon from the soil, which raises CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions (Alam *et al.*, 2016). Conventional tillage reduces organic matter and upsets microbial populations in the soil. The widespread use of pesticides, particularly herbicides, in industrial agriculture reduces biodiversity, harms biodiversity, contaminates water sources, and endangers aquatic habitats (Ruhl, 2000; John and Babu, 2021).

Finding a balance between the need for more agricultural output and environmental sustainability becomes increasingly important as the world's population grows. Given the interrelated problems of addressing environmental degradation, mitigating climate change, and providing food security for an expanding population, conventional farming methods can no longer be sustained. Innovative technologies and sustainable agricultural practices are essential to addressing these urgent environmental issues. This paper examines the various ways that traditional farming practices affect the environment and highlights how urgent it is to transform into more ecologically friendly practices.

## **METHODOLOGY**

A review of existing literature and research studies related to the environmental effects of conventional farming techniques was conducted. Data from various sources, including international reports, scientific publications, and environmental organizations, regarding the impact of conventional farming practices on the environment were collected from different sources. This includes data on greenhouse gas emissions, synthetic fertilizer usage, soil degradation, and pesticide effects. A conceptual diagram was prepared based on the existing knowledge in the literature. The collected data was reviewed to identify trends, correlations, and the extent of environmental impacts caused by conventional farming techniques.

## **IMPACTS OF CONVENTIONAL FARMING TECHNIQUES**

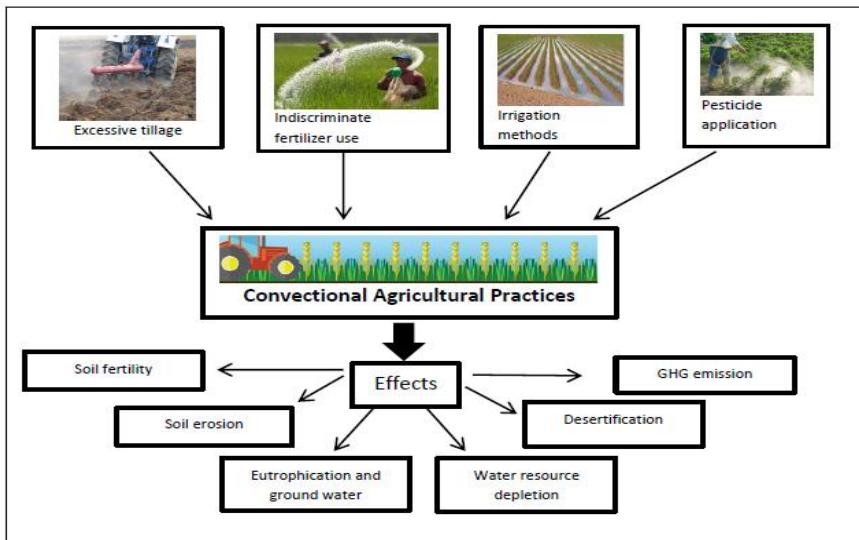
The fundamental elements of conventional and sustainable farming are the same and include waste management, crop and disease management, water management, and soil management. The techniques employed are frequently very varied. The following areas should be compared between conventional and sustainable agriculture, yield, biodiversity, soil erosion and composition, water and energy consumption, and

greenhouse gas emissions. The overall efficacy of any method as a countermeasure to increasing tendencies will depend on how it affects the environment and how much it produces. These comparisons are essential to determine the most effective farming technique that can meet the demands of the present population sustainably (*John and Babu, 2021*).

Farming to achieve the highest level of productivity is attainable with the use of modern technology but without considering environmental pollution and food safety.

The effects of long-term conventional agricultural practices since the industrial revolution are desertification, groundwater pollution by pesticides, water scarcity in many places, loss of wetlands and wildlife habitats, global climate change, destruction of forests, and endangering the health of humans (*Ruhl, 2000*).

*Figure 1* shows the conceptual portrait of how conventional practices lead to multifaceted environmental impacts while considering only the high-yield target.



*Figure 1:* Conceptual diagram showing the practices followed for conventional agriculture and their components that lead to soil health and environmental concerns around the world

The yields of key crops like wheat, rice, and maize have increased dramatically due to the widespread use of synthetic fertilisers and agrochemicals, essentially tripling the world's food production. Nonetheless, there has been a significant environmental cost associated with this astounding rise in agricultural output. Despite being essential for food security, synthetic fertilisers have unintentionally led to nutrient contamination, which has a detrimental impact on aquatic ecosystems and water bodies (*John and Babu, 2021*).

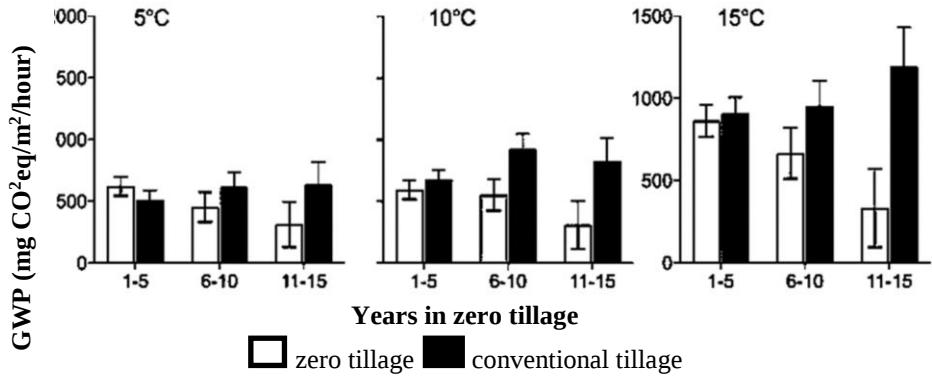


Figure 2: Global warming potential grouped by a length under zero-tillage with adjacent conventionally tilled pairs incubated at 5 °C, 10 °C and 15 °C. Adapted from Cooper et al. (2021).

Crucially, Cooper et al. (2021) demonstrate that the Global Warming Potential (GWP) from zero-tilled soils was much smaller than at the paired traditionally tilled soils when fluxes of all three GHGs are taken into account (Figure 2). When incubated at 10°C and 15°C, respectively, the mean GWP of emissions from the conventionally tilled soils was 33% and 36% higher than that from the zero tillage managed soils. Higher rates of CH<sub>4</sub> oxidation and lower CO<sub>2</sub> emissions were the main causes of the decreased GWP (Figure 2; Cooper et al., 2021).

Conventional farming ignores the naturally occurring soil spatial heterogeneity and crop conditions among and within fields in favour of managing resource inputs (i.e., fertiliser, irrigation water, amendments, and pesticides) evenly. Over and underuse of resources arise from the homogeneous use of inputs (Corwin and Scudiero, 2019).

Soil erosion resulting from dryness, salt, runoff, and nutrient loss is a significant issue in agriculture. Because "intensive farming exacerbates these phenomena, which are threatening the future sustainability of crop production on a global scale, especially under extreme climatic events such as droughts," soil erosion poses a challenge to the expansion of agriculture (Gomiero et al., 2011). Moreover, erosion alters soil carbon dynamics, leading to non-point source water contamination and the release of trace gases, while deposition effectively sequesters carbon (Lal, 2001).

For conventional agriculture to produce, prepare, and deliver food, a staggering amount of energy is needed. Energy efficiency is crucial to agriculture because it can lower production costs and reduce GHG emissions (Gomiero et al., 2011). The agricultural sector plays a substantial role in the generation of GHG emissions, however, it also possesses the potential to alleviate this environmental impact through the adoption of sustainable practices.

Enhanced agricultural land management is crucial to mitigate the impacts of crop production. Alam et al. (2020a) indicated that the implementation of conservation agriculture practices has altered the cycle of N by decreasing the amount of mineral N

that is accessible to plants during the initial stages of the growing season when the demand for nutrients by crops is low, but by increasing the total of N in the soil and plant N uptake which enhanced the synchrony between the demand for crops and the availability of nitrogen supplies.

Many alternatives to tillage practices (zero/no-tillage, strip tillage, non-puddling of rice, direct seeding of rice (Alam *et al.*, 2020b), pesticide use (Integrated Pest Management, Biocontrol agent use, etc.), fertilizer management (4R nutrient stewardship, localized application, organic farming, CA, etc.) and varietal development (herbicide-resistant variety, fourth generation pesticide development) have been developed to fit in the conventional farming so that agricultural farming turns into sustainable form.

## CONCLUSION

Conventional agricultural practices have increased crop yields, but it has also brought up environmental problems. Increasing amounts of GHG emissions and issues like soil degradation, water pollution, biodiversity loss and water resource depletion are caused by conventional farming in keeping with increasing crop production. Technology development, modification of practices to fit traditional practices in a sustainable way and sustainable practices are essential for resolving these problems.

## REFERENCES

- Alam, M.K. - Bell, R.W. - Haque, M.E.- Islam, M.A. - Kader, M.A. (2020a): Soil nitrogen storage and availability to crops are increased by conservation agriculture practices in rice-based cropping systems in the Eastern Gangetic Plains. *Field Crops Res.*, 250: 107764.
- Alam, M.K., - Bell, R.W. - Hasanuzzaman, M. -Salahin, N. - Rashid, M.H. - Akter, N. - Akhter, S. - Islam, M.S. - Islam, S. - Naznin, S. - Anik, M.F.A. (202): Rice (*Oryza sativa* L.) establishment techniques and their implications for soil properties, global warming potential mitigation and crop yields. *Agronomy*, 10(6):888.
- Alam, M.K. - Biswas, W.K. - Bell, R.W. (2016): Greenhouse gas implications of novel and conventional rice production technologies in the Eastern-Gangetic plains. *J. Clean. Prod.*, 112, 3977–3987.
- Cooper, H.V. - Sjögersten, S. - Lark, R.M. - Mooney, S.J. (202):. To till or not to till in a temperate ecosystem? Implications for climate change mitigation. *Environ Res Lett*, 16:054022.
- Corwin, D.L. - Scudiero, E. (2019): Chapter One-Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors, Donald L. Sparks (ed), *Advances in Agronomy*, Academic Press, 158: 1–130.
- Gomiero, T. -Pimentel, D. -Paoletti, M.G. (2011): Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional Vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences [Online]*, 30(1-2): 95–124.

*John, D.A. - Babu, G.R.* (2021): Lessons from the Aftermaths of Green Revolution on Food System and Health. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5:644559.

*Lal, R. A. T. T. A. N.* (2001): Soil degradation by erosion. *Land degradation & development*, 12 (6), 519-539.

*Ruhl, J.B.* (2000): Farms, Their Environmental Harms, and Environmental Law. *Ecology Law Quarterly*, 27(2): 263–349.

US EPA. 2022. The Sources and Solutions: Agriculture. Sourced from <https://www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions-agriculture>

US EPA. 2023. Global Greenhouse Gas Emissions Data. Sourced from Global Greenhouse Gas Emissions Data | US EPA



## **AZ AZBESZTCEMENT-KOMPLEXUMMAL KONTAMINÁLÓDOTT ÖNTÖZŐVÍZ KOCKÁZATAI A NÖVÉNYTERMESZTÉSRE, A TALAJ-VÍZ- NÖVÉNY RENDSZERRE**

**MACHER GERGELY ZOLTÁN<sup>1,3</sup> – DR. BEKE DÓRA<sup>2</sup> – DR. TORMA ANDRÁS<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,  
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori  
Iskola, Mosonmagyaróvár.

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,  
Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár.

<sup>3</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,  
Alkalmazott Fenntarthatóság Tanszék, Győr

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

Az azbeszttermékekből felszabaduló azbesztszálak munkaegészségüggyel összefüggő kockázati tényezői régóta ismertek. Ugyanakkor mára tény, hogy kialakult tudásunk az azbeszt hatásmechanizmusaira vonatkozóan hiányos. Egyre több az olyan kutatás, amely az azbesztszálak mezőgazdaságban megjelenő hatásait tárja fel, hangsúlyosabbá vált az állategészségügyi hatások felismerése, valamint a víz-talaj-növény rendszer rendkívüli sérülékenysége és kitettsége. Noha az azbesztszálak vízdoldhatósága változhat, a legpotenciálisabb szennyező krizotil-azbeszt rendelkezik hidrofil tulajdonságokkal is. A jellemző nagy fajlagos felület és felületi töltés miatt pedig új kutatási irányként jelenik meg az önálló elszigeteltségi és az aggregátum/komplex-képzési sajátosságok felismerése. A vizes közeg így újfajta transzportfolyamatoknak adhat teret, az azbeszt mobilizációja pedig kiterjed a természetes felszíni- és felszín alatti víztestekre, így a talajra és a vegetációra is. Jelen kutatás célja e kockázat szakirodalmi áttekintése a talaj-víz-növény rendszer érintettségének együttes vizsgálatán keresztül.

### **RISKS OF IRRIGATION WATER CONTAMINATED WITH ASBESTOS- CEMENT COMPLEX ON CROP PRODUCTION AND SOIL-WATER-PLANT SYSTEM**

#### **ABSTRACT**

The occupational health risks of asbestos fibres released from asbestos products have long been known. However, it is now a fact that our established knowledge on the

mechanisms of action of asbestos is incomplete. There is a growing body of research exploring the effects of asbestos fibres in agriculture, the recognition of animal health impacts and the extreme vulnerability and exposure of the water-soil-vegetation system. Although the water solubility of asbestos fibres can vary, the most potential pollutant chrysotile asbestos also has hydrophilic properties. And due to the typical high specific surface area and surface charge, the recognition of self-isolation and aggregate/complex formation properties is a new research direction. The aqueous medium may thus provide a platform for novel transport processes, and asbestos mobilisation extends to natural surface and groundwater bodies, including soil and vegetation. The aim of the present research is to review the literature on this risk through a combined assessment of the soil-water-vegetation system exposure.

## BEVEZETÉS

Az azbeszt hosszú ideje részét képezi az emberiség életének, de jelentős, nagyléptékű felhasználása csak az ipari forradalom óta terjedt el. Annak ellenére, hogy az azbesztet már korábban is építőanyagként használták, ma már széles körben elterjedt környezeti problémát jelent, mely a városi, az agrár és a természetes ökoszisztémákat is érinti. Az eddigi vizsgálatok elsősorban a levegőben vizsgálták az azbesztre jellemző szálak anyagok jelenlétét, de a kutatók már vizsgálják az azbesztszennyezés hatását a vízben, a talajban, valamint a vegetációban kiváltott negatív válaszreakciók mentén is. A kutatások azt mutatják, hogy az azbesztszálak nagy fajlagos felülettel és erős felületi töltéssel rendelkeznek, ami hatással van a mozgásukra és a környezettel való interakciójukra. Az azbesztnak különböző tulajdonságokkal rendelkező fajtái vannak, melyek között vannak olyanok, amelyek hidrofóbok, mások pedig rendelkeznek hidrofíli komponensekkel is. Ez a különbség a szálak elszigeteltségi és aggregálódó, komplexumképző tulajdonságaira is vonatkozik. Az új irányok kutatása során nemcsak az emberi kitettség, hanem az állatokra és a növényzet érintettségére is figyelmet fordítanak. Azonban a témával kapcsolatos tudományos szakirodalom hiányos.

## AZ AZBESZT ÉS AZ AZBESZTCEMENT FOGALMA ÉS TÁRGYKÖRE

Általánosságban elmondható, hogy az azbeszt egy kereskedelmi kifejezés, amely a természetben előforduló rostos ásványok csoportjára utal (*Wagner és Lemen, 2017*). *Lewis et al. (1996)* szerint az azbeszt egy általános elnevezés, mely a rostos ásványok két családjára értendő, amelyek kristályos és kémiai tulajdonságai eltérőek: amfibolok (krokidolit, amozit, antofillit, aktinolit, tremolit) és a szerpentin (krizotil). *Nayak (2016)* az azbeszt szót általános kifejezésként jelöli meg, amely hatféle rostos anyagra utal és elsősorban szilícium-dioxidból, magnéziumból és kristályvízből állnak. Magyarországon az azbeszttel kapcsolatos jogi szabályozást „*az azbeszttel kapcsolatos kockázatoknak kitett munkavállalók védelméről szóló 12/2006. (III. 23.) EüM rendelet*” határozza meg. Ennek rendelkezése alapján Magyarországon a nemzetközi normákkal harmóniában hat

ásványfaj szálas változata sorolandó az azbesztek közé, ezek az amfibol csoportból az amozit, a krokidolit, az aktinolit, a tremolit és az antofillit, továbbá a szerpentin csoportból a krizotil. *Tóth és Weiszbürg* (2011) szerint alaktani szempontból azok a szálak tekinthetők azbesztszálaknak, melyeknek hosszúsága nagyobb, mint 5  $\mu\text{m}$ , viszont átmérője kisebb, mint 3  $\mu\text{m}$ , mindemellett pedig hossz-átmérő arányának meg kell haladnia a 3:1 arányt. Mikrométeres méretükből fakadóan ezek a rostok könnyedén belélegezhetőek, így a légutak különböző területein, akár a légúthólyagocskáknak is lerakódhatnak (INSERM, 1997), melynek révén a tüdőbe kerülő azbesztszálak pleurális plakkokat, pneumokoniózt, effúziókat, tüdőrákot és mesotheliomát okozhatnak (*Kamp és Weitzman*, 1999). Már egy, az 1960-as években végzett tanulmány is karcinogén anyagként minősítette az azbesztet és megállapította, hogy az általa okozott megbetegedések átlagosan körülbelül 20-50 éves lappangási idővel rendelkeznek (*Mossman et al.*, 1996). Az azbesztből készült azbesztcement termékek egykor közkedvelt építőipari alapanyagként számítottak, a leggyakrabban használt termékformák, amelyek előállítása a világ azbeszttermelésének 70%-át tette ki (*Ingham*, 2013). Az azbeszt globális felhasználása az 1940 és 1980 között exponenciálisan nőtt, míg 1980-ban el nem érte csúcspontját (*Virta*, 2006). Az azbesztcement egy kompozit anyag, mely azbesztszálakkal erősített portlandcementből áll (*Rosato*, 1959). Az azbesztcement az azbeszt egy nagy kötőanyag-tartalommal bíró alkalmazási formája, melyben az azbeszt mennyisége 8-10%-ra, kötőanyagtartalma 90-92%-ra tehető (*Tóth és Weiszbürg*, 2011). Annak ellenére, hogy az azbesztcement termékek gyártása és árusítása mára a legtöbb országban tiltott vagy korlátozott, a korábban beépített termékek használata továbbra is szabályozatlan, mely különösen igaz a mezőgazdasági létesítmények tetőfedéseiként is széles körben alkalmazott hullámos karakterisztikájú azbesztcement tetőfedőelemekre vagy akár a nyomócsövekre is.

## AZ AZBESZTCEMENT TERMÉKEK KORRÓZIÓJA, DEGRADÁCIÓJA ÉS ERODÁCIÓJA

Az azbesztcement gyártásának és alkalmazásának évtizedei során voltaképpen szert tett a tartósság és az elpusztíthatatlanság hírnevére (*Noy*, 1995), mely napjainkra megkérdőjelezhetővé vált. *Fügedi* (1986) korábban úgy fogalmazott, hogy az azbesztcement tetőfedések révén egy olyan anyag kerül beépítésre, amelynél javításra, karbantartásra egyáltalán nem is volna szükség. Korábban ugyanis általános konzekvenciának számított, hogy az azbesztcement termékek magas kötőanyag-tartalma jelentős mértékben redukálja az azbesztszálak levegőbe történő emittálódását, a tényleges szálkoncentráció pedig elhanyagolható (*Tóth és Weiszbürg*, 2011). *Malinconico et al.* (2022) szerint, azok a fizikai-kémiai tulajdonságok, amelyek az azbesztet számos műszaki alkalmazásban hasznossá tették, ugyanazok, amelyek környezeti perzisztenciáját és kármentesítési problémáit is eredményezik. E termékek esetében jól ismert alterációs folyamat az exogén vagy antropogén tényezők hatására történő aprózódás, hasadás és kiporzás (*Burragato et al.*, 2010; *Bint et al.*, 2017). Egy átlagos azbesztcement tetőfedőelem várható élettartama 30-40 évre tehető. *Bassani et al.* (2007) úgy fogalmaz,

hogy az azbesztcement eredendően törékeny, alacsony ütésállósággal rendelkezik, így hajlamos a repedésre és törésre, amelyet gyakran kis ütéserők, ismétlődő ciklikus terhelések vagy elromlott kötőelemek is eredményezhetnek. Noha az azbesztcementből a levegőbe jutó azbesztszálak nem tudnak koncentrálni, ebből kifolyólag komoly környezeti kockázatot sem jelentenek, viszont a csapadékvízbe kerülve talajszennyezést és vízszennyezést váltanak ki (Tóth és Weiszbürg, 2011). Ugyanakkor az időjárási folyamatok sok év (2-4 évtized) után laza és rideg felületi réteget eredményeznek, amely lehetővé teszi a szálak kitétséget, jelentősebb emittálását (Noy, 1995). Spurny et al. (1989) szerint egy azbesztcement palalemez felülete évente körülbelül 0,01-0,024 mm-es korrodálódást mutathat az időjárás változása következtében. Spurny et al. (1989) és Suzuki et al. (2005) számításai szerint, egy sérült, erodált, előregedett 1 m<sup>2</sup>-es hullámos karakterisztikájú azbesztcement lap akár 3 g azbesztet is veszíthet mátrixából egy év alatt, mely egy egész tetőfelület esetében éves szinten jelentősebb mennyiséget jelent. Az azbesztszálak mátrixszerkezetből való kijutásában az időjárás viszonyosságai, a szélsőséges időjárási jelenségek és az éghajlatváltozás következtében előálló hirtelen csapadéktöbblet lesz a fő kockázati tényező (Bornemann-Hildebrandt, 1986). További kockázati tényező, hogy az azbesztszálak nagy fajlagos felületükből adódóan nagyon ritkán fordulnak elő szuverén formában, sokkalta inkább különféle – olykor pillanatnyi – komplexumokat alkotnak, felületükön különböző cementmaradványok, nyomanyagok, nehézfémek és más szennyező anyagok is kimutathatók.

## AZBESZTSZÁLAK ÉS KOMPLEXUMOK A VÍZ-TALAJ-NÖVÉNY RENDSZERBEN

### *Az azbesztszálak és -komplexumok okozta talajszennyezés*

A kőzetekben természetes formában előforduló és megjelenő azbeszt különböző geológiai folyamatok lejátszódásának hatására kerül a talajba, ahol ezt követően a kőzetekből származó talaj örökli az alapkőzet geokémiai és ásványtani összetételét (Ricchiuti et al., 2021). Bowes et al. (1977) szerint az azbesztszálak természetes folyamatok - mállás vagy erózió - révén, de nagyobb mértékben antropogén forrásokból válhatnak a talaj és az üledékek szennyezőivé. Korábban a talajt egy olyan szférának tekintették, amely szigeteli többek között az azbeszttartalmú hulladékokat, az azokból kiszabaduló azbesztszálakat és komplexumokat (US Environmental Protection Agency 2022; Obmiński 2022). Ugyanakkor a talajban gyakran fellelhető szerves savak fokozhatják a kisméretű azbesztszálak kimosódását (Mohanty et al., 2021). Az azbesztszálak elektromos töltésének módosulása befolyásolhatja a talajban lévő szerves rétegeket, ami hatással van a szálak migrációjára (American Chemical Society Meeting in Philadelphia 2016). A leggyakrabban előforduló antropogén források döntően krizotilt tartalmaznak, például az épületszerkezetekben beépített azbesztcement termékek. A városi környezetben döntően az azbesztcement termékek öregedése, valamint az abból felszabaduló szálak mennyisége, a forrás fajtája, a lebomlás szintje, továbbá a kezelés jellege meghatározó (Malinconico et al., 2022). A beépített és használatban levő erodált azbesztcement termékek az idő múlásával egyre nagyobb mennyiségű azbesztszálakat

emittálnak a levegőbe, ahonnan később az a talaj felszínén rakódik le (*Malinconico et al.*, 2022). Az azbesztszálak porózus közegben való mobilitásával kapcsolatos kutatások hiánya korlátozza azon környezeti tényezők megértését, amelyek kiválthatják a rostok talajban történő szállítását (*Ryan és Elimelech*, 1996). *Malinconico et al.* (2022) szerint az azbesztszálak a talajba kerülve megtapadnak, majd különböző módon kölcsönhatásba lépnek más ásványi részecskékkel, szerves anyagokkal, vízzel, gázokkal és élőlényekkel. Feltételezve, hogy az azbesztszálak hasonlóan viselkednek, mint a vízben lévő többi ásványi kolloid, a talajban lévő rostok mobilitása számos kolloidtranszport vizsgálat alapján megjósolható (*Ryan és Elimelech*, 1996). Ahogy azt *Mohanty et al.* (2021) is megállapították, a kolloidok szállítását és eltávolítását számos olyan fizikai tényező befolyásolja, mint a méret (*Pelley és Tufenkji*, 2008), a kolloidok alakja (*Seymour et al.*, 2013), továbbá a pórusméretek eloszlása a talajban (*Bradford et al.*, 2002), valamint a kémiai tényezők, mint a pH (*Bergendahl és Grasso*, 1999), az ionerősség (*Tufenkji és Elimelech*, 2005), mindemellett a foszfátok és az oldott anyagok jelenléte (*Hofmann és Liang*, 2007), amelyek tovább befolyásolják a kolloidok és a talaj kölcsönhatását. Ahogy az a kolloidiszűrés elméletével is megegyezik, a kolloidok a beszívargó víz által a talajon keresztül ülepedéssel, abszorpcióval/adszorpcióval és diffúzióval rakódnak le a szemcsék felületére. A mezőgazdasági tevékenység hatására a talajban jelenlevő azbesztrészecskék szétesnek, és a levegőbe kerülnek, melyből következően a mezőgazdasági szakemberek is veszélyeztetettek (*Sachanbiński*, 2009; *Turci et al.*, 2016; *Petriglieri et al.*, 2021; *Baumann et al.*, 2011).

#### ***Az azbesztszálak és -komplexumok a mezőgazdasági vízhasználatban***

A levegőben szálló azbesztből és a csapadékvíz hatására felszabaduló, annak révén mobilizált azbesztiform ásványok, szálak és komplexumok révén előálló lehetséges kockázatokról kevés tanulmány közölt adatokat mind a mai napig (*Avataneo et al.*, 2022). *Fuller* (1977) korábbi kijelentése szerint az azbesztszálak vízen vagy talajon keresztül kifejtett hatása elhanyagolhatónak tekinthető azzal a feltételezéssel, hogy az azbesztszálak megtapadnak vagy kiszűrődnek. Ezt megcáfolva, mára több tanulmány is igazolta a talajfelszín alatti vízbázisok azbesztszálak általi szennyezettségét (*Buzio et al.*, 2000; *Emmanouil et al.*, 2009; *Buck et al.* 2013), így egy alternatív transzportútvonallal felfedezését a sekély talajvíz révén (*Mohanty et al.*, 2021). Az azbesztek jelenlétét a talajvízben több tanulmány is dokumentálta (*Avataneo et al.*, 2022; *Wei et al.*, 2013). *Avataneo et al.* (2020) szerint az azbesztszálak és -komplexumok felszíni vizekbe történő mobilizációja számos helyspecifikus tényezőtől múlik (csapadék, talaj, lejtőmorfológia, növényzet stb.). Ugyanakkor a felszíni vizek szennyezettsége természetes és antropogén tényezőktől egyaránt függ. Természetes többek között az azbesztet tartalmazó kőzetek természetes mállása. Antropogén forrás az azbesztcement termékek korróziója révén történő emisszió, mely akkor hordoz különösen nagy kockázatot, ha olyan csapadékvízben kerül szállítódásra, amely öntözési céllal kerül felfogásra és felhasználásra. Mezőgazdasági és vízgazdálkodási szempontból külön kiemelő még, hogy a talajvízzel történő öntözés esetén azbeszttel kontaminált talajvíz kerül felhasználásra (*Turci et al.*, 2016). A mezőgazdasági vízgazdálkodás magyarországi

érintettségét fokozza, hogy a korábban kialakított és mind a mai napig használt, nyitott felületű öntözőcsatornák mederanyagaként is használtak azbesztcementet. A vízminőségre vonatkozó európai uniós jogszabályok mindezek ellenére nem tartalmaznak határértékeket sem az ivóvízben (Malinconico *et al.*, 2005), sem a természetes felszíni és felszín alatti vizekben, sem pedig a mezőgazdasági öntözővizekben lévő azbesztszál és –komplexum kontaminációra vonatkozóan, de az ezen irányú mérések száma is minimális (Pirani, 2017).

### ***Az azbesztszálak- és komplexumok stresszhatása a növénytermesztésben***

Az azbeszt, különösen a krizotil-azbeszt humánegészségügyi hatásai mára jól ismertek (Trivedi és Ahmad, 2013). A fehér-azbeszt csakúgy, mint a többi azbeszt az egyik legmaradandóbb genotoxin, amely közvetve idéz elő DNS-károsodást, miközben citotoxicitást és apoptózist eredményez (Nieto *et al.*, 2023). Az emberi és az ökoszisztéma egészsége közötti összefüggések megállapítására irányuló néhány korábbi kísérlet ellenére (Di Giulio és Monosson, 1996) ennek az anyagnak a lehetséges ökológiai hatásait nagyrészt mind a mai napig figyelmen kívül hagyják (NIPHEP, 1989), mely különös aktualitással érvényes a növényvilágra, főképp a mezőgazdasági haszonnövényekre gyakorolt hatások vizsgálatára (Trivedi és Ahmad, 2011). Korábbi tanulmányok azt mutatták, hogy a vízi közegben megnövekedett azbesztkoncentráció káros hatással van a vízi növényfajokra (Schreier és Timmenga, 1986), mely igaz többek között *Lemna gibba* esetében is. A krizotil-azbeszt expozíció, 0,1 mg/l-es koncentrációjú tápközegben történő tenyésztés és 28 napon át tartó 0,5 mg/l és 5,0 mg/l-es oldattal való kezelés esetén számos növényfejlődési és fiziológiai negatív válaszreakciót eredményezett *Lemna gibba* mintacsoportokon. Trivedi *et al.* (2004) kutatásukban úgy találták, hogy a krizotil expozíció gátló hatással bírt a levélszámrá, a gyökérhosszra és a biomaszra mennyiségére is. Számos negatív válaszreakció volt kimutatható még a klorofill-, a karotinoid-, az összes szabad cukor-, a keményítő- és a fehérjeteralom esetében is. Az azbesztszennyeződés hatásmechanizmusa egy rendkívül komplex folyamat, melynek egyik legfontosabb eleme a stresszhatás. Larcher (1987) szerint a növényi stressz olyan terheléses állapot, amelyben a növénnel szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást, vagy akár pusztulást is eredményezhet. A stresszállapot jelen esetben oxidatív stressz, a stresszor pedig az azbeszttoxicitást kiváltó azbesztexpozíció. Az oxidatív stressz a reaktív oxigénfajták (ROS) túlermelése az antioxidáns védekezéshez képest (Shankar és Mehendale, 2014). Trivedi *et al.* (2004) *Lemna gibba* kísérlete során idő- és dózisfüggő növekedés volt tapasztalható az oxidatív stresszre irányuló paraméterekben (lipid-peroxidáció, celluláris hidrogén-peroxid, kataláz, szuperoxid-diszmutáz), így eredményeik elsőként támasztották alá a krizotil-azbeszt *Lemna gibba*-n kiváltott oxidatív stressz hatását és fitotoxicitását. A kísérletet Trivedi és társai 2007-ben megismételték, melynek során a *Lemna gibba* egyedeket négy különböző koncentrációjú (0,5; 1,0; 2,0 és 5,0 mg/l) krizotil-azbeszt oldat hatásának tették ki laboratóriumi

körülmények között. Úgy találták, hogy a krizotil-azbeszt csökkentette a teljes és redukált glutationt, növelte az oxidált glutationt, valamint a redukált/oxidált glutation arányt, mellyel párhuzamosan csökkent a redukált/oxidált aszkorbát aránya. A glutation- és aszkorbátszint változása egy természetes biomarker, amely a nem biztonságos környezetnek való kitettség jelzésére irányul. E kutatás mentén, *Trivedi és Ahmad* (2011) már úgy fogalmaz, hogy az azbeszttel szennyezett víz és talaj olyan azbeszttoxicitást eredményez, amely lassítja a csírázási folyamatot, befolyásolja a magok csírázásának képességét és minőségi jellemzőit. Tenyészedényes kísérletük során különböző azbesztszálakkal kontaminált talajmintákat használtak, melyek esetében a fő talajtulajdonsági jellemzők (szerves szén, nitrogén, foszfor, kálium, elektromos vezetőképesség, pH) megegyeztek. Ez azért is fontos szempont, mivel O'Dell és Claassen (2006) úgy fogalmazott, hogy a krizotil-azbeszttel szennyezett talaj stresszes környezetet teremt a növények növekedéséhez és a termelékenységéhez, mivel felborítják a tápközeg tápanyagrendszerét. A vizsgált növénycsoportok: közönséges búza (*Triticum aestivum*), zöldborsó (*Pisum sativum*) és fehér mustár (*Sinapis alba*). Kísérleteik révén igazolták, hogy a magok csírázási százaléka jelentős mértékben redukálódott a kontamináció és az expozíció mértékének növekedésével. A negatív válaszreakció és az azbeszt toxikus hatása egyaránt mérhető volt a hajtás magasságában, a gyökér hosszában, a biomasszában, a klorofillban és a növények fehérjetartalmában. A sikeres csírázáshoz és növekedéshez a magvak kedvező belső és külső feltételeket igényelnek. A csírázásra gyakorolt káros hatás a transzkripció és a fehérje deformációs folyamat fokozódásának tudhatók be, bár a tényleges mechanizmus még mindig homályos (*Shukla et al.*, 2006). *Trivedi és Ahmad* (2013) ezt követően a krizotil genotoxicitását igazolta a vöröshagyma (*Allium cepa* L.) gyökérmerisztémáin, melynek során laboratóriumi körülmények között négyféle koncentrációjú (0,5; 1,0; 2,0 és 5,0 g/l) krizotil-azbeszt oldatnak tették ki a tesztanyagokat. Az azbeszttel kontaminált víz és talaj nemcsak a növények morfológiai szerkezetét befolyásolják, hanem a növények élettani és biokémiai védekező mechanizmusait is megzavarják, megváltoztatva az antioxidánsok aktivitását (*Hafeez et al.*, 2022). A környezeti stresszel szembeni toleranciájuk növelése érdekében az azbeszttoxicitásnak kitett növények antioxidáns termelése fokozottá válik a túlzott reaktív oxigénfajták (ROS) okozta toxicitás megfékezésére (*Dola et al.*, 2022; *Farooq et al.*, 2022; *Ma et al.*, 2022a; *Ma et al.*, 2022b). *Saleem et al.* (2022) kutatásának másik nagy eredménye, hogy az olyan antioxidáns enzimek mennyisége, mint a SOD (szuperoxid-diszmutáz), a CAT (kataláz), a GPX (glutation-peroxidáz) és a POD (peroxidáz) jelentősen magas volt az azbesztterhelésnek kitett növényekben, mely arra utal, hogy az azbeszttoxicitás elleni védelmi mechanizmusok sejtszinten aktiválódtak. *Saleem et al.* (2022) kimutatták, hogy a krizotil-azbeszt a vesszős köles (*Panicum virgatum*) és a mezei komócsin (*Phleum pretense*) növekedésére és tápanyagfelvételére minden morfológiai paraméter esetében negatív eredményt váltott ki, miközben az olyan fémek felvétele, mint a Cr, Mn, V, As és a Ba jelentősen fokozódott.

## ÖSSZEGZÉS

Irodalmi összefoglalónkban rámutattunk arra, hogy az azbeszt és az azbeszttartalmú termékek problémája mára sokkal több, mint egy hulladékgazdálkodási kérdés. Az új nemzetközi tudományos eredmények igazolták, hogy az azbesztszálak nem maradnak mozdulatlanul a talajban, a víz pedig jelentős transzportközegként funkcionál az azbesztszálak mozgásában. Ugyanakkor a víz-talaj rendszer érintettségének, szennyezettségének vizsgálatára máig nem áll rendelkezésre egységes módszertan, sem pedig nemzetközileg elfogadott, standardizált határérték. Ez egy rendkívül fontos hiányterület a mezőgazdasági vízgazdálkodás szempontjából is, hiszen az azbesztszálak hatása nemcsak az emberi és állati egészségre korlátozódik, hanem befolyásolhatja a növények biokémiai folyamatait is. Mindez ugyancsak elmondható a kontaminációt mérséklő vagy megszüntető eljárásokra és technikákra, így olyan leválasztó eszköz, amely alkalmazható lenne a települési és a mezőgazdasági vízgazdálkodásban nem elérhető. Ugyanakkor a közvetlen, tiszta azbesztszál-növény interakció ritka az azbesztszálás anyagok felületi feszültsége miatt, ami más nyomanyagokat, mátrixanyagot, nehézfémeket is megköt. Ez különösen igaz az azbesztcement termékekből származó krizotil okozta azbeszttoxicitás vizsgálatakor. Ezért a jövőbeni kutatásokban az azbesztszál-növény interakció mellett vizsgálni szükséges az azbeszt-mátrix komplexumok toxicitását is.

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-23-3-I KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSzíROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



## IRODALOM

- American Chemical Society Meeting in Philadelphia* (2016): The fate of asbestos in soil: Remediation prospects and paradigms. National Conference in Philadelphia Session Toxi 25.
- Avataneo, C. - Belluso, E. - Bergamini, M. - Capella, S. - De Luca, D.A. - Lasagna, M. - Turci, F. (2020): Waterborne Naturally Occurring Asbestos: a case study from Piedmont (NW Italy). EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-19615.
- Avataneo, - C. Petriglieri, J. R. - Capella, S. - Tomatis, M. - Luiso, M. - Marangoni, G. Lazzari, E. - Tinazzi, S. - Lasagna, M. - De Luca, D. A. - Bergamini, M. - Belluo, E. - Turci, F. (2022): Chrysotile asbestos migration in air from contaminated water: An experimental simulation. *Journal of Hazardous Materials*. 424:C.

- Bassani, C. – Cavalli, R. M. – Cavalcante, F. – Cuomo, V. – Palombo, A. – Pascucci, S. – Pignatti, S. (2007):* Deterioration status of asbestos-cement roofing sheets assessed by analysing hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*. 109:3. 361-378.
- Baumann, F. – Maurizot, P. – Mangeas, M. – Ambrosi, J.-P. – Douwes, J. – Robineau, B. (2011):* Pleural mesothelioma in New Caledonia: associations with environmental risk factors. *Environmental Health Perspectives*. 119:5. 695-700.
- Bergendahl, J. – Grasso, D. (1999):* Prediction of colloid detachment in a model porous media: thermodynamics. *AIChE Journal*, 45 (3) (1999), pp. 475-484.
- Bint, L. – Hunt, S. – Dangerfield, D. – Mechaelis, M. (2017):* New Zealand Guidelines for assessing and managing asbestos in soil. Branz, Porirua, 96. P.
- Bornemann, P. – Hildebrandt, U. (1986):* On the problem of environmental pollution by weathering products of asbestos cement. *Satub, Reinhaltung der Luft*, 11, 487-489.
- Bowes, D. R. – Langer, A. M. – Rohl, A. N. – Zussman, J. (1977):* Nature and range of mineral dusts in the environment. *Philosophical transactions of the royal society of London. Series A, Mathematical and physical sciences*, Vol. 286, No. 1336, Mineralogy: Towards the twenty-first century, 593-610.
- Bradford, S. A. – Yates, S. R. – Bettahar, M. – Simunek, J. (2002):* Physical factors affecting the transport and fate of colloids in saturated porous media. *Water Resources Research*, 38:12.
- Buck, B.J. – Goossens, D. – Metcalf, R.V. – McLaurin, B. – Ren, M. – Freudenberger, F. (2013):* Naturally occurring asbestos: potential for human exposure. Southern Nevada, USA. *Soil Science Society of America Journal*, 77 (2013), 2192-2204.
- Burrigato, F. – Gaglianone, G. – Gerbasi, G. – Mazziotti-Tagliani, S. – Papacchini, L. – Rossini, F. – Sperduto, B. (2010):* Fibrous mineral detection in natural soil and risk mitigation. *Period, Mineral*, 79:3, 21-35.
- Buzio, S. – Pesando, G. – Zuppi, G. M. (2000):* Hydrogeological study on the presence of asbestos fibres in water of northern Italy. *Water Research*. 34:6. 1817-1822.
- Di Giulio, R. T. – Monosson, E. (1996):* Interconnections Between Human and Ecosystem Health. Chapman & Hall, London.
- Dola, D. B. – Mannan, M. A. – Sarker, U. – Mamun, M. A. A. – Islam, T. – Ercisli, S. – Saleem, M. H. – Ali, B. – Pop, O. L. – Marc, R. A. (2022):* Nano-iron oxide accelerates growth, yield, and quality of Glycine max seed in water deficits. *Frontiers in Plant Science*. 13. 992535.
- Emmanouil, K. – Kalliopi, A. – Dimitrios, K. – Evangelos, G. (2009):* Asbestos pollution in an inactive mine: determination of asbestos fibers in the deposit tailings and water. *Journal of Hazardous Materials*, 167. 1080-1088.
- Farooq, T. H. – Rafay, M. – Basir, H. – Shakoor, A. – Shabbir, R. – Riaz, M. U. – Ali, B. – Kumar, U. – Qureshi, K. A. – Jaremko, M. (2022):* Morphophysiological growth performance and phytoremediation capabilities of selected xerophyte grass species toward Cr and Pb stress. *Frontiers in Plant Science*. 13. 997120
- Fuller, W. H., (1977):* Movement of Selected Metals, Asbestos, and Cyanide in Soil: Applications to Waste Disposal Problems. Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.

- Fügedi, L.* (1986): Tetőfedés: Cserép, pala, nád, zsindely. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 179-208.
- Hafeez, A. – Tipu, M. I. – Saleem, M. H. – Al-Ashkar, I. – Saneoka, H. – Sabagh, A. E. L.* (2022): Foliar Application of Moringa Leaf Extraxt (MLE) Enhanced Antioxidant System, Growth, and Biomass Related Attributes in Safflower Plants. South African Journal of Botany, 150, 1087-1095.
- Hofmann, A. – Liang, L.* (2007): Mobilization of Colloidal Ferrihydrite Particles in Porous Media – an Inner-Sphere Complexation Approach. Geochimica et Cosmochimica Acta, 71:24, 5847-5861.
- Ingham, J. P.* (2013): Concrete products. In Geomaterials under the microscope. Elsevier, 121-127.
- INSERM* (1997): Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Rapport, Les Éditions Inserm, Paris, 434.
- Kamp, D. W. – Weitzman, S. A.* (1999): The molecular basis of asbestos induced lung injury. Thorax, 54:7, 638-652.
- Larcher, W.* (1987): Stress bei Pflanzen. Naturwissenschaften, 74, 158-167.
- Lewis, I. R. – Chaffin, N. C. – Gunter, M. E. – Griffiths, P. R.* (1996): Vibrational Spectroscopic Studies of Asbestos and Comparison of Suitability for Remote Analysis. Spectrochimica, Acta A, 52:3, 315-328.
- Ma, J. – Saleem, M. H. – Ali, B. – Rasheed, R. – Ashraf, M. A. – Aziz, H. – Ercisli, S. – Riaz, S. – Elsharkawy, M. M. – Hussain, I. – Alhag, S. K. – Ahmed, A. E. – Vodnar, D. C. – Mumtaz, S. – Marc, R. A.* (2022a): Impact of foliar application of syringic acid on tomato (*Solanum lycopersicum L.*) under heavy metal stress-insights into nutrient uptake, redox homeostasis, oxidative stress, and antioxidant defense. Frontiers in Plant Science. 13. 950120.
- Ma, J. – Saleem, M. H. – Yasin, G. – Mumtaz, S. – Qureshi F. F. – Ali, B. – Ercisli, S. – Alhag, S. K. – Ahmed, A. E. – Vodnar, D. C. – Hussain, I. – Marc, R. A. – Chen, F.* (2022b): Individual and combinatorial effects of SNP and NaHS on morpho-physio-biochemical attributes and phytoextraction of chromium through Cr-stressed spinach (*Spinacia oleracea L.*). Frontiers in Plant Science. 13. 973740
- Malinconico, S. – Cappa, F. – Zamengo, L.* (2005): International and Italian regulations concerning asbestos limits in liquids. International Conference on Asbestos Monitoring and Analytical Methods (AMAM).
- Malinconico, S. – Paglietti, F. – Serranti, S. – Bonifazi, G. – Lonigro I.* (2022): Asbestos in soil and water: A review of analytical techniques and methods. Journal of Hazardous Materials, 436, ISSN 0304-3894.
- Mohanty, S. K. – Salamatipour, A. – Willenbring, J. K.* (2021): Mobility of asbestos fibers below ground is enhanced by dissolved organic matter from soil amendments. Journal of Hazardous Materials Letters. 2. ISSN 2666-9110.
- Mossman, B. T. – Kamp, D. W. – Weitzman, S. A.* (1996): Mechanisms of Carcinogenesis and Clinical Features of Asbestos-Associated Cancers. Cancer Investigation, 5, 466-480.

- Nayak, L. (2016): The Mineral Fibre: Asbestos - Its Manufacture, Properties, Toxic Effects and Substitutes. *Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal*. 15:2. 477-482.
- Nieto, M. B. - García-Fernández, A. J. - Navas, I. (2023): Asbestos. Reference Module in Biomedical Sciences, Elsevier.
- NIPHEP. (1989): Report No. 758473013, Integrated Criteria Document Asbestos, W. Sloof and P. J. Blokzijl (Eds.) National Institute for Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands.
- Noy, E. A. (1995): Building Surveys and Reports. Blackwell Science, Carlton, Australia.
- O'Dell, R. E. - Claassen, V. P. (2006): Serpentine and nonserpentine *Achillea millefolium* accessions differ in serpentine substrate tolerance and response to organic and inorganic amendments. *Plant and Soil*, 279, 253-269.
- Obminski, A. (2022): Asbestos Cement Products and Their Impact on Soil Contamination in Relation to Various Sources of Anthropogenic and Natural Asbestos Pollution. *Science of the Total Environment*, 20;848:157275.
- Pelley, A. J. - Tufenkji, N. (2008): Effect of particle size and natural organic matter on the migration of nano- and microscale latex particles in saturated porous media. *Journal of Colloid and Interface Science*, 321:1, 74-83.
- Petriglieri, J. R. - Laporte-Magoni, C. - Salviole-Mariani, E. - Ferrando, S. - Tomatis, M. - Fubini, B. - Turci, F. (2021): Morphological and chemical properties of fibrous antigorite from lateritic deposit of New Caledonia in view of hazard assessment. *Science of The Total Environment*, 777.
- Pirani G. (2017): Amianto nelle acque: inquadramento normativo e proposte operative. D. Baldi (Ed.), *Rischio amianto in Italia: da minerale pregiato a minaccia per la salute e per l'ambiente*. *Geologia dell'Ambiente*, 2017:4, 53-62.
- Ricchiuti, C. - Pereira, D. - Punturo, R. - Giorno, E. - Miriello, D. - Bloise A. (2021): hazardous Elements in Asbestos Tremolite from the Basilicata Region, Southern Italy: A first step. *Fibers*, 9:8.
- Rosato, D. V. (1959): Asbestos: Its Industrial Application. Reinhold Publishing Corporation, New York, NY, USA.
- Ryan, J. N. - Elimelech, M. (1996): Colloid Mobilization and Transport in Groundwater. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 1996:107, 1-56.
- Sachanbinsky, M. (2009): Results of research on asbestos pollution of the natural environment of Lower Silesia. Seminar: "Risk Assessment of Buildings Contaminated With Asbestos Dust and Risk Control Methods" Warsaw-ITB.
- Saleem, K. - Asghar, M. A. - Saleem, M. H. - Raza, A. - Kocsy, G. - Iqbal, N. - Ali, B. - Albeshir, M. F. - Bhat, E. A. (2022): Chrysotile-Asbestos-Induced Damage in *Panicum virgatum* and *Phleum pratense* Species and Its Alleviation by Organic-Soil Amendment. *Sustainability*, 14:17, 10824.
- Schreier, H. - Timmenga, H. (1986): Earthworm response to asbestos rich serpentinitic sediments. *Soil Biol. Biochem*, 1, 85-89.
- Shankar, K. - Mehendale, H. M. (2014): Oxidative Stress. In (Wexler, P.) *Encyclopedia of Toxicology* (Third Edition), Academic Press, 735-737.

- Seymour, M. B. – Chen, G. X. – Su, C. M. – Li, Y. S. (2013): Transport and retention of colloids in porous media: does shape really matter? *Environmental Science and Technology*, 47:15, 8391-8398.
- Shukla, A. - Barret, T. F. - Nakayama, K. I. - Nakayama, K. - Mossman, B. T. - Lounsbury, K. M. (2006): Transcriptional up-regulation of MMPs 12 and 13 by asbestos occurs via a PKC $\delta$ -dependent pathway in murine lung. *The FASEB Journal* 20, 997-999.
- Spurny, K. R. – Marfels, H. – Boose, C. – Weiss, G. – Opiela, H. – Wulbeck, F. J. (1989): Fiber emissions from weathered and corroded asbestos cement products. Part 2. Physical and chemical properties of the released asbestos fibres. *Zentralblatt fuer Hygiene und Umweltmedizin*. 188:3-4. 262-270.
- Suzuki, Y. - Yuen, S. R. – Ashley, R. (2005): Short, thin asbestos fibres contribute to the development of human malignant mesothelioma: pathological evidence. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 208. 201-210.
- Tóth, E. - Weiszbürg, T. (2011): Környezeti ásványtan. Typotex Kiadó, Budapest.
- Trivedi, A. K. – Ahmad, É. – Musthapa, M. S. – Ansari, F. A. – Rahman, Q. (2004): Environmental contamination of chrysotile asbestos and its toxic effects on growth and physiological and biochemical parameters of *Lemna gibba*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 47:3. 281-289.
- Trivedi, A. K. – Ahmad, É. – Musthapa, M. S. – Ansari, F. A. (2007): Environmental contamination of chrysotile asbestos and its toxic effects on antioxidative system of *Lemna gibba*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 52:3. 355-362.
- Trivedi, A. K. – Ahmad, I. (2011): Effects of Chrysotile Asbestos Contaminated Soil on Crop Plants. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 20:7. 767-776.
- Trivedi, A. K. – Ahmad, I. (2013): Genotoxicity of chrysotile asbestos on *Allium cepa* L. meristematic root tip cells. *Current Science*. 105:6.
- Tufenkji, N. – Elimelech, M. (2005): Breakdown of Colloid Filtration Theory: Role of the Secondary Energy Minimum and Surface Charge Heterogeneities. *Langmuir*, 21:3, 841-852.
- Turci, F. – Favero-Longo, S. E. – Gazzano, S. – Tomatis, M. – Gentile-Garofalo, L. – Bergamini, M. (2016): Assessment of asbestos exposure during a simulated agricultural activity in the proximity of the former asbestos mine of Balangero, Italy. *Journal of Hazardous Materials*. 308. 321-327.
- U.S. Environmental Protection Agency (2022): Reuse and revitalization in Ambler, Pennsylvania. Elérhetőség: <https://www.epa.gov/ambler/reuse-and-revitalization-ambler-pennsylvania> (Olvasva: 2023.10.05.).
- Virta, R. L. (2006): Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003. Reston, VA: US Geological Survey, Circular 1298.
- Wagner, G. R. - Lemen, R. A. (2017): Asbestos. In (Quah, S. R.) *International Encyclopedia of Public Health (Second Edition)*, Academic Press, 176-182.
- Wei, B. - Ye, B. - Yu, J. - Jia, X. - Zhang, B. - Zhang, X. - Lu, R. - Dong, T. - Yang, L. (2013): Concentrations of asbestos fibers and metals in drinking water caused by natural

crocidolite asbestos in the soil from a rural area. Environmental Monitoring and Assessment. 185:4. 3013-3022.



## SZÁNTÓFÖLDI ÉS KERTÉSZETI NÖVÉNYEK SZÍNANYAG TARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA, MIKROALGÁVAL TÖRTÉNT LEVÉLKEZELÉS ÉS TALAJKEZELÉS HATÁSÁRA

NOTTERPEK T. JÁCINT<sup>1</sup> – DAOOD HUSSEIN<sup>4</sup> - GERGELY ISTVÁN<sup>1</sup> –  
BERZSENYI ZOLTÁN<sup>2</sup> – ÖRDÖG VINCE<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Növénytudományi  
Tanszék, Mosonmagyaróvár;

<sup>2</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus, Növénytermesztési és  
Növényvédelmi Intézeti Tanszék, Kaposvár,

<sup>3</sup>University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development,  
Scottsville

<sup>4</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

### ÖSSZEFOGLALÁS

Ma már bizonyított, hogy a cianobaktériumok és eukarióta mikroalgák számos bioaktív vegyületet, például a biostimuláns hatásért leginkább felelős növényi hormonokat termelnek, halmoznak fel, vagy választanak ki környezetükbe. Elsősorban ennek köszönhető, hogy a növényre, vagy a talajba kijuttatva növelik a gyökérképződést, színanyag tartalmat, tápanyag felvételt, termést és termésminőséget, továbbá javítják a növény stressztűrő képességét. A színanyagok közül a klorofillok megnövekedett koncentrációja a nagyobb fényelnyelés révén növeli az ATP és a NADPH termelődését, míg a karotinoidok az erős fény elleni védő szerepük mellett a paprikában gazdasági előnnyel járnak. A paprikából izolálható karotinoidok legnagyobb mennyiségben  $\beta$ -karotinoidot, zeaxantint, luteint, violaxantint tartalmaznak, egyes sárga vegyületek az A-vitamin prekursorai, a domináns piros vegyületek pedig a kapszantin a színerősségért, a kapszorubin pedig a piros szín tónusosságáért felelősek.

Az elmúlt 15 évben végzett kísérletekben különböző mikroalgák biostimuláns hatását igazoló eredményeink közül a termés mennyiségét és minőségét lényegesen befolyásoló színanyagtartalom változását mutatjuk be. Kísérleteink során egy zöldalga (*Tetracystis* sp. – MACC-430), valamint két cianobaktérium (*Nostoc piscinale* – MACC-612 és *Arthrospira platensis*) törzs szuszpenzióját használtuk egy paprikafajta (*Capsicum annuum* var. 'Kaldom') és egy repce hibrid (*Brassica napus* L. var. 'Orlando 1') levélkezelésére (Notterpek et al., 2019, Tóth, 2010), biomasszájukat pedig bogyógyümölcsűek talajkezelésére. A 2009-ben végzett paprika kísérlet termésanalízise alapján az MACC-612 1 g L<sup>-1</sup> koncentrációban 28 %-kal (P=0,1) növelte a szárított paprikaőrlemény kapszantin tartalmát, 19%-kal a  $\beta$ -karotin mennyiségét, az összes piros

és sárga színanyag mennyisége mindkét esetben +11%-kal ( $P=5\%$ ) változott a kezelést követően. A kezelés átlagosan 150-159%-kal növelte a szárított paprikapor C vitamin ( $P=5\%$ ) 11%-kal pedig annak E vitamin tartalmát. A 2013-as repcekísérletben az MACC-612 már  $0,3 \text{ g L}^{-1}$  koncentrációban a kezdeti  $0,361 \text{ mg g}^{-1}$ -ről  $0,725 \text{ mg g}^{-1}$ -ra növelte a friss levelek klorofill-b tartalmát, miközben a karotinoid tartalom is jelentősen megnövekedett a kontrollhoz viszonyítva ( $0,329 \text{ mg g}^{-1}$ ). A faiskolai kísérletekben a növényenként  $2 \text{ g}$  *Athrospira* biomasszával történt talajkezelés 88%-kal ( $P=0,1\%$ ) növelte a *Ribes rubrum* 'Jonkher van Tets', 14%-kal ( $P=0,1\%$ ) a *Ribes nigrum* 'Titania' és 34%-kal ( $P=1\%$ ) a *Ribes rubrum* 'Weisse versailer' ribizli fajták klorofill tartalmát. A színanyagváltozás minden esetben a növények erőteljesebb növekedésével és a termés kedvező mennyiségi és minőségi változásával járt együtt.

## CHANGES IN PIGMENT CONTENT OF FIELD AND HORTICULTURAL CROPS DUE TO MICROALGAL LEAF AND SOIL TREATMENT

### ABSTRACT

Cyanobacteria and eukaryotic microalgae produce, accumulate or excrete into their environment a number of bioactive compounds, such as plant hormones, which are most responsible for biostimulant effects. This is primarily due to the fact that when applied to a plant or soil, they increase root formation, color matter content, nutrient uptake, yield and crop quality, and improve the stress tolerance of the plant. Among color substances, the elevated concentration of chlorophylls causes an increase in the production of ATP and NADPH through greater light absorption, while carotenoids, in addition to their protective role against bright light, have an economic advantage in peppers. Carotenoids, isolated from peppers, contain the greatest amount of  $\beta$ -carotenoids, zeaxanthin, lutein, violaxanthin, some yellow compounds that are precursors of vitamin A, and the dominant red compounds, capsanthin, which are responsible for color strength, and capsorubin for the tonality of the red color.

Experiments carried out in the past 15 years, along with our findings have shown the biostimulant effect of various microalgae. Here, we present change in the color matter content that significantly influences the results and quality of the crop. In our experiments, a suspension of one green algae (*Tetracystis* sp. – MACC-430) and two strains of cyanobacteria (*Nostoc piscinale* – MACC-612 and *Arthrospira platensis*) were used in a pepper variety (*Capsicum annuum* var. 'Kaldom') and a rapeseed hybrid (*Brassica napus* L. var. 'Orlando 1') and their biomass for berry soil treatment. Based on the yield analyses of red pepper experiments conducted in 2009, MACC-612 at  $1 \text{ g L}^{-1}$  concentration, increased the capsanthin content of dried red pepper powder by 28% ( $P=0.1$ ), the amount of  $\beta$ -carotene by 19%, and the total amount of red and yellow color matter by +11% ( $P=5\%$ ). The experimental treatments increased the vitamin C-content C ( $P=5\%$ ) of dried pepper powder by an average of 150-159% and its vitamin E content by 11%. In the 2013 rapeseed experiment, MACC-612 when applied at concentration of  $0.3 \text{ g L}^{-1}$ , increased

the chlorophyll-b content of fresh leaves from the initial 0.361 mg/g to 0.725 mg/g, while the carotenoid content also increased significantly compared to the control (0.329 mg/g). In nursery trials, 2 g soil treatment with *Athrospira* biomass increased the chlorophyll content of *Ribes rubrum* 'Jonkher van Tets' by 88% ( $P=0.1\%$ ), *Ribes nigrum* 'Titania' by 14% ( $P=0.1\%$ ) and *Ribes rubrum* 'Weisse versailer' currants by 34% ( $P=1\%$ ). In all cases, the change in color matter led to stronger growth of plants and favorable quantitative and qualitative changes in yield. Together, these results further support the utility of MACC-612 in improving important indicators of crop quality.

## BEVEZETÉS

A cianobaktériumok az élőlények azon kivételes csoportjába tartoznak, amelyek az egyik legtöbb bioaktív vegyületet termelik, így számos extracelluláris anyagcseretermék is előállítanak (Haroun és Hossein, 2003; Rodríguez *et al.*, 2006). Növényi növekedést szabályozó anyagokat (PGR), antibiotikumokat, biocidokat, biosztatikus vegyületeket, vitaminokat, valamint szideroforokat termelnek és bocsátanak ki környezetükbe, amelyek befolyásolják a növényi növekedést és fejlődést (Haroun és Hossein, 2003; Rodríguez *et al.*, 2006, Sing, 2014). A másodlagos anyagcseretermékek hozzájárulnak a növénytermesztés sikerességéhez. Előnyei a szintetikus hormonkészítményekkel szemben, hogy a fitohormonok jóval szélesebb hatásspektrumú aktivitással rendelkeznek, amelyekre a növényi sejteknek és molekuláknak *in vivo* és *in vitro* is szükségük van (Sergeeva *et al.*, 2002; Prasanna *et al.*, 2010, Yadav *et al.*, 2011). Az auxin és más hormonok szerepe az algákban és a magasabb rendű növényekben hasonló (Stirk és van Staden, 1996). A legújabb vizsgálatok bebizonyították, hogy számos mikroorganizmus használata nem csak környezetkímélő, hanem jövedelmező is lehet a mezőgazdasági termelés számára (Sahin, 2011). A világ számos régiójában régóta használják a mikro- és makroalgákat a növényi eredetű élelmiszer-alapanyagok termelésében jótékony hatásuk miatt (Craigie, 2011; Zodape, 2001). A legkülönbözőbb eredetű biostimulánsok, köztük a mikroalgák is már kis mennyiségben kedvezően befolyásolják a növények növekedését és fejlődését. A klorofill-a és -b mennyisége döntő szerepet játszik a fotoszintézisben, azok mennyiségi változása több módon is bekövetkezhet: (1.) ha növény nagyobb mennyiségű nitrogént képes felvenni, az elősegíti a klorofillok termelődését, ugyanakkor (2) egyes növényi hormonok növelik a színalkotók mennyiségét. A nagyobb mennyiségű klorofill-tartalom hatására a növények hosszabb ideig képesek az ATP és a NADPH előállítására, majd az így kapott energiatöbbletet a növények a vegetatív fejlődésre fordítják.

A paprika piros és sárga színű vegyületei a karotinoidok, amelyek kémiai szerkezetük alapján tetraterpenoidok, funkcionálisan pedig a fotoszintézis működtetésében van kulcs szerepük. A karotinoidok zsírsavakkal alkotott észterekre jellemző, hogy nagyfokú stabilitást biztosítanak magas hőmérséklet és oxidáció ellen, míg az észter-csoporttal rendelkező és nem rendelkező kapszantin vegyületek gyökfagó képességgel rendelkeznek.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Növénykísérleteink célja az volt, hogy különböző mikroalga törzsek biomasszájának biostimuláns hatását kihasználva, pozitívan befolyásoljuk a hagyományos mezőgazdasági, vagy faiskolai termesztésben használt növények leveleinek és/vagy termésének karotinoid-, és klorofill tartalmát, végső soron pozitívan befolyásoljuk az egyes növényfajok korai fejlődési szakaszait, beltartalmi mutatóikat. Kísérleteink során egy zöldalga (*Tetracystis* sp. – MACC-430), valamint két cianobaktérium (*Nostoc piscinale* – MACC-612 és *Arthrospira platensis*) törzs biomasszáját, illetve egy kereskedelmi forgalomban kapható zeolit tartalmú szerves trágyát a Steinkraft GmbH biopelletjét használtuk fel kezelésekhez, illetve táptalajba történő adagoláshoz (Tóth et al., 2019; Notterpek et al., 2021). A kísérleti növényeink az elmúlt másfél évtizedben egy paprikafajta (*Capsicum annuum* var. 'Kaldom'), egy repce hibrid (*Brassica napus* L. var. 'Orlando 1'), ribizli fajták (*Ribes rubrum* 'Weiße Versailler', a *Ribes rubrum* 'Jonkheer van Tet's', 'Rovada', 'Rolan', valamint *Ribes nigrum* 'Titania'), két hortenzia fajta (*Hydrangea arborescens* var. 'Annabelle', *Hydrangea paniculata*), a fekete berkenye (*Aronia melanocarpa* 'Viking'), illetve különböző egres (*Ribes uva crispa*) és áfonya (*Vaccinium corymbosum* 'Emblue') fajták voltak. (1. táblázat).

A vizsgáلتnövények az egyes faiskolai kísérleti években az: *Aronia melanocarpa* 'Viking', *Ribes rubrum* 'Weiße Versailler', *Ribes rubrum* 'Rovada'; 'Rolan' és 'Jonkheer van Tet's', *Ribes x nidigloralia* 'Josta', *Ribes nigrum* 'Titania', *Morus alba*, *Vaccinium corymbosum* 'Goldtraube' és 'Emblue', *Hydrangea paniculata*, míg a szántóföldi növénykísérletek esetében a: *Capsicum annuum* var. 'Kaldom' és a *Brassica napus* var. 'Orlando 1' voltak. A konténeres növények előállításához minden alkalommal a németországi Stender® AG faiskolai földkeverékét használtuk, amely 3m<sup>3</sup>-es kiszorításban 0,1 kg vasat (kelát formában), 0,1 kg mikroelemeket, 1kg/m<sup>3</sup> lassan feltároló (8-9 hónap) Osmocote extraktumot tartalmazott. A használt talaj pH<sub>KCl</sub> értéke 5,4-5,8 volt.

Az egyes kísérleti években a repce leveleinek klorofill- és karotinoid tartalmait nyers levélmintákból spektrofotométer segítségével (662, 644, 440,5 nm abszorpciós maximum) határoztuk meg, míg a kertészeti növények levelének színanyag tartalmát, hordozható klorofill mérő készülékkel vizsgáltuk (SPAD 502 Plus, MINOLTA, Japán). A paprika esetében a levelek színanyag-tartalmait nem, azonban vizsgáltuk a bogyók összkarotinoid, összes sárga és piros színanyag, valamint a C és E vitamin tartalmát. A vizsgálatok eredményeit 2007 Windows 7 Home Premium OA szoftver, Microsoft Excel program IBM SPSSR Statistics 19.0 for Windows szoftver statisztika programjával, egytényezős varianciaanalízissel elemeztük. A kezeléshatások kimutatását varianciaanalízissel, a változók közötti összefüggések vizsgálatát korrelációanalízissel, és lineáris regresszió analízissel végeztük.

1. táblázat: A mikroalgás kísérletek beállításai 2009-2018 között Magyarországon és Ausztriában

|                        |    | Kezelések                                          | Mennyiség (g)                |                                | Konténer méret (l)         | Fajta                                                                                                                                                                                                           |                                        |
|------------------------|----|----------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Kertészeti kísérletek  | 1  | Kontroll                                           | -                            |                                | 3; 4; 5                    | <i>Aronia melanocarpa</i> *<br><i>Ribes rubrum</i> *<br><i>Ribes x nidigloralia</i> 'Josta'*<br><i>Ribes nigrum</i> *<br><i>Morus alba</i> *<br><i>Vaccinium corymbosum</i> *<br><i>Hydrangea arborescens</i> * |                                        |
|                        | 2  | <i>Athrospira platensis</i>                        | 2;4; 6                       |                                | 3; 4; 5                    |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                        | 3  | Steinkraft biopellet                               | 8; 16; 32                    |                                | 3; 4; 5                    |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                        | 4  | <i>Athrospira platensis</i> + Steinkraft biopellet | 2; 16                        |                                | 3; 4; 5                    |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
| Szántóföldi kísérletek |    | Kezelések                                          | Dózis (g/ ha <sup>-1</sup> ) | Permetlé (L ha <sup>-1</sup> ) | Konc. (g L <sup>-1</sup> ) | Fenológiai fázis                                                                                                                                                                                                | Fajta                                  |
|                        | 5  | Kontroll                                           | 0                            |                                | 0                          | BBCH-10-15 <sup>p</sup>                                                                                                                                                                                         | <i>Capsicum annuum</i> var. 'Kaldom'   |
|                        | 6  | MACC-612                                           | 120                          | 400                            | 0,3                        |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                        | 8  |                                                    | 210                          | 700                            | 0,3                        |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                        | 9  |                                                    | 400                          | 400                            | 1                          |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                        | 10 |                                                    | 700                          | 700                            | 1                          | BBCH-71 <sup>p</sup>                                                                                                                                                                                            | <i>Brassica napus</i> var. 'Orlando 1' |
|                        | 11 | MACC-430                                           | 120                          | 400                            | 0,3                        | BBCH-14-16 <sup>r</sup>                                                                                                                                                                                         |                                        |
|                        | 12 |                                                    | 210                          | 700                            | 0,3                        | BBCH-30 <sup>r</sup>                                                                                                                                                                                            |                                        |
|                        | 13 |                                                    | 400                          | 400                            | 1                          | BBCH-51 <sup>r</sup>                                                                                                                                                                                            |                                        |
|                        | 14 |                                                    | 700                          | 700                            | 1                          |                                                                                                                                                                                                                 |                                        |

(<sup>p</sup>-A paprika fenológiai fázisai; <sup>r</sup>- A repce fenológiai fázisai, \*-Kertészeti kultúrák esetében az algák talajba adagolása az ültetéssel egy menetben zajlott, ezért a fenológiai fázis nem meghatározható.)

## EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

A *Nostoc piscinale* 0,3 g L<sup>-1</sup> koncentrációjú kezelései átlagosan 8-10%-kal (P=5%) növelte a paprika termés összes sárga és piros színanyagának mennyiségét, míg a cianobaktérium 1 g L<sup>-1</sup> kezelései 11%-kal növelték a sárga és piros színalkotók összes mennyiségét. A kezelések 9 (0,3 g L<sup>-1</sup>) és 14%-kal (1 g L<sup>-1</sup>) növelték a paprika termésének összkarotinoid tartalmát (P=5 és 1%). A kezelések hatására a paprika termések átlagosan 10-11%-kal több E-vitamint (P=5%) és 150-160%-kal több C-vitamint tartalmaztak (P=0,1%). A 2010/11 és 2013/14-ben Mosonmagyaróváron beállított repcés kísérletek során a két kísérleti évben a legnagyobb eltérést a kontrollhoz viszonyítva az MACC-612 0,3 g L<sup>-1</sup> (+219%) koncentrációjú kezelései eredményezték a klorofill-a tartalom

vizsgálatakor, míg a cianobaktérium 1 g L<sup>-1</sup>-es beavatkozásai 99-138%-kal növelték a levelekben található színezőanyagok mennyiségét. Az MACC-612 0,3 és 1 g L<sup>-1</sup> koncentrációjú kezelései mindkét évben átlagosan 93-219%-kal, míg az MACC-430 zöldalga levélkezelései 108-185%-kal növelték a klorofill-a mennyiségét. A klorofill-b tartalom legnagyobb mennyiségi változását az MACC-612 0,03% koncentrációjú kezelése okozták (+184%). Az MACC-430 0,3 g L<sup>-1</sup> levelkezelései átlagosan 91-160%-kal, míg az 1 g L<sup>-1</sup> koncentrációjú permetezések 101-122%-kal növelték a levelek klorofill-b tartalmát. A levelek karotinoid tartalma mindkét évben az MACC-612 *Nostoc piscinale* 0,03%-os kezeléseit követően volt a legnagyobb a kontrollhoz viszonyítva (0,34-0,33mg/g). A mikroalgás kezelések a kísérleti években átlagosan 23-85%-kal növelték a karotinoidok mennyiségét a kontroll viszonylatában.

Az *A. platensis* talajkezelések a faiskolai kísérlet végére (17 héttel a kezelést követően) a vizsgált paraméterek közül a legnagyobb mértékben, 75-88%-kal a kísérleti növények relatív klorofill tartalmát növelték. A 2 grammos talajkezelés 88%-kal (P=0,1%), a 4 grammos 83%-kal (P=5%), míg a 6 grammos talajkezelés 75%-kal (P=5%) növelte a *Ribes rubrum* Jonkheer van Tet's levelének relatív klorofill tartalmát. A *Ribes rubrum* 'Weisse Versailler' esetében a növények leveleinek klorofill tartalma átlagosan 21-34%-kal lett több mint a kontroll növények leveleiben. A 2 grammos kezelés 34% (P=1%), míg a 4 és 6 grammos 21% és 22% (P=5%) klorofilltartalom-növekedést eredményezett. A talajkezelések átlagosan 10-18%-kal növelték a *Ribes nigrum* 'Titania' leveleinek relatív klorofill tartalmát a vizsgálati időszak végére. A legnagyobb növekedést a 2 g-os kezelés eredményezte (18%) a kontrollhoz viszonyítva.

A csak biopelletet tartalmazó talajkezelések nem befolyásolták szignifikánsan a levelek klorofill tartalmát, ugyanakkor az *A. platensis* 2 grammos és a Steinkraft Biopellet 16 grammos kombinált kezelése 2018-ban átlagosan 17-78%-kal növelték minden kísérleti növények levelének relatív klorofill tartalmát.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A jelenlegi eredmények megerősítik a korábban a témában végzett kísérletek eredményeit. A mikroalgás kezelések hatására növekszik a növények fényhasznosítása, amely első lépésben a klorofill-tartalom növekedésében mutatkozik meg, ez később pozitívan hat a növény fejlődésére és termőképességére Khan *et al.* (2009). A közelmúltban számos publikáció bizonyította tengeri és édesvízi mikroalgák kedvező hatását különböző gazdasági növények leveleinek klorofill tartalmára (Khan *et al.* 2009, Tóth *et al.* 2016; Tóth *et al.* 2019; Notterpek *et al.*, 2021, Takács *et al.* 2020, Ullah *et al.* 2012.). A klorofillok mennyiségének változása több módon is bekövetkezhet. A növény nagyobb mennyiségű nitrogént képes felvenni, ami elősegíti a klorofillok termelődését Ogunlela *et al.* (2019), vagy egyes növényi hormonok növelik annak mennyiségét. Ugyanakkor a klorofillok koncentrációját számos stressz-hatás, leginkább a szárazság csökkenti (Paknejad *et al.*, 2007; Sun *et al.* 2011). A természetes növényi növekedést szabályozó anyagok megvédik a szintesteket a károsodástól Ullah *et al.* (2012).

A cianobaktériumos kezelések hatására a kontroll növényekhez viszonyítva, a kezelt faiskolai növények nagyjából 2-4 héttel korábban elérték az eladási/végtermék állapotot. Az *A. platensis* kezelések hatására fejlettebb, egészségesebb, az abiotikus stressz-hatásoknak ellenállóbb növényeket kaptunk. A Steinkraft Biopellet kezelései mérsékeltabb pozitív fejlődést eredményeztek. Az *A. platensis* és a Steinkraft biopellet kombinált kezelései egymást hatását kiegészítették, és egy lassabb, ugyanakkor hosszabb, erőteljesebb növekedést indukáltak. A cianobaktériumban található másodlagos anyagcsere-termékek a fejlődés kezdeti, míg a biopellet hatóanyagai a fejlődés későbbi szakaszában támogatták a növényi növekedést, fejlődést. Bogyós gyümölcsöknél – tudomásunk szerint – eddig még nem írták le a cianobaktérium kezelés hatására bekövetkező klorofill tartalom növekedését. A fasikolai kísérleteink közül a klorofill tartalom legnagyobb növekedését 2017-ben (75-88%) a *R. rubrum*-nál mértük, a legkisebbet pedig a *R. nigrum*-nál (14-18%). Feltételezhető, hogy az *Arthrospira platensis* által termelt növényi hormonok és egyéb másodlagos anyagcsere termékek befolyásolták kedvezően a klorofilok termelődését a vegetációs időszakban.

Eredményeink bizonyítják, hogy mind az MACC-612, mind az MACC-430-as mikroalga törzsek, valamint az *Arthrospira platensis*, minden kísérleti évben szignifikánsan növelték a kísérleti növények leveleinek színanyag tartalmát, attól függetlenül, hogy a növények talaj, vagy levélkezelésekben részesültek. A nagyobb mennyiségű klorofill-tartalom hatására a növények hosszabb ideig képesek az ATP és a NADPH előállítására. A többlet energiát a növények szervezetük fejlődésére fordítják, amely végső soron kihat a mindenkor piacképes termékek minőségére és/vagy mennyiségére.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Craige, J. S. (2011): Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol., 23, 371-393.
- Haroun S. A. - Hossein M. H. (2003): The promotive effect of algal biofertilizers on growth, protein pattern and some metabolic activities of *Lupinus termis* plants grown in siliceous soil. Asian J. Plant Sci., 2(13): 944-951.
- Khan, W. - Rayirath, U.P. - Subramanian, S. - Jithesh, M.N. - Rayorath, P. - Hodges, D.M. - Critchley, A.T. - Craigie, J.S. - Norrie, J., - Prithiviraj, B. (2009): Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28,386–399.
- Notterpek, T. J. - Ördög, V. (2021): Az *Arthrospira platensis* cianobaktérium hatása bogyós gyümölcsű faiskolai növényekre, Acta Agronomica Óváriensis, pp. 4-20
- Ogunlela, V. B. - Kulmann, A. - Geisler, G. (1989): Leaf Growth and Chlorophyll Content of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) as Influenced by Nitrogen Supply, J. Agronomy & Crop Science 163. 73-89.
- Paknejad, F. - Nasri, M. - Moghamad, H. R. T. - Zahedi, H. - Alahmadi, M. J. (2007): Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of cultivars. Journal of Biological Science, 7 (6): 841-847

- Prasanna, R. - Sood, A. - Jaiswal, P. - Nayak, S. - Gupta, V. - Chaudhary, V. - Joshi, M. - Natarajan, C. (2010):* Rediscovering cyanobacteria as valuable sources of bioactive compounds. *Appl. Biochem. Microbiol.* 46:133-147.
- Rodríguez, A. A. - Stella, A. M. - Storni, M. M. - Zulpa, G. - Zaccaro, M. C. (2006):* Effects of cyanobacterial extracellular products and gibberellic acid on salinity tolerance in *Oryza sativa* L, *Saline Systems* 2006 2:7; doi:10.1186/1746-1448-2-7; BioMed Central Ltd.
- Sahin, F. (2011):* Development and application of biofertilizers and biopesticides for crop production and protection, *Current Opinion in Biotechnology* 22S (2011) S15–S152, Yeditepe University, Faculty of Engineering And Architecture, Department of Genetics and Bioengineering, Istanbul, Turkey
- Sergeeva, E. - Liaimer, A. - Bergman, B. (2002):* Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta* 215.2: 229-238.
- Sing, S. (2014):* A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic or abiotic stress. *Journal of Applied Microbiology* 117, 1221—1244, ISSN 1364-5072
- Stirk, W. A. - Van Staden, J. (1996):* Comparison of cytokinin-and auxin-like activity in some commercially used seaweed extracts. *J. Appl. Phycol.* 1996, 8, 503–508.
- Sun, C. H. - Cao, H. - Shao, X. - Lei, X. - Xiao, Y. (2011):* Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. *African Journal of Biotechnology*, 10: 10465-10471
- Takács, G. - Stirk, W.A. - Gergely, I. - Molnár, Z. - van Staden, J. - Ördög, V. (2019):* Biostimulating effects of the cyanobacterium *Nostoc piscinale* on winter wheat in field experiments, *South african Journal of Botany* 126 (2019) 99-106
- Tóth, J. - Geregely, I. - Ördög, V. (2016):* Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) növekedésére és fejlődésére, *Növénytermelés* 65 (2016)1, 1-26
- Tóth, J. - Gergely, I. - Berzsenyi, Z. - Ördög, V. (2019):* Influence of *Nostoc entophytum* and tetracystis sp. on winter survival of rapeseed, *Journal of Agricultural Science and technology* B9 (2019) 251-271
- Ullah, F. - Bano, A. - Nosheen, A. (2012):* Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany*, (44) 6 pp1873-1880
- Yadav, S. - Sinha, R.P. - Tyagi, M.B. - Kumar, A. (2011):* Cyanobacterial secondary metabolites. *International J Pharma & Bio Sciences* 2(2):144-167.
- Zodape, S. T. (2001):* Seaweeds as a biofertilizer, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol 60. pp 378-372



## **A VINASZ ÉS A CINK-KOMPLEX LOMBTRÁGYAKÉNT VALÓ ALKALMAZÁSA AZ ŐSZI BÚZA HOZAMÁNAK ÉS MINŐSÉGÉNEK JAVÍTÁSA CÉLJÁBÓL**

**VÁMOS OTTÍLIA - VARGA ZOLTÁN - SZAKÁL TAMÁS**

Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, 9200  
Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A mezőgazdasági termelés elsődleges célja, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű terményt állítson elő. Ennek egyik sarkalatos pontja a növények megfelelő tápanyagellátása. Napjainkban a makroelemek kijuttatása mellett egyre nagyobb figyelem irányul a mikroelemek visszapótlására is, hiszen az esszenciális mikroelemek kisebb mennyiségben ugyan, de elengedhetetlenek kultúrnövényeink termesztéséhez. A hároméves kisparcellás kísérleteinkben a két lombtrágya, a Vinasz, amely a szeszgyártás mellékterméke, és egy cink-komplex hatását vizsgáltuk az őszi búza hozamára, nyersfehérje-, és sikértartalmára. Vizsgáltuk a készítmények lombtrágyaként való hatását külön-külön, és együttesen is. Vinasz esetében 50, 100, 250 és 500 l/ha, cink-komplex esetében 0,5 kg/ha dózisoknál. Jelen tanulmányban a 2021-ben végzett kísérletek eredményeit ismertetjük.

### **EFFECT OF VINASSE AND ZINC COMPLEX APPLIED AS FOLIAR FERTILIZER ON THE QUANTITY AND QUALITY OF WINTER WHEAT YIELD**

#### **ABSTRACT**

The primary goal of agricultural production is to produce adequate quantity and quality of crops. One crucial aspect of this is providing the appropriate nutrients to plants. In recent times, there has been a growing emphasis on replenishing micronutrients beside macronutrients, as essential microelements, although in smaller quantities, are indispensable for the cultivation of our crops. In our three-year small-plot experiments, the effect of two foliar fertilizers, vinasse, which is a by-product of alcohol production, and a zinc complex on the yield, raw protein, and gluten content of winter wheat, was investigated. The effects of these formulations when applied as foliar fertilizers separately and together, at doses of 50, 100, 250 and 500 l/ha for Vinasz and 0.5 kg/ha for zinc

complex, were examined. In this study the results of the experiments conducted in 2021 are presented.

## BEVEZETÉS

A világ egyik legértékesebb és legnagyobb területen termesztett gabonaféléje a búza, (*Triticum aestivum* L.) vetésterülete 245-250 millió hektár körül van a világon. Népélelmezési jelentőségét csak a rizs közelíti meg. Széles körű elterjedését a búzafajok és fajták változatos éghajlati igénye és jó alkalmazkodóképessége tette lehetővé (Radics, 2007).

A búza élelmezési felhasználása főleg őrlményei formájában történik. Felhasználási területe széleskörű; nagyobbérszt kenyeret készítenek belőle, de a kenyéren kívül még számos süítő-, tészta- és cukrászipari felhasználási módja van. A sokréttű felhasználáshoz tartozik még az is, hogy a búza jó minőségű abraktakarmány, de melléktermékei is értékesek. A búzaszalma értékes alományag - esetleg takarmánypótló-, de ipari felhasználása is előtérbe került (szalmacellulóz-gyártás, energetika stb.). A búza hazánkban is a legfontosabb és évről évre kb. 1 millió hektáron termesztett gabonaféle (Radics, 2007).

A vizsgálatunk tárgyává a mezőgazdasági termelésben betöltött nagyon fontos szerepe miatt választottuk az őszi búzát. A Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Karának Vízgazdálkodási és Természeti Ökoszisztémák Tanszékén Prof. Dr. Szakál Pál irányításával már sokéves múlra tekint vissza a növények különböző tápanyagokkal való ellátásának vizsgálata. Buzás (1983) szerint a növénytáplálás a növények mennyiségi és minőségi termelésének sikerében 50-60 %-ban játszik szerepet.

Különböző módszerekkel végzett növényanalízisekkel elég pontosan meghatározták a növényi test felépítését. Ezeket az elemeket a növényben előforduló mennyiségük és szerepük alapján többféleképpen szokták csoportosítani. A tápelemek felosztására már 1957-ben Vinogradov javasolta, hogy a mennyiségeket vegyék alapul. A nagyobb mennyiségben előforduló elemeket makroelemeknek (N, P, K, Ca, Mg, S), a kisebb mennyiségben előforduló elemeket mikroelemeknek (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) nevezzük. Győri (1984) a makrotápelem fogalmán csak a NPK-elemeket érti, a Ca, Mg, S elemeket a megkülönböztetés végett „mezotápelemeknek” nevezi.

A mikrotápelemek funkciója részben különbözik a makrotápelemekétől, mivel nem alapépítőkövekként funkcionálnak. Nem elsősorban a terméshozam növelésében játszanak szerepet, hanem funkcionális szerepük alapján nélkülözhetetlenek a növényi biokémiai folyamatokban, pl. enzimek működésének zavartalan működésének biztosítása (Győri, 1984). Hazánk talajai nagy része cinkből és kisebb mértékben rézből hiányosak (Kádár, 2005). Az esetlegesen gátolt transzportfolyamatok miatt a rézből és cinkből jól ellátott talajoknál is gyakran kimutatható a növényekben a hiányuk. A talajösszetétel ismeretében a hiányt mutató mikroelemek pótlásával a hozam növelése mellett a minőség javítása is biztosítható (Szakál et al., 2007, Szakál et al., 2003). A hazai rézhiányos talajoknál, különböző típusú réz-komplex vegyületeknek a fungicid, valamint a búza

minőségére és hozamára gyakorolt kedvező hatását is bizonyították (Giczi *et al.*, 2021, Giczi *et al.*, 2020, Schmidt *et al.*, 2002).

Mai világunkban sok szó esik a körforgásos gazdálkodásról, ennek tökéletes példája a Vinasz mezőgazdasági felhasználása, hiszen a cukorrépa alapú cukorgyártás egyik „hulladékát” juttatjuk vissza a növénytermesztésbe. A felhasznált cink-komplexünk pedig szintén hulladék átalakítását és újrahasznosítását testesíti meg. A cink tartalmú hulladékból kémiai átalakítással cink-tetramin-szulfátot állítunk, elő majd azt tesszük alkalmassá lombtrágyaként való kijuttatásra, így végső soron tápanyagpótlásra.

Kísérleteink során azt vizsgáltuk, hogy az őszi búza hozamát és beltartalmi mutatóit, hogy befolyásolja a Vinasz- és a cink- komplex-oldattal történő lombtrágyázás.

A Vinasz szó a latin *vinacaeus* szóból származik, és eredetileg borélesztőt jelentett, de mi is ez az anyag, és hogyan keletkezik?

A melaszalapú szeszgyártás során keletkező másodtermék a Vinasz. A melasz fermentációja után a cefréből a szesz kinyerésre kerül. A lepárlás során visszamaradó anyag a 8-10 % szárazanyagtartalmú melaszmoslék. Ezt az anyagot vákuumbepárlón besűrítik, és aztán Európa más országaihoz hasonlóan Vinasz néven hozzák forgalomba. A Vinasz sötétbarna, sűrűn folyó, jellegzetes szagú, viszkózus folyadék. A magas szárazanyag tartalomnak (60-61%) köszönhetően az anyag kémiaiilag stabil, eredeti állapotában éveken át tárolható. Könnyen hígítható, vízben jól oldódik. A Vinasz talajtermékenység növelő hatása abban jelentkezik, hogy növeli a talaj makro- és mikroelem, illetve szervesanyag tartalmát. Serkenti a talajok mikrobiológiai életét és a szármaradványok lebontását, javítja a talaj vízgazdálkodását.

A másik felhasznált lombtrágyánk egy cink-komplex (Cink-tetramin-szulfát  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}\text{SO}_4^{2-}$ ). A növények a cinket  $\text{Zn}^{2+}$ -ion formában veszik fel a talajból, vagy keláttípusú szerves vegyület formában. A világ gabonatermesztésre alkalmas talajainak közel 50%-a minősül potenciálisan cinkhiányosnak. Kádár (2005) szerint a magyarországi talajok 46%-a cinkkel gyengén ellátott. A növények számára hozzáférhető és felvehető cinkformák felvehetőségét több tényező befolyásolja (pl.: a talaj kémhatása, mésztartalma, a foszfor tartalma) (Kalocsai *et al.*, 2005, Tóth *et al.*, 2018).

A cink biológiai szempontból az egyik legfontosabb fémion, és az élet minden formájához nélkülözhetetlen, amely aktívan részt vesz fehérje anyagcserében és az auxintermelés serkentése révén a növények növekedésszabályozásában (Kalocsai *et al.*, 2005). A két legismertebb cinktartalmú enzim a karboxilpeptidáz-A és a szénsav-anhidráz. A peptidázok aktiválása révén a nitrogén-anyagcserére is hatással van (Alloway, 2008).

A cink-hiány tünetei lehetnek a növényeken: érközi klorózis, elsősorban fiatal leveleken; vöröses-barnás vagy bronz minták megjelenése a leveleken; aprólevelűség; a fellépő auxinhiány végett törpe szártágúság és rozettásodás; visszafogott növekedés, lerövidült ízközök; illetve súlyos cink-hiány esetében gyökércsúcs-elhalás („dieback”).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérlet helyszíne: A Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Tangazdasága.

Felhasznált őszi búzafajta: (*Triticum eastivum* L.) Mv. Nádor.

### A kísérleti terület jellemzői:

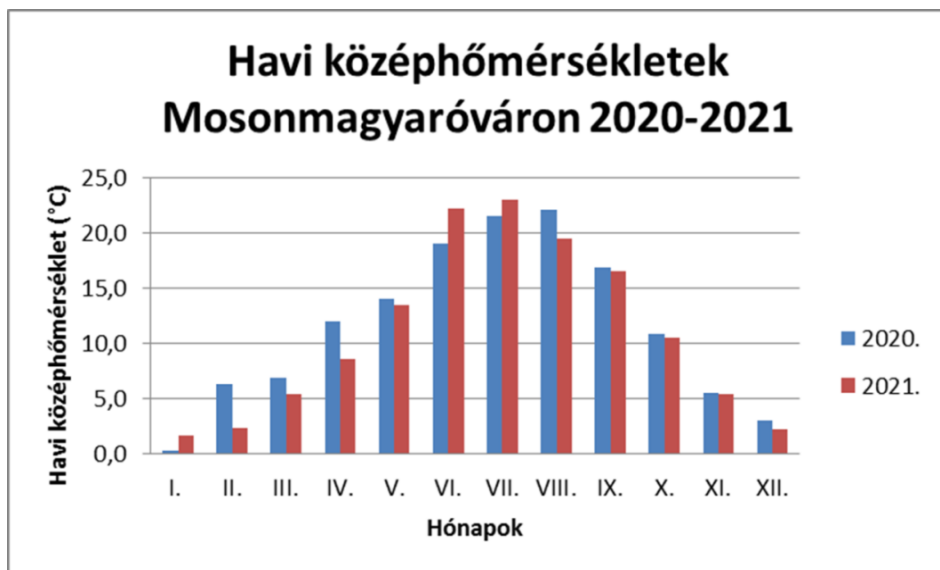
A termőterület talajtípusa Duna- öntéstalaj. A kísérleti terület számításba vehető talajréteg- vastagsága: 120-140 cm.

Jellemzői:

- pH:7,30-7,55
- összes sótartalom: 0,00-0,08 %
- mésztartalom: 16-18 %
- Arany-féle kötöttségi szám: 39-42
- humusztartalom: 2,5-3,0 %
- a felvehető cink tartalom 0,4-1,5 mg/kg közötti

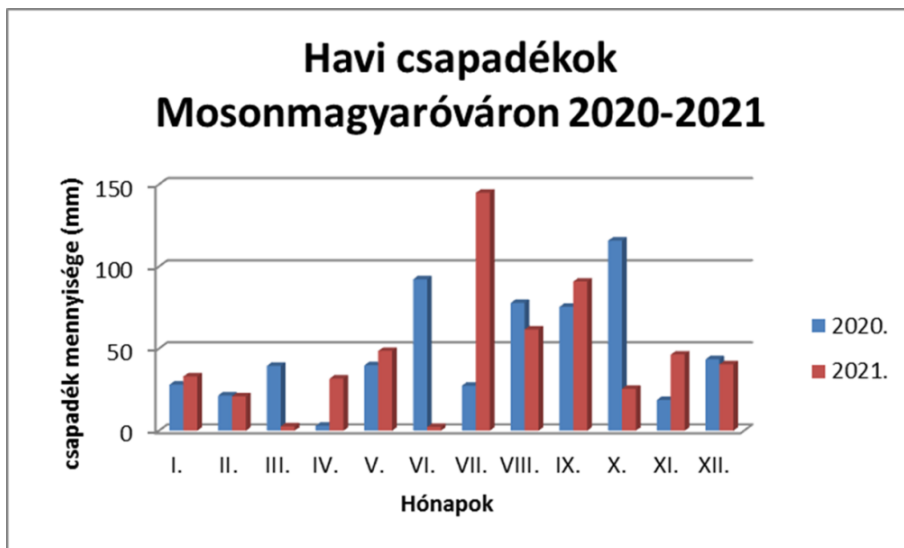
### A termőhely klimatikus jellemzői

Kísérleteinket a meteorológiai tényezők is befolyásolták. A terület éghajlata mérsékeltövi, nedves kontinentális. Az évi középhőmérséklet 11 °C körül alakul. A kísérleti területre vonatkozó adatok az OMSZ és egyetemünk által közösen üzemeltetett mosonmagyaróvári, a Tangazdaság területén működő meteorológiai állomásáról származnak (1. és 2. ábra).



1. ábra: Havi középhőmérsékleti értékek Mosonmagyaróváron 2020-2021

A 30 éves (1991-2020) éghajlati normál értékekhez viszonyítva azt mondhatjuk, hogy a január-február (0,0 és 1,8 °C) enyhébb, a tavaszi hónapok pedig kissé hűvösebbek voltak, mint a sokéves átlagok. Az év nagy részében az átlaghőmérsékletek a harmincéves átlagok környékén alakultak.



2. ábra: A havi csapadék mennyisége Mosonmagyaróváron 2020-2021

Mosonmagyaróváron az utolsó 30 év átlagában (1991-2020) az éves csapadék összege 580 mm körül alakult. 2020-ban a sokéves átlag körül alakult a csapadék mennyisége (582,2012 mm), de 2021-ben némileg elmaradt a harmincéves átlagtól (548,5 mm). Szántóföldi kisparcellás, kísérleteket állítottunk be a Vínasz és a cink-komplex lombtrágyák vizsgálatára. A kísérleti elrendezésünk 4 ismétléses véletlen blokk, a kísérleti parcellák mérete 10 m<sup>2</sup> volt.

Az őszi búza vetésének időpontja: 2020. 10. 15. volt, a betakarítás 2012. 07.07-én történt.

A kezeléseket, a lombtrágyázást az őszi búza lombosodásának állapotában végeztük (2021. 05. 06) kézi permetezővel.

### **Mintavétel**

A kísérleti évben a kisparcellás anyagok gépi betakarítása után 1 kg-os mintákat vettünk a parcellatermésekből, amelyek a további vizsgálatok alapját képezték. A minták nyersfehérje-, és nedves sikeértartalmát a Vízgazdálkodási és Természeti Ökoszisztémák Tanszéken levő Perten Inframatic 9200 típusú gyors analizátorral, roncsolásmentes körülmények között vizsgáltuk. A mérés során alkalmazott analizátor (NIR) közeli infravörös tartományban, 1100- 1400 nm között transzmisszió elvén végzi a mérést.

A kísérlet kezelése, az eredményeknél használt jelölések szerint:

1. Kontroll: ezek a parcellák semmilyen lombtrágyát nem kaptak

2. Nitrosol 28%-os N-tartalmú folyékony műtrágya 100 l/ha: ez az a lombtrágya, amelyet a legnagyobb területen használnak a környékbeli gazdálkodók. Ezen lombtrágya hatását szeretnénk volna összehasonlítani az általunk használt készítményekkel hatásával az őszi búzára.

3. cink-komplex 0,5 kg/ha

4. Vinasz 50 l/ha

5. Vinasz 100 l/ha

6. Vinasz 250 l/ha

7. Vinasz 500 l/ha

8. Vinasz 50 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha

9. Vinasz 100 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha

10. Vinasz 250 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha

11. Vinasz 500 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha

### EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kisparcellás kísérletek betakarításánál minden egyes parcella anyaga külön zacskóba került. A betakarítás után mértünk a parcellatömeget, amelyből következtetni tudunk az adott kezelés hozamára. A 3. ábra mutatja a különböző kezelések hatását az őszi búza hozamára.

A 2021-es eredményekben láthatjuk, hogy a nagy dóziszú Vinasz kezelés a cink-komplexszel kiegészítve adta a legnagyobb hozamértéket. A t-próbát elvégezve azt kaptuk, hogy  $P=5\%$ -on szignifikáns az átlagok eltérése.



3. ábra: Az őszi búza parcellatömegek 2021-ben

A 4. ábrán látható, a különböző kezelések hatása az őszi búzafajta nyersfehérje tartalmára. A kontrollhoz képest minden kezelésünk nagyobb értéket mutatott, a Vinasz + cink-komplexes kezeléseink hatására kaptuk a legnagyobb nyersfehérje tartalmat.



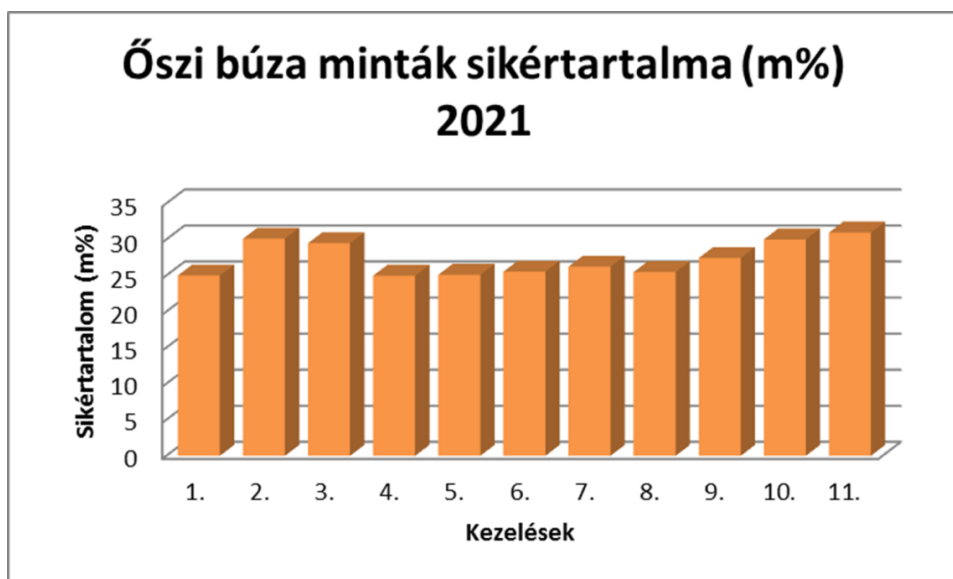
4. ábra: A minták nyersfehérje tartalma 2021-ben

Az átlagokra elvégezve a t-próbát azt kaptuk, hogy a 10. kezelés  $P=5\%$ -on, míg a 11. kezelés már  $P=1\%$ -on szignifikáns.

Amint ismeretes a jelentős terméshozam gyengíti a gabona fehérjemennyiségét, ezért nagyon fontos a terméshozam tervezése, ahogy a növény közeledik a szemképződés időszakához. A fehérjeminőség szabályozásánál a legfőbb cél az, hogy a növényben a nagy molekulásúlyú és hosszú láncú sikefehérje alakuljon ki. A sikefehérjék – például a gliadin, a glutenin, az albumin és a globulin – biztosítják a búzából készült termékek (liszt, tészta) egyedülálló nyújthatóságát és jó feldolgozhatóságát.

A búza egyik nagyon fontos minőségi mutatója a nedves sike tartalma. A sikert a búzaszemek a gliadin és a glutenin összessége adja. A gliadin a nyúlékonyságot és a ragadóságot, míg a glutenin a szilárdságot és az ellenállóságot adják a búzalisztnek.

Az 5. ábrán láthatjuk a különböző kezelések nedves sike tartalomra gyakorolt hatását. Ennél a minőségi mutatónál is a Vinasz + cink-kompleksszel végzett kezelés eredményezte a legnagyobb értékeket, de figyelemreméltó, hogy a csak cink-kompleksszel végzett lombtrágyázás is meghaladta a kezeletlen parcellákon termett őszi búza beltartalmi értékeit. A sike tartalom átlagaira is elvégeztük a t-próbát, és ezen értékeknél kaptuk a legmagasabb szignifikanciaszintet:  $P=0,1\%$ . Tehát a nedves sike tartalom átlagok eltérése a kontroll értékekhez képest szórástól függetlenül a legmagasabb szinten szignifikáns.



5. ábra: A minták sikértartalma 2021-ben

## ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A 2020-ban beállított és 2021-ben betakarított kisparcellás kísérleteink eredményei alapján azt a következtetést tudjuk levonni, hogy a Vinasz+cink-komplexes kezeléseinkkel nagyobb hozamot és jobb beltartalmi mutatókat tudtunk elérni, mint a kontroll parcelláinkon. A hozamértékekre a legnagyobb hatást a nagy dóziszú Vinasz (500 l/ha) + cink-komplex (0,5 kg/ha) gyakorolta.

A nyersfehérje tartalom szintén a nagy dóziszú Vinasz + cink-komplex hatására emelkedett meg a legnagyobb értékkel a kontrollhoz képest. Az átlagokra elvégezve a t-próbát azt kaptuk, hogy a 10. kezelés (Vinasz 250 l/ha+cink-komplex 0,5 kg/ha)  $P=5\%$ -on szignifikáns, a 11. kezelés (Vinasz 500 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha) már  $P=1\%$ -on szignifikáns.

Az őszi búza kísérletben a parcellák sikértartalmát is a nagy dóziszú 11. lombkezelés (Vinasz 500 l/ha+ cink-komplex 0,5 kg/ha) emelte meg a legnagyobb mértékben. Ezen átlagoknál kaptuk a legmagasabb szignifikanciaszintet:  $P=0,1\%$ , tehát az átlagok eltérése szórástól függetlenül a legmagasabb szinten szignifikáns!

Következtetésként megállapíthatjuk, hogy 2021-ben elvégzett kisparcellás kísérletünkben a magas dóziszú 11. kezelés (Vinasz 500 l/ha+ cink-komplex 0,5kg/ha) az őszi búza hozamára pozitív hatást gyakorolt. A beltartalmi mutatókra ennél szorosabb összefüggést is kaptunk, hiszen a nyersfehérje tartalomra már  $P=1\%$ -on, a nedves siker tartalomnál pedig  $P=0,1\%$  volt a szignifikanciaszint.

A különböző évek hatásait vizsgálva a kísérleteket változatlan formában beállítottuk 2021-ben és 2022-ben is.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Alloway, B.J. (2009): Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry & Health*. 31, 537-548.
- Buzás I.(szerk.) (1983): A növény táplálás zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Giczi Zs.- Kalocsai R.- Vona V.- Szakál T.- Teschner G.- Lakatos E. (2020): Réz kezelések hatása őszi búza (*Triticum aestivum* L.) hozamára és nyersfehérje tartalmára. *Acta Agronomica Óváriensis* 61 : 1 pp. 23-32., 10 p.
- Giczi Zs.- Kalocsai R.- Vona V.- Szakál T.- Lakatos E.- Ásványi B. (2021): Study of the antifungal effect of a copper-containing foliar fertilizer. *Cereal Research Communications* 49 :2 pp. 337-341, 5p.
- Győri D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Kádár I. (1992): A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA-TAKI, Budapest 398.
- Kalocsai R.- Schmidt R.- Szakál P.- Giczi Zs. (2005): A mikroelemek hatása az őszi búza minőségére. *Agro Napló* IX. évf. 2005/10. 35-38.p
- OMSZ és Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Meteorológiai Állomásának adatai
- Radics L. (szerk.) (2007): Szántóföldi növénytermesztés. Szaktudás Kiadóház Zrt., Budapest
- Schmidt R.- Barkóczi M.- Szakál P.- Kalocsai R. (2002): The Impact of Copper Tetramine Hydroxide Treatments on Wheat Yield, *Agrokémia és Talajtan* 51 : 1-2 pp. 193-201. 8 p.
- Szakál P.- Schmidt R.- Kalocsai R. (2003): The effect of N solution and copper and zinc treatments on the yield and quality of winter wheat. In: Gyuricza, Cs (szerk.) *Proceedings of the II. Alps-Adria Scientific Workshop* Budapest, Magyarország: Akadémiai Kiadó 236 p. pp. 164-168., 5 p.
- Szakál P.- Schmidt R.- Lesny J.- Kalocsai R.- Barkóczi M. (2007): Quality parameters of wheat. Bio ethanol versus bread? : VI. Alps-Adria Scientific Workshop. Oberfellach, Austria, 2007. Apr 30 - May 5. *Cereal Research Communications* 35 : 2 PART II pp. 1137-1140., 4 p.
- Tóth E. A.- Kalocsai R.- Dorka-Vona V.- Szakál T.(2018): A Zn-lombtrágyázás hatása az őszi búza főbb értékmérő tulajdonságaira. *Acta Agronomica Óváriensis* 59 : 1 pp. 4-12., 9 p. (2018)
- Vinogradov A .P.(1957): Geohemija redkih i rasszejanih himicszeszkih elementov v pocsvah, Moszkva



## **A 2023-AS ÉV MAKRO- ÉS MIKROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEINEK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE**

**VARGA ZOLTÁN**

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, 9200  
Mosonmagyaróvár, Vár tér 2

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

Az idei évben is folytatódtak mind a térség éghajlatát általánosan jellemző makrometeorológiai, mind pedig egy adott növényállomány speciális, az előbbtől valamelyest eltérő környezeti viszonyainak számszerűsítésére alkalmas mikrometeorológiai jellegű adatgyűjtések a Mosoni-síkon. Az előbbit a mosonmagyaróvári meteorológiai főállomás mérései reprezentálták, az utóbbiak pedig idén egy mosonmagyaróvári kukoricaállományban, valamint egy kimlei cirokállományban folytak. E mérések tapasztalatait, a makro- és mikroklíma viszonyának számszerűsítésével kapcsolatos eredményeinket mutatjuk be az előadásban, miközben megállapításainkat ütköztetjük a már évtizedek óta folyó, hasonló jellegű, regionális mérési program korábbi összefüggéseivel.

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF MACRO- AND MICROMETEOROLOGICAL MEASUREMENTS OF THE YEAR 2023**

#### **ABSTRACT**

Both the macrometeorological data collection that characterizes the region's climate in general, and the micrometeorological data collection that can quantify the special environmental conditions of a specific plant population, somewhat different from the former, continued this year on the Moson Plain. The former was represented by the measurements of the main meteorological station in Mosonmagyaróvár, and the latter were carried out this year in a corn stand in Mosonmagyaróvár and in a sorghum field in Kimle. The experiences of these measurements and our results related to the quantification of the relationship between macro- and microclimate will be shown in the presentation, while comparing them with the previous findings of the regional measurement program of a similar nature, which has been running for decades.

## BEVEZETÉS

Miközben a folyamatban lévő éghajlatváltozás általános trendjeit immár évtizedek óta tanulmányozzák, s az ezzel kapcsolatos eredményeket egyre szélesebb konszenzussal fogadják el csakúgy, mint a klimatológiai rendszer módosulásának fontosabb potenciális környezeti következményeire vonatkozó előrejelzéseket, addig a szűkebb területekre összpontosító és a mezőgazdaság speciális szempontjait figyelembe vevő éghajlatváltozási kutatások jóval ritkábbak. Ilyen szempontból tartjuk fontosnak, hogy a Mosoni-síkra vonatkozó, a makro- és mikroklíma kapcsolatának és azok növénytermesztési hatásainak vizsgálatát megalapozó, komplex adatgyűjtési programunk a múlt évszázad vége óta lényegében folyamatosan zajlik. Ezzel kapcsolatos eredményeinket folyamatosan publikáljuk (Varga, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, Varga *et al.* 2018). Emellett a makro- és mikroklíma kapcsolatának részletes elemzése a légkör rövidtávú működésének jobb megismerése szempontjából is fontos, mivel – a felszín és légkör közötti kölcsönhatások részleteinek feltárása révén - a regionális időjárás előrejelzések pontosításához szintén hasznos információkat szolgáltatathat (Ács *et al.* 2017).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A makroklímát jellemző meteorológiai adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Széchenyi István Egyetem által közösen üzemeltetett mosonmagyaróvári meteorológiai állomás méréseiből származnak. Az éghajlati és szinoptikus célokat egyaránt megvalósító meteorológiai főállomás által rögzített adatokból vizsgálatainkhoz kizárólag négy elemre: a léghőmérsékletre, 10 cm-es talajhőmérsékletre, relatív nedvességre és csapadéokra vonatkozó, 2023. május 11. és szeptember 30. között mért adatokat használtuk.

A mikroklíma jellemzésére szolgáló meteorológiai adatgyűjtés két helyen történt: egyfelől egy mosonmagyaróvári kukorica állományban, másfelől pedig egy kimlei cirok állományban. Kukoricában már évtizedek óta folytatunk ilyen jellegű méréseket, a cirok kísérleti növényként történő használatát pedig az indokolta, hogy a tavalyi aszályos évet követően az e régióban gazdálkodók körében megélénkült az érdeklődés e növény termesztése iránt. A kimlei helyszín kicsit távolabbi, mint ami megszokott a kombinált makro- és mikrometeorológiai kutatásaink esetén, de a légvonalban 10 km alatti távolság biztosítja, hogy a mosonmagyaróvári főállomás adatai klimatológiai szempontból reprezentatívnak tekinthetők legyenek ebben az esetben is. E mérésekből szintén a léghőmérsékletre, 10 cm-es talajhőmérsékletre, relatív nedvességre és csapadékra vonatkozó adatokat használtuk fel.

A meteorológiai műszerek növény állományokba való telepítésének és onnan való eltávolításának időpontjai jelölték ki az összehasonlító vizsgálatok lehetséges időtartamát, ami a kukorica esetén 2023. május 11. és szeptember 30., a cirok esetében pedig valamivel rövidebb: 2023. június 1. és szeptember 30. A kellő részletesség és a jó

áttekinthetőség kompromisszumaként, valamint a tapasztalatok mezőgazdasági célú felhasználhatósága miatt a kapott eredményeinket dekádonkénti bontásban mutatjuk be.

A vizsgált meteorológiai elemek kiválasztását közvetlen agrometeorológiai jelentőségükön túl az is indokolta, hogy a relatív nedvesség és a léghőmérséklet segítségével meg tudtuk határozni a párologtatóképesség számított értékeit, melyeket a csapadék adatokhoz viszonyítva ariditási indexeket tudunk kalkulálni (*Varga-Haszonits és Varga, 2006*). Az aszályhelyzetet jól jellemző relatív vízmérleg jellegű indexnek a havi értékeit használtuk fel az összehasonlító elemzésben.

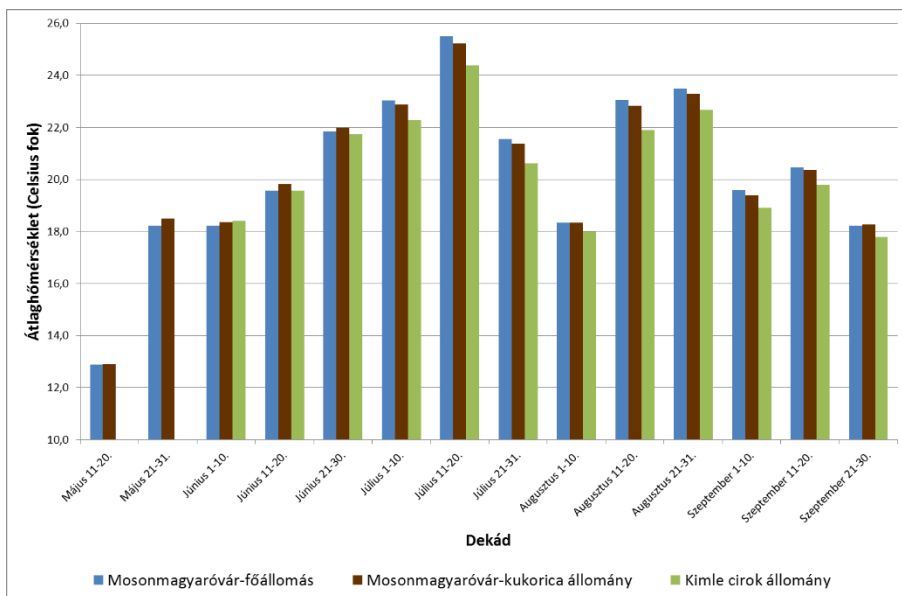
## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Vonatkozó eredményeinket az 1-5. ábrák mutatják be.

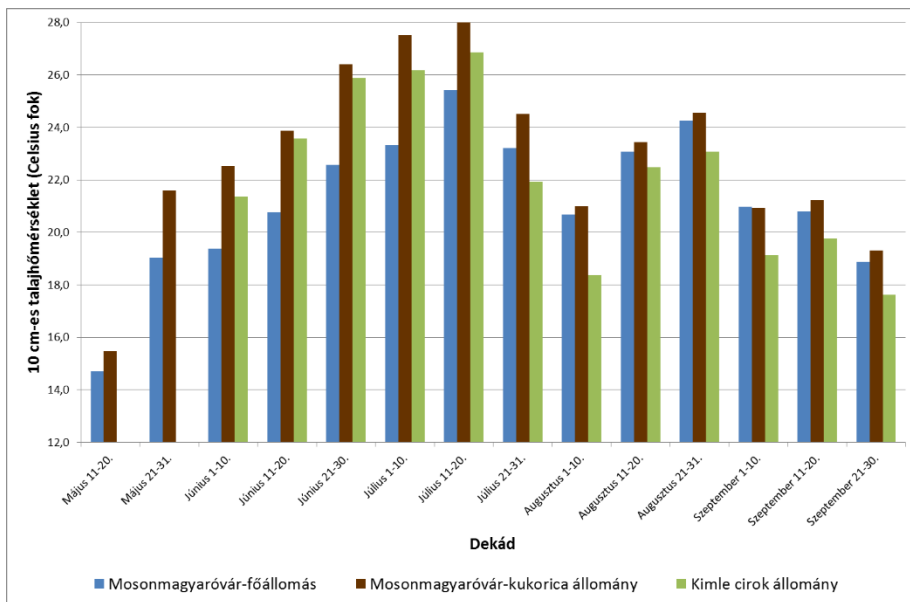
Az 1. ábra a 2 méter magasan mért léghőmérsékletek dekádonkénti alakulását szemlélteti. Látható, hogy a különböző jellegű felszínek felett végzett mérések között általában legfeljebb mindössze néhány tized  $^{\circ}\text{C}$ -os különbség tapasztalható, ami csak a legmelegebb időszakban közelíti meg az 1  $^{\circ}\text{C}$ -ot. Úgy tűnik, hogy a meteorológiai főállomás műszerkertjének fűfelszíne nem okozott jelentős különbséget a vizsgált növény állományokhoz képest a levegő hőgazdálkodásában (legalábbis 2 méter magasan). Ennek következtében - a földrajzi távolságra visszavezethetően - a kimlei adatok eltérése július elejétől már egyértelműen nagyobb, mint a mosonmagyaróvári makro- és mikroklíma különbsége.

Ugyanakkor megjegyezzük, hogy a főállomáson nem mérnek hőmérsékletet 30-40 cm-es magasságban, így az állományok belsejének hőmérsékleti viszonyait nem tudjuk ilyen módon összehasonlítani a makroklímát jellemző, hasonló magasságból származó adatokkal.

A 2. ábrán a különböző felszíni talajhőmérsékletek kapcsolata látható. Ebben az esetben nagyobb, akár több fokos hőmérsékleti különbségek alakultak ki a felszínborítottságtól függően, amelyek már akár szignifikáns eltéréseket okozhatnak a növények gyökereire gyakorolt hatások tekintetében. Tendenciaszerűen megállapítható, hogy a 10 cm-es talajhőmérséklet alakulására a földrajzi távolságnak nem volt nagyobb hatása, mint a felszínborítottságnak, s általában a kukorica állomány alatti hőmérsékletek voltak a legmagasabbak, ami a viszonylag sűrű és zárt vegetáció speciális mikroklimatikus viszonyaival lehet összefüggésben.



1. ábra. A dekádonkénti átlaghőmérsékletek párhuzamos alakulása a három mérési helyszínen

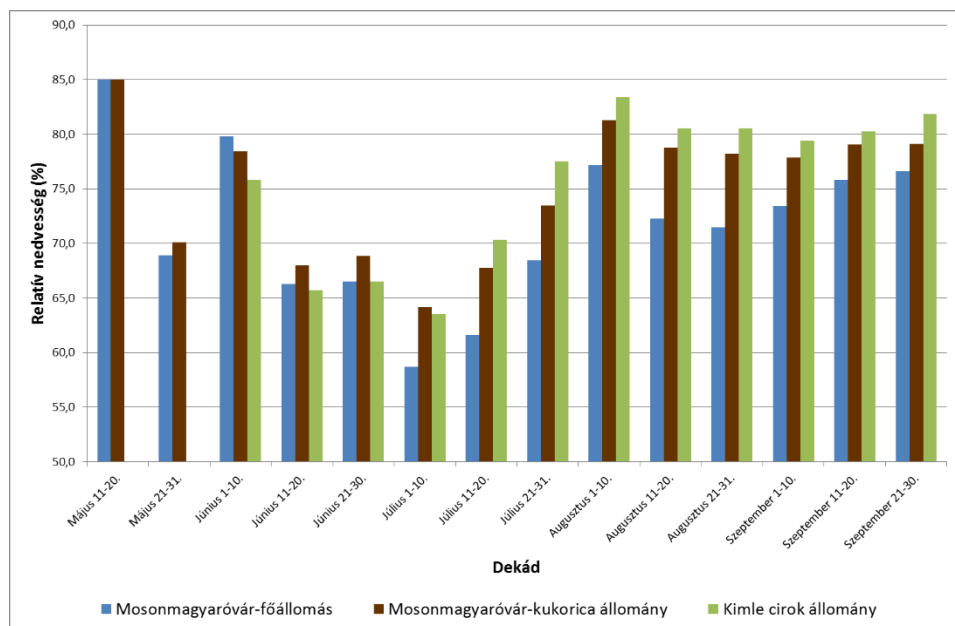


2. ábra. A 10 cm-es mélységben mért talajhőmérsékletek dekádonkénti átlagának párhuzamos alakulása a három mérési helyszínen

A 3. ábra a légnedvességek alakulását hasonlítja össze olyan módon, hogy a főállomás 2 méter magasan mért értékei mellett a növény állományok alsó részére jellemző, 30-40

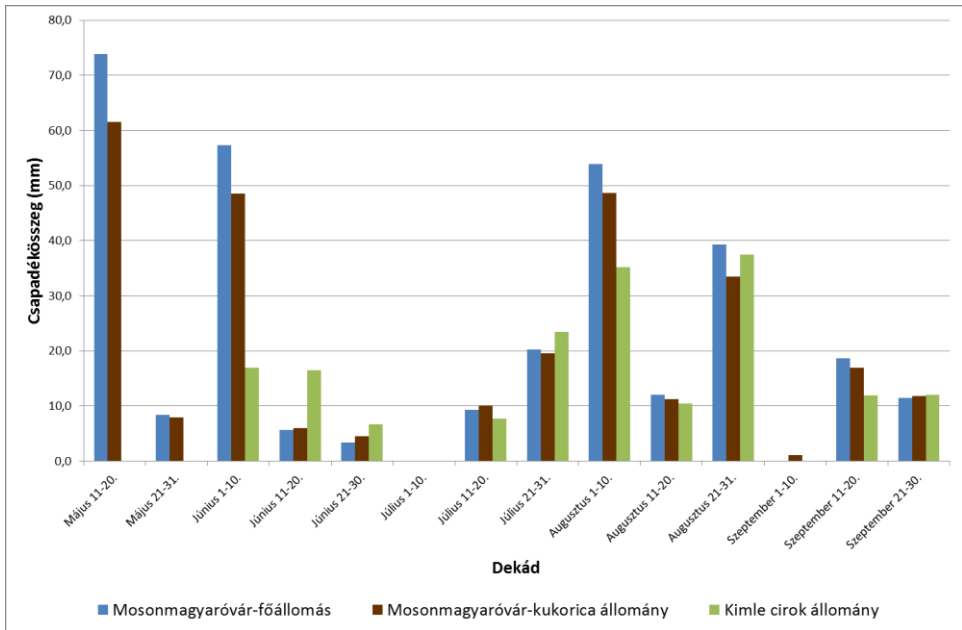
cm-es magasságban rögzített, tehát ez az elemzés – szemben a korábban bemutatott léghőmérsékleti viszonyokkal - nem az állomány feletti, hanem valóban magát az állományklímát reprezentáló adatokon alapul.

Az egész időszakra átlagosan jellemző érték a főállomáson 71,6 %, a növények között pedig 75,0, illetve 75,5 %, ami jól jelzi az utóbbiak nedvességgel telítettebb, egymástól viszont nem számottevően különböző mikroklímáját. Ez a tendencia az egyes dekádok vonatkozásában is megmutatkozik a vizsgált időszak nagyobbik részében.

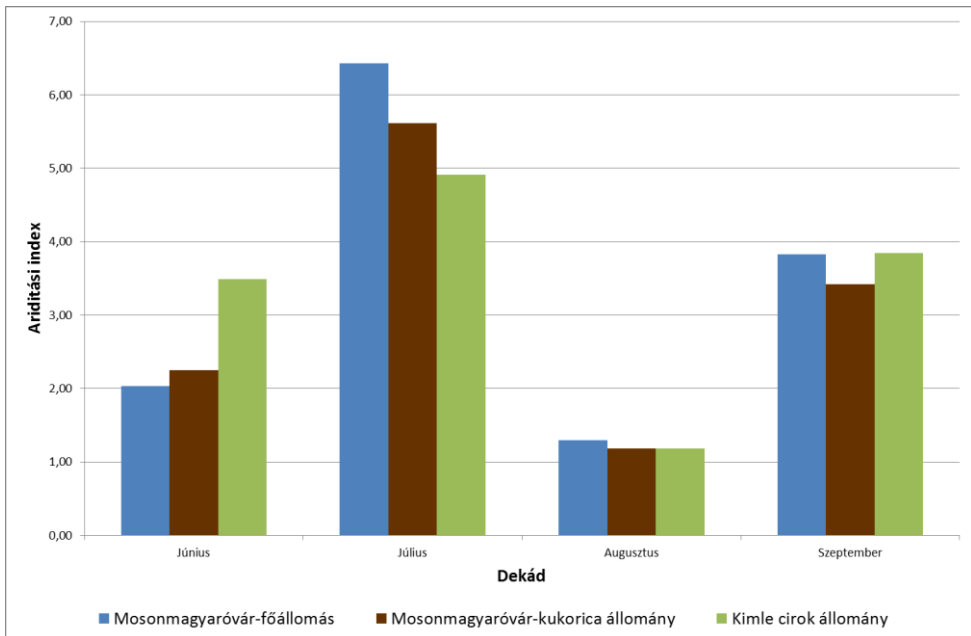


3. ábra. A dekádonkénti átlagos relatív nedvesség értékek párhuzamos alakulása a három mérési helyszínen

A 4. ábra az egyik legváltozékonyabb meteorológiai elem, a csapadék dekádonkénti összehasonlítását szemlélteti az eltérő mérési pontokon. Ahogyan az várható volt, ebben az esetben észlelhető legkevésbé valamilyen szabályszerű kapcsolat a különböző helyszínek között. Az adott helyen mért csapadékviszonyok tekinthetők a legkevésbé reprezentatívnak bármilyen másik helyre. Az azért megállapítható, hogy a június-szeptemberi 4 hónap során összesen 231,3 mm, 212,0 mm, illetve 178,5 mm volt a vízbevitel a főállomáson, a kukorica, illetve a cirok állományban, de ebből a sorrendből nem lehet megalapozott következtetéseket levonni.



4. ábra. A dekádonkénti csapadékösszegek párhuzamos alakulása a három mérési helyszínen



5. ábra. A havi ariditási indexek párhuzamos alakulása a három mérési helyszínen

Mint azt a módszertani fejezetben már leírtuk, a mért adatok felhasználásával havonkénti ariditási indexeket számoltunk azzal a céllal, hogy a vízkiadás és vízbevetel arányát kifejező mutatószámmal összehasonlíthatóvá tegyük a különböző borítottaságú felszínek szárazsági viszonyait. Vonatkozó eredményeink az 5. ábrán láthatók. Főként a csapadékviszonyok hektikus alakulása miatt nem nyilvánul meg olyan kimutatható tendencia, ami alapján számszerűsíteni lehetne a különböző növényfelszíneknek az aszályosság mértékére gyakorolt módosító hatását.

Az itt bemutatott eredmények részben – a makroklíma és a kukorica mikroklíma kapcsolatának vonatkozásában – megerősítik korábbi regionális tapasztalatainkat, a cirok állomány mikroklímáját érintő megállapítások viszont újak tekinthetők. Ez utóbbiak a rövid vizsgálati időtartam miatt kellő óvatossággal kezelendők, s a következő években további kísérletekkel tervezzük vizsgálni érvényességük kiterjeszthesőségét.

## ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

1. A vizsgált felszíntípusok nem okoztak szignifikáns különbséget a 2 méter magasan mért léghőmérsékleti értékek alakulásában, melyek eltéréseit inkább a földrajzi elhelyezkedéssel tudunk magyarázni.

2. A növények földalatti részeinek működésére nagymértékben ható felszíni talajhőmérsékletek alakulására a földrajzi távolságnak nem volt nagyobb hatása, mint a felszínborítottaságnak, s általában a kukorica állomány alatti hőmérsékletek voltak a legmagasabbak, ami a viszonylag sűrű és zárt vegetáció speciális mikroklímátikus viszonyaival lehet összefüggésben.

3. A légnedvesség szignifikánsan magasabb volt a növény állományokban, mint a makroklímát általánosan jellemző érték. Ezt a módosító hatást érdemes figyelembe venni a mezőgazdasági szempontú klímátikus elemzésekben.

4. A csapadék és az ariditási index esetén nem tudtuk kimutatni a vizsgált felszínek szignifikáns módosító hatását.

5. Eredményeink potenciálisan felhasználhatók regionális éghajlati hatásvizsgálatokban és a regionális időjárás előrejelzések pontosításában is szerepet játszhatnak.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét fejezi ki a "Zalazone karbon kredit csökkentés érdekében" projektnek a kutatás támogatásáért.

## IRODALOMJEGYZÉK

Ács, F. - Rajkai K. - Breuer H. – Mona T. - Horváth Á. (2017): A talaj hatása a légkörre: a hazai numerikus vizsgálatok áttekintése. In: Kubovics I. - Póka, T. - Weidinger T. (szerk.) A talajtakaró geonómiája. A pedoszféra mint a Föld sajátos fázishatára. Az MTA X. Földtudományok Osztálya, Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottság

Geonómiai és Planetológiai Albizottságának a konferenciája. 2013. szeptember 26.-27., Budafok. ELTE TTK FFI Meteorológiai Tanszék. 230-248.

Varga-Haszonits Z. – Varga Z. (2006): Agrometeorológiai gyakorlatok. Egyetemi jegyzet. Mosonmagyaróvár. 107 oldal.

Varga Z. (2018): Mosonmagyaróvári hosszú agrometeorológiai kísérletsorozat tapasztalatai. Magyar Meteorológiai Társaság XXXVII. Vándorgyűlése, Veszprém, 2018 augusztus 23-24.

Varga Z. - Lakatos M. - Weidinger T. (2018): Mosonmagyaróvár térségének éghajlati múltja, jelene és lehetséges jövője. XXXVII. Óvári Tudományos Napok. Környezettudományi szekció. Mosonmagyaróvár, 2018. november 9-10. Megjelent: összefoglalók (ISBN 978-615-5837-14-2), teljes anyag (ISBN 978-615-5837-15-9; 440-447- oldal).

Varga Z. (2019): Mosonmagyaróvári hosszú agrometeorológiai kísérletsorozat tapasztalatai. Léggör. Vol. 64. No. 3. 93-99.

Varga Z. (2021): A Mosoni-síkot jellemző új éghajlati normál értékek agroklimatológiai elemzése. Acta Agronomica Óváriensis. 62 (2). 16-39.

Varga Z. (2022): A Mosoni-sík talajhőmérsékleti viszonyainak elemzése az 1991-2020-as éghajlati ciklusban mért értékek alapján. Acta Agronomica Óváriensis. 63 (1) 99-122.

Varga Z. (2023): A 2022. évi aszály regionális alakulásának értékelése a Mosoni-síkon a térség általános aszályhelyzetének tükrében. In: Kaszás, Gábor (szerk.) A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XL. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. Budapest.



## BOTANIKAI INSZEKTICIDDEL AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA*) LÁRVÁI ELLEN

VÖRÖS LEVENTE - LEDÓNÉ ÁBRAHÁM RITA

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Növénytudományi  
Tanszék, Mosonmagyaróvár;

### ABSTRACT

The Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) is one of the most important pests of maize in Hungary. As both larvae and imagoes are capable of causing major economic losses, their control in continuous maize cropping systems is essential. The control of larvae is costly and the related use of large doses of soil disinfectants places an increased burden on the environment. In recent years, several chemical products used as soil insecticides and seed dressings have been phased out, thus increasing the value of environmentally friendly biological products that provide effective protection against the pest. The active ingredient azadirachtin, the extract of the seeds of *Azadirachta indica* is one of such biological agents. In our experiments, we studied the efficiency of two azadirachtin products, Neemazal T/S (1% azadirachtin; 10 g/l) and Neemazal F (5% azadirachtin; 50 g/l) used as seed dressing against corn rootworm larvae. The products were used in different concentrations (10 to 150%) in different regions and on various soil-types in Hungary. The active ingredient could efficiently control the pest in its larval stage. Treatments with concentrations exceeding 50% were efficient in all the replications.

**Keywords:** *Diabrotica virgifera virgifera*; maize pests; azadirachtin; neem tree; biological control methods

### BEVEZETÉS

A föld népességének folyamatos növekedése és a termőterületek csökkenése miatt egyre nagyobb kihívást jelent a lakosság megfelelő mennyiségű és minőségű élelemmel történő ellátása, oly módon, hogy minél kevésbé károsítsuk környezetünket (*Campos et al.*, 2016). A kukorica /*Zea mays*/ a búza /*Triticum aestivum*/ és a rizs /*Oryza sativa*/ mellett az emberiség legjelentősebb gabonánövénye. Földünkön vetésterülete 140-160 millió hektár. Hazánkban is az egyik legjelentősebb a termesztett kultúrnövények közül. A kukoricatermesztés során megfelelő agrotechnikai eljárások mellett (talajművelés, tápanyagellátás, gyomirtás, vetett tőszám) egyre nagyobb kihívást jelent az amerikai kukoricabogár /*Diabrotica virgifera virgifera*/ elleni védekezés, mely napjainkban az

egyik legjelentősebb kukoricakárosító. Ezen kártevő elleni védekezés nagyban befolyásolja a betakarítandó termés mennyiségét és minőségét egyaránt. Az Európai Unióban 2018-tól kezdődően nagyfokú hatóanyag-kivonási eljárás vette kezdetét, ennek következtében sok, a kártevő ellen eredményesen használható, biztos védelmet nyújtó inszekticid tűnt el az Európai piacról (pl. neonikotinoidok, szerves P-észterek). Napjainkban egyre nagyobb kihívást jelent a talajban károsító szervezetek elleni védekezés, különösen nagy nehézséget okoz az amerikai kukoricabogár lárvájának gyérítése.

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### ***Az amerikai kukoricabogár lárvák kártétele***

A fő kártevő alak a lárvák, melyek a kukoricavetést követően 4-6 hét múlva május közepén kezd kelni a tojásokból és megkezdik a táplálkozást a kukoricánövénnyel gyökerein (Pálfay, 2001). Az idősebb lárvák az elsődleges kártevők, melyek a növény támasztógyökereinek visszarángatásával (Pálfay, 2001; Gyerafi et al., 2021), a növények jellegzetes megdőlését okozzák, ezt a szaknyelv hatyúnyak jelenségnek nevezi (Chiang, 1973; Spike és Tollefson 1991a). Különösen száraz évszakokban ezek a gyökerek nem képesek a regenerációra, ezért egy szélvihar, vagy nagyobb eső következtében az egész állomány ledőlhet, a kár elérheti akár a 100%-ot is (Vörös, 2002a; Goldfrey et al., 1993). A lárvakártétel a termés mennyisége mellett rendkívüli mértékben befolyásolja a minőséget is (Kahler et al., 1985).

Az amerikai kukoricabogár lárvakártételének meghatározására több módszer került kifejlesztésre (Hills és Peters, 1971; Musick és Schuttle, 1972). Az USA-ban eleinte az 1-9-ig terjedő Iowa-skálát alkalmazták, mely gyenge kártétel esetén pontosabb értéket tesz lehetővé (Musick és Schuttle 1972). A későbbiekben a hatpontos Iowa-skálát és a módosított Iowa-skálát alkalmazzák a lárvakártétel pontos meghatározására (Hills és Peters 1971). A módosított Iowa-skála, a hagyományos egész értékekkel lépdelő skálához képest, sokkal informatívabb a gyökérvisszarágottság vonatkozásában. Amerikai adatok alapján gazdasági kár lép fel, amennyiben a gyökérvisszarágottság mértéke a módosított Iowa-skála szerint eléri a 3,5-ös értéket (Davis, 1994).

### ***Növényi extraktumok alkalmazása a növényvédelemben***

Korunkban egyre nagyobb jelentőséggel bírnak, az olyan biológiai eredetű növényvédők szerepe, melyek jó eredménnyel felveszik a harcot a kártevőkkel, kórokozókkal szemben, nem perzisztensek a környezetben, ezáltal az emberiségre, és a hasznos organizmusokra is alacsony toxicitást gyakorolnak. Ezen védekezési eljárások a fenntarthatóság tükrében fontos szerephez jutnak a gyakorlati növényvédelem területén. A fenti kritériumoknak megfelel a Délkelet- és Dél-Ázsiából származó Neem-fa (*Azadirachta indica*) magjának kivonata, melynek fő komponense az azadirachtin hatóanyag (Chaudhary et al., 2017).

Az azadirachtin hatásspektruma széles, táplálkozásgátlás, repellens és növekedésszabályozó hatású, az ecdyson hormontermelés megzavarása következtében

blokkolásra kerül a vedlési ciklus. A fentieken kívül reprodukciós tulajdonságokat befolyásoló hatással rendelkezik, gátolja a peterakást, termékenyülési zavarokat, sterilitást okoz (*Brahmachari*, 2004; *Gonzales-Coloma et al.*, 2013; *Schmutterer*, 1988; *Immaraju*, 1998; *Mordue et al.*, 1997; *Feng és Isman*, 1995; *Morgan* 2009; *Mulla és Su* 1999). Számos tanulmány született arról, hogy a hatóanyagot már több lombkártevő ellen eredményesen alkalmazták, valamint vizsgálatok kezdődtek a hatóanyag talajlakó kártevők elleni felhasználásával kapcsolatban is. *Xie et al.* (1991) labor kísérleteket végeztek, ahol talajba öntözéssel, valamint fiatalkorú növények leveleinek permetezésével vizsgálták az azadirachtin hatóanyag hatását, biztató eredményekről beszámolva, kukoricabogár lárvá ellen. Tanulmányukból megtudhatjuk, hogy az azadirachtin hatóanyag hatékony lehet a kukoricabogár lárvája ellen, főleg talajba való beöntözés révén. A lárvák elleni hatékonyság nagy mértékben csökkent abban az esetben, amikor a fiatal növényeken lombpermetezést végeztek. *Tóth et al.* (2021) üvegházi körülmények között egy azadirachtin hatóanyagot tartalmazó granulátummal folytatott kísérleteket a kukoricabogár lárvája ellen. Tanulmányaik során bizonyítást nyert, hogy a 200 g/ha hatóanyagot tartalmazó granulátum a nagyobb károsodástól megfelelő védelmet nyújtott, viszont a tökéletes hatás eléréséhez 380 g/ha hatóanyagot tartalmazó granulátummennyiségre van szükség.

Ismervén a hatóanyag károsító rovarok elleni pozitív hatását, olyan hipotézist állítottunk fel, hogy az azadirachtin a talajlakó kártevők, különösen az amerikai kukoricabogár ellen csávázásos technológiával alkalmazva is hatékonyan működik. Ezen hipotézisünk bizonyítására több éven keresztül különböző helyszíneken, eltérő lárvá-denzitás alatt álló területeken végeztünk vizsgálatokat.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinkben két éven keresztül (2020, 2021) több helyszínen (Gyömöre, Röjtökmuzsaj, Hajdúvid) került vizsgálatra két azadirachtin hatóanyagot tartalmazó készítményt csávázásos technológiával alkalmazva az amerikai kukoricabogár lárvája ellen. Az egyik készítmény az Európában forgalomban lévő Neemazal T/S (Trifolio-M Gmbh, Németország), mely 1% (10g/l) azadirachtin A hatóanyagot tartalmaz. A másik vizsgálatba vont készítmény, az Indiában engedélyezett, ennél koncentráltabb Neemazal F (5% azadirachtin A+B; 50g/l) volt (Coromandel International Limited Bio Products Division Thyagavally -India). A Neemazal F termékben a biztonsági adatlapja szerint az 5%-os hatóanyag megoszlása közel 80% azadirachtin A és 20% azadirachtin B. Az említett fő komponenseken kívül, mindegyik termék tartalmazza a növényi extraktumokra jellemző, kisebb mennyiségű egyéb Neem-komponenseket is. A kezeléseket 4 ismétlésben, randomizált elrendezéssel, kisparcellákon végeztük. A vetőmag típusa minden vizsgálati évben a DKC 5141 hibrid volt, melynek ezermag tömege 360 g. A csávázási lémenyiség 12 l/1000 kg magmenyiségből került kiszámításra, így a 360 g vetőmagra 4,32 ml csávázó lémenyiség került.

**2020-évi kísérlet Gyömöre**

A 2020-as évben arra kerestük a választ, hogy az azadirachtin hatóanyag egyáltalán hatásos-e a kukoriacbogár lárvája ellen, vagy sem, amennyiben igen, melyik az a dózishatár, amellyel a jövőben el lehet kezdeni a kísérleteket és az évek előrehaladtával ezt tovább pontosítani. Ebben az évben Gyömörén (Győr-Moson-Sopron vármegye) kezdtem vizsgálataimat, egy harmadéves kukorica-termőterületen. Ezen termőterületen a kukoricabogár lárvadenzitása nem kiemelkedően magas, viszont védekezés nélkül képes a kártevő itt is gazdasági kár kialakítására. Azért választottuk vizsgálatunk kezdetétül ezt a helyszínt, mivel egy jó kiindulási alapnak bizonyult, hogy a következő években, mely koncentrációkat tartjuk meg, és finomítsuk/pontosítsuk tovább, olyan területeken, ahol a lárvakártétel kiemelkedőbb.

A kezelések a Neemazal T/S (10 g/l) azadirachtin A készítménnyel kerültek elvégzésre, különböző dóziskoncentrációk (10% - 100%) formájában április 27-én. A 100%-os dóziskoncentrációnál kisebb dózisok esetén vízzel hígítva. A százalékban kifejezett dózisértékek, vagy koncentrációértékek, a Neemazal T/S koncentrációit jelentik a csávázási lében, tehát a 100%-os dózis, vagy a 100%-os koncentráció a nem hígított Neemazal T/S- el való csávázást jelenti (1. táblázat).

1. táblázat: kezeléslista 2020-évi kísérlet során

| Kezelések | Dózis                                | 1000 db<br>vetőmag<br>tömege<br>(g) | Neemazal<br>T/S (ml) | Víz<br>(ml) | Azadirachtin<br>A (mg/mag) | Azadirachtin<br>A<br>(g/50000mag) | Force<br>1,5 G<br>(kg/ha) |
|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1.        | 100%                                 | 360                                 | 4,32                 | -           | 0,043                      | 2,15                              | -                         |
| 2.        | 75%                                  | 360                                 | 3,24                 | 1,08        | 0,033                      | 1,65                              | -                         |
| 3.        | 50%                                  | 360                                 | 2,16                 | 2,16        | 0,022                      | 1,10                              | -                         |
| 4.        | 25%                                  | 360                                 | 1,08                 | 3,24        | 0,011                      | 0,55                              | -                         |
| 5.        | 10%                                  | 360                                 | 0,43                 | 3,89        | 0,0043                     | 0,22                              | -                         |
| 6.        | Kezeletlen<br>Kontroll               | -                                   | -                    | -           | -                          | -                                 | -                         |
| 7.        | Force 1,5<br>G (pozitív<br>kontroll) | -                                   | -                    | -           | -                          | -                                 | 15                        |

Negatív kontrollként (kezelésben nem részesült), kezeletlen parcellákat állítottunk be, pozitív kontroll (forgalomban lévő, népszerű talajfertőtlenítő) a teflutrin hatóanyagú Force 1,5 G volt 15 kg/ha-os dózisban. A csávázást a kis vetőmagmennyiségeket figyelembe véve kézzel végeztük. Elkészítésre került a megfelelő mennyiségű és koncentrációjú csávázólé a Neemazal T/S készítményből, szükség esetén vízzel hígítva,

majd beleöntöttük a 360 g mennyiségű vetőmagot, és keveréssel biztosítottuk, hogy a csávázószer egyenletesen kerüljön felvitelre a magvak felszínére.

### **2021-évi kísérlet Röjtökmuzsaj és Hajdúvid**

2021-ben Röjtökmuzsajon (Győr-Moson-Sopron vármegye), valamint Hajdúviden (Szabolcs- (Szatmár- Bereg vármegye) végeztünk kísérleteket. Mind a két terület jó helyszínek bizonyul a hatóanyag tesztelésére, ugyanis Röjtökmuzsajon 60 éve monokultúrában termesztik a kukoricát, Hajdúvid pedig alföldi elhelyezkedése révén a kukoricabogár „öshazájának” számít hazánkban. Mivel 2021-ben predesztinálható volt a magasabb lárvasűrűség a vizsgálatokba vont területen, magasabb hatóanyag dózisokat kellett alkalmazni, így a 2020-as évben az alacsonyabb lárvadenzitású területeken nem megfelelő hatékonyságú kezeléseket elhagytuk, helyettük magasabb hatóanyag dózisú kezeléseket végeztünk.

A magasabb hatóanyagkoncentrációk már csak a Neemazal F készítmény felhasználásával voltak kivitelezhetők, melyeket a megfelelő koncentráció eléréséhez vízzel kellett hígítani. A dózisok úgy kerültek beállításra, hogy az 50%, 75% és 100%-osnak nevezett dózishoz tartozó azadirachtin A+B mennyisége megfeleljen a 2020-as kísérlet szerinti 50%, 75%, illetve 100%-os azadirachtin A mennyiségének. Ezek alapján a 2021-es csávázásos kezeléseket a 2. táblázat szemlélteti. A vetésre Röjtökmuzsajon április 25-én, míg Hajdúviden április 20-án került sor.

2. táblázat: kezeléslista 2020-évi kísérlet során

| Kezelések | Dózisok                        | 1000 db mag tömege (g) | Neemazal F (ml) | Víz (ml) | Azadirachtin A+B (mg/mag) | Azadirachtin A+B (g/50000mag) | Force 1,5 G (kg/ha) |
|-----------|--------------------------------|------------------------|-----------------|----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1.        | 150%                           | 360                    | 1,29            | 3,03     | 0,065                     | 3,25                          | -                   |
| 2.        | 125%                           | 360                    | 1,08            | 3,24     | 0,053                     | 2,65                          | -                   |
| 3.        | 100%                           | 360                    | 0,86            | 3,46     | 0,043                     | 2,15                          | -                   |
| 4.        | 75%                            | 360                    | 0,65            | 3,67     | 0,033                     | 1,65                          | -                   |
| 5.        | 50%                            | 360                    | 0,43            | 3,98     | 0,022                     | 1,10                          | -                   |
| 6.        | Kezeletlen Kontroll            | -                      | -               | -        | -                         | -                             | -                   |
| 7.        | Force 1,5 G (pozitív kontroll) | -                      | -               | -        | -                         | -                             | 15                  |

A kísérletek felvételezési módszere, minden kezelés esetben és minden évben azonos volt. Felvételeztük a gyökérszónában élő lárvákat, melyből meghatározásra kerültek a növényenkénti átlagos lárvaszámok. A kiásott gyökök visszarágottságának mértékét, a módosított Iowa-skála alapján értékeltük. A lárvaszámok felvételezése, minden évben előrejelzésre alapozottan történt, a területre kihelyezett szexferomon csapdával ellátott sárga fogólapok segítségével. Az első imágók megjelenésekor azonnal kezdődött a munka, ugyanis ez alapján biztosak lehettünk abban, hogy a talajban lévő lárvák fejlődésének stádiuma a végéhez közeledik (L3; Báb). Egy kísérleti parcellából, véletlenszerűen 5 db növény került kiásásra, 20x20 cm-es földlabdával. A kiásást követően megszámoltuk a kukorica gyökeréről levert földben, valamint a kiásott gödörben az élő lárvákat. Az L3 lárvállapot, szabadbáb állapot és az esetlegesen éppen a földből előjövő imágók között nem tettünk különbséget. Általánosságban elmondható, hogy az adott kísérleti évben keletről nyugatra haladva végeztük a felvételezést, ugyanis az Alföldi tájegységen a kukoricabogár fejlettségi állapota egy-két héttel megelőzi a Dunántúli- régiót. A kiásott gyököket minden esetben parcellánként, felcímkézett zsákba helyezve a gyömörei telephelyre szállítottuk, ahol áztatást követően sor került a módosított Iowa-skála szerinti gyökérvisszarágottság meghatározására (3. táblázat). Az egyes parcellákról kapott lárvaszámokat, valamint a gyökérvisszarágottsági vizsgálatok során gyűjtött adatokat folyamatosan rögzítettük, majd matematikai-statisztikai módszerek segítségével elemzésre kerültek (One-way Anova; Tukey post hoc test).

3. táblázat: A kísérletek felvételezésének időpontjai összefoglalva

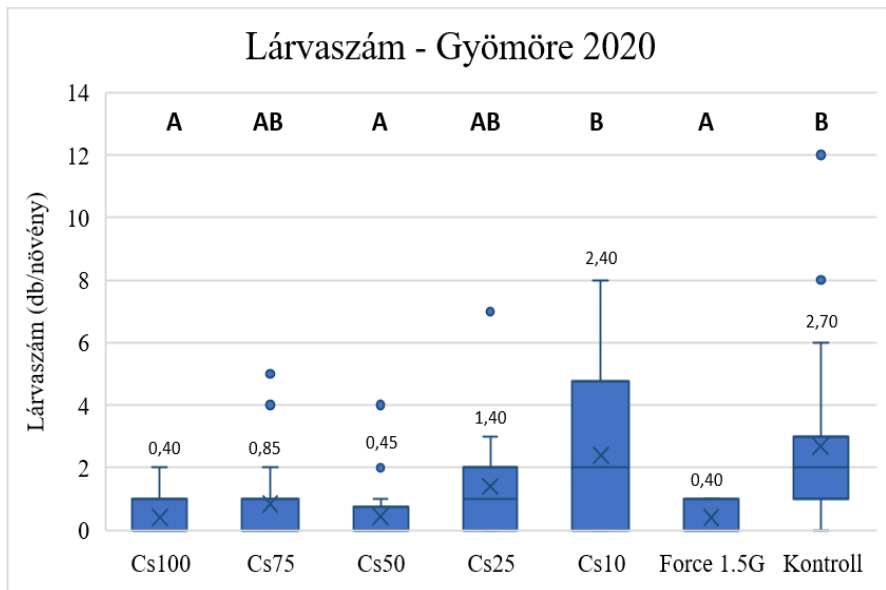
| Vizsgálati helyszín | Vizsgálati év | Vetési időpont | Lárvaszámok felvételezésének időpontja | Gyökérvisszarágottság felvételezésének időpontja |
|---------------------|---------------|----------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Gyömöre             | 2020          | 2020.04.27.    | 2020.06.25.                            | 2020.06.27.                                      |
| Röjtökmuzsaj        | 2021          | 2021.04.25.    | 2021.06.22.                            | 2021.06.23.                                      |
| Hajdúvid            | 2021          | 2021.04.20     | 2021.06.19.                            | 2021.06.21.                                      |

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 2020-évi kísérlet Gyömöre

Gyömörén 2020-ban végzett kísérlet eredményei alapján, a vizsgáltba bevont kezelések közül a kezeletlen kontroll ( $2,7 \pm 3,05$  lárv/növény) esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot. A csávázott (azadirachtin hatóanyaggal kezelt) parcellák közül a legmagasabb lárvaszámmal a 10 %-os koncentráció volt jellemezhető ( $2,4 \pm 2,50$

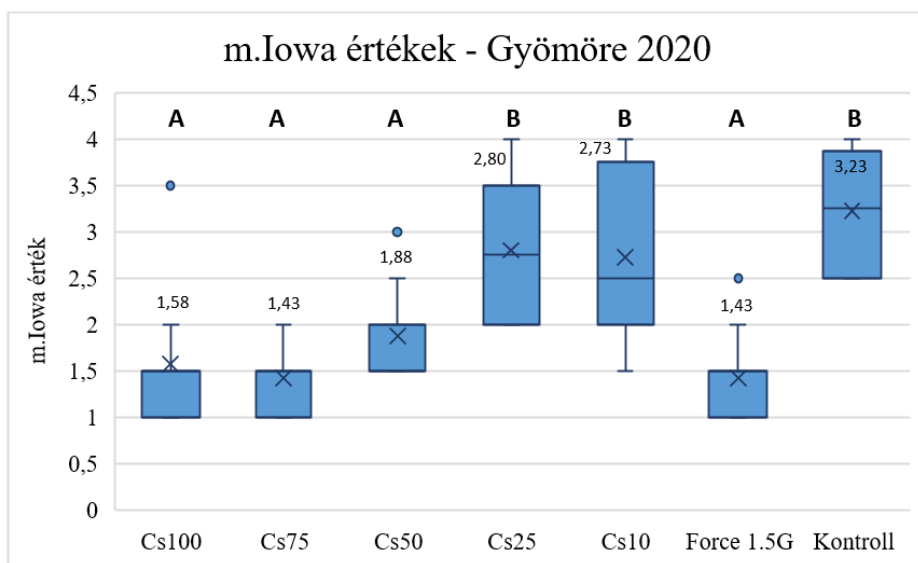
lárva/növény), ezt a 25 %-os ( $1,40 \pm 1,64$  lárva/növény), a 75 %-os ( $0,85 \pm 1,39$  lárva/növény), az 50 %-os ( $0,45 \pm 1,00$  lárva/növény) és a 100 %-os ( $0,40 \pm 0,60$  lárva/növény) koncentrációk követték. Látható, hogy az azadirachtin hatóanyag koncentrációjának növekedésével csökken a lárvaszám. A Force 1,5 G-val kezelt terület esetén a 100 %-os koncentrációval megegyezően alacsony a lárvaszám értéke ( $0,40 \pm 0,50$ ) (1. ábra).



1. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2020-Gyömöre

Az SPSS programmal elvégzett Oneway ANOVA elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ) a kezelések között lárvaszám értékek tekintetében ( $p = 0,000$ ;  $F = 6,109$ ). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll parcella szignifikánsan különbözik ( $p < 0,05$ ), a 100 %-os ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,001), a 75 %-os ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,019), az 50 %-os ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,002) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,001) parcelláktól. A 10 %-os dózissal kezelt parcella szignifikánsan eltér a 100 %-os ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,008) és az 50 %-os ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,011) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ( $SE = 0,557$  pTukey = 0,008) kísérleti területektől.

A legnagyobb gyökérvisszarágottság a negatív kontroll parcellán volt tapasztalható (m.Iowa:  $3,23 \pm 0,60$ ). Csávázott formában felvitt azadirachtin hatóanyaggal kezelt vetőmaggal bevetett parcellák közül a gyökérvisszarágottság mértéke a 25 %-os koncentráció esetében volt a legmagasabb ( $2,8 \pm 0,68$ ), ezt a 10 %-os ( $2,73 \pm 0,85$ ), az 50 %-os ( $1,88 \pm 0,51$ ) és a 100 %-os ( $1,58 \pm 0,71$ ) koncentrációk követik (2. ábra).



2. ábra: Gyökérvisszarágottság mértékének alakukása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2020-Gyömöre

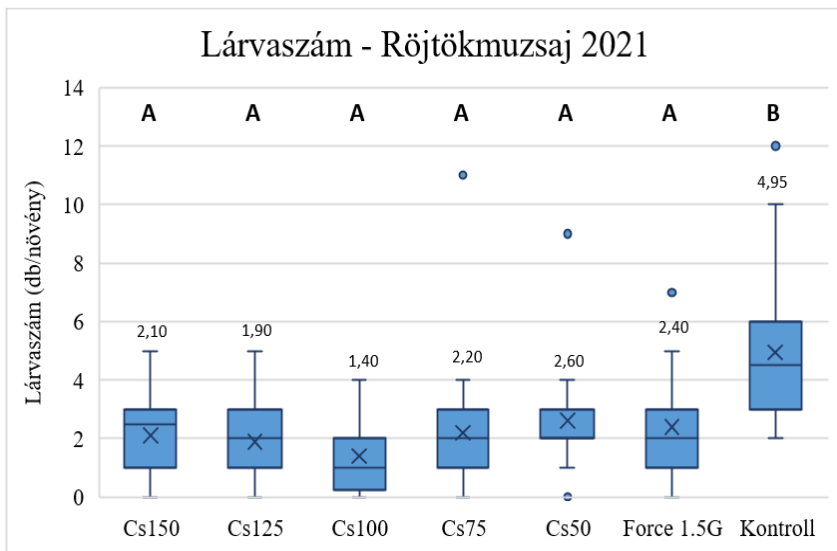
Az statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ) a parcellák között az m.Iowa értékek alapján ( $p = 0,000$ ;  $F = 30,441$ ). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll parcella szignifikánsan különbözik az 50%-os dóziskoncentrációnál nagyobb kezelésektől, valamint a pozitív kontrolltól. A 10 %-os és a 25%-os dózissal kezelt területek statisztikailag igazolható különbséget mutatnak a 100 %-os ( $SE = 0,1920$  pTukey= 0,000), a 75 %-os ( $SE = 0,1920$  pTukey= 0,000) és az 50 %-os ( $SE = 0,1920$  pTukey= 0,000) dózissal és a Force 1,5 G hatóanyaggal ( $SE = 0,1920$  pTukey= 0,000) kezelt parcelláktól.

Az eredmények szerint Gyömörén a kár mértéke a vizsgált parcellák közül csak a kontroll parcella esetében közelítette meg 3,5-es Iowa értéket, ez jól mutatja, hogy a csávázószer (azadirachtin) és a Force 1,5 G alkalmazásával, a kár mértékét lényegesen a gazdasági kár határértéke alá lehet szorítani.

### 2021-évi kísérlet Röjtökmuzsaj

A 2021-es adatokat elemezve megállapítható, hogy a röjtökmuzsaji kezelések közül a kezeletlen kontroll parcella esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot ( $4,95 \pm 2,68$  lárva/növény). A csávázott (azadirachtin hatóanyaggal kezelt) vetőmaggal bevetett parcellákat tekintve a legmagasabb lárvaszám az 50 %-os koncentráció esetében volt megfigyelhető ( $2,60 \pm 1,85$  lárva/növény), ezt a Force 1,5 G hatóanyaggal kezelt ( $2,40 \pm 1,79$  lárva/növény), a 75 %-os ( $2,20 \pm 2,42$  lárva/növény), a 150 %-os ( $2,10 \pm 1,59$  lárva/növény) és a 125 %-os ( $1,90 \pm 1,41$  lárva/növény) csávázási-koncentrációk követik.

A 100 %-os koncentrációjú azadirachtinnal kezelt területek esetén mértük a legalacsonyabb lárvaszám értéket ( $1,40 \pm 1,19$  lárva/növény) (3. ábra).

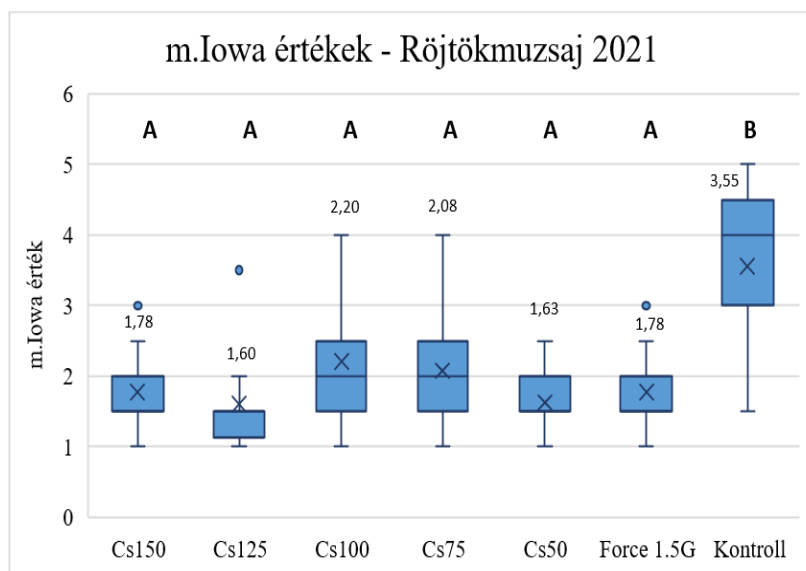


3. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2021-Röjtökmuzsaj

A statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ) a parcellák között ( $p = 0,000$ ;  $F = 7,151$ ). Az eredmények azt mutatják, hogy a kezelések mindegyike jól elkülönül a kontroll parcella esetében mért lárvaszám értékektől, tehát a kezelés hatása kimutatható. Az egyes kezelések között nem található szignifikáns különbség.

A gyökérviszarágottság szempontjából elmondható (4. ábra), hogy a kezeletlen kontroll parcellán a kár mértéke meghaladta az ökonómiai küszöbhatárt.

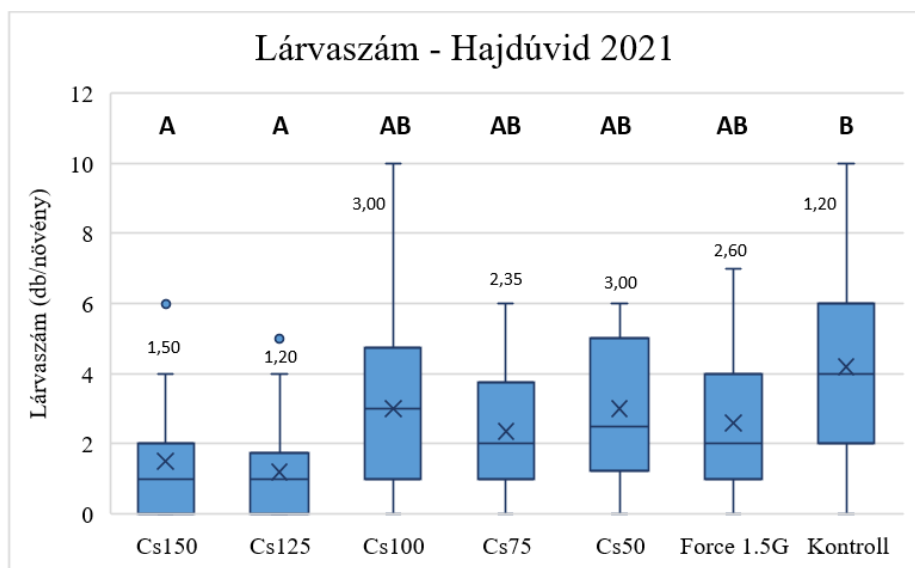
Statisztikai elemzés után elmondható, hogy a negatív kontroll minden parcellától szignifikánsan különbözik ( $p < 0,05$ ). Az egyes kezelések között nem található szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ) az m.Iowa értékek alapján.



4. *ábra*: Gyökérviisszarágottság mértékének alakulása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2021-Röjtökmuzsaj

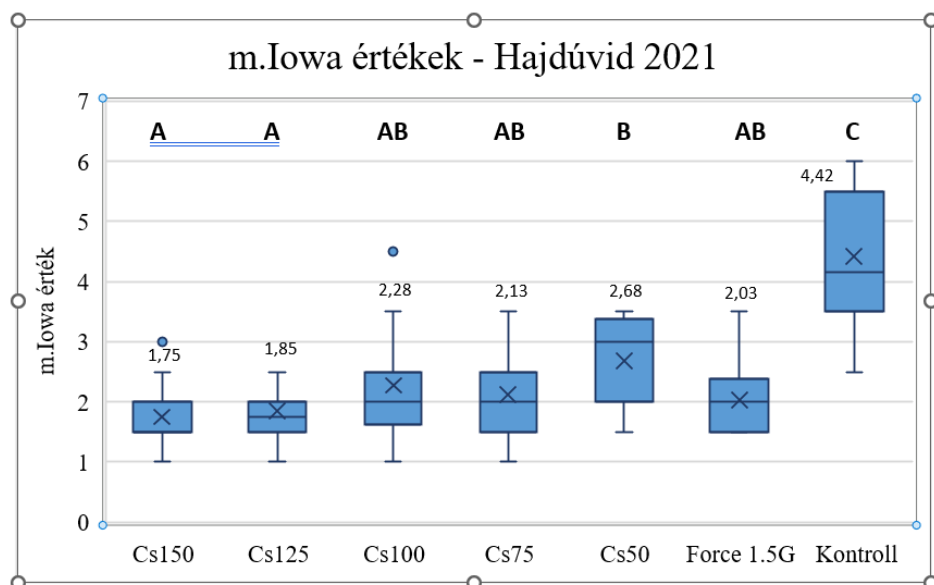
#### 2021-évi kísérlet Hajdúvid

Hajdúvidi terület lárvaszám adatait elemezve megállapítható, hogy a vizsgáltba bevont parcellák közül a kezeletlen kontroll esetében mértük a legmagasabb lárvaszámot ( $4,20 \pm 2,91$  lárva/növény), ezt az 50 %-os ( $3,00 \pm 2,00$  lárva/növény) és 100 %-os ( $3,00 \pm 2,53$  lárva/növény) koncentrációban felvitt azadirachtin hatóanyaggal kezelt területek követik. Ennél alacsonyabb mértékű átlagos növényenkénti lárvaszám a Force 1,5 G készítménnyel kezelt ( $2,60 \pm 2,06$  lárva/növény), a 75 %-os ( $2,35 \pm 1,76$  lárva/növény), a 150 %-os ( $1,50 \pm 1,61$  lárva/növény) azadirachtinnal kezelt parcellák esetében volt tapasztalható. A 125 %-os koncentrációjú azadirachtinnal kezelt magvak esetén mértük a legalacsonyabb lárvaszám értéket ( $1,20 \pm 1,40$  lárva/növény) (5. *ábra*).



5. ábra: Lárvaszámok alakulása a kísérletben 2021-Hajdúvid

Az elvégzett statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ) a parcellák között, a negatív kontroll csak a 150 %-os dózisú kezeléstől ( $SE = 0,663$  pTukey = 0,002) és a 125 %-os dózisú kezeléstől ( $SE = 0,663$  pTukey = 0,000) különbözik szignifikánsan ( $p < 0,05$ ). A kezelt parcellák egymástól szignifikanciát nem mutatnak ( $p > 0,05$ ). A gyökérvisszarágottság tekintetében (6. ábra), a vizsgált kezelések közül a kezeletlen kontroll esetében tapasztaltuk a legnagyobb mértékű kárt (m.Iowa:  $4,42 \pm 1,16$ ). Ez az érték lényegesen meghaladja a gazdasági kár határának tekintett 3,5-ös m.Iowa értéket. Az azadirachtin hatóanyaggal kezelt vetőmaggal bevetett területek közül a gyökérvisszarágottság mértéke az 50 %-os koncentráció esetében volt a legmagasabb ( $2,68 \pm 0,75$ ). A legalacsonyabb gyökérvisszarágottságot a 125 %-os ( $1,85 \pm 0,49$ ) és a 150 %-os ( $1,75 \pm 0,62$ ) azadirachtinnal kezelt vetőmaggal bevetett parcellák esetében tapasztaltuk.



6. ábra: Gyökérvisszarágottság mértékének alakulása az m. Iowa-skála szerint a kísérletben 2021-Hajdúvid

Az SPSS programmal elvégzett oneway ANOVA elemzés alapján megállapítható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$ ) a parcellák között az m.Iowa értékek alapján ( $p = 0,000$ ;  $F = 28,322$ ). A Tukey HSD Post hoc teszt eredményei szerint a negatív kontroll minden kezeléstől szignifikánsan különbözik ( $p < 0,05$ ). A vizsgálat eredményei szerint a kezelések mindegyike jól elkülönül a kontroll parcella esetében mért gyökérvisszarágottságtól, tehát a kezelések esetében statisztikailag igazolható különbség mutatható ki. A kísérleti parcellák közül csak kettő között található szignifikancia ( $p < 0,05$ ). A 150 %-os dózisú kezelés, szignifikánsan különbözik az 50 %-os dózisú kezeléstől ( $SE = 0,2445$   $p$ Tukey =  $0,004$ ).

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A nagy kukoricatermesztő körzetekben, különösen ott, ahol nagyarányú a növény monokultúrák termesztése, jelentős problémát okoz az amerikai kukoricabogár lárvája és imágója elleni védekezés. Az utóbbi években, a fenntartható mezőgazdasági/növényvédelmi gyakorlatot szem előtt tartva felértékelődnek a biológiai eredetű, hasznos szervezeteket védő készítmények, mint a botanikai extraktumok. Az azadirachtin hatóanyag talajlakó kártevők elleni pozitív hatását több a közelmúltban megjelent tanulmány is említi.

Xie *et al.* (1991) laboratóriumi körülmények között tesztelték a hatóanyagot a kukoricabogár lárvája ellen, talajba-öntözéssel, valamint fiatalkori növények leveleinek lepermetezésével, biztató eredményekről beszámolva a kukoricabogárlárvák elleni

hatásról. Kísérleteikkel összevetve saját vizsgálatainkat elmondható, hogy szántóföldi körülmények között tesztelve a hatóanyagot (kispárcellás kísérletekben) szintén hatékonynak bizonyult a kukoricabogár lárvák ellen. A vetéssel egy menetben juttattuk ki ezt a botanikai inszezticidet csávázásos formában, mely a mezőgazdaságban bevált egyszerű megoldás. Bizonyításra került az azadirachtin hatóanyag rendkívül hosszú tartamhatása. Ez a védelem elérte, sőt egyes helyeken meg is haladta az általánosan használt teflutrin hatékonyságát.

*Tóth et al.* (2021) üvegházi körülmények között végeztek vizsgálatokat egy azadirachtin hatóanyagtartalmú granulátummal kapcsolatban. Vizsgálataik során igazolták, hogy 200 g/ha hatóanyagot tartalmazó készítmény alkalmazása révén nem okoz a kukoricabogárlárvája gazdasági kárt, de a teljes védelem elérése érdekében 380 g/ha hatóanyag alkalmazása indokolt.

Korábban mi is végeztünk kísérleteket ezen granulátummal és azt tapasztaltuk, hogy a viszonylag száraz, csapadékszegény tenyészidőszakban még a gyökérfelvételezés során is felfedezhető volt a gyökérszónában feloldatlan granulátumszemcse. Az ismertetett csávázásos technológiának az előnye, hogy a mag felületére felvitt azadirachtin hatóanyagot a csíranövény nagy százalékban közvetlenül fel tudja venni, ezáltal tartós védelmet biztosít a károsítók ellen. Ennek köszönhető az a tény, hogy több éven keresztül, több helyszínen, különböző lárvanyomás alatt álló területeken végzett kísérleteinkben lényegesen kevesebb hatóanyagmennyiség is megfelelő védelmet nyújtott.

Kutatásunk során megállapítottuk, hogy a magasabb lárvafertőzöttségű területeken a magasabb csávázási dóziskoncentrációk használata (125% - 150%) indokolt, míg az alacsonyabb lárvadenzitás alatta álló területek esetében az 50-100%-os dóziskoncentrációk is eredményes védelmet nyújtanak a kukoricabogár lárvájával szemben.

## IRODALOM

- Brahmachari G.* (2004): Neem—An Omnipotent Plant: A retrospection. 5:408-421  
<https://doi.org/10.1002/cbic.200300749>
- Campos EVR.- Lima R.- Fraceto FL.- Oliveira LJ.- Pascoli M.* (2016): Neem oil and crop protection: From Now to the Future. *Front. Plant. Sci.*, 7:1  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01494>
- Chaudhary S.- Kanwar R.K.- Sehgal A.- Cahill D.M.- Barrow C.J.- Sehgal R.- Kanwar J.R.* (2017): Progress on Azadirachta indica Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. *Front. Plant Sci.*, 8:610.
- Chiang H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annu. Rev. Entomol.* 18:47-72
- Davis P.M* (1994): Comparision of economic injury levels for western corn rootworm ( Coleoptera: Chrysomelidae) infesting silage and grain corm. *J. Econ. Entomol.*, 87: 1086-1090.

- Feng R. and Isman M.B.* (1995): Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experimentia*, 51: 831-833.
- Godfrey L.D.- Meinke L.J.- Wright R.J.- Hein G.L.* (1995): Environmentak and edafic effects on western corn rootworm ( Coleoptera, Chrysomelidae) overwintering egg survival. *J. Econ. Entomol.* 88: 1445-1454.
- Gonzalez-Coloma A.- Reina M.- Diaz C.E.- Fraga B.M.- Santana-Meridas O.* (2010): Natural Product-Based Biopesticides for Insect Control [https://www.researchgate.net/publication/276271852\\_Natural\\_Product-Based\\_Biopesticides\\_for\\_Insect\\_Control](https://www.researchgate.net/publication/276271852_Natural_Product-Based_Biopesticides_for_Insect_Control) Accessed 12 April 2022
- Gyeraj A.- Szalai M.- Pálkás A.- Edwards CR.- Kiss J.* (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop Protection*, 140 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105447>
- Hill T. M. and Peters D. C.* (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *Journal of Economic Entomology* 64: 764-765.
- Immaraju J.* (1998): The commercial use of azadirachtin and its integration into viable pest control programmes. *Pesticide Science*, 54. (3): 285-289.
- Kahler A.- Olness A.E.- Sutter G.R.- Dybing C.D.- Devine O.L.* (1985): Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. *Agron. J.*, 77: 769-774.
- Mordue A.J. and Artes R.J.* (1997): Feeding Deterrence and Toxicity of Neem Triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23: 2117-2132
- Morgan E.D.* (2009): Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorg. Med. Chem.*, 17(12):4096-4105 <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.081>
- Mulla M.S., and Su T.* (1999): Activity and biological effects of neem products against arthropods of medical and veterinary importance. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 15(2):133-152
- Musick G.L. and Suttle P.J.* (1972): Ohio northern corn rootworm research. Part 1: Chemical control. Annual report. Ohio Agricultur development and Reserach Center, Wooster, Ohio
- Pálfay G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen ("Soil disinfection to control corn rootworm"). *Gyakorlati Agroforum* ("Practical Agroforum") 12(5):6
- Schmutterer H.* (1988): Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. *Journal of Insect Physiology*, 34(7):713-719 [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90082-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90082-0)
- Spike B.P. and Tollefson J.J.* (1991a): Yield response of corn subjected to western corn rootworm ( Coleoptere, Chrysomelidae) infestation and lodging. *J. Econ. Entomol.*, 84: 1585-15
- Tóth SZ., Szalai M., Vörös L., Ledóné Ábrahám R., Doshi P., Toepfer S.* (2021): Az azadirachtin aktív hatóanyagot tartalmazó biológiai talajfertőtlenítő szerek képesek védelmet nyújtani a *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: chrysomelidae) lárvái ellen. 67. Növényvédelmi Tudományos Napok Konferencia Kiadvány p.24.

Vörös G. (2002a): Újabb kukorica-ellenség: Az amerikai kukoricabogár. Gyakorlati Agrofórum, Gyakorlati Agrofórum füzetek (6) 35.

Xie Y.S.- Gagnon D.- Arnason J.T.- Philogene B.J.R.- Lambert J.D.H.- Kaminski J.- Morand P.- Timmins G.- Werstiuk N.H. (1991): Effects of azadirachtin on the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Can Entomol. 1991(3)123:707–10.

<https://doi.org/10.4039/Ent123707-3>



## QUANTIS SZEREPE A NÖVÉNYI STRESSZ FOLYAMATOKBAN

KUBINA LAJOS – NAGY VIKTOR

Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt évek során az egyre változó és kiszámíthatatlan időjárási anomáliák arra figyelmeztetnek bennünket, hogy a már meglévő tudásunkat tovább gyarapítsuk és figyelmünket olyan új módszerek és technológiák felé fordítsuk, amelyet eddig nem alkalmaztunk vagy ismeretlen volt számunkra. Az elmúlt évek sok tekintetben is intő jelként voltak értelmezhetőek, az extrém aszályos időjárás terhelő nyomott hagyott a mezőgazdaságban. Rávilágított arra, hogy minden, a növény egészségét megvédeni célzó és a növény stresszel szembeni ellenállóságát növelni képes lehetőséggel számolnunk kell és a jövőben alkalmazni kell, hogy eredményesek tudjunk lenni a mezőgazdasági termelésben. Ennek egyik eleme a növényi biostimuláció.

A dolgozat áttekintést nyújt egy biostimulánsnak (**Quantis**) a növényi életfolyamatokban betöltött szerepéről, valamint a stressz - hatások esetlegesen káros következményeinek mérsékléséről.

**Kulcsszavak:** stressz, Quantis

## QUANTIS ROLE IN PLANT STRESS PROCESSES

### SUMMARY

Over the years, ever-changing and unpredictable weather anomalies have reminded us to expand our existing knowledge and turn our attention to new methods and technologies that have hitherto escaped our attention or were unknown to us. The past few years have been a warning sign in many respects, as extreme drought weather has left a burdensome mark on agriculture. He drew our attention to the fact that all options aimed at protecting plant health and increasing the stress resistance of the plant must be taken into account and applied in the future in order to be successful in agricultural production. One element of this is plant biostimulation. The thesis gives an overview of the role of a biostimulant (**Quantis**) in plant life processes and the mitigation of potentially harmful consequences of stress effects.

## STRESSZ

A stressz megterheléssel járó helyzet, amelyben egy szervezet a “normális” viselkedéstől eltérő módon viselkedik. *Selye* (1936) szerint: „A stressz a szervezet túlterhelt, túlterhelt állapot a test aspecifikus reakciója mindenfajta igénybevétellel szemben”. Aspecifikus reakció: a stresszortól függetlenül mindig azonosan zajlik le. *Tischler* (1984) szerint: „a stressz a normálistól eltérő olyan helyzet, amely az élőlényt megterheli, de az életét közvetlenül nem veszélyezteti”. *Larcher* (1987) a növények stresszállapotát vizsgálva a következő definíciót fogalmazza meg: „a stressz olyan terheléses állapot, amelyben a növényvel szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást, vagy akár pusztulást is okoz.” A stressz a növényre gyakorolt külső, biotikus vagy abiotikus eredetű előnytelen hatás, mint pl. a fertőzés, a hőség, a vízhiány és az anoxia. A stressz hatását legtöbb esetben a túlélés jellemzőivel, illetve a termés, a gyarapodás (biomassza akkumuláció), vagy a primer asszimilációs folyamatok mérésével jellemzik *Taiz és Zeiger* (2006, 2010).

### A növényekre ható stresszorok

A növényeket károsító stresszorokat alapvetően 3 nagy csoportra tudjuk bontani:

1. Környezeti (abiotikus stressz):
  - Hideg (fagy)
  - Hőség
  - Aszály
  - Jégkár
  - Víznyomás
  - Homokverés
  - Szél, vihar
  - UV-sugárzás
2. Biotikus stressz:
  - Kórokozók és állati kártevők általi károsítás során fellépő stressz
3. Antropogén (emberi) hatás:
  - Növényvédőszer okozta fitotoxicitás



*1. ábra: A növényeket érő stresszhatások (jégverés, hideg, biotikus stressz, aszály)*  
*Figure. 1: Stress effects on plants (icestorm, cold, biotic stress, drought) URL<sup>1</sup>*

Bármelyik stresszforma esetén másodlagosan fellépő stresszként a szabad gyökök vagy másnéven a reaktív oxigénformák (ROS) (mint pl.: a hidrogén-peroxid) keletkezése történik. Valahol a biostimuláció lényegi alapja, hogy ezt a folyamatot megelőzzük, ez ellen próbáljunk védekezni. Tulajdonképpen a növény fiziológiai folyamatait úgy próbáljuk segíteni, hogy ezt a folyamatot megelőzzük, lelassítsuk vagy pedig a szabad gyökök megkötését gyorsítsuk.

Az egész növény globális válasza egy környezeti stresszorra a szenzortól, a jelátvivőktől és az anyagszere megváltozásának jellegétől, mértékétől függ. A környezetből érkező bármilyen hatás elsődleges szenzorai általában a membránok, melyek összetétele és működése különösen érzékeny a hőre, a víz- és tápanyag-ellátottságra, a pH-ra, a redoxviszonyokra és további más celluláris és külső környezeti faktorokra, illetve a membránokban lokalizált fehérjekomponensek, melyek érzékelőként funkcionálnak. A stresszor hatására adott növényi válasz – jellege szerint – kétféle lehet:

1. A hatás eltűrése, amikor a növény gyenge stressz esetén képes a stressz nélküli állapothoz hasonló, magas anyagszere-aktivitást fenntartani, súlyosabb stressz esetén pedig csökkentett aktivitással működni és biztosítani a túlélést. A tűrés (tolerancia) az egyed alkalmazkodó képességének, az akklimatizációnak az eredménye, amit a fenotípusos plaszticitás mértéke határoz meg.
2. A hatás kikerülése azt jelenti, hogy extrém intenzitású vagy tartamú stresszhatás esetén az anyagszere-aktivitás úgy lecsökken, hogy a növény egy nyugvó, alvó állapotba kerül. A növények többsége helyhez kötött lévén, nem tud mozogni fizikailag nem tud kitérni, ezért izolálja magát ily módon a stresszortól. A kikerülés egyik legismertebb példája a mérsékelt égvön a lombhullatás, ami az évszakok evolúciós időtávon át tartó periodikus

változása következtében alakult ki. Ilyen az időszakosan kiszáradó területeken élő növények gyors fenológiai fejlődése is, amikor a növény egyedfejlődése a kedvező körülmények rövid ideje alatt lezajlik a csírázástól a maghozásig, majd a körülmények romlásakor, a szárazság feltételei közepette magjai vagy más szárazságtűrő képletei biztosítják a túlélést *Fodor és mtsi* (2013).

### **A biostimulánsok hatása növényi stresszhelyzetekben**

A **Syngenta** új biostimulátor készítménye a **Quantis**, amely egy természetes eredetű, aminosav alapú, tápanyagokkal dúsított készítmény. Helyesen alkalmazva, tehát a stressz bekövetkezése előtt, preventív, azaz megelőző jelleggel képes lehet a környezeti (abiotikus) stressz káros hatásainak mérséklésére.

A biostimulátor mint fogalom, igen nehezen értelmezhető egy mondatlall. Számos szakirodalmi megfogalmazás áll rendelkezésre, de talán a legrövidebben és lényegre törőbben az alábbiak szerint lehetséges: *Patrick du Jardin* (2015) „növényi biostimuláns minden olyan anyag vagy mikroorganizmus, amelyet növényeken alkalmaznak azzal a céllal, hogy tápanyagtartalmától függetlenül javítsák a táplálkozási hatékonyságot, az abiotikus stressztűrést és/vagy a termésminőségi tulajdonságokat.” Összetételüket tekintve is sokfélék lehetnek. Növényi kivonatok, algák, huminsavak, aminosavak stb. Részrhzalmazt képeznek a klasszikus értelemben vett növényvédőszerrek és a terméshnövelő anyagok között. Hajlamosak vagyunk a biostimulátor készítményeket is terméshnövelő anyagként aposztrofálni. Sokkal inkább megfelelő, ha úgy fogalmazunk, hogy ezen anyagok alkalmazásával a növényeket ért stressz sokkal kevésbé veti vissza a várható termést, segítik megőrizni a növényben rejlő genetikai potenciált.

## **QUANTIS**

### **A Quantis kezelések hatásmechanizmusa**

Ahogy már korábban szó volt, a **Quantis** természetes eredetű biostimulátor. Egy hosszú és precíz gyártási folyamat végeredménye, amely gyártási technológia alatt a készítményt különféle tápanyagokkal dúsítják. Természetes összetevőinek köszönhetően a Quantis magas szerves széntartalmú vegyületekben (elsősorban cukrok) gazdag, emellett sok egyéb, a növények számára hasznos és nélkülözhetetlen tápanyagot és aminosavakat tartalmaz. Egyedi és kiemelendő a Quantis kalcium tartalma. A  $\text{Ca}^{2+}$  jelentős szereppel bír többet között a stresszjelzés folyamatában. Szintén említésre méltó a kálium tartalma is, ennek szerepe a növény élettani folyamataiban és stressztoleranciában is jelentős. Ezek mellett nitrogént, foszfort, bórt, cinket, mangánt és szulfátot is tartalmaz. Átlagosan 2% aminosav tartalma, ebből 0,4-0,6% szabad aminosav. Magas aszparaginsav-, glutaminsav- és alanin koncentráció jellemzi, de ezen kívül tartalmaz még többek között prolint és glicint is. Ezek a fehérjeszintézishez fontosak, továbbá antioxidáns és kelátképző hatásúak, valamit ozmoprotektánsként is működnek (*1. táblázat*).

*I. táblázat: A Quantis fizikai – kémiai tulajdonságai*  
*Table 1: Physical – chemical properties URL<sup>1</sup>*

| Paraméter                                           | Érték   |
|-----------------------------------------------------|---------|
| pH (eredeti anyagban)                               | 6,2     |
| sűrűség (kg/dm <sup>3</sup> )                       | 1,34    |
| szárazanyag tartalom (m/m%)                         | 50-55   |
| szerves C tartalom (m/m%)                           | 15      |
| N tartalom (m/m%) sz.a.                             | 1,9     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tartalom (m/m%) sz.a. | 0,87    |
| K <sub>2</sub> O tartalom (m/m%) sz.a.              | 17,4    |
| CaO tartalom (m/m%) sz.a.                           | 2,8     |
| Szulfát (mg/l)                                      | 0,2-0,4 |
| aminosav tartalom (m/m%)                            | 1,8-2,2 |
| szabad aminosav tartalom (m/m%)                     | 0,4-0,6 |
| Bór (mg/l)                                          | 7,5-20  |
| Cink (mg/l)                                         | 7-20    |
| Mangán (mg/l)                                       | 10-20   |
| Vízoldékonyság (%)                                  | 99      |

A **Quantis** a stressz bekövetkezése előtt alkalmazva, a benne található összetevőinek köszönhetően képes aktiválni a sejttrendszert (géneket és az anyagcsere folyamatokban szerepet játszó védekezési útvonalakat). Amikor stressz lép fel a **Quantis** összetevőinek hatása először a sejtek és a szervek szintjén jelentkezik és fiziológiai szinten mérhető, ami a hozam fenntartását, javulását eredményezheti.

De ahhoz, hogy megértsük a **Quantis** hatásmechanizmusát, nézzük meg lépésről lépésre, hogy az egyes összetevői miként járulnak hozzá a növényi anyagcsere változás folyamataihoz, miként tudja hatékonyan mérsékelni a környezeti stressz okozta terméscsökkenő hatásokat (1. ábra).

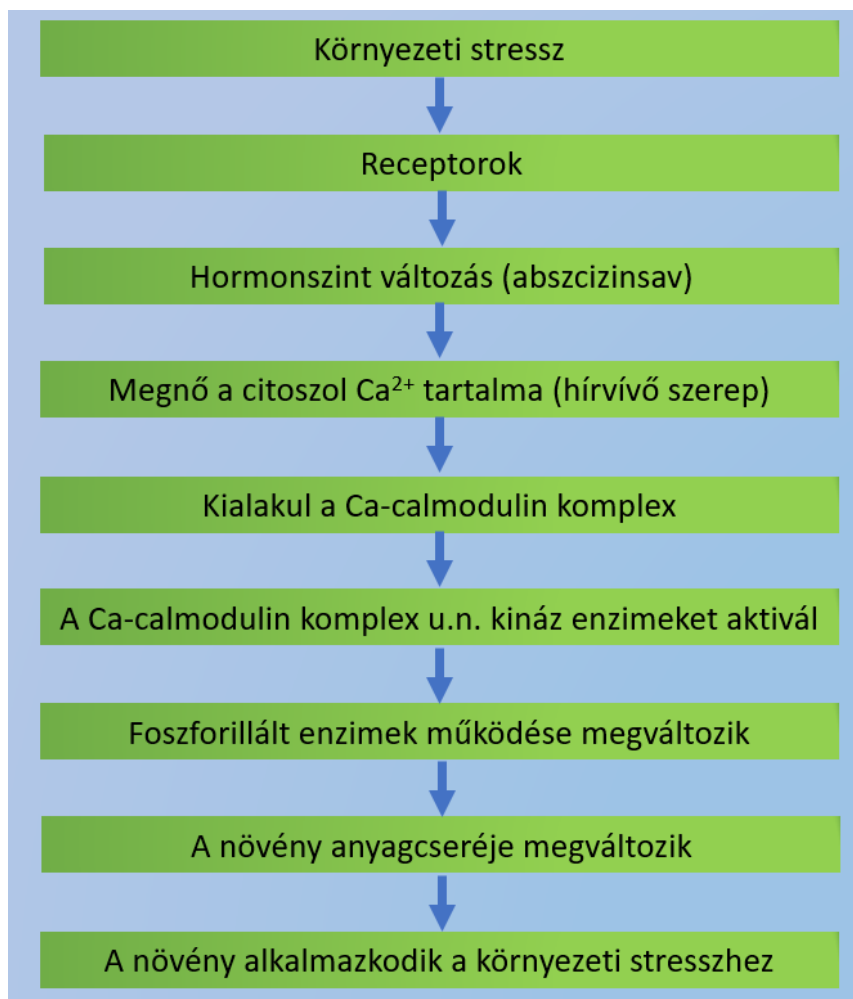
A **kalcium** nélkülözhetetlen növényi tápanyag. A sejtfalban és a membránokban különböző szerkezeti szerepek betöltéséhez szükséges, a vakulómban lévő szervetlen és szerves anionok ellenkationja, a citoszol Ca<sup>2+</sup>-koncentráció ([Ca<sup>2+</sup>]<sub>cyt</sub>) pedig kötelező intracelluláris hírvívő *White és Broadly* (2003). A talajból a gyökérszőrőkön keresztül

veszik fel a kalciumot a növények, majd innen szállítódnak a növényi részekhez. A Ca kulcsfontosságú jel átvivőként ismert a növényekben és az abszcizinsav után egy második hírvívő, többek közt részt vesz egyes ioncsatornák szabályozásában és ezáltal a sztómák záródásában is. Szárazság esetén a korlátozott vízfelvétel, továbbá a magas hőmérséklet és/vagy légköri aszály indukálta sztómazáródás miatt leálló respiráció a Ca felvételi zavaraihoz és hiány kialakulásához vezethet. A kalcium a növények növekedésének és fejlődésének különböző aspektusaihoz nélkülözhetetlen, mint például a sejtfal tágulása és stabilitása *Hetherington és Brownlee* (2004). A legtöbb kalciumhiányos rendellenességet a kalcium egyenletlen eloszlása okozza *Hirschi* (2004). A kalcium homeosztázis zavarát külső ingerek esetén figyelték meg. Korábban megfigyelték, hogy a szabad kalcium koncentrációjának növekedése biológiai reakciót vált ki a külső ingerekkel szemben, ami a kalcium második hírvívő szerepét jelzi. A kalcium kódolja mind a biotikus, mind az abiotikus stresszorok változásait. A sejtek tehát a dekódolási információt megfelelő biológiai válasz generálására használják fel. Így a sejtservecskék és a citoszol szabad  $\text{Ca}^{2+}$  szintjének dinamikus változásai a sejtek adaptációjában, növekedésében, anyagcseréjében és fejlődésében jelentkeznek *Berridge et al.* (2003). Egy kutatási tanulmány kimutatta, hogy a mitokondriumok és a kloroplasztok  $\text{Ca}^{2+}$  jeleket váltanak ki az abiotikus és biotikus stresszorokkal szemben *Nomura és Shiina* (2014). Alapvető szerepet tölt be a növények különböző élettani és fejlődési folyamatokban, valamint hírvívőként működik az immunitásban és a növények tápanyag jelzésében *Thor* (2019). A kalciumot, mint második hírvívőt mind a tápanyag- jelzésben, mind a növényi immunitásban tanulmányozták, hogy javuljanak a növényvédelmi stratégiák *Singh* (2020).

A környezeti stressz hatására a növényben megváltozik az abszcizinsav mennyisége. Ezt érzékelve a megnő a citoszol Ca tartalma, ha van elegendő a növényekben. Ez gyakorlatilag a hírvívő szerepe (egyres növények esetén rovarkárosítás következtében jasmonsav termelődik, amely hasonló hírvívő szereppel rendelkezik). Ezután kialakul a Ca-Calmodulin komplex, amely úgynevezett kináz enzimeket aktivál, melyek foszforcsoportokat pakolnak rá más enzimekre. Így a foszforillált enzimek működése megváltozik, tehát a növény anyagcseréje is megváltozik (ez a stresszválasz) és alkalmazkodik a megváltozott feltételekhez, azaz a stresszes körülményekhez. Ezzel az anyagcsere változással képes reagálni és túlélni a környezeti változásokat (3. ábra). Ha nincs megfelelő mennyiségű Ca a növényekben, ez a stresszjelzési vagy szignalizációs folyamat nem következik be, nem indul meg az anyagcsere változás és a növény károsodásához, pusztulásához vezet *Ranty et al.* (2006). A napraforgó esetén aszályos körülmények közt megfigyelhető Bract nekrozis is a Ca hiányával hozható összefüggésbe *Woltz – Harbaugh*, (1986). A **Quantis** alkalmazása növelheti a celluláris Ca mennyiségét, ami támogatja a stressz jelátvitelt és génexpressziót (stresszválasz) vált ki.

A turgor fenntartása ozmotikus szabályozással fontos fiziológiai adaptáció a vízhiány káros hatásainak minimalizálására. Az ozmotikus stressz egy másodlagos stressz, amely sejtszinten fejeződik ki. A növény elveszti a turgornyomását, ami a sztómák záródását idézi elő. Zárt sztómák esetén nem működik a légzés és a párologtatás sem, csökken a fotoszintézis, nő a növény hőmérséklete.

A megfelelő **kálium** tartalom elősegítheti az ozmotikus szabályozást, amely magasabb turgornyomást, relatív víztartalmat és alacsonyabb ozmotikus potenciált tart fenn, ezáltal javítva a növényi sejtek vízháztartását. A második legnagyobb mennyiségben szükséges elem, K<sup>+</sup> formában veszik fel a növények. Igen mobilis, megkötődik az apoplaszt negatív töltésein, de könnyen lecserélődik, és gyorsan szállítódik a xilémbe és a floémbe is. Mozgása befolyásolja a vízpotenciál viszonyokat és a membránpotenciált. A kálium számos enzimet aktivál, befolyásolja a hidratációt, és fontos szerepet tölt be a jeltovábbításban (akciós potenciálok által közvetített ingerek). Számos anyagszere- és élettani folyamat alapul a kielégítő kálium ellátáson *Fodor és mtsi* (2013).



2.ábra: A növényi stresszválasz egyszerűsített folyamata *Ranty et al.* (2006).

Figure.2: Simolified process of plant stress response *Ranty et al.* (2006).

A kálium indukálja a sejtekben az oldott anyag felhalmozódását, így csökkenti az ozmotikus potenciált és fenntartja a sejt turgorát ozmotikus stressz alatt. Emellett a **Quantis** olyan szerves szén tartalmú molekulákat is (elsősorban cukrok) tartalmaz, amelyek szintén segítenek az ozmotikus szabályozásban. Ezek a szerves vegyületek ozmoprotektánsként működnek, felhalmozódnak a sejtekben és kiegyenlítik a sejt környezete és a citoszol közti ozmotikus különbséget *Ahmad et al*, (2020).

A **Quantis** aminosav profilja magas alanin-, aszparaginsav- és glutaminsav koncentrációt mutat, emellett megtalálható még benne többek között a prolin és glicin is. Ezen aminosavak jelentősek a fehérjeszintézis szempontjából, de szerepet játszanak az ozmotikus potenciál fenntartásában (ozmoprotektánsok), kelátképző hatásúak, továbbá nélkülözhetetlen antioxidánsok. Egyes nitrogéntartalmú vegyületek, köztük az aminosavak, például a glicin, a betain és a prolin antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkezik, amelyek megvédik a növényeket az abiotikus stressztől a szabad gyökök megkötőjeként. A fehérje hidrolizátumokat jól tanulmányozták, hogy elősegítsék a mikrobák növekedését és aktivitását a rizoszféra zónáiban, és ezáltal javítsák a talajok általános termékenységét *Bulgari és mtsi*. (2019).

A környezeti (biotikus) stresszeket a káros, reaktív oxigénfajták (továbbiakban ROS) hozták összefüggésbe. A ROS-ok – azon kívül, hogy erőteljes és gyors oxidációt képesek okozni – szignálmolekulaként is viselkednek, mely viselkedés megértése, különösen a specifitás, a szelektivitás tekintetében, rövid életidejük és rendkívüli reaktivitásuk miatt nehezen volt elképzelhető. A szignál jelleg azáltal érvényesülhet, hogy az adott ROS megváltozott sejtfunkcióhoz vezető jelátviteli kaszkádot indít el, valamint azáltal is, hogy a ROS, mint egy effektor molekula az elsődlegesszignálra adandó válaszként proteinek vagy más struktúrákat változtat meg közvetlenül. A legreaktívabb hidroxil gyök féléletideje 10-9 s, tehát csak a keletkezésének közvetlen közelében hathat. A H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> viszont, melynek féléletideje 1 ms, képződésétől viszonylag nagyobb távolságra is el tud diffundálni. Mivel a ROS-ok egymásba átalakulni képesek, egymással dinamikus egyensúlyban vannak, nem egyszerű megmondani, hogy az adott helyzetben melyik ROS aktív. Szignálként való működésük feltétele, hogy a sejt érzékelje őket. Ez az érzékelés számos molekula által történhet, akár egyidejűleg is. A H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kis molekula, s ezért nem valószínű, hogy van speciális receptora, ami a klasszikus receptor/ligandum kötéshez hasonlóan felismerné. De mivel gyenge oxidáns, az „üzenetet” oxidáló képessége révén továbbíthatja. Lehetséges, hogy a ROS-oknak a sejt egyes helyein való előfordulása determinálja szignál mivoltukat, annak hatékonyságát és specifitását. A ROS-ok, de leginkább a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, jelenlétét érzékelő protein valószínűleg egy kétkomponensű hisztidinkináz (HK) a plazmalemmában. HK-ok a növénysejtben ozmoszenzorként és a hormonok érzékelésében is szerepet játszanak. A ROS-ok érzékelésére szolgálhatnak továbbá olyan molekulák, melyek ugyan nem egy szignáltranszdukciós út csúcán állnak, hanem a láncban vesznek részt, mint például tiolperoxidázok, proteinkinázok vagy foszfatázok. Ugyanígy transzkripciós faktorok is lehetnek a redox signalling részei. A ROS-ok bárhol is képződnek és hatnak, célpontjaik nagy valószínűséggel a fehérjék cisztein és metionin komponenseinek –SH csoportjai. E csoportok oxidációja, –S–S– csoportok kialakulása az adott protein konformációs változását, s ezáltal aktivitásának

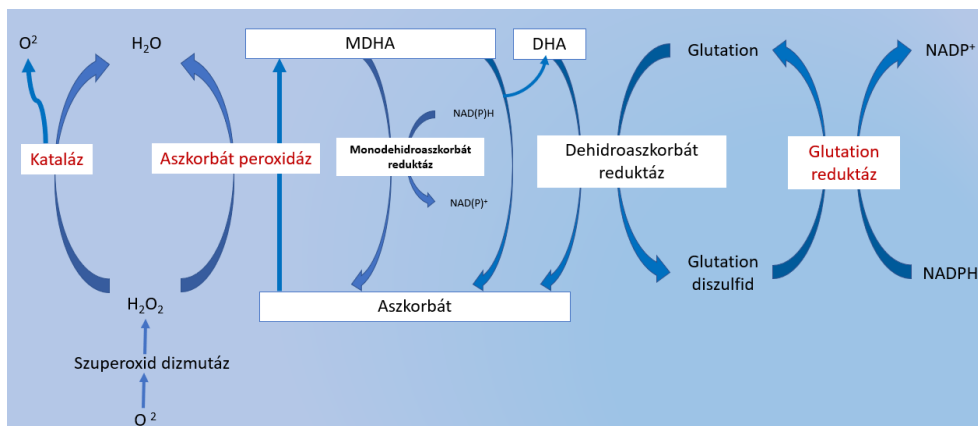
megváltozását eredményezi. Ezen kívül számos más változás is bekövetkezhet a fehérjékben a ROS-ok hatására. A ROS-ok érzékelését a jelátviteli lánc egyes komponenseinek a ROS detoxifikációban résztvevő elemekkel való kölcsönhatása is eredményezheti *Fodor és mtsi* (2013). **Ezek a reaktív oxigénformák a következők:**

- Hidrogén-peroxid
- Szuperoxid
- Szinglet oxigén
- Hidroxilgyök
- Perhidroxilgyök

Normál körülmények közt a ROS folyamatosan termelődik különböző metabolikus utak melléktermékeként, de az antioxidánsok könnyen méregtelenítik őket enzimatis és nem enzimatis úton is *Blokhina* (2003), *Apel és Hirt* (2004), *Mittler et al.* (2004).

A glutaminsav, mely a **Quantis** teljes aminosavtartalmának 24 %-át adja, hozzájárul a sejten belül a glutation képződéséhez. A glutation a sejtek által termelt fő antioxidáns metabolit, amely közvetlenül hat a szabad gyökök képződésére. A növényekben nélkülözhetetlen a fejlődésük szabályozásában és a környezeti igénybevételekre (hőség, szárazság stb.) adott válaszokban *Hammed et al.* (2014). Vizsgálatok bizonyították, hogy **Quantissal** kezelt növényekben az enzimatis méregtelenítésben résztvevő enzimek (glutacion-reduktáz, aszkorbát-peroxidáz, kataláz) magasabb koncentrációban voltak jelen, növelte ezen enzimek aktivitását. Amely szintén a hatékonyabb védelmet jelzi a káros oxigénformák ellen (4. ábra).

A nem enzimatis méregtelítés olyan antioxidánsok köthető, mint az aszkorbinsav, a glutacion vagy az ozmoprotektánsok (glicin, betain). Ezen molekulák közvetlenül megköthetik a ROS-t és minimalizálhatják a ROS általi sejtkárosodást *Huang et al.* (2019). Vizsgálatok megerősítették a sztahidrin jelenlétét a **Quantis**-szal kezelt növényekben, amely egy erős antioxidáns. A sztahidrin mennyisége a növényekben alacsonyabb, mint a proliné, mivel a prolinból két enzimatis lépésben szintetizálódik *Hayat et al.* (2012). A **Quantis** betaint is tartalmaz és valójában a prolin sztahidrinné történő átalakulása a stressztűrő képesség fejlődésével jár.



3.ábra: A legfontosabb ROS detoxifikáló enzimek és metabolitok (piros színnel kiemelve azon enzimek, melyek esetén magasabb aktivitást mértek **Quantis** kezelés hatására kísérletekben) Huang *et al.* (2019).

Figure 3: (The most important ROS detoxifying enzymes and metabolites (highlighted in red are enzymes with higher activity measured by **Quantis** treatment in experiments) Huang *et al.* (2019).

Összeségében a fentebb említett összetevők növényfiziológiai háttéréből származó termésszabályozás a következő hatásokban nyilvánul meg:

- Fokozott fotoszintetikus aktivitás
- Sejtek és membránok stabilitása
- Növény felületi hőmérsékletének csökkentése
- Késleltetett öregedés (szeneszcencia)

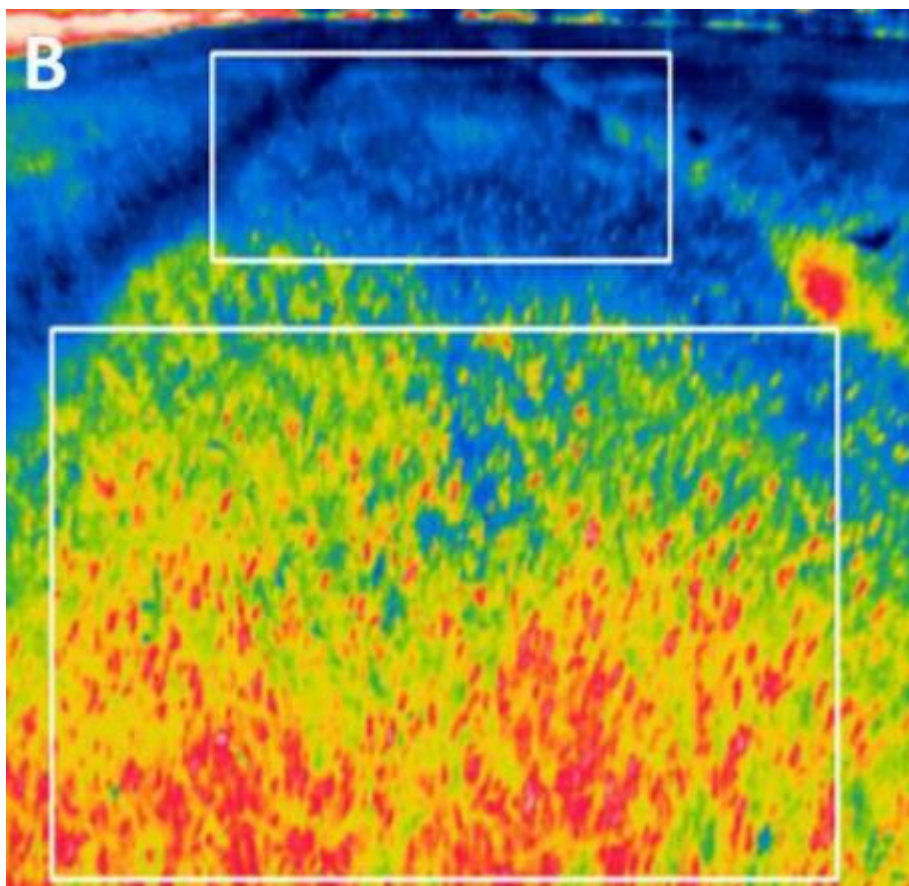
A fotoszintézist gyakran befolyásolja az abiotikus (környezeti) stressz. Aszály okozta stressz esetén a fiziológiai hatások külsőleg

- a fotoszintetikus aktivitás csökkenésében,
- a zöld levélfelület csökkenésében,
- a növekedés visszamaradásában és
- termésvesztésben nyilvánulnak meg Singh és Thakur (2018).

A szárazság okozta fotoszintézis korlátozás legfőbb oka a sztóma záródása, amely csökkenti a gázcsere keresztüli  $\text{CO}_2$  felvételt és ennek következtében a fotoszintézist. A kálium elősegítheti az ozmotikus szabályozást és magasabb turgornyomást tarthat fenn, így elősegítheti a sztóma nyitott állapotát és lehetővé teszi a fotoszintézis folytatását. Brit kísérletek bizonyították, hogy a **Quantissal** kezelt növényekben, 30 °C-on jóval nagyobb volt a párologtatás intenzitása (ennek fontosságára még kitérünk) és a  $\text{CO}_2$  megkötés mértéke, ami a kezelt növényekben a fotoszintetikus aktivitás növekedését igazolta. Kukorica hibridekben vizsgálták a növények fényhasznosítását, azaz szakszóval nevezve a fluoreszcenciát. A fluoreszcencia nem más, mint a nem hasznosult, vagy visszasugárzott fényenergia. Minél jobban tudja a növény a fényt hasznosítani, annál intenzívebben képes

fotoszintetizálni. Akár szárazságra érzékenyebb, akár pedig szárazságtűrő kukorica hibridekben a **Quantis** javította a kukorica fényhasznosítását.

Az állomány hőmérséklete az egyik legfontosabb jelző paraméter, amely könnyen mérhető és jól jelzi a növény élettani állapotát aszály stressz idején. Hiszen a levelek hőmérséklete és a transzspirációs (légzés) hűtés között szoros összefüggés van. Szárazság hatására a talaj nedvességtartalma alacsony és csökkenti a levél vízpotenciálját, a sztóma ozmotikus nyomását, ezáltal a léghűtést, ami a levélzet hőmérsékletének emelkedéséhez vezet. Egyéb stressz okozta következmények is a növény, un. „lázás” állapotát tudják előidézni (pl.: szabad gyökök felhalmozódása). Kifejezetten fontos tehát, hogy a sztóma nyitott állapotban tartásával a fotoszintézisen túl a transpiráció is zavartalanul tudjon működni, hiszen 10 °C-os levélfelület hőmérséklet emelkedés a lebontó folyamatokat 2-3-szorosára tudja felgyorsítani *Jackson et al.* (1981). A **Quantis** alkalmazása segít csökkenteni az állomány hőmérsékletét a stressz elleni védelem fokozásával (4.ábra).



4.ábra: Hőkamerás felvétel, amely a növényállomány hőmérsékeltét szemlélteti. Az „B” jelű terület zászlós levél kiterülés idején **Quantis** kezelést kapott, az állomány hőmérséklete 22,6 °C-os, míg az állomány többi része csak fungicid kezelésben részesült, itt a hőmérséklet 24,1 °C. (Syngenta, Olaszország, 2013)

*Figure 4:* Thermal imaging showing the temperature of the plant stock. Area B received **Quantis** treatment during flag leaf spread, the stock temperature was 22.6 °C, while the rest of the stock received only fungicidal treatment, the temperature here is 24.1 oC. (Syngenta, Italy, 2013) URL<sup>1</sup>

Az öregedés (szeneszcencia) során klorofill lebomlik, a levelek zöldből sárgává válnak, így a fotoszintézis véget ér, ami végül a növények lombhullásához vezet. Az öregedés a sejtkárosodás eredménye, ami a klorofill rövidebb élettartamában nyilvánul meg. A szárazság, a hő, a hideg és a sóstressz is a levelek öregedését, sárgulását okozza a növényekben. A klorofill egy magnézium központi atomú, porfinvázas vegyület, ami a növényekben a fény energiájának elnyeléséért felel. A klorofillképződés első lépése a glutaminsav átalakulása, tehát a klorofill kialakulásához glutaminsavra van szüksége a növénynek. A glutaminsav mellett a glicin is alapvető metabolit a klorofill szintézisben.

A nitrogén zöldítő hatása ismert jelenség. Azonban a szárazság során alkalmazott nitrogén hatóanyag hasznosulása kérdéses. Ha csupán nitrogén hatóanyag segítségével várjuk a zöldítő hatást, ez rendkívül energiaigényes folyamat a növények számára, továbbá jóval hosszabb időt vesz igénybe, mintha glutaminsav tartalmú készítményt alkalmaznánk lombon keresztül *Willows* (2007). A **Quantis**, ahogy már említettük, magas glutaminsav- és glicin tartalommal is bír. Laboratóriumi kísérletekben kimutatták, hogy a **Quantis**-szal kezelt szója növények még aszályosabb körülmények közt is egészségesebbek maradtak, tovább megőrizték a zöld biomassza tömegüket. Értelemszerűen a fotoszintézis és a termés szempontjából lényeges felépítő folyamatok tovább tudtak működni. A késleltetett öregedés a **Quantis** egyik nagy előnye, amely szántóföldi körülmények közt gyakran vizuálisan is megfigyelhető.

A növényi biostimuláció élettani alapjainak megismerése egy merőben új gondolkodást és szemléletet vetít előre. Ez nélkülözhetetlen lesz a jövő kihívásainak tükrében ahhoz, hogy eredményesen tudjunk termelni. Ebben az összefoglalóban a növényfiziológia azon szakaszait igyekeztünk bemutatni, a teljesség igénye nélkül, amelyek a készítmény használatához szükséges ismereteinket tudják bővíteni és az eredményes alkalmazás alapjait hivatottak megteremteni.

Ezen információkból láthatjuk, hogy a **Quantis** a számos hasznos összetevőjének köszönhetően, (Ca-ion, K-ion, aminosavak, szerves szén tartalmú vegyületek stb.) helyesen, tehát a stressz bekövetkezése előtt, preventíven alkalmazva elősegítheti a növény stresszel szembeni ellenállóságának növekedését. A **Quantis** stressztolerancia növelő hatása pedig a végső cél, tehát a termés mennyiségében is megmutatkozik. Hiszen alkalmazásával a növényeket érő stresszhatások azt kevésbé tudják csökkenteni.

## IRODALOM

- Ahmad, F. – Singh, A. – Tripath, D. K.* (2020): Chapter 3: Osmoprotective Role of Sugar in Mitigating Abiotic Stress in Plants. In: Aryadeep Roychoudhury – Durgesh Kumar Tripath (2020): Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives.
- Apel, K. - Hirt, H.* (2004): Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55, 373–399.
- Berridge, M.J. - Bootman, M.D. - Roderick, H.L.* (2003): Calcium signalling: dynamics, homeostasis and remodelling *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 4. pp. 517-529
- Blokhina, O.* (2003): Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann. Bot.* 91, 179–194.
- Bulgari, R. – Franzoni, G. – Ferrante, A.* (2019): Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy* 9:306.
- du Jardin P.* (2015): Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation *Scientia Horticulturae* 196: 3-14.
- Fodor, F. és mtsi* (2013): A növényi anyagszere élettana. Eötvös Lóránd Tudományegyetem

- Jackson, R.D. – Idso, S.B. – Reginato, R.J. – Pinter jr, P.J. (1981): Canopy temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Research* Vol 17 No 4 pp.1133-1138
- Hameed, A. - Sharma, I. - Kumar, A. - Azooz, MM. - Lone, H.A. - Ahmad, P. (2014): Chapter 6 - Glutathione Metabolism in Plants under Environmental Stress. *Oxidative Damage to Plants. Antioxidant networks and signaling*. Pages:183-200.
- Hayat, S. – Hayat, Q. – Alyemeni, M. N. – Wani, A. S. – Pichtel, J. – Ahmad, A. (2012): Role of proline under changing environments. *Plant Signal Behav.* 7(11): pp. 1456-1466.
- Hetherington A.M. - Brownlee, C. (2004): The Generation of Ca<sup>2+</sup>Signalin Plants. *Annual Reivew of Plant Biologi* 55. pp.401-427.
- Hirschi, K.D. (2004): The Calcium conundrum. Both versatile nutriend and specific signal. *Plant Phyto* 136. pp. 2438-2442.
- Huang, H. - Ullah, F. - Zhou, D-X, - Yi, M. - Zhao, Y. (2019): Mechanism of ROS regulatuion of plant development and stress responses. *Front. Plant Sci. Plant Development and EvoDevo* Volume 10.
- Larcher, W. (1987): Stress bei Pflanzen. *Naturwissenschaften* 74. pp. 158–167.
- Mittler, R. - Vanderauwera, S, - Gollery, M. - Van Breusegem, F. (2004): Reactive oxygen gene network of plants. *Trends Plant Sci.* 9, 490–498.
- Nomura, H. – Shiina, T. (2014): Calcium Signaling in Plant Endosymbiotic Organelles: Molacular Plant. 7. pp. 1094-1104.
- Ranty, B. - Aldon, D - Galaud, JP. (2006): Plant Calmodulins and Calmodulin-Related Proteins, *Plant Signal Behav* 1(3): pp.96-104
- Selye, J. (1936): Károsító tényezőkkel előidézett szindróma *Nature*
- Singh, R. (2020): Calcium in plant biology nutrient and second messenger. *International Jurnal of Biological Innovations*
- Singh, J. – Thakus, J.K. (2018): Photosyntesis and Abiotic Stress in Plants. In Sharad Vats (2018) *Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Pp. 27-46. Springer
- Taiz, L. – Zeiger, E. (2006): *Plant physiology*. 4th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 764 pp.
- Taiz, L. - Zeiger, E. (2010): *Plant physiology*. 5th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 782 pp.
- Thor, K. (2019): Calcium Nutrient and Messenger. *Plant Sci.* 10.
- Tischler (1984): Stresszfiziológia növények és a stressz ppt
- White, P.J. – Broadley, MR. (2003): Calcium in Plants, *Annals of Botany* 92. 487-511.
- Willows, R.D. (2007): Chlorophyll synthesis. In Robert R. Wise – J. Kenneth Hooper (2007): *Advances in Photosynthesis and Respiration*. Volume 23. The Structure and Function of Plastids. Pp. 295-313. Springer.
- Woltz, S.S. – B.K. Harbaugh, B.K. (1986): Calcium deficiency at the basis cause of marginal bract necrosis of 'Gutbier V-14 Glory' Poinsettia. *HortScience* 21(6): 1403-1404.
- URL<sup>1</sup> <https://www.syngenta.hu/press-release/hir/biostimulacio-syngenta-modra-quantis-novenyelettani-hattere> [letöltve 2023. 09. 27.].



## GAZDÁLKODÓK KIHÍVÁSAI AZ ASZÁLYOS IDŐSZAKOKBAN

SOÓS ANITA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, címe 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás egyértelműen a korunk legnagyobb problémája, viszont továbbra se beszélünk róla eleget. Óriási a vízhiány. Erről mindenki beszél, mindenki tud, aki ezzel szembesül, a mezőgazdasági termelőtől a környezettel foglalkozó szakemberig, kutatókig. Persze mindig voltak esősebb és szárazabb hónapok, de mostanra ez teljesen megváltozott, egyre kiszámíthatatlanabb az időjárás. Olyan időjárási anomáliákat okoz, amiket a szerző jelen kutatásban vázol. Több köztes állomáson keresztül pedig eljut oda, hogy szárazodik minden. Ennél sokkal összetettebb a helyzet Magyarországon. Az emberek még nem sokat éreznek ebből, de egyre inkább kezdenek felfigyelni rá. Sokan azt gondolják, hogy a szárazság az klímaváltozás. Az egész régiónak kihívást jelent. Mit tud tenni egy teljesen hétköznapi ember? Foglalkoznunk kell a problémával és megbecsülni minden csepp vizet. A tudatnál kezdődik a változás, és most már eljutottunk oda, hogy megkérdezzük: nem késtünk el vele? A cikk felhívja a figyelmet a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásainak komplex definiálására és annak megértésére. A tanulmányhoz kapcsolódóan mélyinterjúkat bonyolítottam le 10 gazdálkodóval strukturált kérdéskör mentén, melyek segítettek következtetéseim és javaslataim megalapozását.

### CHALLENGES OF FARMERS DURING PERIODS OF DROUGHT

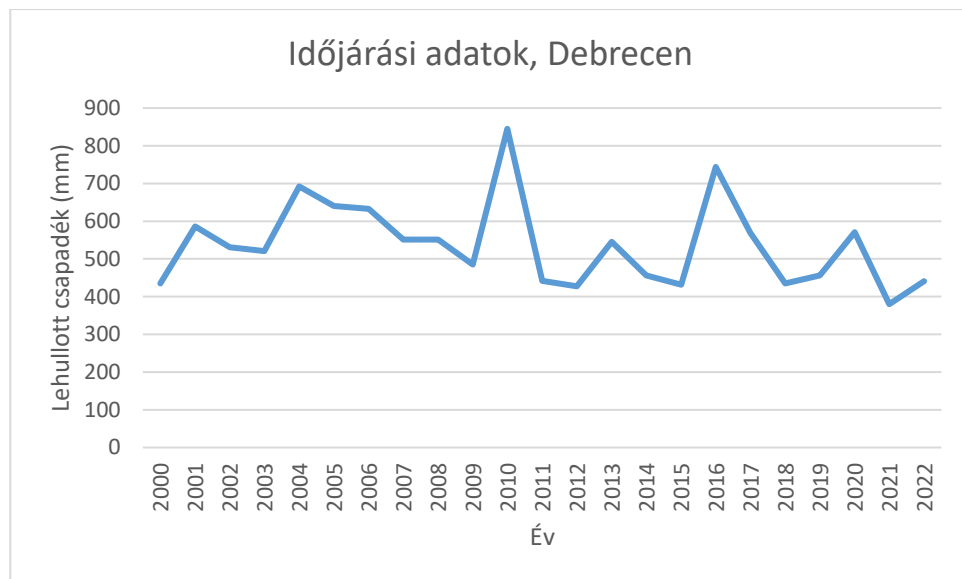
#### ABSTRACT

Climate change is clearly the biggest problem of our time, but we still don't talk about it enough. Water scarcity is huge. Everyone is talking about it, everyone who is confronted with it, from farmers to environmental experts and researchers, knows about it. Of course, there have always been rainy months and drier months, but now it has changed completely, and the weather is becoming more and more unpredictable. It causes the kind of weather anomalies that the author outlines in this research. And through a series of intermediate stations, he arrives at the point where everything is drying up. The situation in Hungary is much more complex than that. People are not yet feeling much of

this, but they are starting to take notice. Many people think that drought is climate change. It is a challenge for the whole region. What can a completely ordinary person do? We need to address the problem and value every drop of water. Change starts with the mind, and we are now at the point of asking: are we too late? This article draws attention to the complexity of defining and understanding the socio-economic impacts of climate change. I conducted in-depth interviews with 10 farmers along a structured set of questions to inform my conclusions and recommendations.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Magyarország éghajlatát leginkább nedves kontinentális jellemezi. Az Alföldön körülbelül 500-550 mm az átlagos csapadék. Ha végig nézzük, hogy az elmúlt 10 évben hány olyan év volt, amikor a teljes évi csapadékmennyiség nem érte el a 400 mm-t, akkor meglepő, hogy nagyon sok olyan év volt (1. ábra).



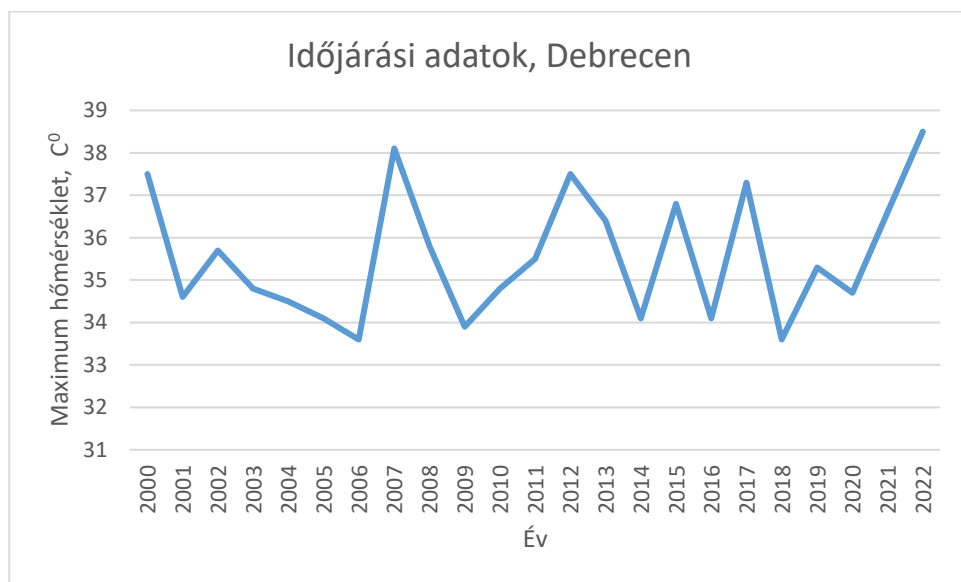
(forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

1. ábra: Lehullott csapadék mennyisége

Ez önmagában is nagy gond, de ami még nagyobb baj, hogy ez a csapadék ritkán, de nagy mennyiségben esik le és így nem bírja befogadni a föld. Mára egyre kiszámíthatatlanabb az időjárás. Az, hogy ez a klímaváltozás következménye, az megkérdőjelezhetetlen. Számos tudományos bizonyíték van, hogy az éghajlat melegedik. Azzal, hogy a vizet szűk mederbe terelték, azt érték el, hogy a Tisza nagyon mélyen bevágódott, magával húzva a talajvízszintet is, ennek következményeként elindult az Alföld kiszáradása. Bármerre fordul meg az ember, nagyon mély csatornákat találunk, kiszáradva. Nagyon összetett a helyzet egész Magyarországon, nemcsak az Alföldön. A

régióban több tó évek óta ki van száradva, ahol régen úsztak, korcsolyáztak. Mindenhol szembetűnő az elképesztő szárazság.

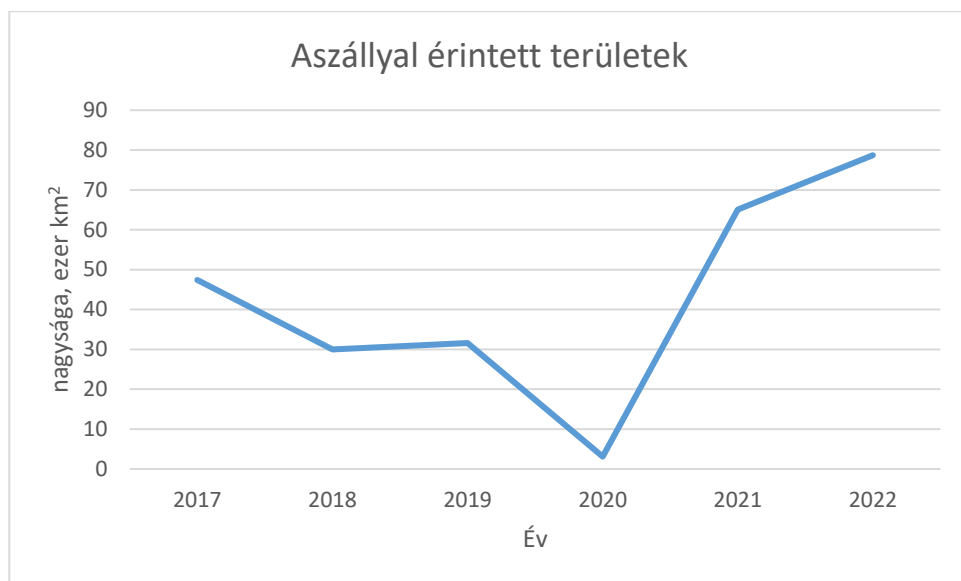
2022-ben lehetett hallani a hírt, hogy kigyulladt a puszta egy része Hortobágyon. Mivel sehol sem írtak magyarázatot, sejteni lehet, hogy ennek is a száraz időhöz lesz köze. Több mint 200 hektár pusztult el a Hortobágyi Nemzeti Park egyik fokozottan védett részén egy mélyebb fekvésű területen. A tűz oka az volt, hogy minden rettenetesen száraz volt, így a növényzet bármikor kigyullad (2. ábra).



(forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

2.ábra: Maximum hőmérséklet

Azonban ez a brutális szárazság nemcsak az Alföldet érinti, hanem egész Magyarországon gondot okoz. Kiszáradnak olyan tavak, patakok, amik korábban állandó vizű patakok voltak. Időről időre egyre hosszabb időre száradnak ki teljesen. Körülbelül 30- 50%- a vizeinknek érintett. Ha az ember ránéz egy patakmederre, ami kiszáradt, akkor azt mondja, hogy nem szép, de majd úgyis lesz benne víz. Az a baj, hogy ebben a patakban több száz, több ezer különböző faj él együtt, egy adott időpillanatban. Ezek az élőlények különböző folyamatokban vesznek részt az ő cselekvésük és életük során. Ezek a folyamatok nem csak az ő számukra fontosak, hanem gyakorlatilag az élővilágunknak, a környezetünknek, az ökoszisztémában működés szempontjából is. Nagyon komoly stressz alatt vannak az életközösségek, nagyon komoly átalakulások elé nézünk. Az élővilág ezt kezelni fogja, mert át fog alakulni egy olyanná, ami ahhoz alkalmazkodik. Az a kérdés, hogy ez mennyire lesz jó nekünk és mennyire lesz diverz ahhoz, hogy egy megfelelően komplex közösség össze tudjon állni. Az emberek még nem sokat éreznek ebből, de egyre inkább kezdenek felfigyelni rá.



(forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

3. ábra: Aszályal érintett területek

A felszín alatti vizekről sokan azt gondolják, hogy itt a Kárpát-medencében rettentő kedvező helyzetben vagyunk, rengeteg víz van, de azért ez nem teljesen így van.

A szárazság egyre inkább jelentős kockázatként lép be mind a magyar mezőgazdasági termelők kockázati portfóliójába, mind pedig világszinten. Ha ez a tendencia nem változik, hogy például tíz év alatt három métert esett a talajvízszint, akkor sajnos ez egy idő után megélhetési nehézségeket fog okozni, hogy elköltöznének az emberek. Nyáron nagyon megnövekszik a párolgás, emiatt jelentős a vízszint csökkenés. Szemmel jól látható, hogy milyen áremelkedések zajlanak le. Aki az életét itt alapozta meg és alakította meg a gazdaságát, annak nagyon nehéz újra felépíteni egyet, teljesen máshol. Élhetetlen lesz a vidék mezőgazdasági szempontból. A vetéseken látni, hogy nagyon jól előkészített a talaj, és jó minőségű, fémzárolt vetőmaggal a megfelelő mezőgazdasági munkálatokat elvégezve ezekből a vetésekből semmi sem lesz. Van olyan forgatókönyv, hogy nem lehet végtelen sokáig csinálni. A klímaváltozás sokkal többről szól. Az életünkről szól.

A klímaváltozás okozta problémák kutatása Fourier és Agassiz munkásságával kezdődött a 19. században, a központi kérdés a jégkorszakok eltűnéséhez vezető klímahatások voltak (Bolin, 2007). Az elmúlt évtizedekben a kutatás intenzívebbé vált, globális és regionális felmérései elismert tudományterületté váltak. A publikációk, könyvek és folyóiratok számának növekedése jelzi a téma iránti növekvő tudományos érdeklődést. A hatás- és alkalmazkodási elemzés nem választható el a gazdasági vagy társadalmi megközelítéstől.

*Gazdasági és társadalmi hatások*

Általánosságban a klímaváltozásnak az egyéni társadalomra gyakorolt hatását felfoghatjuk úgy, mint a miliő, továbbá a gazdaság, ezen kívül a társadalom dinamikus kölcsönhatását. Ebben az értelemben a korreláció régóta létezik, de éppen dinamikus jellegének köszönhetően az elmúlt években megnőtt azoknak az intő, gyakran extrém jeleknek, eseményeknek a száma, amik a természet rendszerében rapid változásokat eredményeztek nagyrészt az egyéni tevékenység következtében.

Az alábbiakban szemléltetem a nemzetközi szakirodalmi források egy részét, utalva arra, hogy többféleképpen közelítenek a klimatikus változások társadalmi-gazdasági hatásaihoz.

*Globális megközelítés*

A szakirodalom nagy része egy globális megközelítést követ, amely abból áll, hogy a világ népességének társadalmi és gazdasági trendjeit összekapcsolják a klímaváltozás megatrendjeivel, és ebből az összefüggésből vezetik le a jelenség súlyosságát és elkerülhetetlenségét, valamint összefüggését más nagyon súlyos problémakontaktusokkal. Az éghajlatváltozással kapcsolatos politikák a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos közpolitika részét képezik. Mindkettőnek szorosan kapcsolódnia kell a szegénység felszámolásához, vagyis a klímaváltozás kihívásának megoldására először a fenntartható fejlődésnek kell választ adnia, amelynek egyik célja a szegénység csökkentése. Az éghajlatváltozás kihívásaira nincsenek olyan válaszok, amelyek minden régióra és országra vonatkoznának, és ez a helyzet rávilágít az egyes országok felelősségére.

A másik széleskörű dilemma az éghajlatváltozás, továbbá a társadalmak viszonyában maga a tudomány helyzete. Az egyének tájékozottsága meglehetősen alacsony fokú. Ez a probléma azzal is együtt jár, hogy a népesség nagyméretű szegmense nem is érzékeli a klímaváltozások jelentette gondot, s emiatt nem is aktivizálható. A tudomány, ezen kívül a mindennapi élet között széles, továbbá mély szakadék van. A tudomány oldaláról a jelentősebb problémának az egyes diszciplínák elkülönült, vitákat hiányoló gyakorlatát, az interdiszciplináris vizsgálatok hiányosságait, továbbá a tudomány konzervatív szemléletét látja. A hétköznapi életben kevésbé tematizálódik a klímaváltozás veszélye, valamint annak társadalmi, gazdasági hatása, s ebben a tudomány képviselői nem jelentenek komoly támogatást. Más kérdés, hogy a média, valamint az iskola sem fordít erre különösebb figyelmet. Mindezek a körülmények nagymértékben nehezíthetik a klímaváltozásokkal kapcsolatban az adaptáció processzusát (Bedsworth – Hanak, 2011).

*A politikai megközelítés*

A különböző szakirodalmi források egy szegmense követi az egyszerű közgazdasági megközelítést, amikor a klímapolitika működését csupán racionális cselekvések halmazaként fogja fel. A szereplők viselkedésében megtalálhatók az ökonómiai értelemben nem racionális aspektus is, méghozzá nem is elhanyagolható hatással (Gowdy, 2008). A politika közgazdasági analízisének a szakirodalmi forrásokban komoly szerepet

játszik a kockázatelemzés, mivel a klimatikus hatások nehezen előre láthatók, ha behatárolt területről van szó, illetve ha a becslés nem túlságosan absztrakt (*Webster et al.*, 2011).

A szakirodalmi forrásokban disputa van arról, hogy a felülről vezérelt politikai cselekvés, esetleg az alulról indult cselekvések jelentenek-e komolyabb garanciát, továbbá megalapozottabb ismereteket, nagyobb hatékonyságot a klímaváltozások hatásaihoz való alkalmazkodásra. Mindkét megközelítés mellett lehet érvelni.

### *Gazdasági megközelítés*

A mindenre kiterjedő felmelegedés gazdasági hatását elemzi *Pappis* 2011-ben megjelent kötetében (*Pappis* 2011), többek között azt vizsgálja, hogyan válaszoltak a vállalatok a felmelegedés kihívására, mit tesz a gazdaságpolitika a különféle államokban. Az ökonomiai növekedés, valamint az alkalmazkodás a klimatikus változásokhoz gyakran ambivalens mechanizmus. Az ökonomiai növekedés nem csökkenti automatikusan a sebezhetőséget a klimatikus hatásokkal szemben. Csupán az úgynevezett „jó növekedés” képes erre. Ennek sajátosságait igen nehéz megállapítani, s erre vállalkozik egy-két szakember (*Bowen – Cochrane – Fankhauser*, 2011).

Gyakorta vetődik fel a kérdés, hogy a klimatikus hatások ellensúlyozására szolgáló költséggel hogyan gazdálkodjanak. *Bruin és Dellink* (2011) azt tanácsolja, hogy flexibilis költségfelhasználást kövessenek, hogy tudjanak válaszolni a kihívásokra abban az esetben is, ha valami nem várt jelenség történik.

### *Mezőgazdasági megközelítés*

Az egyes ökonomiai szektorok közül talán a mezőgazdaság, ezen kívül az erdőgazdaság, továbbá a mező-erdőgazdasággal foglalkozó egyének a legjobban kitettek a klímaváltozás következményeinek. A mezőgazdasági kultúrák változhatnak, ami eltérő módon érintheti a lokális szereplőket, lakosokat. Ezekhez a processzusokhoz való alkalmazkodás nem egyszerű dolog (*Dockerty et al.*, 2005; *Palatnik – Roson*, 2011). Különösen amiatt, mert a fogyasztói társadalom, valamint a politika kevésbé érzékeny az agrár-, valamint erdőterületek, továbbá az ezzel foglalkozó egyének segítésére. Más tanulmányok (pl. *Giupponi et al.*, 2006) arra világítanak rá, hogy a különféle mezőgazdasági ágazatok, a különféle farmnépesség igen eltérően találkoznak az éghajlati változások eredményezte ökonomiai nehézségekkel. Szerintük a földhasználati szokások változása elsődlegesen a legelő szarvasmarhatartást hozhatja nehezebb helyzetbe. Fontos szempont *Chazal*, ezen kívül *Rounsevell* (2009) tanulmánya, melyben a földhasználati jellemzők megváltozását olyan indikátornak tartják, mely a klímaváltozással érintett gazdálkodók ökonomiai, valamint társadalmi helyzetét, törekvéseit is érthetőbbé teszi.

### *Társadalmi megközelítés*

Akár a globális, akár a gazdasági, esetleg a mezőgazdasági típusú változásokat, továbbá válaszokat vizsgáljuk, ez a szempont mindig jelen van. A klimatikus változások adaptációja gyakran a migrációban érhető tetten (az emberek a lábukkal szavaznak), s jelezték ennek a témának különösen hatalmas irodalmát (*Mortreux – Barnett*, 2009). A

népesség körében jelentős bizonytalanság, továbbá szkepticizmus él a klimatikus hatásokkal kapcsolatban. A szkepticizmust a kutatások a politikai értékekhez kötik. A bizonytalanság esetén a szociális változók nem mutattak releváns befolyást, ami azt jelzi, hogy az érintettség az összes szociális csoport esetekor tájékoztatlanságot, valamint nagyarányú bizonytalanságot tükröz (Whitmarsh, 2011). A klimatikus következményeket illetően a szociális adaptáció alapvető módon két tényezőtől függ. Egyrészt attól, hogy a klimatikus hatások intenzitása milyen, továbbá azt az egyének milyennek érzékelik, vagyis extrém, hirtelen hatásnak, illetőleg távlati hatásnak, lassabb processzusnak látják. Másrészt annak függvényében változik, hogy a lakosság milyen mértékben kitett ennek a hatásnak, milyen mértékben sebezhető, kultúráját tekintve mennyire mobil.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A cikk megírása abból adódik, hogy magam is mezőgazdaságban dolgozom, az aszály saját gazdaságomban is évek óta gondot okoz. Kapcsolataim által számos gazdálkodóval beszélünk az aszály okozta problémákról. Tudományos munkámhoz empirikus kutatást alkalmaztam, melynek keretében mélyinterjúkat bonyolítottam le környezetemben élő gazdálkodókkal. A mélyinterjú során a gazdálkodók saját szavaikkal mondták el gondolataikat, aggodalmaikat, így sokkal pontosabb információhoz jutottam. Az interjúkat olyan személyekkel készítettem, akiknek évek óta gondot okoz a szárazság. Jelen cikk elkészítéséhez 10 gazdálkodót kérdeztem meg. A mélyinterjúk lebonyolítása során irányított és spontán kérdések is felmerültek, amelyek nagyban elősegítették a témába való mélyebb betekintést. A mélyinterjú készítése előtt feltérképeztem az eddig megjelent szakirodalmakat, tanulmányokat, vázoltam a klímaváltozás hatásait különböző számos megközelítésből. Ezt követően meghatároztam a mélyinterjú struktúrált kérdéseit. Ezeket egyeztettem az interjúalanyokkal, hogy ők is felkészülhessenek a témából.

A kérdések között az alábbiak szerepeltek:

Mit gondolnak a klímaváltozásról, mi okozhatja ezt?

Saját gazdaságukat hogyan érinti közvetlenül a klímaváltozás?

Milyen javaslatok lennének a problémák enyhítésére?

A kutatási téma aktuális és időszerű, mivel mielőbbi szemléletváltásra van szükség. Eddigi tapasztalataim azt mutatják, hogy még mindig kevesen ismerték fel a problémákat, a mezőgazdaságban dolgozók nagyon nehéz gondokkal küzdenek a mindennapjaik során. A cikk felhívja a figyelmet a klímaváltozás gazdasági-társadalmi hatásaira a mindennapjaink vonatkozásában.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Megoldások léteznek és a mik a kilátások? Az aszályt is biztosítási kockázattá emelték be és ebben a romló klímahelyzetben az általános felmelegedés és egyéb problémákkal átszőtt világban, továbbra is egy megoldás arra vonatkozóan, hogy a gazdák jövedelmezőségének kiszámíthatóságaért tenni tudjanak. A szárazság kérdése nem

kezelhető teljesen elszeparáltan a vízbőség kérdésétől. Tehát az áradás és az aszály tulajdonképpen egymásnak a tükörképe. Az a sok víz, ami áradáskor megjelenik és veszélyt okoz, az hiányzik később, amikor az aszály van. Az alkalmazkodás ezekhez a változásokhoz általában a helyi szintről tud kiindulni, mert ott ismerik jól a helyi adottságokat, a helyi problémákat. Tehát kevésbé a globális szint az alkalmazkodásnak a színtere és a helyi önkormányzatokkal kellene együtt dolgozni azon, hogy a településeknek a klímaváltozás, illetve a vízgazdálkodással kapcsolatos problémáit megpróbálják közösen enyhíteni. Természetes vízmegtartó megoldások szükségesek. Némileg félrevezető, mert megoldásnak nevezik, holott csak inkább része a megoldásnak. Ezeket a kis léptékű helyi megoldásokat jó lenne kiterjeszteni. Ha minél több település ebben a szellemben gazdálkodna a csapadékvízzel, a belvízzel és az ott megjelenő vízkészletekkel, akkor össze tudna adódni.

A teljes mezőgazdaság termésszerkezetét úgy kellene alakítani, hogy lehetőség legyen víz tározására, ami azzal járna, hogy meg kellene szüntetni bizonyos termőföldeket és helyette vizet lehetne betározni. Ez valakinek jó, valakinek nem jó, de kompenzációkkal meg lehetne oldani. Kompletten kell erre felkészülni, mert egy-egy település önmagában nem fogja tudni megoldani. A szárazság az egész régióknak komoly kihívást jelent, a fő problémák a mezőgazdaságban jelentkeznek.

Európai szinten pedig ami nagyon fontos lenne, az az, hogy ehhez a pénzügyi támogatást, a finansziális hátteret, a politikai támogatást tudja az Európai Unió biztosítani. Tehát ne legyenek olyan negatív hatású támogatások, amik pont az ellenkező irányba hatnak.

Mit tud tenni egy teljesen hétköznapi emberek? Sok esetben nem érinti a mindennapi életünket, mégis adott esetben döntéseket hozunk róla. Például egy népszavazáson vagy egy más választáson vagy azzal, hogy támogatunk egy civil szervezetet. Vissza kellene venni a fogyasztásból.

## KÖVETKEZTETÉS

Sokan nem gondolják, hogy ennyire borzasztó és aktuális problémával küzdenek a gazdálkodók. Mást nem tudunk tenni, csak foglalkozni a problémával és megbecsülni minden csepp vizet, mert nagyon nagy a szárazság Magyarországon és ennél csak még nagyobb lesz. Vízzel kapcsolatban jelen pillanatban sok jóra nem számíthatunk. A szárazság jelentősége, mint kockázat, sajnos folyamatosan nőni fog. Nagyon nehéz időszak következik. Valószínűleg tovább romlik a helyzet, a hőmérséklet tovább fog emelkedni, ha nem változtatunk a viselkedésünkön. A tudatnál kezdődik a változás. Mi is részei vagyunk a problémának és a megoldásnak is. A megoldás adott, már csak cselekednünk kellene. Az emberiség jelen pillanatban annyit tehet, hogy lelassítja ezt a folyamatot. Megállítani nem tudja. A Föld vagy a természet meg fogja találni azt az új egyensúlyt, ahol ebben a megváltozott klímában is tovább fejlődik. Oda kell figyelniünk a problémára és mindenképpen fel kell készülnünk, hogy ez egyre erőteljesebben fog hatni ránk. Az új egyensúly meg találása sok szenvedéssel fog járni, de valójában ezt

szeretnénk elkerülni. Mind az állam, az önkormányzat, mind a lakosság egyéni felelősségvállalásán és tudatosságán is múlik az, hogy a jövőben ezeket a helyzeteket, hogy fogják tudni kezelni.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bedsworth, L. - Hanak, E.* (2011): Preparing California for a Changing Climate. *Climatic Change*, 111 (1), 1-4.
- Bolin, B.* (2007): A History Of The Science And Politics Of Climate Change. The Role Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. University Of Stockholm Ipcc Chairman 1988– 1997 Cambridge.
- Bowen, A. - Cochrane, S. - Fankhauser, S.* (2011): Climate Change, Adaptation and Economic Growth. *Climatic Change*, 113 (2), 95-106.
- Bruin, De K. C. - Dellink, R. B.* (2011): How Harmful Are Restrictions On Adapting To Climate Change? *Global Environmental Change*, 21, 34-45.
- Dockerty, T. - Lovett, A. - Sinnenberg, G. - Appleton, K. - Parry, M.* (2005): Visualising the Potential Impacts of Climate Change on Rural Landscapes. *Computers. Environment and Urban Systems*, 29, 297-320.
- Giupponi, C. - Ramanzin, M. - Sturaro, E. - Fuser, S.* (2006): Climate And Land Use Changes, Biodiversity And Agri-Environmental Measures In The Belluno Province, Italy. *Environmental Science & Policy*, 9, 163-173.
- Gowdy, J. M.* (2008): Behavioral Economics And Climate Change Policy. *Journal Of Economic Behavior & Organization* 68 632–644.
- Mortreux, C. - Barnett, J.* (2009): Climate Change, Migration and Adaptation in Funafuti, Tuvalu. *Global Environmental Change*, 19, 105-112.
- Palatnik, R. R. - Roson, R.* (2012): Climate Change and Agriculture in Computable General Equilibrium Models: Alternative Modeling Strategies and Data Needs. *Climatic Change*, 112, 1085-1100.
- Pappis, Costas P.* (2011): Climate Change, Supply Chain Management and Enterprise Adaptation: Implications of Global Warming on the Economy. Hershey; New York: Information Science Reference.
- Webster, M. - Sokolov, A. P. - Reilly, J. M. - Forest, C. E. - Paltsev, S. - Schlosser, A. - Wang, C. - Kicklighter, D. - Sarofim, M. - Melillo, J. - Prinn, R. G. - & Jacoby, H. D.* (2011): Analysis of Climate Policy Targets Under Uncertainty. *Climatic Change*, 112 (3), 569-583.
- Whitmarsh, L.* (2011): Scepticism And Uncertainty About Climate Change: Dimensions, Determinants And Change Over Time. *Global Environmental Change*, 21, 690-700.



## KÖRNYEZETTUDATOS, FENNTARTHATÓ GAZDÁLKODÁS VAGY KÍMÉLETLEN ÖNZÉS?

SOÓS ANITA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Földünk egy különleges, varázslatos hely. Naprendszerünkben ez az egyetlen Bolygó, ahol élni tudunk. A Föld a mi otthonunk, nem csak nekünk, embereknek, de több millió különböző élőlénynek is. A szabad szemmel láthatatlan baktériumoktól a növényeken át a hatalmas bálnákig. Földünk nagyon nagy veszélyben van. Az egész emberiségnek össze kell fognia, hogy meg tudjuk menteni a ma ismert élővilágot. Mindannyian hallottunk már az egész földet érintő éghajlatváltozásról, amelyet elsősorban az emberi tevékenység okozott. A bányászat, az erdőirtás, a vizek szennyezése, a közlekedés és szállítás. Talán még nincs minden veszve? Meg tudjuk óvni a Bolygónkat, hogy legyen holnapunk? Ha mindannyian fenntarthatóan bánunk közvetlen környezetünkkel, akkor még megállíthatjuk a folyamatot. A fenntarthatóság a jövő záloga. Sokan aggódnak már a környezetért. A fenntarthatóság azt is jelenti, felelősséggel viselkedünk egymás iránt. A változás a kezünkben is ott van, csak élnünk kell vele. Jelen cikk fő célja a fenntarthatóság, a környezettudatosság, a környezettudatos magatartás elemzése gazdálkodók bevonásával. A tanulmányban szekunder források felhasználásán túl kutatási kérdéseimhez kapcsolódva mélyinterjúkat és kérdőíves megkérdezésen alapuló feltáró kutatást is végeztem, melynek segítségével átfogó információkat gyűjtöttem össze a témáról.

### ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS, SUSTAINABLE FARMING OR RUTHLESS SELFISHNESS?

#### ABSTRACT

Our planet is a special, magical place. It is the only planet in our solar system where we can live. Earth is our home, not just for us humans, but for millions of different creatures. From bacteria invisible to the naked eye to plants and giant whales. Our Earth is under great threat. All of humanity must work together to save the world as we know it today. We have all heard about climate change affecting the whole planet, caused primarily by human activity. Mining, deforestation, water pollution, traffic and transport. Maybe all is

not lost? Can we protect our planet so that we have a tomorrow? If we all treat our immediate environment sustainably, we can stop the process. Sustainability is the key to the future. Many people are already concerned about the environment. Sustainability also means acting responsibly towards each other. Change is within our reach, we just have to take it. The main objective of this article is to analyse sustainability, environmental awareness and environmental behaviour through the involvement of farmers. In addition to using secondary sources, I have conducted in-depth interviews and exploratory research based on a questionnaire survey to address my research questions and gather comprehensive information on the topic.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Magyarország számára az Unió csatlakozás igen fontos esemény volt. A magyar agráriumnak szüksége van külső támogatásokra, mivel hazánk erőforrásai nem elegendők az ágazatnak.

A mezőgazdasági tevékenység és a környezetvédelem szorosan kapcsolódik egymáshoz. A mezőgazdaság szerepe mára már átalakult. A fenntartható mezőgazdaság és a mezőgazdaság szerepe népszerű téma a szakemberek körében. Az EU-ban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a természeti erőforrásokat fenntarthatóan kezelő földhasználati formák és gazdálkodási elemek. A fenntartható agrárgazdaság kialakulásában, működtetésében és megvalósításában kiemelt szerep jut az agrár-környezetgazdálkodási programoknak. A gazdálkodóknak nyújtott támogatás a környezettudatos és a fenntartható gazdálkodást segíti. Az alapelvek biztosítják, hogy a gazdálkodás környezeti, gazdasági és társadalmi szempontból egyaránt fenntartható gazdálkodási módot eredményezzen. A folyósított támogatások akkor lehetnek eredményesek, ha azok nem csak néhány parcellán, hanem minél nagyobb, térségi szinten is megvalósulnak.

### *A környezettudat*

*Banerjee–Mckeage* (1994) a környezettudatot, mint különböző hitek és hiedelmek együttesét definiálta. Ezek a hitek elsősorban a környezet és ember kapcsolatára, a környezet, a környezeti problémák fontosságára, az életstílus és a gazdasági rendszerek átalakításának környezeti hatására vonatkoznak. *Dembkowski–Hanmer–Lloyd* (1994) szerint a környezettudatosság komplex rendszere az értékeknek, hiedelmeknek és attitűdöknek. *Stern et al.* (1995) környezetiileg szignifikáns magatartásként említi a környezettudatos magatartást, két megközelítésből definiálja. Az egyik szerint a környezettudat ott nyilvánul meg, hogy az adott viselkedésformának mekkora hatása van a környezet állapotára. Az egyénnek nincs határozott szerepe a magatartás kialakulásában, mert a környezetre gyakorolt hatás akár indirekt módon is létrejöhet. A másik szerint pedig – a szándékorientált meghatározás – a cselekvő szempontjából írja a környezettudatos magatartást, és nem foglalkozik azzal, hogy a környezet állapotában történt-e valamilyen változás (*Stern*, 2000).

### *Demográfia*

Egyes vizsgálatok alapján az életkor negatív viszonyban áll a környezettudatos magatartással (Moon *et al.*, 2002; Ottman, 1998; Straughan– Roberts. 1999), tehát a fiatalabbak nagyobb hajlandóságot mutatnak a környezettudatos magatartásra. További tanulmányok szerint az idősebb korosztály (pl. Roberts, 1996) viselkedik inkább környezetbarát módon. Bizonyos vizsgálatok azonban semmilyen korrelációt sem találtak az életkor és a környezettudatos magatartás között (pl. Kinneer *et al.*, 1974).

Az iskolai végzettség több kutatásban is pozitívan kapcsolódik a környezettudatos magatartással (pl. The Roper, 1990; Roberts, 1996). A magasabb iskolai végzettséggel rendelkezők fejlettebb környezeti tudással rendelkeznek, hozzáállásuk ezt visszaigazolja (Diamantopoulos *et al.*, 2003). Kinneer és munkatársai (1974) szerint nincs kimutatható összefüggés az iskolai végzettség és a környezettudatos magatartás között.

### *Felelősség*

A felelősség vizsgálatakor arra keresték a választ, hogy az egyének szerint a környezetvédelem feladatainak megvalósítása mely gazdasági- társadalmi réteget terheli. Az általános feltételezés szerint a fogyasztó más gazdasági szereplők beavatkozását hatékonyabbnak itéli a környezetvédelemben, akkor a felelősséget is ezekre a csoportokra hárítja. Ezt a feltevést támasztja alá Maibach 1993-ban megjelent tanulmánya, ami alapján a magas szintű környezeti attitűdök mellett is sokan a kormányzattól várják a környezetvédelem megoldását.

Számos, környezettudattal foglalkozó kutatás mutatja be a környezeti tudást a környezettudatos magatartással kapcsolatban (Pieters 1991; Lubell, 2002).

### *Környezettudatos gazdálkodói magatartás*

A környezetvédelem megköveteli a termelő szférában dolgozóktól a környezettudatos magatartást. Ennek következtében a környezettudatos magatartás vizsgálata többek között a mezőgazdasági termelés területére is kiterjedt. A kutatások az ökológiai és a konvencionális gazdálkodók termelési gyakorlatát hasonlították össze (Harris *et al.*, 1980), mások pedig a gazdálkodók termeléshez kapcsolódó hit- és értékrendszerét elemezték (Dahlberg, 1986). Beus–Dunlap (1994) egy kidolgozott magatartási index segítségével vizsgálta a gazdálkodók termelési gyakorlatát és arra a következtetésre jutott, hogy a gazdálkodók termelési szemléletük szoros összefüggést mutatnak vizsgált magatartásukkal.

### *A környezetpolitikáról röviden*

Az 1989-ben induló társadalmi-gazdasági átalakulással párhuzamosan, a magyar környezetpolitika fokozatosan hátra hagyott a központi tervezés mechanizmusaival és megteremtette a piacconform szabályozás feltételrendszerét (Pálvölgyi, 1999).

A környezet védelmének kiemelkedő anyaga az 1995. évi LIII. törvény, ami a környezet védelmének általános szabályaival teremt megfelelő keretet az egészséges környezethez való alkotmányos jogok érvényesítésére és elősegítésére. A Nemzeti Környezetvédelmi Program (NKP I.), célként azt tűzi ki, hogy a társadalmi-gazdasági feladatok

végrehajtásával párhuzamosan, azokkal együtt kell a környezetvédelem problémáit *Megoldani*. Legfontosabb feladatként az ezredforduló korszerű, környezetbarát agrárgazdaságának kialakítását tűzi ki. Az NKP I. tapasztalatára, és az EU 2010-ig érvényes, a tagországok számára iránymutatásul szolgáló 6. Környezetvédelmi Akcióprogramjára alapozva kidolgozásra, és elfogadásra került a Nemzeti Környezetvédelmi Program II (2003–2008). Céljai között a környezet- és természetvédelemmel kapcsolatos ismeretek, a környezettudatosság és a környezetvédelmi célú együttműködés erősítése is szerepel (MK, 2003). A mezőgazdasági összefüggéseket a vidéki környezetminőség, terület- és földhasználat akcióprogram tartalmazza. A dokumentum a mezőgazdasággal kapcsolatban felveti a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program (NAKP) mérvadóságát a környezetvédelemben. Az NAKP agrár- és vidékfejlesztési, környezet- és természetvédelmi célokat valósít meg, így tehát valamennyi tematikus akcióprogramhoz kapcsolódik (Katonáné Kovács, 2006).

#### *Az agrár-környezetvédelem röviden*

A fenntartható agrárgazdaság kialakításának és működtetésének legfontosabb eszközei a 2078/92-es EGK rendelet szerint kidolgozott nemzeti agrár-környezetvédelmi programok. Ezek jelentik a majdani uniós vidékfejlesztési rendelet (1257/99) értelmében, a tagállamok vidékfejlesztési tervének egyetlen betartandó elemét (Mile, 2004). Ennek megfelelően, a magyar agrár-környezetvédelemben jelentős hozzáállási áttörést az 1999-ben megalkotott Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program és ennek támogatási rendszerben való 2002-es első megjelenése jelentett (Katonáné Kovács, 2006). A program évente igénybe vehető területalapú támogatást nyújtott a célprogramok feltételeit vállaló gazdálkodóknak, elősegítve így a környezetbarát termelési módszerek elterjedését a mezőgazdaságban (Mile, 2004).

Magyarországon 2002-ben indult el a hazai költségvetésből támogatott Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program (NAKP). 2004 óta EU-forrásból ugyancsak van lehetőség az agrár környezetgazdálkodási (AKG) programhoz csatlakozott gazdálkodók támogatására. A támogatás az előírások teljesítésével a többletköltségeket és a bevételkiesést kompenzálja. Az agrár-környezetgazdálkodási intézkedés általában ötéves időtávra szól, jelentkezni a program indulásának évében lehet.

Az Unió csatlakozást követően Magyarországon 2004-2009 között a Nemzeti Vidékfejlesztési Terven (NVT) belül, 2009-2014 között pedig az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (ÚMVP) keretében nyílt lehetőség az Agrár-környezetgazdálkodási programhoz való csatlakozásra. 2015 őszétől pedig a Vidékfejlesztési Program (VP) keretén belül is lehetőség nyílt AKG támogatás igénylésére. A program a kezdetektől fogva kedvelt a gazdálkodók körében.

## ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

A tanulmány fő célja annak megállapítása, hogy milyen hatással van az agrár-környezetgazdálkodási támogatási programban való részvétel a gazdálkodók környezettudatos magatartására.

Egyrészt szekunder források felhasználásával, meglévő adatokból vontam le következtetéseket, olyan külső forrásokból, mint pl. honlapok, kiadványok, folyóiratok, másrészt saját primer vizsgálatokat is végeztem. Primer adataimat személyes, illetve telefonos megkérdezés útján gyűjtöttem össze, majd elemeztem a kapott válaszokat. Személyes felkeresés keretében kérdőíves felmérést végeztem a munkám által ismert mezőgazdasági termelők körében. A vizsgált 100 gazdálkodó közül 59 részt vesz abban az AKG programban, amelynek elemzése tudományos munkám alapját képezi. Így lehetőségem van összehasonlítani a „hagyományos” és az agrár-környezetvédelmi programban részt vevő gazdálkodók környezettudatos magatartását.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az AKG programban résztvevőknek egy jóval magasabb szintű agrár-környezetvédelmi szabályokat kell betartaniuk a programból nem támogatott gazdálkodókhoz képest. A támogatott gazdák nem csupán támogatást kaphatnak, de környezettudatos termelői magatartásuk javul.

*1.táblázat: Az AKG programban részt vett gazdaságok száma*

| AKG programban részt vett                            | Gazdaságok száma (db) |
|------------------------------------------------------|-----------------------|
| Még nem vett részt agrár-környezetvédelmi programban | 10                    |
| Csak az NAKP-ban vett részt                          | 4                     |
| Csak az NVT AKG-ban vett részt                       | 23                    |
| Csak a VP AKG-ban vett részt                         | 59                    |
| Mindegyik programban részt vett                      | 4                     |
| Összesen                                             | 100                   |

Forrás: saját kutatás alapján saját szerkesztés (2023)

Véleményem szerint a környezettudatosságra pozitív hatással van az agrár-környezetgazdálkodási programban való részvétel a „hagyományos” gazdálkodással szemben. Az elmondások alapján azt gondolom, hogy akik régebb óta vesznek részt AKG programban, azok magasabb szintű környezeti tudással rendelkeznek, ami azzal is magyarázható, hogy a régebbi AKG programnál a mai, VP AKG program szigorúbb feltételeket szab a gazdálkodóknak a támogatások igénybevételehez. A korábbi évekhez képest színvonalasabb és egyre több szaktanácsadói hálózat áll rendelkezésre, ahol a gazdálkodók szakmai segítséget kaphatnak.

## Gazdaságok



- Még nem vett részt agrár-környezetvédelmi programban
- Csak az NAKP-ban vett részt
- Csak az NVT AKG-ban vett részt
- Csak a VP AKG-ban vett részt
- Mindegyik programban részt vett

Forrás: saját szerkesztés (2023)

*1.ábra: A gazdaságok megoszlása*

A gazdálkodók többsége foglalkozik a környezet problémáival, fontos a környezetbarát gazdálkodói magatartás, és véleményem szerint a fiatalabb gazdálkodók hajlandóbbak a környezetvédelem érdekében több anyagi és egyéb vállalásokra. A jelenlegi agrár-környezetgazdálkodási program a résztvevő gazdálkodók szemléletére pozitívan hat. Azon gazdálkodók, akik a korábbi NVT AKG-ban is részt vettek, nagyobb szintű környezeti tudással rendelkeznek, jobban védik környezetüket.

A megkérdezettek alig fele, 42%-a gondolja úgy, hogy saját termelő tevékenységével a környezet védelméhez hozzájárul. A termelők többsége saját termelését nem tartja környezetvédelmi szempontból pozitív lépésnek.

Azok, akik meg vannak győződve tevékenységük pozitív környezeti hatásáról, jobban odafigyelnek a környezetet károsító tevékenységek mellőzésére (Kinnear *et al.*, 1974).

Szakirodalmi forrásokra támaszkodva egyetértek azzal, hogy a hatékonyságot olyan szociális tényezők befolyásolják, mint a családi háttér, neveltetés, illetve a társadalmi elvárások (Stanley–Lasonde, 1996; Pieters, 1991). Hazánk komoly átalakuláson megy keresztül, egészségünk és környezetünk védelme egyre inkább népszerűbbé válik. Így tehát a érzékelt hatékonyság is várhatóan javulni fog, amely nem csupán a gazdálkodók, de valószínűleg a társadalom különböző rétegeiben mérhetővé válik majd.

A termelők egyetértenek abban, hogy nekik is tenniük kell azért, hogy természeti értékeinket megőrizzük.

Úgy tűnik, az agrár-környezetgazdálkodási programokban való részvétel kedvező hatással van a gazdálkodók környezettel szembeni felelősségérzetére. Érzik felelősségüket, ellenben úgy gondolják, külön-külön nem célravezetőek a természeti környezet állapotának megőrzésében, javításában.

Azok a termelők, akik ott laknak ahol gazdálkodnak, saját lakóhelyük tisztaságának, környezeti állapotának megőrzése érdekében odafigyelnek tevékenységük környezeti

hatásaira. Ezek alapján és a szakirodalomra hagyatkozva a hatékonyságot számos olyan tényező befolyásolja, mint a neveltetés, a családi háttér, a belátás, stb. Mindezek tehát kedvező hatást gyakorolnak a magatartásra. Ámbár napjainkban egyre inkább jellemzőbb, hogy a gazdálkodók különféle időjárási, piaci nehézségek, gazdasági megfontolásból és más anyagi és megélhetési problémák miatt döntenek a környezetbarát gazdálkodás mellett. A környezettudatos gazdálkodói magatartás megfelelő anyagi ösztönzéssel javítható lenne.

## KÖVETKEZTETÉS

Az agrár-környezetvédelmi programban résztvevő gazdálkodók igyekeznek minden jogszabályt betartani annak érdekében, hogy a támogatást megkaphassák. Azok a gazdálkodók, akik meg vannak győződve arról, hogy környezetbarát magatartásukkal tesznek a környezet védelméért, többet is nyújtanak azért.

Az agrár-környezetvédelmi támogatási rendszerben való jelenlét befolyásolja a mezőgazdasági termelők környezeti tudását. Azok a gazdálkodók, akik részt vesznek, vagy régebb óta vesznek részt az agrár-környezetvédelmi programban, több ismerettel rendelkeznek a környezettel, annak állapotával kapcsolatban. Az agrár-környezetvédelmi programokban való részvétel pozitívan hat a termelők környezettudatának fejlesztésére. A környezetkímélő gazdálkodás támogatásában az államnak különös szerepe van.

A környezettudatos gazdálkodás formálásában az agrár-környezetgazdálkodási programban való hosszabb idejű részvétellel, és támogatásra van szükség. A környezettudatos termelői magatartás hazánkban csakis anyagi ösztönzés révén javítható számottevően. A gazdálkodók magatartása még nem olyan fejlett az agráriumban, hogy motiváló tényezők nélkül magatartásukban jelentős javulást tapasztalnánk. A problémát nehezíti, hogy a magyar agráriumban a környezettudat még nem érte el azt a szintet, hogy a társadalom többsége önként, fenntartható, környezetbarát magatartást tanúsítson. A megkérdezett gazdálkodók többsége szerint a gyakorlatban jelenleg még nem tudják finanszírozni a környezettudatossággal és fenntarthatósággal kapcsolatos törekvéseinek költségeit. Véleményük alapján indokolatlanul drágának tartják a törekvést támogató eszközöket, valamint a technológiákat is.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Banerjee, B. – McKeage, K. (1994): How Green is My Value: Exploring the Relationship between Environmentalism and Materialism. Advances in Consumer Research, Vol. 21. No. 1, p. 147-152.*
- Beus, C. E. - Dunlap, R. E. (1994): Agricultural Paradigms and the Practice of Agriculture. Rural Sociology, 59(4), p. 620-635.*
- Dahlberg, K. A. (1986): Introduction: Changing Contexts and Goals and the Need for New Evaluative Approaches. in Dahlberg, K. (ed.) New Directions for Agriculture and Agricultural Research, Totowa, p. 1-27.*

- Dembkowski, S. – Hanmer-Lloyd, S. (1994): The Environmental Value-Attitude-System Model: a Framework to Guide the Understanding of Environmentally Conscious Consumer Behaviour. Journal of Marketing Management, 10. p. 594-603.*
- Diamantopoulos, A. - Schlegelmilch, B. B. - Sinkovics, R. R. - Bohlen, G. M. (2003): Can Socio-demographics Still Play a Role in Profiling Green Consumers? A Review of the Evidence and the Empirical Investigation. Journal of Business Research, Vol. 56., Issue 6., p. 34.*
- Harris, C. K. - Powers, S. E. - Buttel, F. H. (1980): Myth and Reality in Organic Farming: a Profile of Conventional and Organic Agriculture. Newline, 8., p. 33-43.*
- Katonáné Kovács J. (2006): Az agrár-környezetvédelem és a vidékfejlesztés összefüggései az Európai Unióhoz történő csatlakozás tükrében. Doktori (PhD) értekezés, Interdiszciplináris Társadalom- és Agrártudományok Doktori Iskola, DE ATC AVK, Debrecen, p. 22, 42-45., 63-70.*
- Kinnear, T. C. - Taylor J. - Ahmed, A. (1974): Ecologically Concerned Consumers: Who Are They? Journal of Marketing, Vol. 38., No. 2., p. 20-24*
- Kinnear, T. C. - Taylor J. - Ahmed, A. (1974): Ecologically Concerned Consumers: Who Are They? Journal of Marketing, Vol. 38., No. 2., p. 20-24*
- Lubell, M. (2002): Environmental Activism as Collective Action. Environment and Behavior, Vol. 34. No. 4., p. 431-454.*
- Maibach, E. (1993): Designing Health Messages: Approaches from Communication Theory and Public Health Practice. Sage Publications Inc., London, ISBN 0803953984, p. 112.*
- Mile Cs. (2004): A nemzeti Agrár-környezetgazdálkodási Program hatékonyságának vizsgálata. Gazdálkodás, 2004/6., p. 52-54.*
- Moon, W. et al. (2002): Willingness to Pay for Environmental Practices: Implications for Eco-labeling. Land economics, Vol. 78. No. 1., p. 88-120.*
- Ottman, J. A. (1998): Green Marketing: Opportunity for Innovation. Online Edition: [http://www.greenmarketing.com/Green\\_Marketing\\_Book](http://www.greenmarketing.com/Green_Marketing_Book), p. 25, 34.*
- Pálvölgyi T. (1999): Környezetpolitika, kutatás-fejlesztés és innováció Magyarországon: helyzetkép, kihívások és stratégiák az ezredfordulón. Környezetvédelmi Minisztérium, OMFB Technológiai Előrettekintési Program, Budapest, p. 9., <http://www.nkth.gov.hu/letolt/kutat/tep/kornyezet/palvolgyi.pdf>*
- Pieters, R. G. M. (1991): Changing Garbage Disposal Patterns of Consumers: Motivation, Ability and Performance. Journal of Public Policy and Marketing, Vol. 10. No. 2., p. 59-76.*
- Roberts, J. A. (1996): Green Consumers in the 1990s: Profile and Implications in Advertising. Journal of Business Research, Vol. 36., No. 3., p. 217-231.*
- Stern, P. C. (2000): Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. Journal of Social Issues, 56. p. 407-427.*
- Stern, P.C. - Dietz, T. - Kalof, L. - Guagnano, G. A. (1995): Values, Beliefs and Pro-environmental Action: Attitude Formation toward Emerging Attitude Objects. Journal of Applied Psychology, 25., p. 1611-1636.*

*Straughan, R. D. – Roberts, J. A. (1999): Environmental Segmentation Alternatives: a Look at Green Consumer Behavior in the New Millennium. Journal of Consumer Marketing, Vol. 16., No. 6., p. 558-575.*

*The Roper Organization (1990): The Environment: Public Attitudes and Individual Behavior, commissioned by S. C. Johnson and Son. In: Iyer, E. – Banerjee, B. – Gulas, C. (1994): An Expose on Green Television Ads. Advances in Consumer Research, Vol. 21., No. 1., p. 292-298.*



## A TÖNKÖLYBÚZA TERMÉSÉNEK ÉS TERMÉSKOMPONENSEINEK VIZSGÁLATA ÖKOLÓGIAI ÉS HAGYOMÁNYOS NÖVÉNYTÁPLÁLÁS MELLETT

SUGÁR ESZTER – FODOR NÁNDOR – BÓNIS PÉTER – TÓTH VIOLA –  
ÁRENDÁS TAMÁS

HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

### ÖSSZEFOGLALÁS

Szántóföldi kísérletben vizsgáltuk ökológiai gazdálkodásban engedélyezett tápanyagok és különböző nitrogén műtrágya dózisok hatását három tönkölybúzafajta (Mv Martongold, Franckenkorn és Mv Vitalgold) termésére és terméskomponenseire 2020-2022 között csernozjom talajon, Martonvásáron. A termés és a terméskomponensek (kalászszaám, szemszaám és ezerszemtömeg) alakulására az évjáratnak volt döntő hatása. N-műtrágyázás esetén az optimális dózis elegendő csapadékellátottság mellett 40 kg/ha volt (21% terméstöbblettel a kontrollhoz képest), a 2021-es szárazabb évjáratban 80 kg/ha. A nagyobb N-adagok (80 és 120 kg/ha) 2022-ben a tönkölybúza nagymértékű megdőlését eredményezték. A genotípusok közül a Franckenkorn fajta érte el a legnagyobb terméshezamot, a legnagyobb kalász-, illetve szemszaámot. Termése 2021-ben 17 illetve 26%-kal haladta meg a másik két fajta termését. A 40 kg/ha N-hatóanyag tartalmú ökológiai tápanyag utánpótlás hatása a termésre és a terméskomponensekre nem volt szignifikáns.

### ANALYSIS OF YIELD AND YIELD COMPONENTS OF SPELT WHEAT BY ECOLOGICAL AND CONVENTIONAL PLANT NUTRITION

#### ABSTRACT

The field trial was conducted to study the effects of for ecological production permitted fertilizers and of different N-fertilizer dosis on grain yield and yield components of three spelt wheat varieties (Mv Martongold, Franckenkorn and Mv Vitalgold) on chernozem soil in Hungary in years 2020-2022. The grain yield and the yield components (spike number, grain number and thousand-kernel weight (TKW) were mostly affected by the cropyear. By N-fertilization the optimal supply was in 2022 with sufficient precipitation 40 kg/ha (with 21% yield surplus compared to the control), in the drier year of 2021 80 kg/ha. The higher N-rates (80 and 120 kg/ha) in 2022 promoted

lodging of spelt. Genotype Franckenkorn had the greatest grain yield, the most spikelets and grain number. In 2021 grain yield of this variety was by 17 and 26% higher than that of Mv Martongold and Mv Vitalgold. The ecological treatments with 40 kg/ha N content had less effect on the yield and yield components.

## BEVEZETÉS

Az ökológiai mezőgazdaság fejlődése, a fenntartható növénytermesztés szükségessége, valamint a globális műtrágyaellátási problémák miatt nagyobb mértékben szükséges low-input termesztési igényű gabonákat bevonni a termesztésbe. Ősi, jó minőségű búzafajokkal növelhető a biodiverzitás és a végtermékek tápértéke (Dinu et al., 2018). Az egyik legősibb gabonánk a tönkölybúza (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.), amelynek termesztése korábban alacsony termőképessége és a cséplési nehézségek miatt háttérbe szorult. A tönköly állati takarmányként és kenyérgabonaként egyaránt hasznosítható. A kenyérbúzához képest több fehérjét és glutént, valamint antioxidáns összetevőket tartalmaz (Jablonskytè-Raščè et al., 2013.) Számos irodalmi adat alapján a tönkölybúza alkalmas az ökológiai és extenzív (low-input) termesztésre (Zielinski et al., 2008; Moudry and Dvoracek, 1999; Bonafaccia et al., 2000). Korábbi munkánkban (Sugar et al., 2019) arról számoltunk be, hogy a tönkölybúza jó választás az őszi búza kiváltására low input termesztésben, tápanyagban szegény és jó ellátottságú talajokon egyaránt. Korábbi tanulmányok szerint a terméskomponensek alakulása jelentős mértékben függ a genotípustól, de elsősorban a növekedési időszakra jellemző időjárási tényezők határozzák meg (Andruszczak, 2017; Lacko-Bartosova et al., 2010). Az alacsonyabb termésszint mellett a tönkölybúza termését magas fehérje- és sikértartalom jellemzi (Rachon et al., 2020). Jablonskytè-Raščè et al. (2013) adatai alapján a tönköly fehérjetartalma 25,2%-kal, sikértartalma pedig 31,3%-kal haladta meg az őszi búzáét. Lacko-Bartosova et al. (2010) szerint a sikértartalomra szignifikáns hatása volt az évjáratnak, míg Andruszczak (2017) eredményei alapján a tönkölybúza termésének mennyiségét és minőségét elsődlegesen az adott fajta tulajdonságai határozzák meg, de az agronómiai tényezők is befolyásolni tudják.

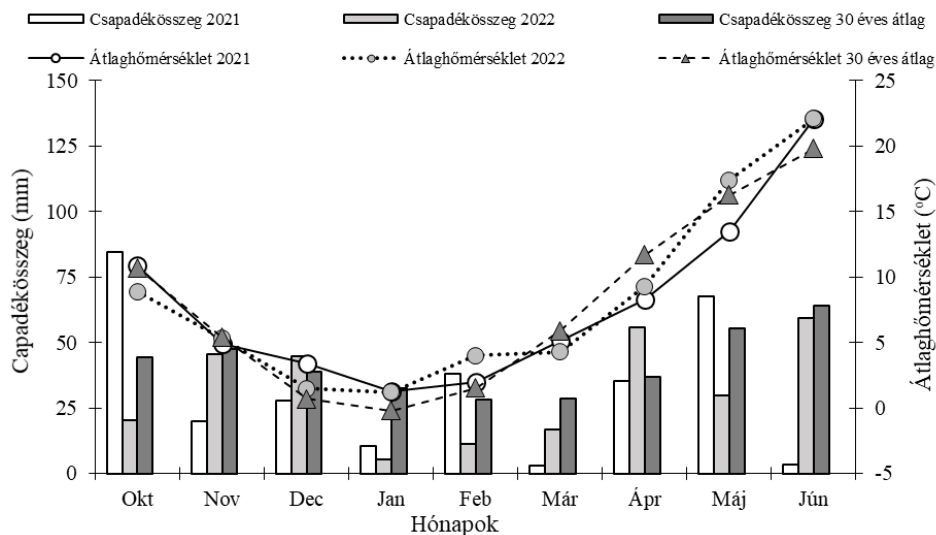
Kísérleti munkánk célja a tönkölybúza fajták termésének, terméskomponenseinek és néhány minőségi jellemzőjének vizsgálata hagyományos és ökológiai tápanyagellátás mellett eltérő évjáratokban.

### Anyag és módszer

A szántóföldi kísérletet a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetében, Martonvásáron, barna erdőmaradványos csernozjom talajon, 2020/2021 és 2021/2022 években végeztük. A kisparcellás kísérletben három tönkölybúza fajtát (Mv Martongold, Franckenkorn és Mv Vitalgold) vetettünk el. Az Mv Martongold és az Mv Vitalgold martonvásári fajták, a Franckenkorn fajta német eredetű. A tápanyag x fajta kezelések hatását körülbelül 9 m<sup>2</sup> (1,4×6 m) nagyságú parcellákban vizsgáltuk.

A havi csapadékösszeg és átlaghőmérséklet adatokat a martonvásári meteorológiai állomás szolgáltatta (1. ábra). A kísérleti évek csapadékösszeg (mm) és átlaghőmérséklet

(C°) adatait összevetettük az 1991-2021 közötti időszak átlagával. A téli időszak átlaghőmérséklete mindkét kísérleti évben meghaladta a korábbi 30 év ugyanezen időszakban mért értékeit. Bár a márciusi és áprilisi középhőmérséklet mindkét évben alacsonyabb volt, mint az 1991-2021 közötti időszakban, 2022-ben a növekedés időszakban melegebb volt, mint 2021-ben. A csapadékot tekintve 2021-ben a március hónap rendkívül száraz, az április pedig átlagos volt. 2022-ben a februári és márciusi szárazságot bőséges áprilisi csapadék követte. Mindezek alapján elmondható, hogy a tenyészidőszakban lehulló csapadék eloszlása 2022-ben kedvezőbb volt.



1. ábra: A havi átlaghőmérséklet és csapadékösszeg adatok a 2021-es és 2022-es tenyészidőszakban

Figure 1: The average monthly air temperature and monthly sum of precipitation in growing period of 2021 and 2022

Csapadékösszeg: Precipitation; Átlaghőmérséklet: Mean temperature; 30 éves átlag: 30 years mean; Hónapok: Months (Oct-June)

A kísérlet kéttényezős, split-plot elrendezésű, négy ismétléses. A tápanyagutánpótlás a következő volt: 1. Kontroll; 2. Azoter (Azoter-F talajbaktérium 40 kg/ha N hatóanyaggal+Greensoil Humin trágya 150 kg/ha foszfor- és káliumtartalommal); 3. Komposzt (40 kg/ha N hatóanyaggal); 4. Komposzt+ ABC (komposzt 40 kg/ha N hatóanyaggal + állati csontszén 100 kg/ha foszfor hatóanyaggal); 5. 40 kg/ha N műtrágya; 6. 80 kg/ha N műtrágya; 7. 120 kg/ha N műtrágya. Az Azoter-F az Azoter baktériumtrágya termékcsalád tagja, mely a növények nitrogénellátása mellett biológiai védelmet nyújt a fuzárium gombák ellen. Kijuttatása kora tavasszal 10 l/ha dózisban (40 kg/ha N) történt kézi permetező eszközzel, és azonnal be is dolgoztunk a talajba.

A GreenSoil Humin H+PK szerves ásványi trágya összetétele: 4%  $P_2O_5$ , 7%  $K_2O$ , 10%  $CaO$ , 4%  $SO_3$ , 25% huminsav, 30% szerves anyag és mikrotápanyagok (réz, cink, bór, magnézium, szelén és vas). Az 1% össznitrogént tartalmazó komposztot 40 kg/ha N dózisban, vetés előtt juttattuk ki, és közvetlenül ezután a talajba dolgoztuk. Az 1% össznitrogént tartalmazó komposzt és biosztrát keveréket (40 kg/ha N és 100 kg/ha P tartalom) kijuttatás után szintén közvetlenül a talajba dolgoztuk. A kontroll és az ökológiai kezeléseknél ökológiai növényvédelmet alkalmaztunk. Ezekben a kezeléseknél a baktériumok és gombák ellen SteriClean-nel permeteztünk, a kártevő lárvák ellen pedig 38% zsírsavtartalmú kenőszappannal, 1%-os koncentrációban. A műtrágyázott kezeléseknél hagyományos peszticideket alkalmaztunk.

A vetés 2020. október 24-én, illetve 2021. október 21-én, a betakarítás 2021. július 22-én, illetve 2022. július 7-én történt. A szemtermést a betakarított parcellák alapján számoltuk át t/ha mértékegységre. A négyzetméterenkénti kalászsűrűség adatokat a kalászsűrűség egy folyóméteren való megszámlálásával és az egy négyzetméterre eső sorok számával (8,3 db) való felszorozásával határoztuk meg. A kaláson lévő szemeket a betakarítás előtt végzett kalásmintákon számoltuk meg. A ezerszemtömeg meghatározása betakarítást követően történt. A minőségi paraméterek (fehérjetartalom, sikértartalom, Zeleny szedimentációs érték) meghatározását FOSS Infratec<sup>TM</sup> Nova szem analízissel végeztük. A különböző kezelések és a fajták hatását varianciaanalízis ANOVA (Analysis Of Variance) segítségével, post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) teszt alapján értékeltük.

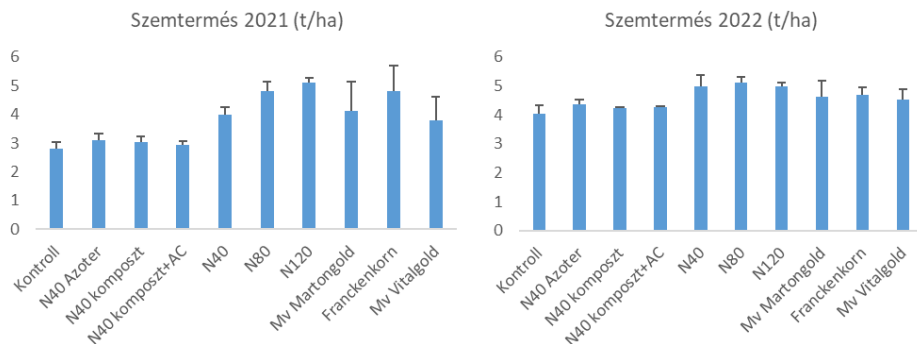
## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### A tönkölybúza termése és terméskomponensei

A tönkölybúza termését (2. ábra) elsősorban az évjárat határozta meg. Ez ellentmond néhány korábbi tanulmánynak, melyek szerint a tönkölybúza termése nem különbözött szignifikáns mértékben a különböző években (Rachon et al. 2020; Burgos et al. 2001). Ennek oka feltehetően a 2021 tavaszi időszakának kedvezőtlen csapadéeloszlása. A két év szemtermése átlagosan 1 tonnával (21%) különbözött, a különbség a kontroll kezelésben 1,26 t volt. A termésmaximumot 2022-ben a 40 kg/ha N kezelésben elértük (5 t/ha), melyet a további N-dózisok nem növeltek. 2021-ben a termés a 80 kg/ha N kezelésben érte el a maximális értéket 4,8 t/ha értékkel, a 80 és 120 kg/ha N kezelés közötti terméskülönbség nem volt szignifikáns.

Bár az ökológiai kezelések és a kontroll között, illetve az egyes ökológiai kezelések között nem volt szignifikáns különbség, a legnagyobb termést az azoter baktériumtrágyával kezelt parcellákban mértük mindkét évben, 0,3 t terméstöbblettel a kontrollhoz képest. Az ökológiai szerek kedvező hatásának érvényesüléséhez feltehetően nagyobb dózisra van szükség, mint műtrágyahasználat esetén. A fajták közül 2021-ben a Franckenkorn termése volt a legnagyobb, 2022-ben az Mv Martongold és a Franckenkorn termése megegyezett, meghaladva az Mv Vitalgolt termését. Ezek az eredmények összhangban vannak Lacko-Bartosova et al. (2010) tanulmányával, aki Észak-Szlovákia

termesztési viszonyai között a legjobban alkalmazkodó tönkölybúza fajtának a Franckenkorn találta 6,76 t/ha-os terméshezammal.



2. ábra: A N-kezelések és fajták hatása a tönkölybúza szemtermésére 2021 és 2022 években

Figure 2: Grain yield in relation to N treatments and spelt genotypes in years 2021 and 2022

(Szemtermés-Grain yield)

Az évjárat hatását jól mutatta, hogy az egy négyzetméterre jutó kalászszaám 2022-ben a kontroll kezelésben 61 kalással több volt, mint az azt megelőző évben (1-2. táblázat). A kalászszaám a kezelések hatására nőtt. Andruszczak (2017) eredményeivel megegyezve, a növekedés a műtrágyázott parcellákban lényegesen nagyobb volt. A legnagyobb növekedést a kalászszaámokban a 40 kg/ha N-kezelés okozta mindkét évben. A két év átlagában az Mv Martongold képezte a legtöbb kalászt, ezt követte a Franckenkorn, majd az Mv Vitalgold. A kalászszaámokon 2022-ben a kontroll kezelésben átlagosan 6,5 szemmel több fejlődött, mint 2021-ben (1-2. táblázat). Ennél 5,9 illetve 1,8 szemmel több fejlődött a 40 kg/ha N kezelésben 2021-ben és 2022-ben. 2021-ben az ökológiai kezelések közül az Azoter baktériumtrágya és a komposzt kezelés hatása hasonló volt a kalászonkénti szemek számára, mint az azonos N-hatóanyag tartalmú műtrágya kezelés, mintegy 5 szemmel növelve a kalászonkénti szemek számát. A kalászonkénti szemek számát nagyobb N-dózisokkal sem tudtuk növelni. A fajták közül a Franckenkorn kalászaiban számoltuk a legtöbb szemet, 2021-ben átlagosan mintegy 5-tel többet, mint a másik két fajtánál. Kísérletünkben a tönkölybúza ezerszemtömege (ESZT) (1-2. táblázat) többnyire nagyobb volt a korábban leírt irodalmi adatoknál (Rachon et al., 2014; Packa et al., 2013), ugyanakkor nem érte el Bartosova et al. (2010) által, kedvező környezeti feltételek mellett mért értéket (49,8 g). ESZT adataink Andruszczak (2017) adataival voltak hasonlóak. A korábbi tanulmányokhoz hasonlóan az ezerszemtömeget elsősorban az adott év időjárása és a genotípus határozta meg (Andruszczak, 2017; Bartosova et al., 2010). Az évjárat hatását jól mutatja a kontroll kezelés, melyben 2 g különbség volt a két évben mért, átlagos ezerszemtömeg között, a nagyobb értéket 2022-ben mértük. A kezelések közül az ESZT értéke 2021-ben a 40 kg/ha kezelésben volt a legnagyobb. A többi kezelésben mért alacsonyabb érték főként a nagyobb szemszám következménye. Az ESZT 2022-ben a

kontroll kezelésben volt a legnagyobb (48,2 g). Ennek oka a műtrágyázás hatására megnövekedett szemszám, mely köztudottan fordított arányban áll a szemtömeggel. A fajták szemtömegében 2021-ben nem volt szignifikáns különbség, 2022-ben ugyanakkor az Mv Vitalgold ezerszemtömege meghaladta a másik két fajtáét. A Franckenkorn fajta ezerszemtömege nagyobb volt (2021-ben 46,2 g, 2022-ben 46,5 g), mint *Bartosova et al.* (2010) tanulmányában (44,3 g).

### A tönkölybúza minőségi paraméterei

A fehérjetartalomban (1-2. táblázat) az évjárat hatása csak a műtrágyázott kezelésekben érvényesült. Átlagos értéke a kontroll kezelésben hasonló volt, 2021-ben 14,1%, 2022-ben 13,7% volt. A fehérjetartalom az ökológiai kezelések hatására egyik évben sem nőtt. A fehérjetartalmat 2021-ben csak a 120 kg/ha N-dózis tudta növelni (15,6%-ig), amely ugyanakkor 2022-ben már a 40 kg/ha kezelésben, ennél jóval magasabb értékkel, elérte maximumát (18,6%). 2021-ben a nagyobb N-dózisok (80 és 120 kg/ha) a tönkölybúza fehérjetartalmát kis mértékben növelték. A 2022-ben mért nagyobb értékek (16-17%) közelebb állnak az irodalmi adatokhoz (*Rachon et al.*, 2020; *Pagnotta et al.*, 2009). A 2022-ben mért adataink alapján a tönkölybúza termesztésben kismértékű műtrágyázással is magasabb fehérjetartalom érhető el (16-17%), mint kenyérbúza esetében. Az ökológiai kezelések az alkalmazott dózisban nem növelték a fehérjetartalmat. 2021-ben az Mv Martongold nagyobb fehérjetartalmat mutatott a másik két fajtánál, 2022-ben mindhárom fajta nagyobb fehérjetartalmat ért el, hasonló értékkel. A sikértartalom (1-2. táblázat) a kontroll kezelésben hasonló volt 2021-ben és 2022-ben, 25,8 illetve 27,6% értékkel. Ugyanakkor 2022-ben a műtrágyázott kezelésekben szignifikánsan nagyobb sikértartalmat mértünk, mint 2021-ben. A fehérjetartalomhoz hasonlóan a sikértartalom 2021-ben a 120 kg/ha-ig, 2022-ben pedig az 40 kg/ha-ig nőtt. Az ökológiai kezelések hatása nem érvényesült. Eredményeink tehát a korábbi irodalmi adatokat (*Bartosova et al.*, 2010), miszerint az évjárat szignifikáns hatással van a sikértartalomra, megerősítették azzal a kiegészítéssel, hogy az évjárat hatása a sikértartalom esetében is csak műtrágyázást követően érvényesült. 2021-ben az Mv Martongold sikértartalma meghaladta a másik két fajtáét, 2022-ben pedig, a fehérjetartalomhoz hasonlóan, mindhárom fajta hasonló, nagyobb sikértartalmat mutatott. A Zeleny szedimentációs érték (1-2. táblázat) a kontroll kezelésben szintén hasonló volt a két évben (48,8 illetve 49,2 ml). Az előző két paraméterhez hasonlóan, értékét az ökológiai tápanyagutánpótlás nem, a műtrágyázás azonban növelte, 2021-ben 120 kg/ha N-kezelésben (59,2), 2022-ben pedig a 80 kg/ha N-kezelésben (78,4) mért maximumokkal. A legnagyobb Zeleny értéket ekkor az Mv Martongoldnál mértük (53,1). A fajták között 2022-ben nem volt szignifikáns eltérés.

1. táblázat: A tönkölybúza terméskomponensei és minőségi paraméterei  
különböző tápanyag kezelésekben (2020/2021)

Table 1: Yield components and yield quality parameters of spelt at different N supply in 2020/2021

| Kezelés             | Fajta         | Kalászs-<br>szám<br>db/m <sup>2</sup> | Szem-<br>szám<br>db/kalász | ESZT<br>(g) | Fehérje-<br>tartalom<br>(%) | Sikér-<br>tartalom<br>(%) | Zeleny<br>érték-<br>szám<br>(ml) |
|---------------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Kontroll            | Mv Martongold | 275                                   | 14,8                       | 41,9        | 14,3                        | 27,6                      | 47,5                             |
|                     | Franckenkorn  | 294                                   | 25,0                       | 47,8        | 14,2                        | 24,5                      | 48,7                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 206                                   | 24,8                       | 49,0        | 13,9                        | 25,2                      | 50,1                             |
| Azoter              | Mv Martongold | 289                                   | 22,0                       | 45,8        | 14,5                        | 26,6                      | 53,9                             |
|                     | Franckenkorn  | 308                                   | 33,8                       | 45,8        | 13,9                        | 25,7                      | 48,8                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 302                                   | 24,0                       | 44,7        | 13,9                        | 26,6                      | 47,9                             |
| Komposzt            | Mv Martongold | 358                                   | 25,8                       | 47,4        | 14,3                        | 29,2                      | 53,6                             |
|                     | Franckenkorn  | 354                                   | 30,3                       | 44,9        | 13,4                        | 24,2                      | 46,7                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 260                                   | 23,0                       | 41,2        | 13,4                        | 25,3                      | 44,7                             |
| Komposzt<br>+AC     | Mv Martongold | 350                                   | 23,3                       | 46,5        | 14,2                        | 28,6                      | 49,3                             |
|                     | Franckenkorn  | 289                                   | 27,8                       | 43,6        | 13,6                        | 24,7                      | 46,0                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 254                                   | 22,0                       | 44,3        | 13,7                        | 26,0                      | 45,5                             |
| N40                 | Mv Martongold | 344                                   | 29,5                       | 48,9        | 14,5                        | 32,5                      | 49,6                             |
|                     | Franckenkorn  | 433                                   | 29,3                       | 48,4        | 13,8                        | 27,8                      | 48,4                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 298                                   | 23,5                       | 49,5        | 14,3                        | 28,9                      | 51,2                             |
| N80                 | Mv Martongold | 446                                   | 26,8                       | 47,3        | 15,5                        | 35,4                      | 57,8                             |
|                     | Franckenkorn  | 406                                   | 28,3                       | 48,6        | 14,3                        | 28,7                      | 48,2                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 358                                   | 24,3                       | 47,2        | 14,9                        | 32,4                      | 53,3                             |
| N120                | Mv Martongold | 462                                   | 25,5                       | 49,5        | 16,1                        | 37,2                      | 62,9                             |
|                     | Franckenkorn  | 471                                   | 27,5                       | 44,6        | 15,6                        | 31,6                      | 57,2                             |
|                     | Mv Vitalgold  | 469                                   | 25,0                       | 43,8        | 15,2                        | 33,4                      | 57,4                             |
| Kezelések<br>átlaga | Kontroll      | 258a                                  | 21,5a                      | 46,2ab      | 14,1a                       | 25,8a                     | 48,8a                            |
|                     | Azoter        | 300ab                                 | 26,6b                      | 45,4ab      | 14,1a                       | 26,3a                     | 50,2ab                           |
|                     | Komposzt      | 324b                                  | 26,4ab                     | 44,5a       | 13,7a                       | 26,2a                     | 48,3a                            |
|                     | Komposzt+AC   | 298a                                  | 24,4ab                     | 44,8a       | 13,8a                       | 26,4a                     | 46,9a                            |
|                     | N40           | 358bc                                 | 27,4bc                     | 48,9b       | 14,2b                       | 29,7b                     | 49,7ab                           |
|                     | N80           | 403bcd                                | 26,5ab                     | 47,7ab      | 14,9b                       | 32,2bc                    | 53,1b                            |
|                     | N120          | 467e                                  | 26,0ab                     | 46,0ab      | 15,6c                       | 34,1c                     | 59,2c                            |
| Fajták<br>átlaga    | Mv Martongold | 361a                                  | 24,0a                      | 46,8a       | 15,1a                       | 28,8a                     | 53,07a                           |
|                     | Franckenkorn  | 365a                                  | 28,9b                      | 46,2a       | 14,1b                       | 26,7b                     | 48,61b                           |
|                     | Mv Vitalgold  | 307b                                  | 23,8a                      | 45,7a       | 14,2b                       | 28,3b                     | 49,03b                           |

AC: állati csontszén; ESZT: ezerszemtömeg; Azoter: Azoter baktériumtrágya  
az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek

2. táblázat: A tönkölybúza terméskomponensei és minőségi paraméterei különböző tápanyag kezelésekben (2021/2022)

Table 2: Yield components and yield quality parameters of spelt at different N supply in 2021/2022

| Kezelés             | Fajta         | Kalász-<br>szám<br>db/m <sup>2</sup> | Szems-<br>zám<br>db/kalász | ESZT<br>(g) | Fehérje-<br>tarta-<br>lom<br>(%) | Sikér-<br>tarta-<br>lom<br>(%) | Zeleny<br>érték-<br>szám |
|---------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Kontroll            | Mv Martongold | 354                                  | 25.0                       | 48.5        | 13,8                             | 26,7                           | 50,8                     |
|                     | Franckenkorn  | 323                                  | 29.8                       | 47.0        | 13,5                             | 26,8                           | 46,6                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 279                                  | 29.3                       | 49.3        | 13,7                             | 29,3                           | 50,2                     |
| Azoter              | Mv Martongold | 375                                  | 26.5                       | 47.3        | 13,9                             | 29,3                           | 46,6                     |
|                     | Franckenkorn  | 392                                  | 30.8                       | 46.4        | 13,0                             | 25,6                           | 43,6                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 379                                  | 29.5                       | 49.4        | 13,8                             | 29,1                           | 50,0                     |
| Komposzt            | Mv Martongold | 373                                  | 27.3                       | 47.6        | 13,3                             | 29,2                           | 45,0                     |
|                     | Franckenkorn  | 342                                  | 30.0                       | 47.1        | 13,4                             | 26,7                           | 43,5                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 331                                  | 25.0                       | 48.4        | 13,4                             | 27,9                           | 46,1                     |
| Komposzt<br>+AC     | Mv Martongold | 379                                  | 27.0                       | 48.3        | 14,1                             | 30,7                           | 49,3                     |
|                     | Franckenkorn  | 367                                  | 23.0                       | 46.1        | 13,2                             | 26,2                           | 44,6                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 333                                  | 29.5                       | 46.6        | 14,0                             | 30,0                           | 48,8                     |
| N40                 | Mv Martongold | 564                                  | 29.5                       | 46.6        | 18,6                             | 39,6                           | 77,6                     |
|                     | Franckenkorn  | 596                                  | 30.3                       | 47.2        | 18,9                             | 38,5                           | 77,4                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 423                                  | 29.5                       | 46.9        | 18,2                             | 40,0                           | 77,9                     |
| N80                 | Mv Martongold | 527                                  | 29.8                       | 44.4        | 18,9                             | 43,6                           | 79,2                     |
|                     | Franckenkorn  | 525                                  | 34.0                       | 46.4        | 18,9                             | 39,4                           | 77,6                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 619                                  | 28.3                       | 47.3        | 18,8                             | 40,0                           | 78,3                     |
| N120                | Mv Martongold | 656                                  | 27.5                       | 45.8        | 17,7                             | 41,8                           | 79,0                     |
|                     | Franckenkorn  | 598                                  | 32.3                       | 45.0        | 18,5                             | 40,7                           | 77,9                     |
|                     | Mv Vitalgold  | 571                                  | 26.0                       | 45.3        | 19,2                             | 40,1                           | 78,5                     |
| Kezelések<br>átlaga | Kontroll      | 319a                                 | 28.0ab                     | 48.2a       | 13,7a                            | 27,6a                          | 49,2a                    |
|                     | Azoter        | 382bc                                | 28.9ab                     | 47.7ab      | 13,6a                            | 28,0a                          | 46,7ab                   |
|                     | Komposzt      | 349ac                                | 27.4ab                     | 47.7ab      | 13,4a                            | 27,9a                          | 44,9b                    |
|                     | Komposzt+AC   | 360c                                 | 26.5a                      | 47.0abc     | 13,8a                            | 29,0b                          | 47,6a                    |
|                     | N40           | 528d                                 | 29.8ab                     | 46.9abc     | 18,6b                            | 39,4c                          | 77,6c                    |
|                     | N80           | 557de                                | 30.7b                      | 46.0bc      | 18,9b                            | 41,0c                          | 78,4c                    |
| Fajták<br>átlaga    | N120          | 608e                                 | 28.6ab                     | 45.4c       | 18,5b                            | 40,8c                          | 78,5c                    |
|                     | Mv Martongold | 453a                                 | 27.7a                      | 47.1ab      | 15,5a                            | 33,8a                          | 59,3a                    |
|                     | Franckenkorn  | 433a                                 | 29.9b                      | 46.6a       | 15,4a                            | 31,5a                          | 57,3a                    |
|                     | Mv Vitalgold  | 410a                                 | 28.3ab                     | 47.6b       | 15,5a                            | 33,1a                          | 59,5a                    |

AC – állati csontszén; ESZT: ezerszemtömeg; Azoter: Azoter baktériumtrágya  
az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan (P<0,05) különböznek

## KÖVETKEZTETÉSEK

A termés és a terméskomponensek alakulására az évjáratnak volt a legnagyobb hatása. A terméskomponensek közül a kalászkok száma és a kaláskonkénti szemszám egyaránt hozzájárult a 2022 évi nagyobb terméshez. Korábbi eredményeink alapján (Sugar *et al.*, 2019) megállapítottuk, hogy a nagyobb N-adagok kijuttatása (80, 120 kg/ha) főleg száraz évben növeli a termést. A mostani eredményeink is azt támasztották alá, hogy a csapadékeloszlás szempontjából kedvezőbb évben a maximális termés eléréséhez mérsékelt (40 kg/ha) műtrágyázás is elegendő volt, a nagyobb N-adagoknak nem volt további termésnövelő hatása. A csapadékeloszlás szempontjából kedvezőtlenebb évben a termés a 80 kg/ha N-dózis hatására is nőtt. Az ennél nagyobb N-adagoknak nem volt pozitív hatásuk, csapadékos évben azonban az állomány jelentős megdőlését okozták.

Az ökológiai kezelések során alkalmazott 40 kg/ha N-hatóanyag kevésnek bizonyult a termés, terméskomponensek, valamint minőségi paraméterek javításához. Az eredmények alapján további vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a biológiai készítmények hatását -nagyobb dózisban alkalmazva- jobban megismerjük. A termésre és annak komponenseire az évjárat mellett jelentős hatása volt a genotípusnak. A két év átlagában a Franckenkorn fajta termése volt a legnagyobb. Ehhez hozzájárult a másik két fajtánál nagyobb kaláskonkénti szemszám. A másodok legjobb termést adó Mv Martongoldra nagyobb ezerszemtömeg jellemző.

A 40 kg/ha N-műtrágyázás mindkét évben hatásos volt a tönkölybúza minőségét tekintve, a pozitív hatás 2022-ben lényegesen nagyobb volt. Bár a nagyobb N-adagok 2021-ben javítottak a minőségi paramétereken, azok jóval elmaradtak a 2022 évi értékektől. A fajták közötti minőségbeli különbségek csak 2021-ben mutatkoztak meg. A fajtaválasztásnak a száraz periódusok egyre gyakoribb előfordulása miatt különösen nagy jelentősége van.

A tanulmány a TKP2021-NKTA-06 projekt keretében készült, amely a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból, a [TKP2021-NKTA] támogatási program keretében finanszírozott, az Innovációs és Technológiai Minisztérium által nyújtott támogatással valósult meg.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Andruszczak, S. (2017): Reaction of winter spelt cultivars to reduced tillage system and chemical plant protection. *Zemdirbyste*. 10481, 15-22.
- Bonafaccia G. - Galli V. - Francisci R. - Mair V. - Skrabanja V. - Kreft I. (2000): Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.* 68, 437-441.
- Burgos St. - Stamp P. - Schmid J.E. (2001): Agronomic and Physiological Study of Cold and Flooding Tolerance of Spelt (*Triticum spelta* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journ. of Agron. and Crop Sci.* 187(3), 195 – 202.

- Dinu M. Whittaker, A. - Pagliai, G. - Benedetteli, S. - Sofi, F. (2018): Ancient wheat species and human health; Biochemical and clinical implications. J. Nutr. Biochem. 52, 1-9.*
- Jablonskytė-Raščė D. - Maikštėnienė S. - Mankevičienė A. (2013): Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions. Zemdirbyste-Agriculture. 100(1), 45–56.*
- Lacko-Bartošova M., Korczyk-Szabó J., Ražný R. (2010): Triticum spelta-a speciality grain for ecological farming systems. Res. J. of Agri. Sci. 42(1). 143-147.*
- Moudry J. - Dvoracek V. (1999): Chemical composition of grain of different spelt (*Triticum spelta* L.) varieties. Rostlinna Vyroba. 45(12). 533-538.*
- Packa, D. - Zaluski, D. - Graban, L. - Lajszner, W. - Hoscik, M. (2013): Reakcja diploidalnych, tetraploidalnych i heksaploidalnych pszenic na inokulacje *Fusarium culmorum* (WG Smith) Sacc. Pol. J. Agron. 12, 38–48.*
- Pagnotta, M.A. - Mondini, L. - Codianni, P. - Fares, C. (2009): Agronomical, quality and molecular characterization of twenty Italian emmer wheat (*Triticum dicoccon*) accessions. Genet. Resour. Crop Evol. 56, 299–310.*
- Rachoń, L. - Szumiło, G. - Machaj, H. (2014): Wpływ intensywności technologii uprawy na plonowanie różnych genotypów pszenicy ozimej. Annal. UMCS. Sec. E Agric. 69, 32–41.*
- Rachoń L. - Bobryk-Mamczarz A. - Kiełtyka-Dadasiewicz A. (2020): Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. Agriculture. 10(7). 275.*
- Sugár E., Fodor N., Sándor R., Bónis P., Vida Gy., Árendás T. (2019): Spelt Wheat: An alternative for sustainable plant production at low N-levels. Sustainability. 11(23), 6726.*
- Zielinski H. - Ceglinska A. - Michalska A. (2008): Bioactive compounds in spelt bread. Eur. Food. Res. Technol. 226, 537-544.*

## **TAKARMÁNYOZÁSI SZEKCIÓ**



## AZ ACILEZETT FUMONIZINEK LEHETSÉGES KOCKÁZATAI

HORVÁTH LEVENTE

Fumizol Kft. 6725 Szeged, Kisfaludy utca 6/B

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Fusarium* penészgomba fajok (főleg *F. verticillioides* és *F. proliferatum*) termelnek. A gomba legnagyobb mennyiségben a fumonizin B1-et és B2-t (FB1 és FB2) termeli, melyek toxikusak emberi és állati szervezetre egyaránt. Az FB1 és FB2 mellett több, mint 130 fumonizint írtak már le, amelyek bár jóval kisebb mennyiségben vannak jelen, mint a B1 és B2, mégis bizonyos fajtáik toxicitása akár jelentősen nagyobb is lehet. Ilyenek az acilezett fumonizinek, amelyek jelenlétével és lehetséges kockázatával több tudományos közlemény is foglalkozik. N-acil-FB1 formáját gombatenyészetben megtalálták már, in vitro és in vivo kísérletekben jóval toxikusabbnak bizonyult az FB1-hez képest, a szervezetben is képződhet és bizonyos élelmiszerfeldolgozási művelet során FB1-ből keletkezhet. O-acil formája szintén toxikusabbnak tűnik, melynek jelenlétét viszont gombatenyészet mellett szántóföldi kukoricamintákban is igazolták már.

### POTENTIAL RISKS OF ACYLATED FUMONISINS

#### ABSTRACT

Fumonisin are among the most common mycotoxins, which are most often produced by *Fusarium* species (mainly *F. verticillioides* and *F. proliferatum*). The fungus produces the highest amounts of fumonisins B1 and B2 (FB1 and FB2), which are toxic to humans and animals. In addition to FB1 and FB2, more than 130 fumonisins have been described which, although present in much smaller quantities than B1 and B2, but the toxicity of certain types can be even significantly higher. These include acylated fumonisins, the presence and potential risks of which have been reported in several scientific publications. The N-acyl form of FB1 has been found in fungal cultures, has been shown to be much more toxic than FB1 in in vitro and in vivo experiments, can be formed in the body and can also be formed from FB1 during certain food processing operations. The O-acyl form also appears to be more toxic, but its presence has been described in field maize samples in addition to fungal cultures.

## BEVEZETÉS

A mikotoxinok mikroszkopikus penészgombák másodlagos anyagcseretermékei, azaz nincs szerepük a gombák normál anyagcseréjében, azonban az egymás közti és a baktériumokkal szembeni vetélkedésben szerepet játszhatnak. Ezek a másodlagos anyagcseretermékek általában erős sejtmérgek, amelyek toxikusak lehetnek a növényi és az állati szervezetre egyaránt, valamint az emberre is. A mikotoxinokat számos szántóföldi és raktári penészgombafaj képes előállítani.

A fumonizinek a legelterjedtebb mikotoxinok közé tartoznak, melyeket leggyakrabban *Fusarium* fajok (főleg *Fusarium verticillioides* és *Fusarium proliferatum*) termelnek. Már az 1900-as évek elején figyeltek meg lovakban, az agy fehérállományának lágyulásával járó idegrendszeri megbetegedést (ELEM = equine leukoencephalomalacia). Az 1988-ban *F. verticillioides*-szel fertőzött kukorica etetésével, állatkísérletekben is sikerült előidézni lovaknál az ELEM-betegséget. Sertésekkel etetve ugyanez a kukorica tüdővízenyőt és mellvízkórt okozott (Marasas *et al.*, 1988). A sertéseknél ezt a tünetegyüttest a rá jellemző tüneti elváltozások alapján PPE-nek (porcine pulmonary oedema, PPE) nevezték el (Kriek *et al.*, 1981).

A tisztított fumonizin B1 toxin orális és intravénás bevitelével is elő tudták idézni lovaknál az ELEM, sertéseknél a PPE betegségeket. Takarmányhoz adva rágcsálókban májrákot idézett elő (Gelderblom *e. al.*, 1991). 1990-ben Dél-Afrika szegényebb tartományában korrelációt állapítottak meg a természetes módon fumonizin B1-el (FB1) és fumonizin B2-vel (FB2) szennyezett kukorica fogyasztása és a humán nyelőcsőrák között (Makaula *e. al.*, 1996). Az FB1 toxint, a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC), a 2B karcinogén csoportba (lehetséges rákkeltő) sorolta (IARC 2002).

A fumonizineket szerkezetük alapján négy fő csoportba sorolja a szakirodalom (FA, FB, FC, FP) (Rheeder *et al.*, 2002). Napjainkig közel 130 fumonizin származékot, illetve fumonizin izomert írtak már le. A legfontosabb ezek közül a fumonizin B1 és B2, mivel ezek toxicitása számos közleményben igazolva lett, és a gombák jelentősen többet termelnek belőlük, mint a többi fumonizin fajtából.

Határérték csak élelmiszerekénél, az FB1 és FB2 toxinok mennyiségének összegéből van, amelyet a 2023/915-ös EU rendelet szabályoz. Takarmányoknál a 2006/576/EK bizottsági ajánlás létezik, amely a kukorica alapú takarmányoknál, sertések, lovak, nyulak, baromfik, borjak, bárányok, gidák és kérődzők esetében határoz meg irányértéket, melyek betartása fontos, hiszen állategészségügyi kockázatokat számos közleményben leírtak.

A fumonizinek szerkezetileg nagyon hasonlóak a szfingoid bázisokhoz (mint a szfingozin, amely szfingolipid molekula) és képesek gátolni a ceramid szintézist. A szfingolipidek bioszintézisének gátlása, különböző szinteken tapasztalható, amely a szfinganin/szfingozin (Sa/So) arány megváltozásában tükröződik. A szfingolipidek a biológiai membránok fontos alkotóelemei, valamint a sejtek közötti információátadásban is szerepet játszanak, így bioszintézisük gátlása a sejtek lízisét idézheti elő (Šegvić *et al.*, 2001).

A *F. verticillioides* gomba háromféle zsírsavval acilezett fumonizin származékot termel (linoleoil, oleoil és palmitoil), amelyek lehetnek *N*- és *O*-acil-fumonizin-B1. (Bartók *et al.*, 2010, 2013).

Izraeli és német kutatók az acilezett fumonizinek közül az *N*-acil-FB1 származékokkal folytattak vizsgálatokat. Sejttenyészetekben kimutatták, hogy az FB1 és a HFB1 a ceramidszintáz által, *N*-acil-FB1-é és *N*-acil-HFB1-é metabolizálódhat. Ezen kívül vizsgálták szintetikus módon előállított különböző szénláncú (C16, C17, C18, C24) *N*-acil-FB1 származékok citotoxicitását sejttenyészetben és megállapították, hogy a szénlánc hosszától függetlenül azok nagyságrenddel toxikusabbak az FB1-nél (Harrer *et al.*, 2013).

Természetes fertőzőtségu kukoricamintákban, olasz kutatók az FB1 mennyiségéhez viszonyítva 5-7% linoleoil- és oleoil-FB1 szennyeződést mutattak ki (Falavigna *et al.*, 2013).

Megfigyelték, hogy kukoricaalapú élelmiszerek alkalikus közegben, hőkezeléssel történő előállítása során (nixtamalizálás) megjelentek az FB1 toxinnál jóval toxikusabb *N*-acil-FB1 származékok a végtermékben, amelyeket a kiindulási alapanyagok még nem tartalmaztak (Park *et al.*, 2013).

Patkányoknál 5 napos fumonizin B1 etetési kísérlet során kimutatták az *N*-acil-fumonizin B1 származékokat a vesében és a májban, tehát a szervezetben is képes az FB1 *N*-acil származékká metabolizálódni (Harrer *et al.*, 2013).

2018-ban az EFSA az egyéb fumonizin származékok takarmányokban való előfordulásának veszélyeire és annak állategészségügyi kockázataira hívta fel a figyelmet. A közlemény külön tárgyalta az acilezett fumonizineket és kiemelte, hogy nincsennek analitikai standardek, pedig körvizsgálatokra és felmérésekre lenne szükség (Knutsen *et al.*, 2018).

Célkitűzésünk volt, hogy fumonizin B1-ből kiindulva szintézissel előállítsuk az acilezett fumonizineket, különös tekintettel az *O*-acil-fumonizin B1-re, hiszen azokat még senki sem vizsgálta. Ehhez optimalizálnunk kellett a reakciókat, sokféle reakciókörülményt kipróbálva. Az előállított acilezett fumonizineket preparatív HPLC-vel megtisztítva szerkezetüket beazonosítva, a gombakivonatban lévő acilezett fumonizineket is azonosítani szerettük volna velük. A tisztán kinyert mikotoxinokkal *in vivo* toxicitási kísérletet terveztünk végezni, zebradánió embriókon.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### A szintetikus acilezési reakciók és a reakciótermékek tisztítása:

A kísérletekhez HPLC-MS (nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia – tömegspektrometria) minőségű a VWR International Kft.-től (Debrecen) származó vegyszereket használtunk.

A tiszta FB1 toxint, palmitoil-klorid acilezőszer és trietil-amin (TEA) acil donor segítségével acileztük, frissen desztillált (vízmentes) tetrahidrofuran (THF) oldószerben.

*N*-acilezésnél a két reagenst közvetlenül frissen készítettük a reakció előtt: A reagens: (THF/TEA 95/5, v/v), B reagens: (THF/palmitoil-klorid 95/5, v/v). Az 10 mg FB1-et 500

μl THF-ben oldottuk, hozzáadtunk 102 μl A reagenst, összeráztuk, majd 47 μl B reagenst és egy Thermo, LP vortex mixer típusú horizontális rázógépen (Massachusetts, USA) kevertettük az elegyet 30 percig. A reakcióelegyet, „Scanvac” centrifugális bepárló (Bjarkesvej, Dánia) segítségével pároltuk be.

O-acilezés esetén az A reagens: (THF/TEA 90/10, v/v), a B reagens: (THF/palmitoil-klorid 80/20, v/v) volt, melyeket szintén frissen készítettük. 10 mg FB1-et feloldottunk 4900 μl THF és 100 μl víz elegyében, ezt követően hozzáadtunk 100 μl A reagenst és 210 μl B reagenst, majd 48 órán keresztül vortex segítségével kevertettük. A reakciót centrifugális bepárlással állítottuk le.

A reakciótermékeket, preparatív HPLC-vel tisztítottuk meg. Az előzőleg bepárolt reakcióelegyet, acetonitril (MeCN)/víz (80/20 v/v) oldószerrel visszaoldottuk, majd 0,45 μm-es pórusméretű nylon membránszűrő segítségével szűrtük. A preparatív HPLC a következő részegységekből állt: kettő Hanbon NP7000 (Csiangszu, Kína) preparatív pumpa, HTA HT3000LV (Brescia, Olaszország) mintaadagoló, Kinetex (Phenomenex, Torrance, CA, USA) C18 preparatív kolonna (250 x 21,2 mm, 5 μm) és egy Foxy R1 (Teledyne Isco, St. Lincoln, NE, USA) frakciószedő. 2 ml mintát injektáltunk. Az A eluens víz, a B eluens acetonitril volt és mindkettő tartalmazott 0,1% hangyasavat. A gradiens program 50% B-ről indult, áramlás nélkül, mely 0,6 perc alatt 65%-ra emelkedett és érte el 17 ml/perces áramlási sebességet (amely ezután már nem változott), tartva ezt az értéket 11,4 percig. Ezt követően 1 perc alatt 85 %-ra emelkedett a B aránya, amely értéket 12 percen keresztül tartotta, majd 1 perc alatt visszatért a kiindulási 50% B eluens tartalomhoz, további 5 perc időtartamig. A frakciószedő 1 percenként szedte a frakciókat. A frakciókat offline HPLC-MS eljárással vizsgáltuk.

#### **Az acilezett fumonizinek gombakivonatban történő azonosítása:**

A tisztán kinyert acilezett fumonizinekkal, adalékolási kísérletben azonosítottuk a *F. verticillioides* gomba által termelteket. A vizsgálathoz *F. verticillioides* gombával, rizsen 4 hétig fermentált, majd liofilizált és őrölt gombaport használtunk, amelyből 1 g-ot mértünk be egy 30 ml-es centrifugacsőbe és extraháltuk MeCN/víz (80/20 v/v) oldószerrel, átfordulás keverőn 2 órán keresztül. Ezt követően centrifugáltuk a mintát (8000 RPM, 5 min), majd a felülúszót mértük HPLC-MS eljárással. A gombakivonat 1 μl-éhez a HPLC injektor segítségével külön-külön 1 μl tiszta 500 pg/μl koncentrációjú 3-O-palmitoil, 5-O-palmitoil és N-palmitoil oldatot szívattunk hozzá. A vizsgálatokat Agilent (Santa Clara, CA, USA) 1100 HPLC és egy Agilent 1946D tömegspektrométer segítségével végeztük. A gradiens elválasztás, egy Kinetex C18 analitikai kolonnán (250 x 4,6 mm, 5 μm) történt, az előző bekezdésben leírt A és B eluenssel, 800 μl/min áramlási sebességgel. A gradiens program 69% B-ről indult, majd 7 perc után 1 perc alatt 85% B-re emelkedett, mely értéket 6 percig tartva 1 perc alatt visszatért a kiindulási arányhoz, további 5 percig. Az MS szelektív ionfigyelő (SIM), pozitív ionizációs módban működött, a 961 m/z tömeget figyelve.

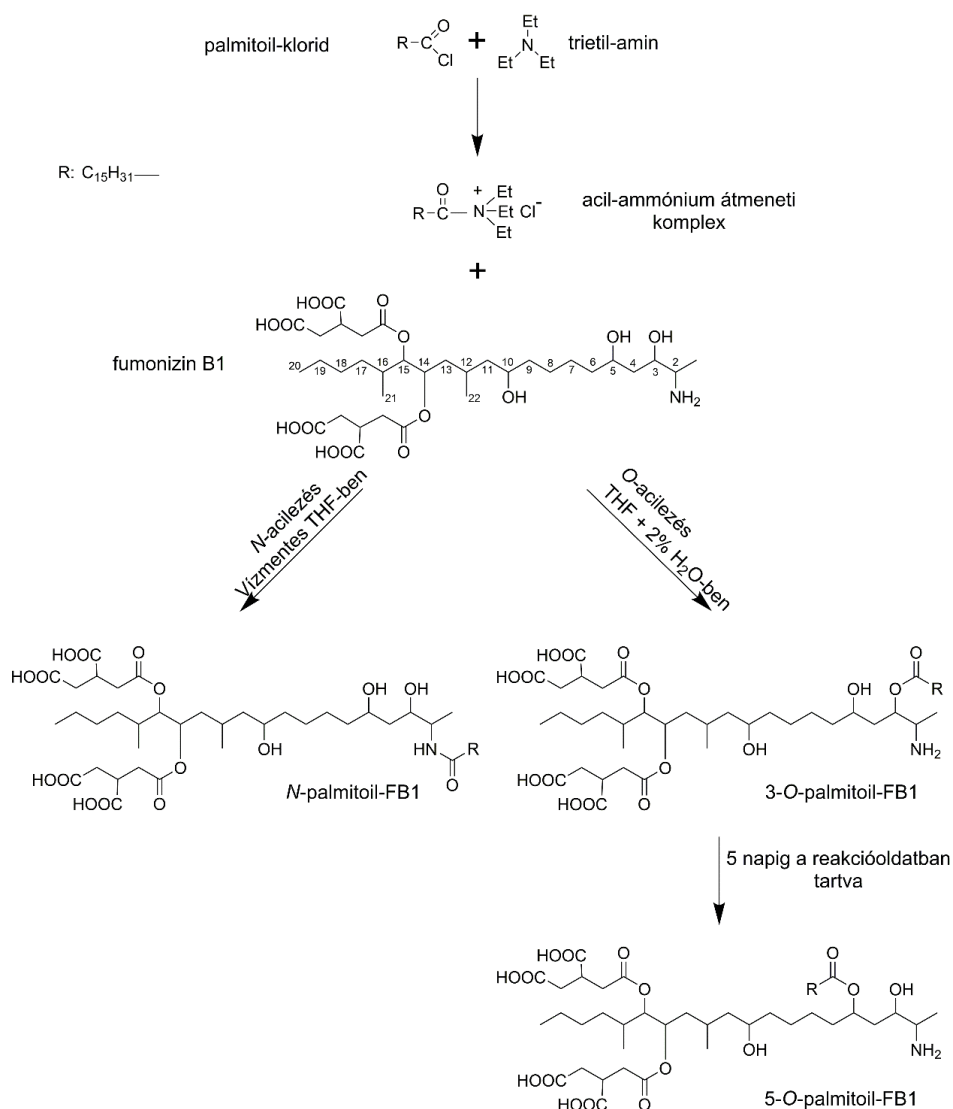
### In vivo toxicitási kísérlet

A zebrahal-embriókra gyakorolt toxikus hatások vizsgálatához laboratóriumban nevelt AB zebrahal vonalat használtunk. A zebrahal-embriók 96 órával a megtermékenyítés után, 24 órán keresztül a következő koncentrációjú fumonizin expozíciónak lettek kitéve: 0,78, 1,56, 3,12, 6,25, 12,5, 25, 50, 100 és 200  $\mu\text{M}$ , négyféle fumonizin származékkal: FB1, FB4, 5-*O*-palmitoil-FB1, *N*-palmitoil-FB1. Az egyes vegyületek törzsoldatai (1000  $\mu\text{g/ml}$ ) dimetil-szulfoxid oldószerrel készültek, majd a kezelési oldatokat E3 közegben (5 mM nátrium-klorid, 0,33 mM kalcium-klorid, 0,17 mM kálium-klorid, 0,33 mM magnézium-szulfát) hígítottuk. Az embriók 24 lyukú JET Biofil szövettenyésztő lemezekbe helyeztük, ötös csoportokban, négy ismétlésben. Minden mélyedést 2 ml kezelési oldattal, valamint E3 közeggel és oldószerrel töltöttünk fel, a megfelelő koncentrációban. A lemezek  $25,5 \pm 1,0$  °C-os inkubátorba kerültek. 24 óra elteltével a mortalitás és a morfológiai deformitás vizsgálatok boncmikroszkóp alatt (Leica Microsystems GmbH; Wetzlar, Németország) történtek.

### EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK:

#### A szintetikus acilezési reakciók és a reakciótermékek tisztítása:

Az FB1 palmitoil-kloriddal történő acilezésését kétféleképpen optimalizáltuk. Vízmentes körülmények között a reakció gyorsan végbement, fél óra után már semmilyen változás nem történt az oldatban, az FB1 nagyrésze átalakult *N*-palmitoil-FB1 származékká, melléktermékek és kiindulási anyagok is csak minimálisan voltak jelen. Így a preparatív HPLC segítségével történő tisztítás is viszonylag egyszerű volt. A második esetben, amikor a reakcióelegy tartalmazott 2% vizet *O*-palmitoil-FB1 származékok (3-*O*-palmitoil-FB1 és 5-*O*-palmitoil-FB1) keletkeztek a következőképpen: a reakció elején, főleg köztitermékek voltak jelen kevés 3-*O*-palmitoil-FB1 mellett, amely mennyisége a reakció előrehaladtával folyamatosan nőtt és megjelent az 5-*O*-palmitoil-FB1 is, melynek jelenléte szintén folyamatosan emelkedett. A reakciót 48 óra után állítottuk le, a reakcióelegy centrifugális bepárlásával. Ekkor a két *O*-palmitoil komponens hasonló mennyiségben volt jelen az oldatban, köztitermékekkel együtt (38,9% 3-*O*-palmitoil-FB1, 33,7% 5-*O*-palmitoil-FB1, 27,4% köztitermék). A reakció 5 nap után teljesen eltolódna az 5-*O*-pal-FB1 irányába (Cserne *et al.*, 2023). A bepárolt reakcióelegyet visszaoldottuk MeCN/víz (80/20 v/v) oldószerrel, majd ezt injektáltuk a preparatív HPLC kolonnára és nyertük ki tisztán a komponenseket. A 3-*O*-palmitoil nem csak a reakcióelegyben bizonyult instabillnak, hanem a preparatív kolonnáról távozva, a tiszta frakciókban lévő oldószerben (MeCN/víz 66/34 +0,1% hangyasav) is, ahol 3-*O*-palmitoil-FB1 származékból, *N*-palmitoil-FB1 származékká alakult.

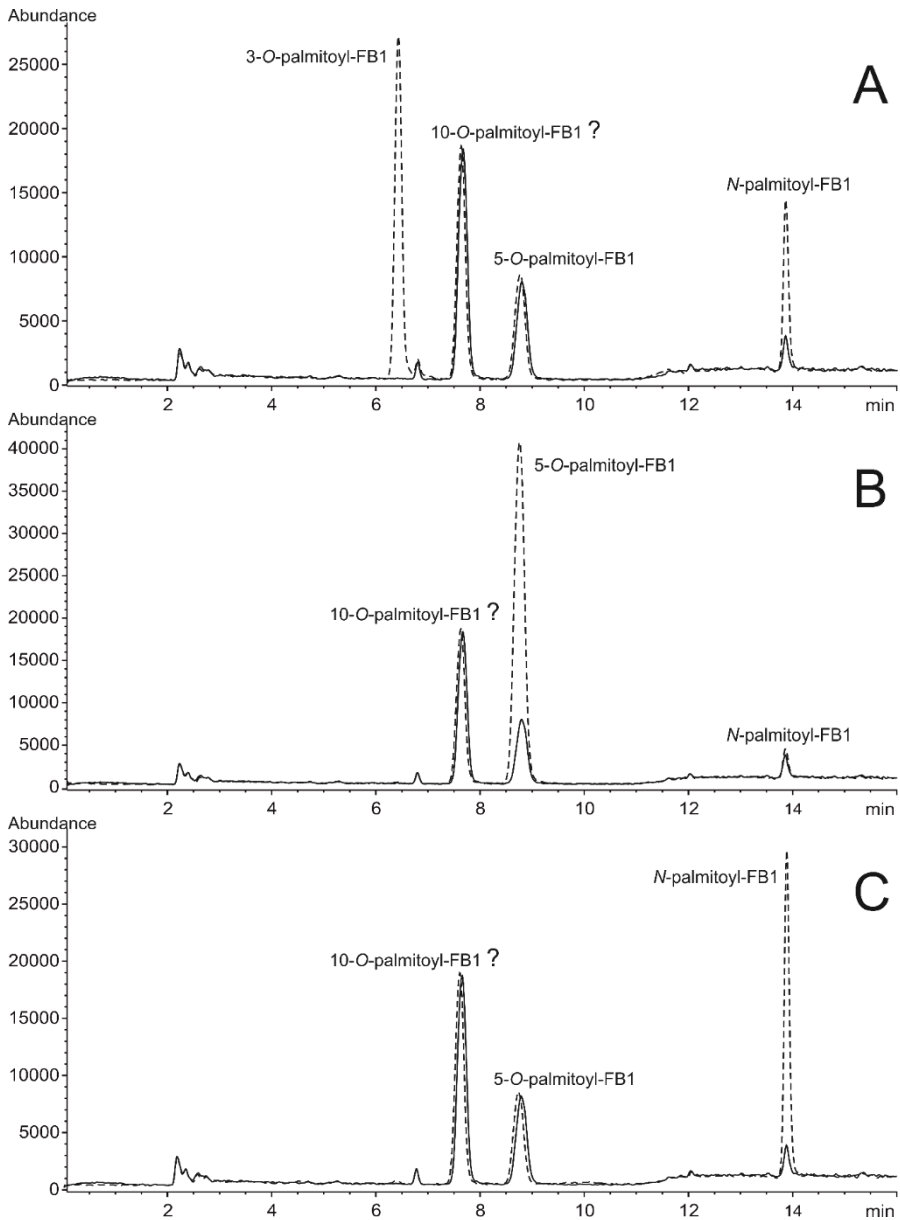


3. ábra: Az FB1 toxin N- és O-acilezése palmitoil-klorid/trietilamin reagens alkalmazásával vízmentes tetrahydrofuranban, illetve 2%-os víztartalmú tetrahydrofuranban

### Az acilezett fumonizinek gombakivonatban történő azonosítása:

A tiszta anyagokkal, a *F. verticillioides* gomba által termelt acilezett fumonizineket, adalékolásos kísérlettel azonosítottuk. A mintaadagoló segítségével hozzászívtuk injektáláskor a tiszta anyag oldatát a gombakivonathoz. Ilyenkor azon komponens kromatográfiás csúcsának kellene megnőnie, amelyiket hozzászívtuk, feltéve, ha a gombakivonat tartalmazta azt. Ez alapján megállapítottuk, hogy a gomba valóban termel

*N*-palmitoil-FB1-et és 5-*O*-palmitoil-FB1-et, de nem termel 3-*O*-palmitoil FB1-et, hanem helyette valószínűleg 10-*O*-palmitoil-FB1-et termel.



4. ábra: *F. verticillioides* gombakivonat (folytonos vonal) ( $m/z$  961), valamint a szintetizált és tisztított 3-*O*-palmitoil-FB1 (A), 5-*O*-palmitoil-FB1 (B) és *N*-palmitoil-FB1 (C) toxinnal adalékolt gombakivonatok (szaggatott vonalak), HPLC-ESI-MS kromatogramjai.

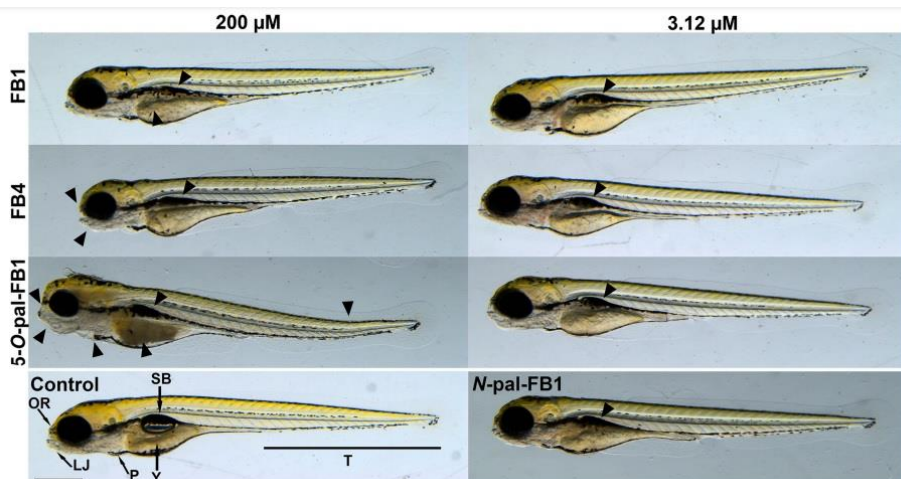
A zebradánió embriók 24 órás kezelése során, nem volt megfigyelhető elhullás az E3 médiumban és az oldószeres kontrollokban. Az FB1 és FB4 expozíció szintén nem okozott pusztulást még a legnagyobb 200  $\mu\text{M}$ -os koncentrációban sem. Ezzel szemben az 5-O-pal-FB1 származéknál, a két legmagasabb koncentrációban (100  $\mu\text{M}$  és 200  $\mu\text{M}$ ), 2 és 6 egyed pusztult el a 20-ból. Az N-pal-FB1 viszont annyira mérgezőnek bizonyult, hogy már viszonylag alacsony 6,25  $\mu\text{M}$  koncentrációnál is, az összes egyed elhullott.

*1. táblázat:* A táblázatban az elpusztult egyedek száma lett feltüntetve. Minden koncentrációban 20 egyed lett tesztelve (4 ismétlés: 5 egyed/ismétlés). 96 órával a megtermékenyülés után, 24 óra expozíciót követően.

|             | 200 $\mu\text{M}$ | 100 $\mu\text{M}$ | 50 $\mu\text{M}$ | 25 $\mu\text{M}$ | 12,5 $\mu\text{M}$ | 6,25 $\mu\text{M}$ | 3,12 $\mu\text{M}$ |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| FB1         | 0                 | 0                 | 0                | 0                | 0                  | 0                  | 0                  |
| FB4         | 0                 | 0                 | 0                | 0                | 0                  | 0                  | 0                  |
| 5-O-pal-FB1 | 6                 | 2                 | 0                | 0                | 0                  | 0                  | 0                  |
| N-pal-FB1   | 20                | 20                | 20               | 20               | 20                 | 20                 | 0                  |

### **In vivo toxicitási kísérlet**

A szubletális hatások morfológiai elváltozásait, még élő zebradánió embriókon vizsgáltuk. A fel nem fűvódott úszóhólyag megfigyelhető volt mindegyik fumonizin származék 3,12  $\mu\text{M}$ -os koncentrációjú expozíciója esetén, különböző mértékben. Ezt leggyakrabban az N-pal-FB1 okozta (80%), melyet az 5-O-pal-FB1 (50%), az FB4 (30%) és az FB1 (25%) toxin követett. 200  $\mu\text{M}$  esetén már az élő embriók 100%-ban nem nyílt fel az úszóhólyag. Alsó állkapocs torzulás FB1 esetén nem volt megfigyelhető, viszont 200  $\mu\text{M}$ -os koncentrációnál FB4 (40%) 5-O-pal-FB1 (100%) volt. Ezek és további egyéb elváltozások a 3. ábrán láthatóak.



5. ábra: Tipikus fejlődési rendellenességek (fekete nyílhegyek) zebradánió embriókban 120 órával a megtermékenyítés után, 24 órás FB1, FB4, 5-O-pal-FB1 és N-pal-FB1 expozíciót követően (OR: szaglórégió; LJ: alsó állkapocs; P: szívburok; T: farok; SB: úszóhólyag; Y: sárgája; lépték: 500  $\mu\text{m}$ ) (Csenki *et al.*, 2023).

## KÖVETKEZTETÉS

Az előállított acilezett fumonizinekkel igazoltuk, hogy a *F. verticillioides* gomba laboratóriumi körülmények között valóban termeli az 5-O-palmitoil és az N-palmitoil-FB1 származékokat, de nem termel 3-O-palmitoil-FB1 származékot, valamint termel egy olyan O-palmitoil FB1 származékot, amelyet szintézissel nem sikerült előállítani.

A zebradániós toxicitási kísérletekből úgy tűnik, hogy az N-palmitoil-fumonizin B1 származék, jelentősen, akár két nagyságrenddel is toxikusabb lehet az FB1-nél, de az 5-O-palmitoil-FB1 is toxikusabbnak bizonyult.

Az acilezett-fumonizinek potenciális veszélyforrások lehetnek, mind élelmiszerbiztonsági, mind takarmánybiztonsági szempontból, mivel a gomba megtermelheti azokat (az O-acil FB1 származékok jelenlétét már szántóföldön is leírták), toxikusabbnak tűnnek az FB1-nél, viszont nincsenek vizsgálva.

Fontos volna felmérni, hogy az acilezett fumonizinek milyen mértékben vannak jelen a természetes fertőzöttségű gabonamintákban, de ehhez szükség volna körvizsgálatokra, standardokra.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az itt ismertetett kutatások a következő támogatásokkal valósulhattak meg, melyeket nagyon köszönünk: Innovációs és Technológiai Minisztérium (GINOP-2.3.2-15-2016-00046), Emberi Erőforrások minisztériuma (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005),

Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (FK138184), Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/00669/20/4).

## IRODALOMJEGYZÉK

- Angeli, C. – Nagy T.M. – Horváth, L. – Varga, M. – Szekeres, A. – Tóth, G.K. – Janáky, T. – Szolomájer, J. – Kovács, M. – Kövér, K.E. – Bartók, T. (2022) Preparation of 3-O-, 5-O- and N-palmitoyl derivatives of fumonisin B<sub>1</sub> toxin and their characterisation with NMR and LC-HRMS methods. *Food Additives & Contaminants: Part A* (10):1759-1771.
- Bartók, T. – Tölgyesi, L. – Mesterházy, Á. – Bartók, M. – Szécsi, Á. (2010): Identification of the first fumonisin mycotoxins with three acyl groups by ESI-ITMS and ESI-TOFMS following RP-HPLC separation, palmitoyl, linoleoyl and oleoyl EFB1 fumonisin isomers from a solid culture of *Fusarium verticillioides*. *Food Additives and Contaminants* 27: 1714-1723
- Bartók, T. – Szécsi, Á. – Juhász, K. – Bartók, M. – Mesterházy, Á. (2013): ESI-MS and MS/MS identification of the first ceramide analogues of fumonisin B1 mycotoxin from a *Fusarium verticillioides* culture following RP-HPLC separation. *Food Additives & Contaminants: Part A* 30: 1651-1659
- Bezuidenhout, G.C. – Gelderblom, W.C.A. – Gorst-Allam, C.P. – Horak, R.M. – Marasas, W.F.O. – Spiteller, G. – Vleggaar, R. (1988): Structure elucidation of the fumonisins, mycotoxins from *Fusarium moniliforme*. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications* 743-745
- Csenki, Z. – Bartók, T. – Bock, I. – Horváth, L. – Lemli, B. – Zsidó, B.Z. – Angeli, C. – Hetényi, C. – Szabó, I. – Urbányi, B. – Kovács, M. – Poór, M. (2023) Interaction of Fumonisin B<sub>1</sub>, N-Palmitoyl-Fumonisin B<sub>1</sub>, 5-O-Palmitoyl-Fumonisin B<sub>1</sub>, and Fumonisin B<sub>4</sub> Mycotoxins with Human Serum Albumin and Their Toxic Impacts on Zebrafish Embryos. *Biomolecules*. 27;13(5):755.
- Falavigna, C. – Lazzaro, I. – Galaverna, G. – Battilani, P. – Dall'Asta, C. (2013): Fatty acid esters of fumonisins: first evidence of their presence in maize *Food Addictive & Contaminants: Part A*, 30:9, 1606-1613
- Harrer, H. – Laviad, E.L. – Humpf, H.U. – Futerman, A.H. (2013): Identification of N-acylfumonisin B1 as new cytotoxic metabolites of fumonisin mycotoxins. *Molecular Nutrition and Food Research* 57: 516-522
- Harrer, H. – Humpf, H.U. – Voss, K.A. (2015): In vivo formation of N-acyl fumonisin B1. *Mycotoxin Research* 31: 33-40
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (2002): Fumonisin B1. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, some traditional medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. No. 82. Lyon (France), IARC; 301-366
- Knutsen, H. K. – Alexander, J. – Barregård, L. – Bignami, M. – Brüschweiler, B. – Ceccatelli, S. – Cottrill, B. – Dinovi, M. – Edler, L. – Grasl-Kraupp, B. – Hogstrand, C. – Hoogenboom, L. – Nebbia – C. S. – Petersen, A. – Rose, M. – Roudot, A-C. –

- Schwerdtle, T. – Vleminckx, C. – Vollmer, G. – Wallace, H. – Dall'Asta, C. – Eriksen, G. S. – Taranu, I. – Altieri, A. – Roldán-Torres, R. – Oswald, I. P. & EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, Risks for animal health related to the presence of fumonisins, their modified forms and hidden forms in feed, *EFSA Journal*, vol. 16, no. 5 e05242
- Kriek, N.P.J. – Kellerman, T.S. – Marasas, W.F.O. (1981): A comparative study of the toxicity of *Fusarium verticillioides* (F. moniliforme) to horses, primates, pigs, sheep and rats. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 48: 129-131
- Makaula, N.A. – Marasas, W.F.O. – Venter, F.S. – Badenhorst, C.J. – Bradshaw, D. – Swanevelder, F. (1996): Oesophageal and other cancer patterns in four selected districts of Transkei, southern Africa, 1985-1990. *African Journal of Health Sciences* 3: 11-15
- Marasas, W.F.O. – Kellerman, T.S. – Gelderblom, W.C.A. – Coetzer, J.A.W. – Thiel, P.G. – van der Lugt, J.J. (1988): Leukoencephalomalacia in a horse induced by fumonisin B1 isolated from *Fusarium verticillioides*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 55: 197-203
- Park, J.W. – Scott, P. M. – Lau, B.P.-Y. (2013): Analysis of N-fatty acyl fumonisins in alkaliprocessed corn foods. *Food Science and Biotechnology* 22: 147-152
- Rheeder, J.P. – Marasas, W.F.O. – Vismer, H. F. (2002): Production of fumonisin analogs by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2101-2105
- Šegvić, M. – Pepeljnjak, S (2001) Fumonisin and their effects on animal health. *Veterinarski arhiv* 71, 299-323,



## CHAROLAIS NÖVENDEK BIKÁK EGYEDI TAKARMÁNYÉRTÉKESÍTŐ KÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA PRECÍZIÓS ADATFELVÉTELEZÉSSEL

HÚTH BALÁZS<sup>1,2</sup> - TEMPFLI KÁROLY<sup>1</sup> - SZABÓ-SÁRVÁRI LORETTA CSILLA<sup>1</sup>  
- TÓTH TAMÁS<sup>2</sup> - TÖRÖK MÁRTON<sup>3</sup> - DIZSERI TAMÁS<sup>4</sup> - TOSSENBARGER  
JÁNOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, AKMK, Állattudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Agrár- és Élelmiszerkutató Központ, Győr

<sup>3</sup>Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete, Miskolc

<sup>4</sup>DeLaval Kft., Budaörs

### ÖSSZEFOGLALÁS

A takarmányozás költségének növekedése az érdeklődés középpontjába helyezte a húsmarhák takarmányértékesítő képességének javítását célzó szelekciós stratégiákat. Ezért napjaink húsmarha-tenyésztési programjaiban nagy hangsúlyt fektetnek olyan állatok kiválasztására és tenyésztésbe vételére, amelyek kevesebb takarmányt igényelnek anélkül, hogy az teljesítményüket negatívan befolyásolná, így javítva a termék-előállítás jövedelmezőségét. A vizsgálat során arra kerestük a választ, hogy az alacsony és a magas RFI-értékkel (residual feed intake-reziduális takarmányfelvétel) rendelkező kísérleti csoport között milyen teljesítménybeli különbség mutatkozik, illetve tapasztalható-e eltérés a takarmányfelvételi szokások alakulásában. Megállapítottuk, hogy az alacsony RFI-vel rendelkező egyedek naponta kevesebb szárazanyagot vesznek fel, mint a magas RFI-vel bíró társaik. Az alacsony RFI-vel rendelkező charolais növendékbikák kevesebbszer látogatták az etetőt, ugyanakkor több időt töltöttek takarmányfogyasztással, ezzel együtt pihenéssel.

### PRECISION TECHNOLOGY IN PERFORMANCE TESTING: INDIVIDUAL FEED CONVERSION EFFICIENCY OF YOUNG CHAROLAIS BULLS

#### ABSTRACT

Increasing feed costs have focused attention on selection strategies that aim to improve the feed conversion ratio of beef cattle. Therefore, current beef cattle breeding programmes place great emphasis on the selection of candidate breeding animals that require less feed without negatively affecting their performance, consequently improving the profitability of beef production. The present study aimed to investigate the differences

in the feed intake patterns and the performance of experimental groups characterized by low and high residual feed intake (RFI) values. It was found that individuals with low RFI consumed less dry matter per day than their counterparts with high RFI. Individuals with low RFI visited the feeder less often but spent more time-consuming feed and resting.

## BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A takarmányozás költségének növekedése az érdeklődés középpontjába helyezte a húsmarhák takarmányértékesítő-képességének javítását célzó szelekciós stratégiákat. A takarmányozás költségei a marhahús-előállítás összköltségének kb. 70-75% -át teszik ki, ebből adódóan a jó takarmányértékesítő-képességgel rendelkező hízóállatok javítják a hizlalási mutatókat, így csökkentik a takarmányozás költségeit. A kevesebb takarmányfelhasználás eredményeképpen csökken a marhahús-előállítás környezeti lábnyoma is (környezetterhelés), amely napjainkban különösen aktuális kérdés. A jó takarmányértékesítő-képesség a nőivar esetén is számos előnnyel jár; egységnyi legelőterületen több anyatehén tartható, továbbá a jó takarmányértékesítő-képességgel rendelkező anyatehén jobban tartja a kondícióját, jobb a borjúnevelőképessége és feltehetően reprodukciós teljesítménye is nagyobb. Az elmúlt években került az érdeklődés középpontjába a *reziduális (maradék) takarmányfelvétel (RFI)* meghatározása és értékelése, amely alatt a tényleges és az elvárt takarmányfelvétel közötti különbséget értjük (*Koch és mtsai*, 1963). A maradék takarmányfelvételt egy regressziós egyenlet segítségével számítjuk ki, amely a metabolikus testtömeget, az átlagos napi súlygyarapodást és az ultrahang készülékkel mért hátifaggyú vastagságot foglalja magában. A hatékony takarmányértékesítő egyed negatív vagy alacsony RFI-értékkel rendelkezik, ami arra utal, hogy az előrejelzetnél kevesebb takarmányt fogyaszt, tehát az elvártnál kevesebb takarmányból is képes a genetikailag megalapozott hízékonysági teljesítménye kibontakoztatására. A reziduális takarmányfelvétel (RFI) meghatározásához szükséges az egyes állatok takarmányfelvételének pontos mérése. A takarmányfelvételt nyomon követő korszerű rendszerek alkalmasak az egyedi takarmányfelvétel rögzítésére. Ilyen automatizált rendszereket több gyártó is kifejlesztett: pl. Calan Broadbent (American Calan Inc. Northwood, NH, USA), Gallagher Animal Management Systems (Gallagher, Hamilton, Új-Zéland), GrowSafe 4000 System (GrowSafe Systems, Ltd., Airdrie, AB, Kanada), a CRFI (BioControl, Technology for biology, Barcelona, Spanyolország), a SmartFeed (C-lock Inc., Rapid City, SD, USA) és a RIC-rendszer (Insentec B.V., Marknesse, Hollandia). A jelenleg elérhető rendszer többsége az RFID-érzékelőkön (Radio Frequency IDentification=rádiófrekvenciás azonosítás) alapul, amelyeket kifejezetten az állat jelenlétének vagy távollétének azonosítására terveztek. Az automatizált takarmányozási rendszerek egyre szélesebb körű elterjedésével az állatok egyéni viselkedési reakcióinak megfigyelésére is lehetőségünk nyílik, amellyel a takarmányfelvétel mennyiségét és eloszlását is „real time” (= valós idejű) feldolgozással nyomon követhetjük. Elsőként *Nielsen* (1999) javasolta különböző

paraméterek mérését: szárazanyag-felvétel (kg/nap), egy állatra jutó átlagos takarmányfelvétel (kg/nap), az etetőnél tett látogatások során felvett takarmány mennyisége (kg/látogatás), az etetőnél tett látogatások száma (látogatások/nap), az etetőben töltött idő (perc/nap), átlagos idő látogatásonként (perc/látogatás) és a takarmányfelvétel intenzitása (g/perc). A táplálkozási viselkedést számos belső és külső tényező szabályozza, amelyek ismerete fontos a takarmányhasznosítás javítása szempontjából. Mindazonáltal a takarmányozási hatékonyság jelentős hatással van az állatok teljesítményére. A reziduális takarmányfelvétellel kapcsolatos vizsgálatok költségesek és nem teszik lehetővé egy-egy populációban a széleskörű, nagy egyedszámon alapuló adatgyűjtést. A modellvizsgálatok (teljesítményvizsgálatok) ugyanakkor megbízhatóan megalapozhatják olyan nukleotid polimorfizmusok (SNP) azonosítását, amelyek molekuláris biológiai eszközökkel (géntérképezés) történő felderítése lehetővé teszi számunkra a húshasznú fajták takarmányértékesítő képességének javítását. A takarmányfelvétellel kapcsolatos tulajdonságok gazdaságilag fontos információkat hordoznak, amelyek beépíthetők a teljesítményvizsgálat rendszerébe. Fontos szempont a jelzett tulajdonságok összefüggéseinek meghatározása, más a hústermelés szempontjából fontos értékmérőkkel (hízékonyság, húsformák stb.). A vizsgálatunk célja az volt, hogy megállapítsuk a charolais egyedek reziduális takarmányfelvételében mutatkozó különbségeket, és objektív képet kapjunk a fiatal bikák takarmányfelvételi szokásairól, valamint értékeljük ezeknek a saját teljesítményvizsgálati eredményekre gyakorolt hatását.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat kéthetes szoktatási időszakot követően az egykori Kaposvári Egyetem FIEK - Szarvasmarha Teljesítmény-vizsgáló Állomásán végeztük. A vizsgálat 113 napig tartott. A 20 charolais növendék bikát 2×10-es csoportokban, kötetlen tartásban helyeztük el. A pihenőtér taposóalmos (8%-os padozatlejtés), az ivóvizet csoportonként egy-egy fűthető, nyílt víztükrösítő biztosította. Az állatok egyedi takarmányfelvételét a Hokofarm RIC2 (Roughage Intake Control) rendszerével (*HOKOFARM Group, INSENTEC VB, Markenese, Hollandia*) mértük, csoportonként 4-4 etetőládával. A rendszer minden alkalommal rögzítette, amikor az egyes bikák az etetőbe léptek, megadva a bikák számát, a takarmányfelvétel időtartamát, ládalátogatásonként és naponta. Mértük az egyes látogatások során elfogyasztott takarmány mennyiségét. Rögzítettük a napi szárazanyag-felvételt (kg/nap) és a takarmányfelvételt g/kg testtömegben. Felvételezésre került a napi látogatások száma, a látogatásonkénti takarmányfelvétel (g), a takarmányfelvétellel töltött idő (perc/nap) és a látogatásonkénti idő (perc). Az állatok átlagos súlya csoportonként kiegyensúlyozott volt. Az állatok a vizsgálat teljes időtartama alatt erjesztett szálastakarmányból, rétszénából és abrakból álló TMR-t fogyasztottak, *ad libitum* (1. táblázat). Az ultrahangos méréseket Török (2009) által leírt módszerrel, egy Aquila Pro ultrahangkészülékkel végeztük, 18 cm-es, 3,5 MHz-es lineáris fejfel (*Pie Medical Equipment B.V., Maastricht, Hollandia*).

A reziduális takarmányfelvétel (RFI) meghatározását a következő paraméterek felhasználásával számítottuk ki:

*Élő súly ( $kg^{0,75}$ ), KSTV alatti súlygyarapodás, háti faggyúvastagság a 12-13. borda között UH készülékkel mérve.*

A kapott adatok statisztikai értékelését az SPSS 26.0. (IBM, Armonk, NY) program segítségével végeztük el. Az adatok eloszlásának normalitását a Kolmogorov-Smirnov teszttel ellenőriztük. A két csoportot (L-RFI, H-RFI) az adatok eloszlása alapján független mintás t-próbával vagy Kruskal-Wallis teszttel értékeltük. A választott szignifikancia szint valamennyi esetben min.  $P \leq 0,05$  volt.

1. táblázat: A kísérleti takarmány összetétele és táplálóanyagtartalma.

| Összetétel [%]                    |         |
|-----------------------------------|---------|
| Vitalbull® koncentrátum           | 32      |
| Lucernaszéna                      | 26      |
| Lucernaszenázs                    | 21      |
| Tritikálé szenázs                 | 21      |
| <b>KÉMIAI ÖSSZETÉTEL</b>          |         |
| Szárazanyag [%]                   | 69.52   |
| Nyers hamu [% DM]                 | 9.22    |
| MFE [%DM]                         | 9.55    |
| MFN [%DM]                         | 11.29   |
| Nyers zsír [% DM]                 | 3.03    |
| Nyers rost [% DM]                 | 19.98   |
| Keményítő [% DM]                  | 18.82   |
| ADF[% DM]                         | 23.57   |
| NDF[% DM]                         | 33.37   |
| NE <sub>m</sub> [MJ/kg, %DM]      | 6.07    |
| NE <sub>g</sub> [MJ/kg, %DM]      | 3.43    |
| <b>ÁSVÁNYI ANYAGOK, VITAMINOK</b> |         |
| Ca, g                             | 0.92    |
| P, g                              | 0.35    |
| Na, g                             | 0.19    |
| A Vitamin, NE                     | 9642.32 |
| D Vitamin, NE                     | 1902.95 |
| E Vitamin, mg                     | 48.00   |

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az alacsony RFI-értékkel rendelkező egyedek (2. táblázat) a vizsgálat ideje alatt naponta 12,84 kg, tehát 1,06 kg-mal kevesebb szárazanyagot vettek fel, mint a magas RFI-értékkel rendelkező társaik (13,90 kg/nap).

2. táblázat: A hízékonysági teljesítmények alakulása a KSTV\* alatt

| Tulajdonság                              | L-RFI              | H-RFI              | P     |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Szárazanyagfelvétel (kg/nap)             | 12,84 <sup>b</sup> | 13,90 <sup>a</sup> | 0,068 |
| Testsúly, kg (0. nap)                    | 420,60             | 436,70             | 0,626 |
| Végsúly, kg (113. nap)                   | 605,00             | 617,00             | 0,697 |
| KSTV alatti napi súlygyarapodás (kg/nap) | 1,63               | 1,59               | 0,667 |
| Testsúly növekedés a KSTV alatt (kg)     | 184,40             | 180,30             | 0,667 |

a,b: min.  $p < 0,05$ 

\* központi sajátjeljesítményvizsgálat

A kevesebb takarmányfelvétel ellenére 40 grammal nagyobb napi súlygyarapodást, 4,1 kg-mal nagyobb élősúly növekedést mutattak a magas RFI-értékkel rendelkező csoporttal szemben. Az eltérés ugyanakkor nem szignifikáns.

3. táblázat: Takarmányfelvétel alakulása a KSTV\* alatt

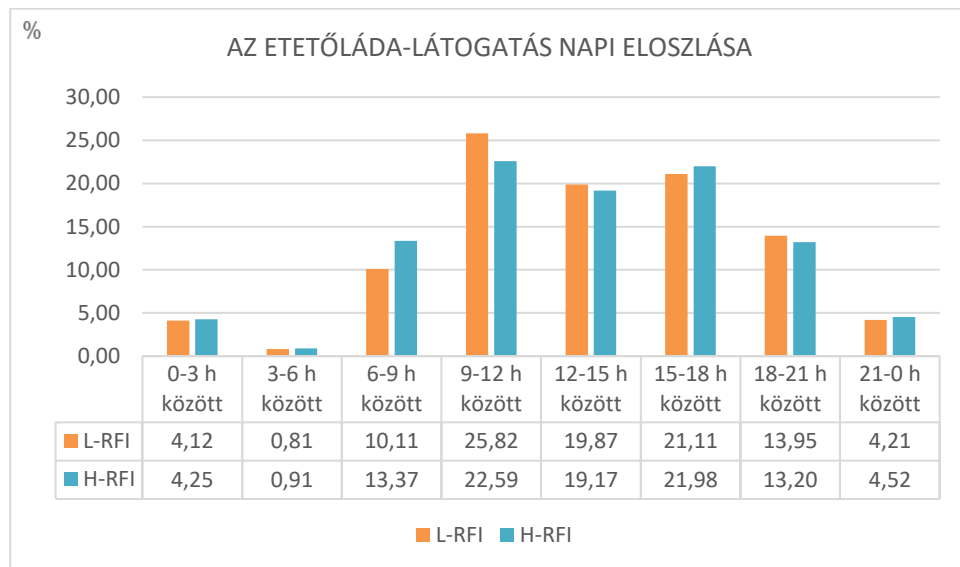
| Tulajdonság                                            | L-RFI<br>(alacsony)  | H-RFI<br>(magas)     | P     |
|--------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------|
| Takarmányfelvétellel eltöltött idő (perc/nap)          | 189,91<br>(3,17 óra) | 191,63<br>(3,19 óra) | 0,914 |
| Napi átlagos ládalátogatás (alkalom/nap)               | 34,79 <sup>b</sup>   | 49,01 <sup>a</sup>   | 0,011 |
| Ládalátogatásonként eltöltött idő (perc)               | 5,46 <sup>b</sup>    | 3,91 <sup>a</sup>    | 0,043 |
| Takarmányfelvétel intenzitása (g/perc)                 | 102,77               | 110,21               | 0,792 |
| 1 kg élősúlyra vetített napi takarmányfelvétel (g/nap) | 32,34 <sup>b</sup>   | 34,30 <sup>a</sup>   | 0,038 |
| Ládalátogatásonként felvett takarmány (g/látogatás)    | 561,41 <sup>b</sup>  | 431,19 <sup>a</sup>  | 0,009 |

a,b: min.  $p < 0,05$ 

\* központi sajátjeljesítményvizsgálat

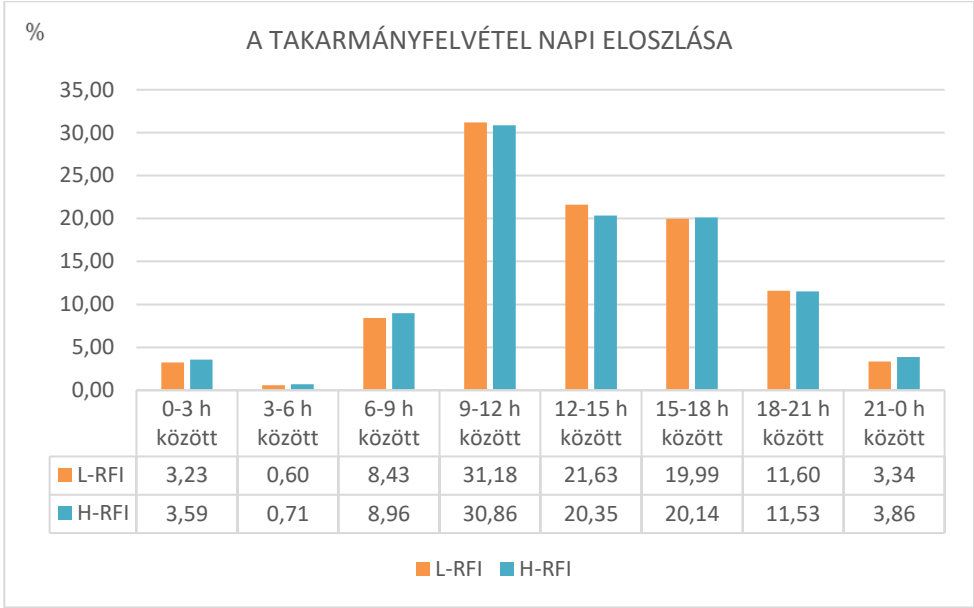
A 3. táblázat eredményei alapján a charolais növendékbikák naponta több, mint három órát töltöttek takarmányfelvétellel. Az alacsony RFI-vel rendelkező egyedek átlagosan 14 alkalommal kevesebbszer látogatták az etetőt, ugyanakkor több időt (+ 1,5 perc) töltöttek a ládánál, mint a magas RFI-vel bíró társaik, amely 561,41 gramm felvett takarmányt jelent ládalátogatásonként. Az alacsony RFI-értékkel bíró egyedek jobb takarmányértékesítő képességét mutatja, hogy 1 kg élősúlyra vetítve 1,96 grammal kevesebb takarmányt vettek fel átlagosan, a magas RFI-értékkel rendelkező egyedekkel szemben (34,30 g/nap). A jobb takarmányértékesítő képesség részben a rost- és nem

rosttartalmú szénhidrát-emésztéshez kapcsolódó főbb baktériumfajok nagyobb számának köszönhető, tehát az RFI által meghatározott takarmányozási hatékonyság a bendő mikrobiota és a hámgenexpresszió egyedi adaptációihoz kapcsolódik (*Eloily és mtsai*, 2018).



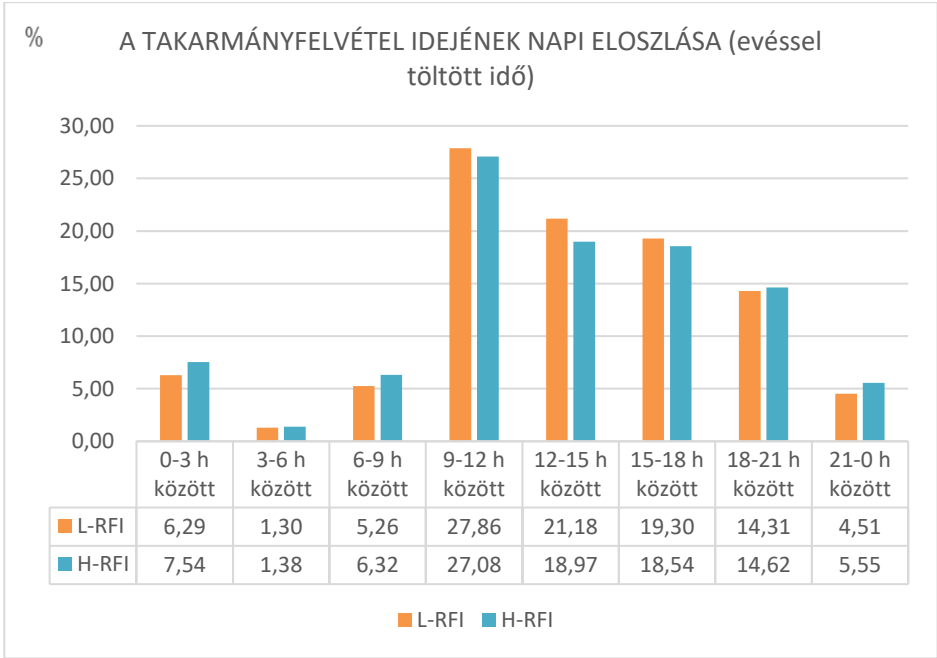
1. ábra: Az etetőláda-látogatás napi eloszlása (%)

A takarmányfelvételi szokások vizsgálatából megállapítottuk, hogy a ládalátogatások több, mint 60 %-a a 9-18 óra közötti intervallumra esett (1. ábra). A legkisebb látogatás éjfél és a 6 óra közötti időszakban volt.



2. ábra: A takarmányfelvétel napi eloszlása (%)

A takarmányfelvétel napi eloszlása (2. ábra) és a takarmányfelvétel idejének eloszlása (3. ábra) a ládalátogatások napi eloszlásához hasonló.



3. ábra: A takarmányfelvétel idejének napi eloszlása (%)

## KÖVETKEZTETÉSEK

A takarmányfelvétellel kapcsolatos tulajdonságok gazdaságilag fontos információkat hordoznak, amelyek beépíthetők a teljesítményvizsgálat rendszerébe. A reziduális takarmányfelvétellel kapcsolatos vizsgálatok ugyanakkor költségesek és nem teszik lehetővé egy-egy populációban a széleskörű, nagy egyedszámon alapuló adatgyűjtést. A modellvizsgálatok ugyanakkor megbízhatóan megalapozhatják olyan nukleotid polimorfizmusok (SNP) azonosítását, amelyek molekuláris biológia eszközökkel (géntérképezés) történő felderítése lehetővé teszi számunkra a húshasznú fajták takarmányértékesítő képességének javítását, a tárgyalt értékmérő tenyésztési programokba történő beépítését.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Basarab, J. A. – Colazo, M. G. – Ambrose, D. J. – Novak S. – McCartney, D. – Baron, V. S. (2011):* Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 91, 573–584.

*Elolimy, A. A. – Abdelmegeid, M. K. – McCann, J. C. – Shike, W. D. – Loor, J. J. (2018):* Residual feed intake in beef cattle and its association with carcass traits, ruminal solid-fraction bacteria, and epithelium gene expression. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9, article number 67.

*Koch, R. M. – Swiger, L. A. – Chambers, D. – Gregory, K. E. (1963):* Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 22, 486–494.

*Nielsen, B. L. (1999):* On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint. *Applied Animal Behaviour Science*, 63, 79–91.

*Török M. (2009):* *In vivo* ultrahangtechnikai vizsgálatok a húsmarhatenyésztésben a tenyésztérbecslési módszerek fejlesztése érdekében. Ph.D. disszertáció, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, Magyarország, 99 old.



## FOLYÉKONYAN FERMENTÁLT ABRAKTAKARMÁNYOK ETETÉSÉNEK HATÁSA A TEJ MENNYISÉGÉRE ÉS ÖSSZETÉTELÉRE EGY HAZAI TEJELŐ TEHENÉSZETBEN

BANA BERNADETT<sup>1,2</sup> – TROMBITÁS MARTIN<sup>1,3</sup> – ALPÁR BOTOND<sup>2,3</sup> –  
ZSÉDELY ESZTER<sup>1</sup> – ÁSVÁNYI BALÁZS<sup>1</sup> – LAKATOS ERIKA<sup>1</sup> – VARGA  
LÁSZLÓ<sup>1</sup> – TÓTH TAMÁS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, 9200  
Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi  
Multidiszciplináris Doktori Iskola, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

<sup>3</sup>Agrofeed Kft., 9022 Győr, Dunakapu tér 10.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a fermentált abrak (kukorica, búza, extrahált repcedara és napraforgó) etetésnek a tejtermelésre és nyerstej-minőségre gyakorolt hatását vizsgálták nagy tejtermelésű teheneknél. A vizsgálatot 24 pár többször ellett holstein-fríz tehénnel (tejelő napok: <100, >40 kg tej/tehen/nap) végezték el (összes mintaszám: 48). A kontroll csoport és a kísérleti tehenek tartása és takarmányozása azonos volt, kivéve, hogy a kísérleti csoportban az abrak egy részét (a napi szárazanyag-felvétel 3,32%-át) RS-L Health (Dr. Ferm Kft., Budapest, Magyarország) kultúrával fermentálták. A tejtermelést naponta feljegyezték és a kísérleti időszak 14., 28. 42. és 56. napján a tej kémiai összetételét is meghatározták. A kontroll csoport egyedeihez viszonyítva a napi átlagos és az energiára korrigált tejtermelés (ECM) szignifikánsan ( $p=0,001$ , illetve  $p=0,024$ ) nagyobb volt a kísérleti csoportban. Ezenkívül, a kísérleti csoport nyerstej-mintáiban a laktóztartalom is szignifikánsan növekedett ( $p=0,025$ ), aminek egyik oka az lehet, hogy a fermentált abrakkeverék etetése kismértékben javította a tejcukorszintézis energetikai hatékonyságát. Az eredmények megerősítik, hogy a fermentált abrak etetése növeli a tejtermelést és javíthatja a nyerstej táplálóanyag-tartalmát.

## EFFECTS OF FEEDING A FERMENTED CONCENTRATE ON MILK YIELD AND COMPOSITION IN A DOMESTIC DAIRY HERD

### ABSTRACT

This study examined the influence of incorporating a fermented concentrate based on corn, wheat, extracted rapeseed, and extracted sunflower meal into the diet of high-yielding dairy cows on milk production and the quality of raw milk. Twenty-four pairs of Holstein-Friesian cows were included in the investigation (days in milk: <100, average milk yield: >40 kg/cow per day), resulting in a total number of animals of 48. Both the control group and the experimental group were subject to identical housing and feeding conditions, except for the experimental group, where a fraction of the concentrate (equivalent to 3.32% of daily dry matter content of daily ration) was subjected to fermentation using the RS-L Health culture from Dr. Ferm Kft., Budapest, Hungary. Daily milk production was documented, and the chemical composition of milk was analysed on the 14th, 28th, 42nd, and 56th days of the experimental period. The experimental group exhibited a significant increase in daily average milk production and energy-corrected milk (ECM) when compared to the control group (i.e., 37.2 vs 36.1 kg/d and 45.4 vs 44.7 kg/d, respectively). In addition, the raw milk samples of the experimental group displayed a noteworthy elevation in lactose content ( $p = 0.025$ ), possibly attributed to the enhanced energy efficiency of lactose synthesis resulting from the inclusion of the fermented concentrate in the diet. These findings provide evidence that feeding fermented concentrates can increase milk production and improve the chemical composition of raw milk.

### BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Hazánkban 2022-ben 1,96 milliárd liter volt a tehéntej-termelés (URL1), amely alapvető jelentőségű a hazai tejtermék-előállítás biztosításában. Az állattartásban, így a tejelő szarvasmarha tartásban is, a termelés gazdaságossága mellett a környezetterhelés csökkentése kiemelt cél, és mindkettőhöz szorosan kapcsolódik a takarmányozás. Így minden olyan megoldás, amely javítja a táplálóanyag-hasznosulást, hozzájárul a célok megvalósításához, ezért számos kutatás foglalkozik a témával. Egyik ilyen jelentős terület az erjesztett takarmányok felhasználásnak kiszélesítése (Kim és mtsai, 2012; Shi és mtsai, 2016; Guo és mtsai, 2019; Jiang és mtsai, 2020; Alpár és mtsai, 2023). Ennek oka, hogy a fermentálás következtében javul a kiindulási alapanyagok táplálóanyagainak emészthetősége, továbbá az erjedési folyamat során értékes metabolitok is keletkeznek. A tejsavas erjedés során elszaporodó *Lactobacillus*-ok, az általuk termelt szerves savak – döntően a tejsav – képződése és az ennek következtében lecsökkent pH-érték pozitív hatásúak a monogasztrikus állatok emésztőrendszerére, elősegítve a bélmikrobióta egyensúlyi állapotának fenntartását (Alpár és mtsai, 2023).

Azonban a fermentálás módjának (nem kontrollált vagy irányított) is fontos szerepe van (Alpár és mtsai, 2023), ugyanis az irányított fermentációval elkerülhető az a kockázat, ami a nem kontrollált erjedésnél jelentkezik, azaz a spontán erjedés növeli mind az ecetsav, mind a biogén aminok koncentrációját, amelyek többek között kedvezőtlenül befolyásolják az erjesztett folyékony takarmányok ízletességét sertésnél. Az irányított fermentáció során gyenge savak (pl. hangyasav, szorbinsav, benzoesav) és enzimkeverékek (pl. NSP-bontó) hozzáadásával, továbbá egyéb paraméterek (pl. visszaoltás mértéke, alkalmazott takarmány:víz arány) szabályozásával kedvezően lehet befolyásolni a fermentált folyékony takarmányok előállítását (Alpár és mtsai, 2023).

Az erjesztéssel tartósított tömegtakarmányok (szilázsok, szenázsok) alapvető szerepet töltenek be a tejelő tehenek takarmányozásban. Az utóbbi időben felmerült, hogy érdemes lenne megvizsgálni, hogy a fermentálás előnyei kiterjeszthetők-e a szarvasmarhatakarmányozás gyakorlatában. A nagyüzemi tejelő szarvasmarhatartásban a TMR (teljes takarmány keverék) etetése számos országban általános gyakorlat. Ebből adódik, hogy több kutatócsoport is foglalkozott már azzal, hogy van-e kedvező hatása, ha a teljes TMR-t fermentált formában etetik. Wongnen és mtsai (2009) holstein-fríz tejelő tehenekkel végzett kísérletben azt találták, hogy a TMR fermentálás egy lehetséges módszer a TMR minőségének a javítására hosszútávú tárolás során, úgy, hogy az állatok teljesítményét nem romlik. Cao és mtsai (2010) Suffolk juhokkal végzett kísérletben arra jutottak, hogy a fermentált TMR etetése javította a tápanyagok bendőbeli emészthetőségét és csökkentette a metán emissziót, illetve a metántermelésből eredő energia veszteséget. Egy későbbi, szintén juhokkal végzett kutatás arra is rámutatott, hogy a fermentált takarmányban csökkent a penész előfordulása és javult a tápanyagok (nyerszír, ND, ADF) emészthetősége (Cao és mtsai, 2016). Egy mozambiki vizsgálatban (Du és mtsai, 2020) is arról számoltak be, hogy a fermentált TMR etetése kedvező hatással volt a szárazanyag felvételére és annak emészthetőségére, valamint a tejtermelésre jersey tehenekkel végzett vizsgálatban. Zhang és mtsai (2020) szintén kedvező eredményeket publikáltak kukorica-mellékterméket tartalmazó fermentált TMR etetésekor holstein-fríz tejelő tehenekkel végzett kutatásuk során.

Kevesebben foglalkoznak ugyanakkor azzal, hogy fermentált abrakkomponens kerüljön a kérődzők takarmányába. Jiang és mtsai (2020) borjakkal vizsgálták a fermentált kukoricaglutén liszt etetésének hatását. Tapasztalatuk szerint a fermentált takarmány etetés hatására jobb volt a növekedési teljesítmény, csökkent a hasmenés előfordulása és javult a borjak immunstatusza.

Jelen kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy milyen hatást gyakorol a nagy tejtermelésű tehenek termelésére, ha az erjesztett tömegtakarmányok mellett az abrakkomponensek egy részét is tejsavasán fermentált formában (irányított fermentációval készítve) fogyasztják el.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Az állatok elhelyezése és takarmányozása*

A takarmányozási kísérletet a Dózsa Mg. Zrt. tassi szarvasmarha-telepén (895 db holstein-fríz tejelő tehén, 35 kg átlagos tejtermelés) végeztük el 2022. december-2023. január között. A fermentált takarmány az Agrofeed Kft. telephelyén, Szalkszentmártonban található fermentációs üzemben készült és innen került a telepre. A kísérletben a laktáció elején lévő, többször ellett holstein-fríz tehenek vettek részt (tejelő napok száma, DIM: <100 nap, egy tehenre jutó napi átlagos tejtermelés: >40 kg). A 8 hetes vizsgálat során (2 hét előtetetés és 6 hét vizsgálati szakasz) az ún. tehénpáros módszert alkalmaztuk (n=48). A tehénpárok kialakítása *1. táblázat* szempontjai alapján történt. A vizsgálatok alatt a kontroll és a kísérleti állatok tartási körülményei (tartástechnológia, férőhely, etető és itató stb.) azonosak voltak. A tehenek csoportos, monodiétás (TMR, Total Mixed Ration) takarmányozásban részesültek a magyarországi gyakorlatnak megfelelően.

*1. táblázat:* A kialakított tehénpárok jellemző adatai

|                                    | Kontroll | Kísérleti |
|------------------------------------|----------|-----------|
| DIM                                | 90       | 104       |
| Ellés szám                         | 2,88     | 2,82      |
| Utolsó próbafejés tejtermelés (kg) | 42,34    | 42,22     |
| Utolsó próbafejés zsír (%)         | 4,69     | 4,73      |
| Utolsó próbafejés fehérje (%)      | 3,43     | 3,45      |
| Utolsó laktáció (tej kg)           | 10786    | 11099     |
| Utolsó laktáció zsír (%)           | 4,86     | 4,79      |
| Utolsó laktáció fehérje (%)        | 3,49     | 3,48      |
| Maximum laktációs tejtermelés (kg) | 11028    | 11235     |

A vizsgálat ideje alatt a tehenekkel etetett takarmányadag összetételét és táplálóanyag-tartalmát a *2. táblázat* mutatja be. A kontroll csoporttól a kísérleti csoport takarmányadagja abban tér el, hogy az abrakkeverék egy részét (3,32%-át, a napi szárazanyag %-ában) fermentált formában ettük.

A fermentált abrakkeveréket az Agrofeed Kft. szalkszentmártoni üzemében állították elő RS-L Health (Dr. Ferm Kft., Budapest, Magyarország) starterkultúra felhasználásával, melynek összetétele: *Lactiplantibacillus plantarum* DSM 3676 [ $5,0 \times 10^7$  telepképző egység (TKE)/g], *Lactiplantibacillus plantarum* DSM 3677 ( $5,0 \times 10^7$  TKE/g), *Enterococcus faecium* NCIMB 11181 ( $1,0 \times 10^8$  TKE/g). Az összes baktériumszám elérte, ill. meghaladta a  $2,0 \times 10^8$  TKE/g nagyságrendet.

A fermentumot a telepen a folyadékok tárolására és szállítására használt köztes ömlesztettáru tartályokban ún. IBC tartályokban tárolták, majd a felhasználás során,

homogenizálás után került az izraeli RMH típusú önjáró, takarmánykeverő-kiosztó kocsiba, a TMR utolsó komponenseként.

2. táblázat: A napi takarmányadag (TMR) összetétele, illetve számított táplálóanyag- és energiatartalma

|                                                                    | Kontroll     | Kísérleti    |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| <i>A napi takarmányadag összetétele (kg szárazanyag)</i>           |              |              |
| Abrakkeverék <sup>1</sup>                                          | 8,39         | 7,51         |
| Kukoricaszilázs                                                    | 6,88         | 6,87         |
| Tejelő koncentrátum <sup>2</sup>                                   | 3,25         | 3,25         |
| Fűszénázs                                                          | 2,28         | 2,28         |
| Lucernaszenázs                                                     | 2,05         | 2,05         |
| Árpszalma                                                          | 0,26         | 0,26         |
| Fermentált abrakkeverék <sup>1</sup>                               | -            | 0,88         |
| Nedves kukorica                                                    | 2,84         | 2,84         |
| Melasz                                                             | 0,65         | 0,65         |
| <b>Összesen</b>                                                    | <b>26,60</b> | <b>26,59</b> |
| <i>A takarmányadag számított energia- és táplálóanyag-tartalma</i> |              |              |
| Szárazanyag (%)                                                    | 47,66        | 46,02        |
| Tejtermelési nettó energia (NE <sub>i</sub> , MJ/kg szárazanyag)   | 7,03         | 7,03         |
| Metabolizálható fehérje???? Ez a hatályos fehérjeérték             |              |              |
| Nyersfehérje (szárazanyag %)                                       | 16,56        | 16,56        |
| Nyerszsír (szárazanyag %)                                          | 3,78         | 3,78         |
| Nyershamu????                                                      |              |              |
| Nyersrost (szárazanyag %)                                          | 14,74        | 14,73        |
| Neutrális detergens rost, NDF (szárazanyag %)                      | 27,84        | 27,84        |
| Savdetergens rost, ADF (szárazanyag %)                             | 17,38        | 17,36        |
| Cukor (szárazanyag %)                                              | 6,89         | 6,89         |
| Keményítő (szárazanyag %)                                          | 25,73        | 25,73        |
| Kalcium (szárazanyag %)                                            | 1,10         | 1,10         |
| Foszfor (szárazanyag %)                                            | 0,42         | 0,42         |

<sup>1</sup>Abrakkeverék/Fermentált abrakkeverék: kukorica, búza, extrahált repcedara, extrahált napraforgódara, védett zsír

(összetétel nem publikus)

<sup>2</sup>Agrofeed Kft. (Győr, Magyarország): <sup>2</sup>VTK-1690-Mn/Nia/SC Tass (gyártó: AgroFeed Kft., Győr. Összetétel: szójadara, kukorica DDGS, soypass, takarmánymész, hidrogénezett zsír, árpa, szóda, só, magnéziumoxid, növényi olaj, búza takarmányliszt. Analitikai összetevők (per kg): Nyershamu (táj. ért.) 231,6 g, Kalcium (Ca) 61,2 g, Nyersfehérje 291,9 g, Foszfor (P) 4,4 g, Nyerszsír 86,7 g, Magnézium (Mg) 9,3 g, Nyersrost 34,0 g, Nátrium (Na) 15,4 g, Karbamid (per kg): Karbamid (3d1) 8,0 g. Vitaminok (per kg): A-vitamin 64000 NE, D3-vitamin 12800 NE, E-vitamin 400 mg. Adalékanyagok (per kg): Nyomelemek: Vas 102,0 mg, Mangán 408,9 mg, Mangán 92,0 mg, Cink 611,9 mg, Jód 44 mg, Szelén 2,72 mg, Kobalt 3,40 mg. Emészthetőséget fokozó anyagok: Alfa-amiláz 2100 KNU. Bélflóra-stabilizálók: Saccharomyces cerevisiae 3200000000 CFU. Mikotoxin-csökkentők: Bentonit 13900 mg. Csomósodásgátló anyagok: Klinoptilolit 2715 mg, Szepiolit 11100 mg)

*kontroll:* fermentálás nélküli abrakkeverék; *kísérleti:* fermentált abrakkeverék 3,32% a napi szárazanyagfelvétel %-ában

### *Adatgyűjtés és mintavétel*

A vizsgálati időszakban naponta regisztráltuk az állatok tejtermelését, valamint 4 alkalommal (a vizsgálat 14., 28., 42. és 56. napján) minden egyedtől tejmintát gyűjtöttünk a tejösszetétel, illetve a szomatikus sejtszám és a karbamidtartalom meghatározásához. A tejmintavétel napján az etetett kontroll és kísérleti TMR-ekből is mintát vettünk a táplálóanyag-tartalom meghatározásához.

### *Kémiai vizsgálatok*

A vizsgálat során etetett TMR szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és nyershamu-tartalmát a *Magyar Takarmánykódex II. kötetében* (1990) leírt módszerekkel állapítottuk meg a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Karán. A nyerstej minták kémiai összetételének (szárazanyag, fehérje, zsír, zsírmentes szárazanyag, tejcukor, karbamid) meghatározása Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópián (FT-IR) alapuló vizsgálati módszerrel, illetve a szomatikus sejtszám mérése áramlásos citometrián alapuló metodikával történt. A nyerstej minták vizsgálatát a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. (Mosonmagyaróvár) végezte.

### *Statisztikai elemzés, számított paraméterek*

A napi tejtermelési (tej kg) és az átlagos beltartalmi (zsír, fehérje) adatokból kiszámoltuk a 3,5%-os tejszírra (FCM) és az energiára korrigált tejtermelési (ECM) értékeket is, az alábbi képletek alapján:

- (1)  $3,5\% \text{ FCM tej (kg/nap)} = [(0,4324 \times \text{tej kg}) + (16,216 \times \text{tejszír kg})]$   
(2)  $\text{ECM tej (kg/nap)} = [(0,327 \times \text{tej kg}) + (12,95 \times \text{tejszír kg}) + (7,20 \times \text{tejfehérje kg})]$

A statisztikai analízisek elvégzéséhez az SPSS 26.0. (IBM, Armonk, NY) programot használtuk. A vizsgált paraméterek esetében a számtani átlagot, a szórást (SD), az átlagok standard hibáját (SEM) a kezeléseknél (kontroll: fermentálás nélküli, kísérleti: fermentált) kiszámítottuk. Az adatok eloszlásának normalitását a Kolmogorov-Szmirnov teszttel ellenőriztük. A kezelések számának megfelelően (kontroll, kísérleti) a két csoportot, az adatok eloszlásától függően, kétmintás *t*-próbával vagy Kruskal-Wallis teszttel értékeltük. A választott szignifikanciaszint valamennyi esetben min.  $p \leq 0,05$  volt.

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

### *Takarmányvizsgálati eredmények*

A kontroll és kísérleti TMR minták szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyershamu- és nyersrost-tartalmát a 3. táblázat szemlélteti. A szárazanyag-tartalomban talált különbség visszavezethető a fermentált abrakkeverék nedvességtartalmára. A nyersfehérje-, a nyerszsír-, a nyersrost- és a hamutartalom a receptúrák szerint megegyezett, amit a kémiai vizsgálatok is igazoltak.

3. táblázat: A kontroll és a kísérleti TMR minták táplálóanyag-tartalma (n=8)

|                             | Kontroll TMR | Kísérleti TMR |
|-----------------------------|--------------|---------------|
| Szárazanyag (%)             | 51,0         | 49,0          |
| Nyersfehérje (szárazanyag%) | 16,1         | 16,7          |
| Nyerszsír (szárazanyag%)    | 2,6          | 2,5           |
| Nyersrost (szárazanyag%)    | 15,6         | 15,6          |
| Hamu (szárazanyag%)         | 8,2          | 8,1           |

kontroll: fermentálás nélküli abrakkeverék

kísérleti: fermentált abrakkeverék 3,32% a napi takarmányadag (kg szárazanyag) %-ában

### Tejtermelés, tejösszetétel

A fermentált abrakkeverék etetésének a tejelő tehenek termelésére és a tej összetételére gyakorolt hatását a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból megállapítható, hogy a fermentált abrakkeverék etetése (a napi takarmányadag (kg szárazanyag) 3,32%-ában) szignifikánsan ( $p=0,001$ ) javította a tehenek napi tejtermelését, naponta és egyendeként átlagosan 1,1 kg-mal. A 3,5% FCM tejtermelés nem szignifikáns mértékben ( $+0,5$  kg/nap,  $p>0,05$ ), ugyanakkor az ECM tejtermelés statisztikailag is igazolható mértékben nőtt ( $+0,7$  kg/nap,  $p=0,024$ ).

Eredményeinkhez hasonlóan más kutatók is kedvező hatásokat írtak le. Zhang és mtsai (2020) 36 tejelő tehénnel etetettek fermentált, nedves kukoricaglutént és kukoricakeményítőt tartalmazó TMR-t, és azt találták, hogy a fermentumot tartalmazó takarmány növelte a tejhozamot. Du és mtsai (2020) arról számoltak be, hogy a kukoricakorpa és búzakorpa keverékével előállított és tejsavval tartósított fermentált TMR-rel takarmányozott tejelő tehenek tejhozama szignifikánsan nagyobb volt (3,75 l/nap), mint a helyi gyakorlatban általánosan etetett takarmányadag.

4. táblázat: A fermentált abrakkeverék etetésének hatása a napi átlagos termelésre és a tej összetételére (n=96/kezelés)

| Megnevezés                                                 | Kontroll          | Kísérleti         | SEM   | p=    |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|
| Tejtermelés (kg/nap)                                       | 36,1 <sup>b</sup> | 37,2 <sup>a</sup> | 0,125 | 0,001 |
| 3,5% FCM tej (kg/nap)                                      | 45,2              | 45,7              | 0,148 | 0,120 |
| ECM tej (kg/nap)                                           | 44,7 <sup>b</sup> | 45,4 <sup>a</sup> | 0,142 | 0,024 |
| A nyerstej összetétele (% m/m)                             |                   |                   |       |       |
| szárazanyag                                                | 14,16             | 14,15             | 0,084 | 0,941 |
| zsírintes szárazanyag                                      | 9,11              | 9,19              | 0,024 | 0,137 |
| zsír                                                       | 5,05              | 4,92              | 0,071 | 0,329 |
| fehérje                                                    | 3,59              | 3,60              | 0,019 | 0,872 |
| laktóz                                                     | 4,76 <sup>b</sup> | 4,82 <sup>a</sup> | 0,014 | 0,025 |
| Karbamid (mg/100 ml)                                       | 16,81             | 16,38             | 0,387 | 0,543 |
| Szomatikus sejtszám ( $\times 10^3$ sejt/cm <sup>3</sup> ) | 181               | 97                | 32,34 | 0,368 |

kontroll: fermentálás nélküli abrakkeverék; kísérleti: fermentált abrakkeverék 3,32% a napi szárazanyagfelvétel %-ában

SEM=Standard error of mean

3,5% FCM tej =  $[(0,4324 \times \text{tej kg}) + (16,216 \times \text{tejzsír kg})]$

ECM tej =  $[(0,327 \times \text{tej kg}) + (12,95 \times \text{tejzsír kg}) + (7,20 \times \text{tejfehérje kg})]$

a,b:  $p<0,05$

A fermentált takarmánykomponensek bőtejelő tehenek teljes értékű takarmánykeverékében történő alkalmazása nem befolyásolta a nyerstej szárazanyag-, zsírintes szárazanyag-, zsír- és fehérjetartalmát. Ezzel ellentétben, a tej laktóztartalma 0,06%-kal nőtt ( $p=0,025$ ).

Ismert, hogy a tehéntej laktóztartalma (4,8%), szemben a tejzsírral és a tejfehérjével, viszonylag állandó. Ennek oka, hogy a tejben a laktóznak fontos szerepe van az ozmózis viszonyok szabályozásában. A bőtejelő tehenek naponta kb. 2-2,5 kg laktózt ürítenek a tejjel, miközben a napi glükózigény a tejjel ürülő laktóz kb. 1,5-szerese (~3-4 kg/nap). A kísérleti csoportban mért nagyobb laktóztartalom egyik oka az lehet, hogy a fermentált abrakkeverék etetése kismértékben növelte a tejcukorszintézis energetikai hatékonyságát pl. a bendőbeli propionát részarányának javításával.

A nyerstej minták karbamidtartalma, ill. szomatikus sejt száma nem változott ( $p>0,05$ ) a fermentált abrakkeverék etetésének hatására.

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Összefoglalóan megállapítható, hogy a fermentált abrakkeverék etetés (3,32% a napi takarmányadagban (kg szárazanyag)) hatására javult a tehenek napi átlagos tejtermelése, továbbá a nyerstej minták laktóztartalma. Vagyis a fermentált abrak etetése hazai viszonyok között is egy lehetséges jó módszernek tűnik a tejelő tehenek takarmányozásában. A vizsgálatok folytatásában az etetési dózis növelése mellett célszerű lenne olyan modell emésztés-élettani modell vizsgálatokat (pl. *in sacco* lebomlás, bendőfermentáció, emészthetőség) is végezni, melyek révén a fermentált takarmány-alapanyagok hatásmechanizmusát kísérleti adatokkal lehetne pontosítani.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást és a közlemény elkészítését a GINOP-2.2.1-18-2020-00024 projekt támogatta.

## IRODALOMJEGYZÉK

Alpár, B. – Tóth, T. – Varga, L. (2022): Fermentált folyékony takarmányok etetésének hatása választott malacok és hizósértések termelési paramétereire és a bél-mikrobióta összetételére. Magyar Állatorvosok Lapja, 144. 8. 463-472.

Alpár, B. – Tóth, T. – Varga, L. (2023): Fermentált folyékony takarmányok előállítási technológiai és etetésük előnyei a sertéshizlalásban (mini-szemleciikk). Állattenyésztés és Takarmányozás, 72. 68-85.

Cao, Y., Takahashi, T., Horiguchi, K.-i., Yoshida, N., Cai, Y. (2010): Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. Anim. Feed Sci. Technol. 157, 72–78.

- Cao, Y., Zang, Y., Jiang, Z., Han, Y., Hou, J.J., Liu, H., Zhong, R., Fang, J., Zhang, A., Yoshida, N. (2016): Fermentation quality and nutritive value of fresh and fermented total mixed rations containing Chinese wildrye or corn stover. *Grassl. Sci.* 62, 213–223
- Guo, W. – Guo, X.J. – Zhu, B.C. – Guo, Y.Y. – Zhou, X. (2019): *In situ* degradation, ruminal fermentation, and the rumen bacterial community of cattle fed corn stover fermented by lignocellulolytic microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 248. 10-19.
- Du, Z. – Yamasaki, S. – Oya, T. – Nguluve, D. – Tinga, B. – Macome, F. – Chai, Y. (2020): Ensiling characteristics of total mixed ration prepared with local feed resources in Mozambique and their effects on nutrition value and milk production in Jersey dairy cattle. *Animal Science Journal*, 91. e13370.
- Jiang, X. – Ma, G.M. – Cui, Z.Q. – Li, Y. – Zhang, Y.G. (2020): Effects of fermented corn gluten meal on growth performance, plasma metabolites, rumen fermentation and antibacterial community of Holstein calves during the pre-weaning period. *Livestock Science*, 231.103866.
- Kim, S.H. – Alam, M.J. – Gu, M.J. – Park, K.W. – Joen, C.O. – Ha, J.K. – Cho, K.K. – Lee, S.S. (2012): Effect of total mixed ration with fermented feed on ruminal *in vitro* fermentation, growth performance and blood characteristics of Hanwoo steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25. 213-223.
- Magyar Takarmánykódex II. kötet (1990): Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet.
- Shi, C.Y. – He, J. – Wang, J.P. – Yu, J. – Yu, B. – Mao, X.B. – Zheng, P. – Huang, Z.Q. – Chen, D.W. (2016): Effects of *Aspergillus niger* fermented rapeseed meal on nutrient digestibility, growth performance and serum parameters in growing pigs. *Animal Science Journal*, 87. 557-563.
- Zhang, G. – Yang, L. – Fang, X. – Cai, Y. – Zhang, Y. (2020): Lactation performance, nitrogen utilization, and profitability in dairy cows fed fermented total mix ration containing wet corn gluten feed and corn stover in combination replacing a portion of alfalfa hay. *Animal Science and Technology*, 269.114687.
- Wongnen, C. – Wachirapakorn, C. – Patipan, C. – Pangong, D. – Kongweha, K. – Namsaen, N. – Gunun, P.-Yuanklang, C. (2009): Effects of fermented mixed ration and cracked cottonseed on milk yield and milk composition in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22. 1625-1632.
- URL1: <https://ksh.hu/s/helyzetkep-2022/#/kiadvany/mezogazdasag/tehentej-es-tyuktojas-termeles>



## HAZAI KÖZTERMESZTÉSBN SZEREPLŐ KALÁSZOS GABONA FAJTÁK IN VIVO FEHÉRJE EMÉSZTHETŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA SERTÉSEKKEL

SUDÁR G.<sup>1</sup> – HÚTH B<sup>2</sup> – TOSSENBERGER J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ceres Holding Zrt., 7030 Paks, Hunyadi utca 15.

<sup>2</sup> Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, 9200  
Mosonmagyaróvár Vár tér 2.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben különböző búza- és árpa fajták nyersfehérje emészthetőségét, valamint emészthető nyersfehérje hozamát vizsgáltuk meg. Az emészthetőség meghatározása „mobil bag” technikával történt duodenális- és PVTC kanüllel ellátott növendék sertésekkel. A vizsgálatokba standardizált körülmények között termesztett összesen 18 búza és 19 árpa fajtát vontunk be. Az emészthető nyersfehérje hozamot a fajtakísérleti hozameredmények és az emészthető nyersfehérje tartalom alapján kalkuláltuk. Eredményeink szerint a búza fajták nyersfehérje emészthetőségének átlaga 85,5 %, a legnagyobb és a legkisebb fehérje-emészthetőséggel jellemezhető fajták közötti abszolút különbség 7,4 % volt. Az árpa vonatkozásában ez az átlagérték 72,7 % volt, a két szélső érték közötti eltérés pedig abszolút értékben 14,6%-ot ért el. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hektáronkénti emészthető nyersfehérje hozam tekintetében a különbségek a vizsgált búzafajták esetében elérhetik a 279,1 %-ot, az árpafajtáknál pedig a 180,9 %-ot is. Ezen potenciális eltéréseket a gazdasági haszonállatok optimális emészthető fehérje-szükségletének kielégítésekor a jövőben célszerű lenne figyelembe venni.

### THE IN VIVO CRUDE PROTEIN DIGESTIBILITY OF CEREAL (WHEAT, BARLEY) SPECIES CULTIVATED IN HUNGARY

#### ABSTRACT

In our experiment we investigated the crude protein digestibility and digestible protein yield of different wheat and barley varieties. Digestibility was determined using "mobile bag" technique with double cannulated (duodenal-, PVTC-cannula) growing pigs. A total of 18 wheat and 19 barley varieties grown under standardised conditions were tested in this experiment. The digestible crude protein yield was calculated on the basis of the yield

results of the variety trials and the digestible crude protein content. The overall results of this experiment indicate that the crude protein digestibility of the tested wheat varieties was 85.5%, with an absolute difference of 7.4% between the best and the least digestible varieties. For barley, these result was 72.7%, with a difference of 14.6% absolute between the best and the least digestible varieties. On the basis of the results, it was found that the differences in the digestible crude protein yield per hectare can reach 279.1% for the wheat varieties tested and 180.9% for the barley varieties. These potential variations should be taken into account in the future when considering the optimal digestible protein requirements of farm animals.

## BEVEZETÉS

Az emészthető nyersfehérje- és aminosav tartalom alapján történő fehérje értékelési rendszer jelentősége már rég óta hangsúlyos a sertés takarmányozásban, ugyanakkor a takarmányiparnak jelenleg kevés lehetősége van a takarmánykomponens választásnál figyelembe venni fajtaspecifikus emészthető nyersfehérjetartalmat. Ennek egyik oka egyrészt, hogy növénynevelés és növénytermesztés esetében jelenleg az emészthető fehérje tartalom nem fajtaválasztási szempont, másrészt a különböző gabona tételek betárolása, készletkezelése sem fajtaspecifikusan történik. A fehérjehordozók, elsősorban a szója esetében ugyan rendelkezésünkre állnak szakirodalmi adatok a különböző fajták emészthető nyersfehérje tartalmára vonatkozóan, ugyanakkor a kalászos gabonák esetében kevés kutatás fókuszált erre a területre. Tekintettel az egyre szigorodó ökonómiai és ökológiai elvárásokra ennek a kérdéskörnek várhatóan egyre nagyobb jelentősége lesz a hazai sertéstakarmányozásban. A markánsan formálódó szemléletváltás egyre nagyobb teret biztosít a klasszikus kukorica-szója alapú takarmányok mellett a kalászos gabona-melléktermék alapú takarmánykeverékek etetésének. Korábban ugyanis az extrahált szójadara volt elsődleges fehérjeforrásnak tekinthető, de ma már a sertéstakarmányok megfelelő fehérje bázisa a takarmányok nagy kalászos gabona és melléktermék tartalmával is biztosítható.

Vizsgálatunkban célunk az előzetesen elvégzett *in vitro* fehérje emészthetőségi vizsgálatok alapján kiválasztott, a sertéstakarmányozásban releváns kalászos gabona források (búza, árpa) nyersfehérje emészthetőségének meghatározása volt *in vivo* technikával. További célunk volt az emészthető nyersfehérje tartalom és a terméshozam közötti összefüggés vizsgálata, valamint rangsor felállítása és fajta kiválasztási javaslat megfogalmazása a búza és árpa fajták emészthető nyersfehérje hozama alapján.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat a Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Osztálya engedélyezte (Engedélyszám SOI/31/00659-14/2018).

*A kísérleti állatok és elhelyezésük*

A kísérletbe összesen 10, dudoenális- és PVTC kanüllel ellátott növendék sertést állítottunk be (DanBred – ([dán nagyfehér × dán lapály] × dán duroc)), melyek élősúlya a vizsgálat megkezdésekor  $40 \pm 3,5$  kg volt. Az állatokat egyedi kutricában helyeztük el az egykori Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékének állatházában. A kísérleti terem hőmérsékletét és relatív páratartalmát a fajtatulajdonos növendék sertésekre vonatkozó ajánlásainak megfelelően szabályoztuk.

*Műtéti előkészítés*

Az operációt megelőzően az állatok 12 órás koplaltatását követően mély anaesthesiát idéztünk elő. Ezt egy izomba adott (im) injekció adagolásával biztosítottuk, mely hatóanyagai a zolazepam és tiletamin (2,5 mg/kg, Zoletil, Virbac), xylazin (3 mg/kg, CP-Xylazin 2%, CP-Pharma Handelsges) és azaperon (6 mg/kg, Stresnil, Janssen-Cilag) voltak. A készítmények dózisa a műtetre kerülő állat élősúlya alapján került meghatározásra. Az anaesthesia kialakulása után a műtéti területeket tisztítottuk és fertőtlenítettük. A narkózis megkezdése előtt a fokozott paraszimpatikotónia elkerülése érdekében intramuscularisan 1 ml/állat Athropinum Sulphuricum (1mg/ml) készítményt adtunk. Közvetlenül a beavatkozás megkezdése előtt endotracheális intubációt (5.0–6.0 tubusátmérő) végeztünk. A műtéti beavatkozást inhalációs narkózisban – 1,5-2,5 térfogat % izoflurán és 3 L/perc oxigéngáz belélegeztetése mellett – végeztük el. Az alkalmazott műtéti eljárások megegyeznek Sauer *et al.* (1982), illetve van Leeuwen *et al.* (1991). módszerével.

*Kísérleti takarmányok és a kísérleti állatok takarmányozása*

A mobil bag vizsgálatok során etetett takarmányt kukorica-szója-búza-árpa alapon állítottuk össze a növendéksertések táplálóanyag szükségletének megfelelően (Tybirk, 2015) (1. táblázat).

1. táblázat: A kísérletben használt alaptakarmány összetétele és táplálóanyag tartalma

| Komponensek     | g/kg   | Táplálóanyagok   | g/kg  |
|-----------------|--------|------------------|-------|
| Kukorica        | 302,9  | Szárazanyag      | 885,6 |
| Extr. szójadara | 160,0  | DEs (MJ/kg)      | 13,8  |
| Búza            | 250,0  | Nyersfehérje     | 150,3 |
| Árpa            | 250,0  | Nyerszsír        | 26,4  |
| Növényi olaj    | 4,0    | Nyersrost        | 32,5  |
| MCP             | 9,2    | Nyershamu        | 25,0  |
| Takarmány mész  | 10,3   | Lizin            | 9,2   |
| NaCl            | 3,6    | Metionin+Cisztin | 5,2   |
| Lysin-HCL       | 3,6    | Treonin          | 6,0   |
| DL-Metionin     | 0,4    | Triptofán        | 1,9   |
| L-Treonin       | 0,8    | Ca               | 6,4   |
| L-Triptofán     | 0,2    | P                | 5,3   |
| Premix 0,5%     | 5,0    |                  |       |
| Összesen        | 1000,0 |                  |       |

1 kg premix tartalmaz: A vit.: 1 750 000 NE, D3 Vit.: 350 000 NE, E Vit.: 8 750 mg, K3 Vit.: 350 mg, B1 Vit.: 263 mg, B2 Vit.: 875 mg, B3 Vit.: 2 100 mg, B6 Vit.: 700 mg, B12 Vit.: 4 375 mg, Biotin: 21 mg, B9 Vit.: 105 mg, B8 Vit.: 24 000 mg, Fe: 19 175 mg, Zn: 20 001 mg, Mn: 6488 mg, Cu: 2 225 mg, Co: 6,5 mg, I: 65 mg, Se: 67,8 mg.

A vizsgálatok során az állatok dercés takarmányt fogyasztottak száraz formában. Az állatok a napi takarmányadagot két egyenlő részben kapták meg (7:30, 16:30), ami a létfenntartó szükségletük 2,8-szorosát fedezte ( $2,8 \times 450 \text{ kJ MEs/ kg}^{0,75}/\text{nap}$ ). A napi takarmányadagot az élősúlyok alapján számoltuk ki. Ivóvíz a vizsgálatok alatt korlátozás nélkül állt az állatok rendelkezésére.

#### Az alkalmazott kísérleti technika leírása

Az előzetes *in vitro* fehérje emészthetőségi vizsgálatok alapján elvégzett szelekciót követően került kiválasztásra az a 18 búza és 19 árpa fajta, amelyeket bevontunk az *in vivo* vizsgálatokba.

A kísérlet során a minták fehérje-emészthetőségét két lépcsős emésztés-vizsgálati módszerrel határoztuk meg. Az első lépcsőben a mobil bagekbe helyezett mintákat *in*

*vitro*, egy a gyomoremésztést helyettesítő módszerrel „előemésztettük” (Sauer et al., 1989). A folyamat során az 1 grammnyi darált (szemcseméret  $\leq 1$  mm) mintákat 42 ml sósavas pepszin-oldatban (0,01 mólos, pH 2, 380 U/liter pepszin) 40 °C-on 4 órán keresztül kezeltük. A folyamat végeztével azokat átmostuk, majd a felhasználásig –20 °C-on tároltuk. A második lépcsőben naponta 5 állatot vontunk be az *in vivo* fehérje emésztési vizsgálatba. Az előemésztett mintákat a felhasználás előtt 24 órával 5 °C-os hűtőbe helyeztük, majd a behelyezés előtt 30 perccel szobahőmérsékleten teljesen felengedték. A bageket a reggeli etetés (7:30) után 30 perccel, kettesével helyeztük be a duodenalis kanülbe. A bag párok 30 percenként kerültek be az állatokba. Egy nap egy állatba a gyűjtési napokon összesen 10 bag-et juttattunk. Egy adott vizsgálati minta (összesen 5 x 2 bag) egy gyűjtési napon 5 kísérleti állatba került behelyezésre. A bag-ek összegyűjtése a PVTC kanülon keresztül történt, melyet 2,5 órával az első mintapár behelyezése után nyitottunk ki. A kanülre felhelyezett polietilén zacskóba összegyűjtött bag-eket megtisztítottuk a felületi szennyeződésektől, majd a laboratóriumi analízisig –80 °C-on tároltuk. A módszer végrehajtása során Sauer et al. (1989) metodikai leírását vettük alapul.

#### Számítások, a kísérleti adatok statisztikai értékelése

A gabonaminták fehérjetartalmának emészthetőségét a bag-be helyezett minta nitrogén tartalma és a tápcsatornán áthaladt, bag-ből kimosott szárított minta N tartalma alapján határoztuk meg az alábbiak szerint: Fehérje emészthetőség (%) =  $100 \times (\text{tak. minta mennyiség (g)} \times \text{minta N tartalma (g/g)} - \text{bag-ből kimosott szárított minta mennyisége (g)} \times \text{N-tartalma (g/g)}) / \text{tak. tak. minta mennyiség (g)} \times \text{minta N tartalma (g/g)}$ . Az adatokból leíró statisztikát készítettünk, figyelembe véve a búza és árpa fajták fehérjeemészthetőségének átlagát, szórását, minimum és maximum értékeit (Sas, 2013). A standardizált körülmények (kisparellás fajtakísérletek) között mért terméshozam és a fajták fehérjetartalma alapján kiszámoltuk a hektáronkénti nyersfehérje hozamot, valamint az emészthető nyersfehérje hozamot, a hektáronkénti hozam és az emészthető fehérjetartalom alapján. A regresszió analízis során egyváltozós lineáris regressziós modellt használtunk:  $Y = aX + b$ , ahol Y a hektáronkénti terméshozam (t/ha), X a nyersfehérje tartalom (g/kg) illetve az emészthető nyersfehérje tartalom (g/kg).

#### **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

A 2. táblázat tartalmazza a vizsgált 18 búza és 19 árpa fajta *in vivo* nyersfehérje emészthetőségi adatait. A búza esetében az eredmények alapján megállapítható, hogy az Evina fajta nyersfehérje emészthetősége volt a legmagasabb (90,7 %). A legkisebb *in vivo* emészthető nyersfehérje tartalommal rendelkező fajtának a Sosthene bizonyult, 83,5 %-kal. A búza fajták *in vivo* nyersfehérje emészthetőségének átlaga 85,5 % volt, a legjobb és a leggyengébb emészthetőségű fajták között 7,2 abszolút % különbséget mutattunk ki. Eredményeink összhangban vannak Said et al. (2007), Ijaz et al. (2001) valamint Ma és Baik (2021) által meghatározott fehérje emészthetőségi értékekkel, akik búza fajták

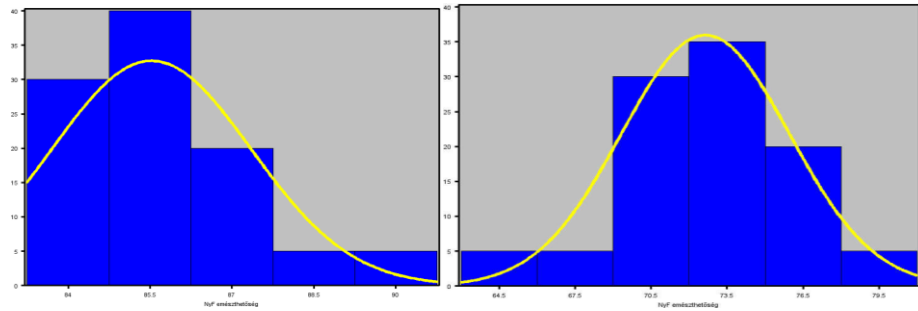
esetében 83,0 és 89,0 % közötti nyersfehérje emészthetőséget állapítottak meg. Vizsgálataikban megállapították, hogy az eltérő nyersfehérje emészthetőség az eltérő lizin tartalommal áll összefüggésben.

Árpa esetében a vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a Rex fajta nyersfehérje emészthetősége volt a legjobb (79,1 %). A legkisebb *in vivo* emészthető nyersfehérje tartalommal rendelkező fajtának a Jup bizonyult (64,5 %). Eredményeink alapján a vizsgált árpa fajták *in vivo* nyersfehérje emészthetőségének átlaga 72,7 % volt, a legjobb és a leggyengébb emészthetőségű fajták között 14,6 abszolút % a különbséget állapítottunk meg. *Sauer et al.* (1989) mobil bag technika alkalmazásával végzett kísérletükben árpa fajták esetében 70,1 %-os átlagos fehérje emészthetőségi értéket mutattak ki, amely értéknél az általunk vizsgált fajták többsége esetében jobb eredményeket kaptunk.

2. táblázat: Különböző búza és árpa fajták *in vivo* nyersfehérje emészthetősége (%)

| Búza fajta       | <i>In vivo</i> nyersfehérje emészthetőség | Árpa fajta       | <i>In vivo</i> nyersfehérje emészthetőség |
|------------------|-------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|
| Evina            | 90,7                                      | Rex              | 79,1                                      |
| Szilárd          | 88,0                                      | Azrah            | 77,0                                      |
| Bernstein        | 87,6                                      | KH Kárpátia      | 76,2                                      |
| Kolompos         | 87,1                                      | Siberia          | 76,1                                      |
| Santorin         | 86,7                                      | Boreale          | 73,5                                      |
| Izalco           | 86,4                                      | Overture         | 73,4                                      |
| Astardo          | 85,7                                      | KH Korsó         | 73,1                                      |
| Rustic           | 85,6                                      | Antonella        | 73,0                                      |
| Gaudio           | 85,6                                      | Jallon           | 73,0                                      |
| Barok            | 85,4                                      | Zoo              | 72,7                                      |
| Mente            | 85,0                                      | Etincel          | 72,6                                      |
| Foxyl            | 84,8                                      | Judy             | 71,7                                      |
| Ortegas          | 84,8                                      | Faktor           | 71,6                                      |
| Hyland           | 84,8                                      | Tektoo           | 71,4                                      |
| Combin           | 84,0                                      | Patina           | 70,3                                      |
| Hyfi             | 84,0                                      | Gigga            | 70,2                                      |
| Nemere(KITE)     | 83,9                                      | Paris            | 69,9                                      |
| Sosthene         | 83,5                                      | Daxol            | 67,8                                      |
|                  |                                           | Jup              | 64,5                                      |
| <b>átlag</b>     | <b>85,8</b>                               | <b>átlag</b>     | <b>72,5</b>                               |
| <b>szórás</b>    | <b>1,8</b>                                | <b>szórás</b>    | <b>3,3</b>                                |
| <b>különbség</b> | <b>7,2</b>                                | <b>különbség</b> | <b>14,6</b>                               |
| <b>maximum</b>   | <b>90,7</b>                               | <b>maximum</b>   | <b>79,1</b>                               |
| <b>minimum</b>   | <b>83,5</b>                               | <b>minimum</b>   | <b>64,5</b>                               |

Az eloszlás vizsgálat során megállapítottuk, hogy búza esetében (1. ábra) a vizsgált fajták több mint 30 %-a, árpa esetében (2. ábra) a vizsgált fajták 60 %-a átlag érték felett produkált a nyersfehérje emészthetőség vonatkozásában.



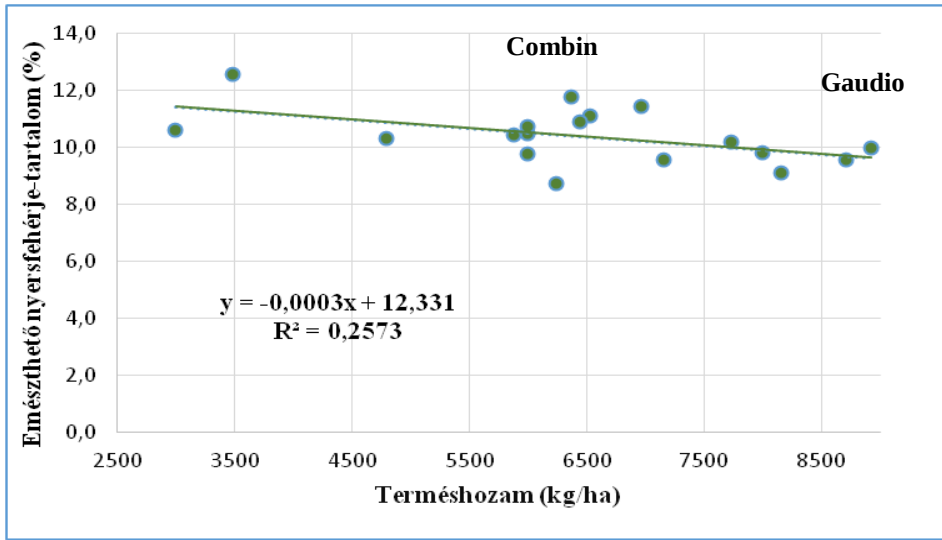
1. és 2. ábra: Az in vivo fehérje emészthetőség eloszlása búza fajták esetében

Az in vivo vizsgálatok során meghatározott emészthető nyersfehérje tartalom, valamint a rendelkezésre álló terméshozam adatok alapján kiszámoltuk a búza és árpa fajtákra jellemző emészthető nyersfehérje hozamot. A kapott értékek alapján rangsort állítottunk fel (3. táblázat). Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy búza esetében a legjobb emészthető nyersfehérje hozamot a Gaudio fajta produkálta, 886,6 kg/ha mennyiséggel. A leggyengébb emészthető nyersfehérje hozamú fajta az Astardo volt, 317,7 kg/ha eredménnyel. E két fajta emészthető nyersfehérje hozama közötti különbség 279,1 %. Árpa esetében a fajták közötti rangsorban első helyre a Rex fajta került, emészthető nyersfehérje hozama, 710,2 kg/ha volt. A leggyengébb emészthető nyersfehérje hozamú fajta az Antonella volt, 392,5 kg/ha eredménnyel, ami 180,9% különbséget jelent.

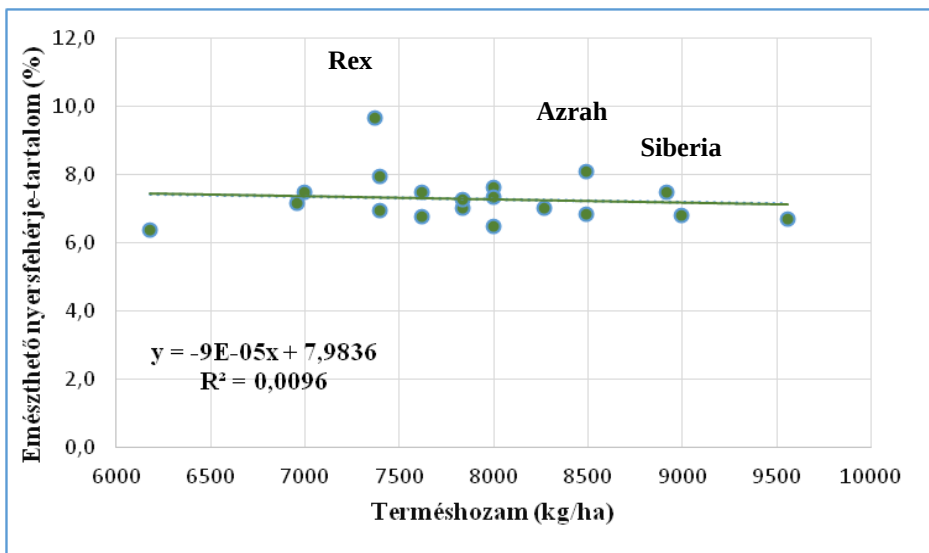
## 3. táblázat: Különböző búza és árpa fajták emészthető nyersfehérje hozama

| Búza fajta        | Emészthető<br>nyersfehérje hozam<br>(kg/ha) | Árpa fajta        | Emészthető<br>nyersfehérje hozam<br>(kg/ha) |
|-------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
| Gaudio            | 886,6                                       | Rex               | 710,2                                       |
| Sosthene          | 830,1                                       | Azrah             | 686,5                                       |
| Combin            | 794,6                                       | Siberia           | 665,3                                       |
| Szilárd           | 784,1                                       | Etincel           | 638,8                                       |
| Barok             | 782,7                                       | Jallon            | 610,9                                       |
| Evina             | 748,9                                       | KH Korsó          | 608,1                                       |
| Hyfi              | 740,8                                       | Boreale           | 587,1                                       |
| Kolompós          | 724,4                                       | Paris             | 586,8                                       |
| Mente             | 699,8                                       | Tektoo            | 579,0                                       |
| Nemere(KITE)      | 681,9                                       | Gigga             | 578,1                                       |
| Izalco            | 642,8                                       | Patina            | 568,0                                       |
| Foxyl             | 627,4                                       | Judy              | 567,9                                       |
| Santorin          | 611,5                                       | Faktor            | 549,9                                       |
| Rustic            | 585,1                                       | KH Kárpátia       | 522,8                                       |
| Hyland            | 543,2                                       | Zoo               | 517,5                                       |
| Ortegus           | 492,8                                       | Overture          | 514,3                                       |
| Bernstein         | 436,9                                       | Daxol             | 512,0                                       |
| Astardo           | 317,7                                       | Jup               | 498,0                                       |
|                   |                                             | Antonella         | 392,5                                       |
| <b>Különbség:</b> | <b>279,1 %</b>                              | <b>Különbség:</b> | <b>180,9 %</b>                              |

A 3. és 4. ábrán az emészthető nyersfehérje tartalom és a termés hozam közötti összefüggés látható búza és árpa fajták vonatkozásában. Az  $R^2$  értékek alapján (búza  $R^2 = 0.2573$ , árpa  $R^2 = 0.0096$ ) egyik esetben sem állapítható meg korreláció a két vizsgált tulajdonság között. Ugyanakkor kijelenthető, hogy búza és árpa esetében is megjelölhetők azok a fajták, amelyek a kiemelkedő emészthető nyersfehérje tartalom mellett, kiváló termés hozammal is rendelkeznek (Pl. búza - Combin, Gaudio; árpa - Rex, Azrah, Siberia).



3. ábra: Az emészthető nyersfehérje-tartalom és a terméshozam közötti összefüggés a búza fajták esetében



4. ábra: Az emészthető nyersfehérje-tartalom és a terméshozam közötti összefüggés az árpa fajták esetében

## KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk eredményei alapján az alábbi fontosabb következtetések vonhatók le: Az eredmények alapján jól elkülöníthetők azon búza és árpa fajták, amelyek képesek produkálni az elvárt terméshozamot, emellett magas emészthető nyersfehérje tartalommal

is rendelkeznek. Ezek alapján javasolható a növénynevelés fajtabírálat szempontjainak bővítése, a hektáronkénti emészthető nyersfehérje hozam figyelembevételével. A takarmánynövény termesztési ágazatban a fajtaválasztás során célszerű lenne figyelembe venni az emészthető nyersfehérje hozamot annak érdekében, hogy a takarmányipar számára optimalizált takarmány alapanyag ellátást tudjon biztosítani az ágazat.

## Irodalomjegyzék

- Ijaz, A. - Anjum, F.M. - Butt, M.S* (2001): Quality characteristics of wheat varieties grown in Pakistan from 1933 to 1996. *Pakistan Journal of Food Science* 2001, 11 (1-4), 1-8.
- Ma, F. - Baik, B.K.* (2021): Influences of grain and protein characteristics on *in vitro* protein digestibility of modern and ancient wheat species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2021, 101 (11), 4578-4584. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11100>
- Said, W. - Saleem, K. - Mansoor, K. - Aurangzeb, K. - Nazir, A. - Fozia, H.* (2007): Nutritional qualities of different wheat varieties grown in North West Frontier Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture* 2007, 23 (4), 4.
- Sauer, W. - Jorgensen, H. - Berzins, R.* (1982): A modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 1982, 63 (1), 233-237. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas83-027>
- Sauer, W. - den Hartog, L.A. - Huisman, J. - van Leeuwen, P. - de Lange, C.F.M.* (1989): The evaluation of the mobile nylon bag technique for determining the apparent protein digestibility in a wide variety of feedstuffs for pigs. *Journal of Animal Science* 1989, 67 (2), 432-440. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1989.672432x>
- Tybirk, P. Nutrient recommendations for pigs in Denmark 2015
- van Leeuwen, P. - van Kleef, D.J. - van Kempen, G.J.M. - Huisman, J. - Verstegen, W.M.A.* (1991): The post valve t-caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of amino acids in maize, groundnut and sunflower meal. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 1991, 65 (1-5), 183-193. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1991.tb00256.x>



## FERMENTÁLT TAKARMÁNY HATÁSA EGYES INTERLEUKINEK (*IL-6* ÉS *IL-10*) GÉNEXPRESSZIÓJÁRA BROJLEREK BEN

SZABÓ-SÁRVÁRI LORETTA CSILLA – TEMPFLI KÁROLY – MOLNÁR JÁZMIN  
– TÓTH TAMÁS

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi időben egyre nagyobb az érdeklődés az erjesztett takarmányok alkalmazása iránt, mivel az ilyen típusú takarmányösszetevők kedvező hatást gyakorolhatnak a baromfifélék bélegészségére. Az interleukinek az immunrendszerben kritikus szerepet játszó jelzőfehérjék (citokinek) egy csoportja. Az interleukinek gyulladásokkeltő és gyulladáscsökkentő hatással egyaránt rendelkezhetnek. Jelen tanulmányban két csoportban (kontroll és kísérleti) vizsgáltuk a vékonybél (duodenum, jejunum, ileum) és caecum *IL-6* és *IL-10* expresszióját. Kísérleti csoportonként öt madár ( $n = 10$ ) vékonybeléből (duodenum, jejunum, ileum) és caeca-jából három mintavétel történt. Az *IL-6* expressziója szignifikánsan különbözött a kontroll és kísérleti csoport között a duodenum, jejunum és caecum részben. Az *IL-10* az ileum és caeca részben mutatott szignifikáns különbséget  $p < 0,001$  szinten.

### EFFECTS OF FERMENTED SUET ON GENE EXPRESSION OF CERTAIN INTERLEUKINS (*IL-6* AND *IL-10*) IN BROILERS

#### ABSTRACT

Recently, there has been an increasing interest in the use of fermented feeds, as this type of feed ingredients can have a beneficial effect on the welfare of poultry. Interleukins are a group of signaling proteins (cytokines) that play a critical role in the immune system. Interleukins can have both pro-inflammatory and anti-inflammatory effects. In the present study, *IL-6* and *IL-10* expression in the small intestine (duodenum, jejunum, ileum) and caecum was investigated in two groups (control and experimental). Three samples were taken from the small intestine (duodenum, jejunum, ileum) and caeca of five birds ( $n = 10$ ) per experimental group. *IL-6* expression was significantly ( $p < 0.05$ ) different between

the control and experimental groups in the duodenum, jejunum and caecum. *IL-10* showed significant difference at  $p < 0.001$  level in the ileum and caeca sections.

## BEVEZETÉS

Az állattenyésztést nagymértékben befolyásolja a környezet. A fény, a hőmérséklet és más környezeti tényezők változásai befolyásolják az anyagcsere-folyamatokat és a testhőmérséklet szabályozását, és végső soron az állatok termelési teljesítményét (Leinonen *et al.*, 2014). A bélrendszer a szervezet fontos része az emésztés és tápanyagok felszívódása szempontjából, és fontos szerepet játszik a szervezet egészségének megőrzésében, mivel barrier funkciót tölt be (Hao *et al.*, 2012). A bélgyulladás és a bélgát funkciója közvetlenül kapcsolódik egymáshoz, és a korábbi kutatások szerint (Tellez *et al.*, 2017; Uerlings *et al.*, 2018) a pro-inflammatorikus citokinek, mint a tumor nekrozis alfa és az interleukinok, szerepet játszhatnak a bélgyulladás kialakulásában és a bélgát funkciójának megzavarásában. Bár a vizsgálatban nem tettük ki a madarakat hőstressznek, fontosak lehetnek a vizsgálat szempontjából, olyan potenciális összefüggéseket kínálva, amelyek segíthetnek a jelen vizsgálat eredményeinek magyarázatában és értelmezésében. Az interleukinek olyan poli-peptidek, amelyeket az immun- és gyulladásos válaszokban részt vevő sejtek termelnek (Xu *et al.*, 2023). Az IL-ek más sejteket és szöveteket aktiválnak és modulálnak (Kaiser és Staheli, 2008). A madarak által termelt IL-ek szerkezete és funkciója kevésbé ismert. A madárimmunológia és- genetika területén a közelmúltban elért eredmények azonban számos IL-t ismernek, főként csirkékben (Elnagar *et al.*, 2021). Az IL-ek, például IL-6, szekretált fehérjék, amelyek részt vesznek a sejtek toborzásában és irányításában mind természetes, mind a szerzett immunitásban (Kaiser *et al.*, 2000). Az IL-6 segíti a fertőzés vagy károsodás elleni rövid távú védelmet azáltal, hogy az immunrendszert a gyulladás forrására figyelmezteti. Az IL-6 az immunválaszt azáltal szabályozza, hogy serkenti a kórokozókat elpusztító leukociták proliferációját és differenciálódását (Rodes *et al.*, 2013). A makrofágok aktivációja serkenti a kulcsfontosságú gyulladáscsökkentő IL-10 citokin szekrécióját, amely a túlzott pro-inflammatorikus citokintermelés elfojtásával tartja egyensúlyban az immunrendszert (Corwin, 2000). Az IL-10 gyulladás-visszacsatoló faktorként működik, lehetővé téve az immunválasz modulálását (Sanjabi *et al.*, 2009). Ezek a gyulladáscsökkentő tulajdonságok, beleértve a makrofágok működésének gátlását, a gazdaszervezetet fogékonyabbá tehetik a bakteriális fertőzésekkel szemben. A fermentált takarmányt régóta használják a sertéstakarmányozásban (Canibe és Jensen, 2012), de mostanra egyre nagyobb az érdeklődés a brojlertakarmányokban való felhasználása iránt, hogy javítsák a bélrendszer egészségét és a termelési paramétereket (Sugiharto és Ranjitkar, 2019). A fermentációs folyamat növeli az enzimek és metabolitok koncentrációját, valamint a laktobacillusok számát (Stanbury *et al.*, 1995, Song *et al.*, 2010). A fermentált takarmányban található tejsavbaktériumok szerves savak termelésével csökkentik a bél pH-értékét, valamint antagonistá aktivitással, kompetitív kirekesztéssel és bakteriocin termelés révén gátolják a bélkórokozók kolonizációját

(Sugiharto és Ranjitkar, 2019). A citokinek központi szerepet játszanak a sejt által közvetített immunválaszban. Szakirodalmi tapasztalatok alapján (Ashayerizadeh et al., 2017; Wang et al., 2021; Nelson et al., 2020) a fermentált takarmány fogyasztása brojlerok esetében növelheti a gyulladásgátló citokinek, és csökkentheti a gyulladásokkeltő citokinek génexpresszióját a vékonybél különböző szakaszaiban. A Th2 citokinek (IL-6 és IL-10) a  $\beta$ -sejtnövekedést és differenciálódást irányítják, valamint humorális immunválaszokat hajtanak végre (Kohut et al., 2001). Zhu et al. (2020) eredményei azt mutatják, hogy fermentált takarmány hozzáadása az étrendhez, szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) javította a tojótyúk-csibék sejttes immunitását. A fermentált takarmány-kiegészítés fokozta a csibék humorális immunitását is, amit a megnövekedett szérum IL-6 szint is tükrözött a fermentált takarmányt fogyasztó kísérleti csoportban. Peng et al. (2022) eredményei arra utalnak, hogy a fermentált takarmány módosíthatja a vakbél mikrobiotáját azáltal, hogy csökkenti a patogén mikroorganizmusok számát, javítja a hasznos mikroorganizmusokat, az immunitást és az immunitással kapcsolatos génexpressziót is befolyásolja. A kísérlet során alkalmazott fermentált takarmány hatását értékeljük egyes citokinek génjének (interleukin-6: IL-6; interleukin-10: IL-10) expressziójára a vékonybél különböző szakaszaiból gyűjtött szövetmintákban (patkóbél/duodenum, éhbél/jejunum, csípőbél/ileum, vakbél/caecum) kvantitatív PCR módszer segítségével. A felsorolt citokin génekről termelődő mRNS-mennyiség mérésével megállapíthatjuk, hogy a fermentált takarmányok megváltoztatják-e (és ha igen, akkor mely szövetekben és milyen mértékben) a gyulladásos folyamatokban fontos szerepet játszó fehérjék termelődését. A fermentált takarmányok kedvező élettani hatásainak hátterében számos citokin génexpressziójának változásai állhatnak.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatban morzsázott és granulált takarmányt ettünk, melyet az Alpha-Vet Kft. (Székesfehérvár) biztosított. A kontroll és a fermentált (borsó és búza keverék) takarmánysort az Agrofeed Kft. állította össze. A takarmány keverékek szárazanyagtartalma mindkét esetben (kontroll és kísérleti) 80-81% közötti értékre volt beállítva. Ez az a paraméter, amit javasolt az oltó kultúra forgalmazója (Dr. Ferm Kft.). Az állomány az indító tápot a 14. napig, a nevelőt a 30. napig, a befejező takarmányt a vágás napjáig (42. nap) kapták. A takarmány összekeverése a fermentummal vagy a vizes borsó-búza keverékkel a kísérleti telepen jelenlévő Himel ellenáramos takarmánykeverővel (Himel Magyarország Kft.) történt. Az 1. táblázatban a takarmányozási protokoll fő beltartalmi értékeit mutatjuk be. Az értékek mindkét kezelés esetén azonosak voltak.

I. táblázat. A takarmány nyersfehérje, -zsír, és -rost tartalma

|                  | Indító | Nevelő | Befejező |
|------------------|--------|--------|----------|
| Nyersfehérje (%) | 20,00  | 17,50  | 15,00    |
| Nyerzsír (%)     | 3,30   | 3,80   | 4,00     |
| Nyersrost (%)    | 3,90   | 4,00   | 4,00     |

### Mintavétel

A kontroll és a fermentált takarmányt fogyasztó kísérleti csoport egyedektől (összesen 10 brojler) szövetmintát gyűjtöttünk a vágás napján (42. nap), a vékonybél egyes szakaszairól (duodenum, jejunum, ileum, caecum) RNAlater (Thermo Fisher, USA) oldatban (összesen 40 minta).



1. ábra. A vékonybél mintázott szakaszai

Az RNAlater stabilizáló oldatba gyűjtött mintákat a felhasználásig fagyaszttóban tároltuk  $-20^{\circ}\text{C}$ -on. A mintavétel során a duodenum középső szakaszát gyűjtöttük (felszálló és leszálló ág egyenlő arányban). A jejunum és az ileum minták az adott szakasz középső részéről származtak, a két szakaszt a Meckel-féle divertikulum alapján különítettük el. A caecum minták a mindkét oldali vakbélből kerültek begyűjtésre, szintén egyenlő arányban.

### RNS izolálás

1,5 ml-es Eppendorf csőbe 1000  $\mu\text{l}$  TRIzol (Thermo Fisher Scientific, USA) pipettáztunk, majd 300 mg szövetmintát helyeztünk az oldatba. A mintákat TissueLyser LT (Qiagen, Németország) segítségével homogenizáltuk 2 mm-es Bashing Beads (Zymo Research) gyöngyökkel ellátott csövekben. A homogenizált mintát 10 percen keresztül centrifugáltuk ( $12000 \times g$ ), majd az RNS-t is tartalmazó rózsaszín felülúszót új csőbe helyeztük. Rövid (5 perc) inkubálást követően 200  $\mu\text{l}$  BCP-t adagoltunk hozzá, majd Vortex-szel (Velp Scientifica, Olaszország) elegyítettük. Ezt követően 15 percen keresztül ( $12000 \times g$ ) centrifugáltuk a mintát, majd a színtelen, RNS-t is tartalmazó

felülúszót (kb. 600 µl) új kémcsőbe pipettáztuk. 500 µl izopropanol adagolását követően óvatosan többször elegyítettük a mintát. A kicsapódás során keletkező RNS-t centrifugálással pelletáltuk a mintacső aljára. Centrifugálást (12000 x g) követően a felülúszót eltávolítottuk. 500 µl 70% (V/V) etanolt (DEPC vízben hígítva) adagoltunk a pelletre. Ismételt centrifugálást követően (10 perc, 12 000 x g) pipettával eltávolítottuk a felülúszót. 50 µl nukleázmentes vizet adagoltunk a pelletre.

Az RNS-koncentrációt NanoDrop 2000 spektrofotométerrel értékeltük. A minták integritását agaróz gélelektroforézissel ellenőriztük. Mintánként 1-1 µg teljes RNS-t használtunk a DNase kezeléshez (2. táblázat), amelyet a reverz transzkripció követett RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific) és oligo dT primerek felhasználásával (3. táblázat).

2. táblázat. DNase kezelés protokoll

| Összetevő                                | Mennyiség                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| RNS                                      | 1-8 µl                                    |
| RQ1 RNase-Free DNase 10x Reaction Buffer | 1 µl                                      |
| RQ1 RNase-Free DNase                     | 1 u/ µg RNA                               |
| Nukleázmentes víz                        | kiegészítve a 10 µl –es végső mennyiségig |

3. táblázat. Reverz transzkripció protokoll

| Összetevő                             | Mennyiség |
|---------------------------------------|-----------|
| Oligo (dT) <sub>12</sub> Primer       | 0,6 µl    |
| Random Hexamer Primer                 | 0,6 µl    |
| 5x Reaction Buffer                    | 4 µl      |
| Ribolock RNase Inhibitor (20u/µl)     | 1 µl      |
| 10 mM dNTP Mix                        | 2 µl      |
| M-MuLV Reverse Transcriptase (20u/µl) | 2 µl      |
| Nukleázmentes víz                     | 1,8µl     |
| RNS-minta                             | 8 µl      |

### **Kvantitatív valós idejű PCR (qPCR)**

A kvantitatív PCR-t CFX96 Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) készülékben végeztük Maxima SYBR Green Master Mix (Thermo Fisher Scientific) felhasználásával, a következő protokoll szerint: kezdeti denaturáció 95 °C-on 10 percig, majd 40 egymást követő cikluson át denaturáció 95 °C-on 15 másodpercig és annealing/extension 60 °C-on 60 másodpercig. Minden reakció végén olvadási tesztet végeztünk a specifikus termékek jelenlétének ellenőrzése céljából. Az olvadási görbék a 65-95 °C-os tartományban készültek. Az *IL-6* és *IL-10* gének expresszióját a  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  módszer alkalmazásával határoztuk meg, amely során referencia génként a  $\beta$ -actint és *GAPDH*-ot használtuk. Minden reakció tartalmazott negatív

kontrollt (templát nélkül), az egyes reakciók hatékonyságát pedig tízszeres hígítási sorban készített standard minták segítségével mértük.

A real-time PCR során alkalmazott primerek:

A *GAPDH* primerek *Berndt et al. (2007)* alapján készültek.

*GAPDH*:

Forward (5'-3' irányban): GTCAGCAATGCATCGTGCA

Reverse: GGCATGGACAGTGGTCATAAGA

*IL-10*, *IL-6*, és  $\beta$ -*actin* primerek *Lee et al. (2018)* alapján:

*IL-10*

F: ACATCCAAGTCTCAGCTCT

R: ATGCTCTGCTGACTGGT

*IL-6*

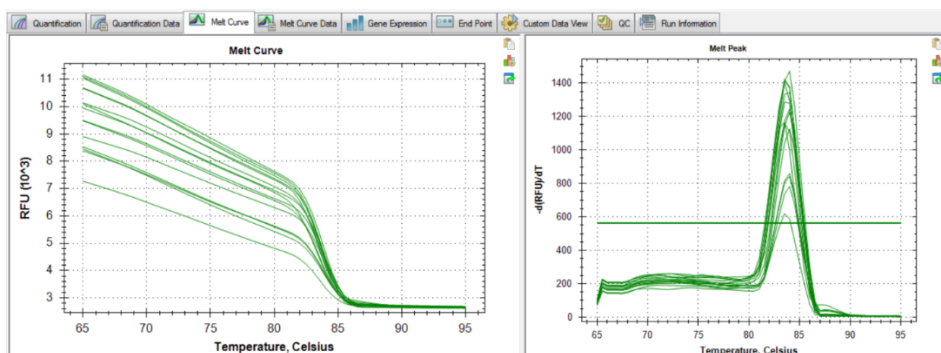
F: CAAGGTGACGGAGGAGGAC

R: TGGCGAGGAGGGATTCT

$\beta$ -*actin*

F: CACAGATCATGTTTGAGACCTT

R: CATCACAATACCAGTGGTACG



2. ábra. *IL-6* olvadási görbéje

A 2. ábrán példaként mutatjuk be az *IL-6* olvadási görbéjét. Az olvadási görbék a felsokszorozott génszakaszok specifikusságát igazolják abban az esetben, ha a különböző minták görbéinek csúcsa (amely a denaturáció legintenzívebb szakaszát jelöli) ugyanazon a hőmérsékleten figyelhető meg. A denaturáció mértékét a CFX-96 real-time PCR készülék a relatív fluoreszcens jelerősség (RFU) mérésével határozza meg. A denaturáció során lejátszódó folyamatokat a CFX Maestro szoftver az olvadási csúcsok segítségével szemlélteti: a Melt peak c. grafikonon a szoftver az olvadási csúcsokat a hőmérsékletváltozás és a fluoreszcens jelerősség-változás hányadosaként  $[-d(RFU)/dT]$  ábrázolja.

**Statistikai értékelés**

A normalizált génexpressziós értékeket a kontroll és a kísérleti csoport átlagában vetettük össze egymással SPSS v.20.0 for Windows statisztikai szoftverben független mintás t-próba segítségével. A csoportok közötti különbségeket  $p < 0,05$  szinten tekintettük szignifikánsnak.

**EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

Az eredményeket a 3. táblázatban foglaljuk össze. Az IL-6 gén expressziója a fermentált takarmányt fogyasztó csoportban a vékonybél valamennyi szakaszán jelentős csökkenést mutatott, míg a caecumban szignifikáns ( $p < 0,05$ ) növekedést figyeltünk meg. Az IL-10 kifejeződése a kísérleti csoport duodenum mintáiban csökkent, az ileumban és a caecumban viszont jelentős mértékben nőtt, míg a jejunumban nem volt szignifikáns ( $p > 0,05$ ) eltérés a kontroll csoporthoz viszonyítva.

3. táblázat A vizsgált gének expressziója a vékonybél különböző szakaszaiban és a caecumban

| Gén   | Szövet   | Kontroll       | Kísérleti<br>(fermentált tak.<br>fogyasztó csoport) | p-érték |
|-------|----------|----------------|-----------------------------------------------------|---------|
| IL-6  | Duodenum | 12,668 ± 0,915 | 0,862 ± 0,229                                       | <0,001  |
|       | Jejunum  | 0,828 ± 0,048  | 0,043 ± 0,011                                       | <0,001  |
|       | Ileum    | 2,818 ± 0,244  | 0,831 ± 0,219                                       | <0,001  |
|       | Caeca    | 0,039 ± 0,003  | 0,276 ± 0,034                                       | 0,009   |
| IL-10 | Duodenum | 7,230 ± 1,967  | 0,550 ± 0,125                                       | 0,002   |
|       | Jejunum  | 0,843 ± 0,219  | 0,313 ± 0,203                                       | 0,085   |
|       | Ileum    | 2,232 ± 0,459  | 13,007 ± 1,664                                      | <0,001  |
|       | Caeca    | 6,001 ± 1,075  | 43,751 ± 7,171                                      | <0,001  |

**KÖVETKEZTETÉSEK**

Jelen vizsgálatunk eredményei alapján megállapítható, hogy a fermentált takarmány alkalmazása brojlerek esetében jelentős hatást gyakorolhat a vékonybél és a vakbél sejteinek interleukin (IL-6 és IL-10) termelésére, ezáltal befolyással lehet a lokális immunválasz mértékére és minőségére. A vizsgált citokinek kifejeződésében megfigyelt változások a duodenum és a jejunum esetében egyértelműen a gyulladásos folyamatok mérséklődésére utalnak. A kísérleti csoport ileum szakaszán mért értékek alapján közvetlenül gyulladás utáni folyamatokra következtethetünk, amelyek során még nagy IL-10 expresszió mellett már alacsony IL-6 szint figyelhető meg. A kísérleti csoport caecumjában mért megnövekedett IL-6 és IL-10 expresszió aktív gyulladásos folyamatokra utalhat. További vizsgálatok szükségesek annak megállapítására, hogy az IL-ek termelésében tapasztalható változások milyen hatással vannak az értékmérő

tulajdonságok (pl. takarmányértékesítő képesség, növekedési erély) alakulására, és az általános egészségi állapotra a termelési ciklus különböző fázisaiban. Az *IL*-ek expressziója és a különféle kórokozók jelenléte közötti összefüggések szintén befolyásolhatják az *IL*-ek mennyiségét és az immunreakciók alakulását: ezen összefüggések pontos értékelése szintén további vizsgálatok potenciális célkitűzése lehet.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény elkészítését a GINOP-2.2.1-18-2020-00024 projekt támogatta. A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3-II-SZE-25 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Ashayerizadeh, A. – Dastar, B. – Shargh, M. S. – Mahoonak, A. S. – Zerehdaran, S. (2017) Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology* (201) 93-102.
- Berndt, A. – Wilhelm, A. – Jugert, C. – Pieper, J. – Sachse, K. – Methner, U. (2007) Chicken cecum immune response to *Salmonella enterica* serovars of different levels of invasiveness. *Infection and Immunity*, (75) 5993-6007.
- Canibe N és Jensen BB. (2012) Fermented liquid feed—microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 173(1–2):17–40.
- Corwin, E.J. (2000) Understanding cytokines Part I: Physiology and mechanism of action. *Biol. Res. Nurs.*, 2(1): 30-40.
- Elnagar, R. – Elkenany, R. – Younis, G. (2021) Interleukin gene expression in broiler chickens infected by different *Escherichia coli* serotypes. *Veterinary World*, 14(10), 2727.
- Hao, Y. – Gu, X.H. – Wang, X.L. (2012) Overexpression of heat shock protein 70 and its relationship to intestine under acute heat stress in broilers: 1. Intestinal structure and digestive function. *Poult. Sci.* 91 (4), 781–789.
- Kaiser, J.T. – Clausen, T. – Bourenkow, G.P. – Bartunik, H.D. – Steinbacher, S. – Huber, R. (2000) Crystal structure of a NifS-like protein from *Thermotoga maritima*: Implications for iron sulphur cluster assembly. *Journal of Molecular Biology* 297(2) 451-464
- Kaiser, P. és Staheli, P. (2008) Avian cytokines and chemokines. In: Davison, F., Kaspers, B. and Schat, K.A., editors. *Avian Immunol.* Elsevier, London, UK. p203.
- Kohut, M. L. – Boehm, G.W. – Moynihan, J. A. (2001) Moderate exercise is associated with enhanced antigen-specific cytokine, but not IgM antibody production in aged mice. *Mechanisms of Ageing and Development.* 122, 1135–1150.

- Lee, Y. – Kim, W.H. – Lee, S. – Lillehoj, H.S. (2018) Detection of chicken interleukin-10 production in intestinal epithelial cells and necrotic enteritis induced by *Clostridium perfringens* using capture ELISA. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 204, 52-58.
- Leinonen, I. –, Williams, A. G. – Kyriazakis, I. (2014) The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry science*, 93(2), 256-266.
- Nelson, J. R. – Sobotik, E. B. – Athrey, G. – Archer, G. S. (2020) Effects of supplementing yeast fermentate in the feed or drinking water on stress susceptibility, plasma chemistry, cytokine levels, antioxidant status, and stress-and immune-related gene expression of broiler chickens. *Poultry science*, 99(7), 3312-3318.
- Peng, W. – Talpur, M.Z. – Zeng, Y. – Xie, P. – Li, J. – Wang, S. – Wang, L. – Zhu, X. – Gao, P. – Jiang, Q. – Shu, G. – Zhang, H. (2022) Influence of fermented feed additive on gut morphology, immune status, and microbiota in broilers. *BMC Veterinary Research*, 18, 218.
- Rodes, L. – Khan, A. – Paul, A. – Coussa-Charley, M. – Marinescu, D. – Tomaro-Duchesneau, C. – Prakash, S. (2013) Effect of probiotics *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* on gut-derived lipopolysaccharides and inflammatory cytokines: An in vitro study using a human colonic microbiota model. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(4), 518-526.
- Sanjabi, S. – Zenewicz, L.A. – Kamanaka, M. – Flavell, R.A. (2009) Anti-inflammatory and pro-inflammatory roles of TGF- $\beta$ , IL-10, and IL-22 in immunity and autoimmunity. *Curr. Opin. Pharmacol.*, 9(4): 447-453.
- Song, Y. – Perez, V. – Pettigrew, J. – Martinez-Villaluenga, C. – de Mejia, E. G. (2010) Fermentation of soybean meal and its inclusion in diets for newly weaned pigs reduced diarrhea and measures of immunoreactivity in the plasma. *Animal Feed Science and Technology* 159, 41-49.
- Stanbury, P. F. – Whitaker, A. – Hall, S. J. (1995) *Principles of Fermentation Technology*, 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.
- Sugiharto, S. és Ranjitkar, S. (2019) Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: a review. *Animal Nutrition* 5, 1-10.
- Tellez Jr., G. – Tellez-Isaias, G. – Dridi, S. (2017) Heat stress and gut health in broil-ers: Role of tight junction proteins. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*. 3, e1–e4.
- Uerlings, J. – Song, Z.G. – Hu, X.Y. – Wang, S.K. – Lin, H. – Buyse, J. – Everaert, N. (2018) Heat exposure affects jejunal tight junction remodeling independently of adenosine monophosphate-activated protein kinase in 9-day-old broiler chicks. *Poultry Science* 97 (10), 3681-3690.
- Wang, Y. – Li, J. – Xie, Y. – Zhang, H. – Jin, J. – Xiong, L. – Liu, H. (2021) Effects of a probiotic-fermented herbal blend on the growth performance, intestinal flora and immune function of chicks infected with *Salmonella pullorum*. *Poultry Science*, 100(7), 101196.

*Xu, P. – Lin, H. – Jiao, H. – Zhao, J. – Wang, X. (2023) Chicken embryo thermal manipulation alleviates postnatal heat stress-induced jejunal inflammation by inhibiting Transient Receptor Potential V4. Ecotoxicology and Environmental Safety, 256, 114851.*

*Zhu, F. – Zhang, B. – Li, J. – Zhu, L. (2020) Effects of fermented feed on growth performance, immune response, and antioxidant capacity in laying hen chicks and the underlying molecular mechanism involving nuclear factor- $\kappa$ B. Poultry science, 99(5), 2573-2580.*



**A *LACTOBACILLUS* SPP. ÉS A *BIFIDOBACTERIUM* SPP. MENNYISÉGI  
VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ SERTÉS KORCSOPORTOK BÉLSÁR  
MINTÁIBAN**

TEMPFLI KÁROLY – BÁRÁNDI BOGLÁRKA – LENCSES-VARGA ERIKA  
Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi  
Tanszék,

**ÖSSZEFOGLALÁS**

A sertések emésztési sajátosságai és bélrendszerük mikroba összetétele az életkorral folyamatosan változnak. Az emésztőrendszer mikrobiotájának jelentős hatása lehet a sertések takarmány-értékesítő képességére és egészségi állapotára egyaránt, emiatt a mikrobiom összetételét feltáró kutatások jelentősége növekszik. Jelen vizsgálatban két sertéstelep különböző korcsoportjaitól (malac I. és II., hízó I. és II., valamint koca) gyűjtöttünk bélsár mintákat, amelyek segítségével megállapítottuk a *Lactobacillus* spp. és a *Bifidobacterium* spp. korcsoportonként kialakuló változásait. A baktériumok mennyiségi meghatározását valós-idejű PCR módszer segítségével végeztük. Eredményeink alapján összességében megállapítható, hogy a *Lactobacillus* spp. mennyisége mindkét vizsgált telepen a malac I. korcsoportban volt a legnagyobb. A telepek között figyelemre méltó eltérés mutatkozott a *Lactobacillus* spp. mennyiségi eloszlásában. A *Bifidobacterium* spp. mennyisége mindkét telepen a malac I. és II. korcsoportokban volt a legkisebb és általánosságban az életkor előrehaladtával fokozatosan növekedett.

**QUANTITATIVE ANALYSIS OF *LACTOBACILLUS* SPP. AND  
*BIFIDOBACTERIUM* SPP. IN FAECAL SAMPLES OF PIGS FROM  
DIFFERENT AGE GROUPS**

**ABSTRACT**

The digestive characteristics and the intestinal microbiota composition of pigs vary considerably with age. The microbiota of the digestive tract can have a remarkable impact on both the feed conversion efficiency and the health status of pigs, and therefore the importance of research on pig microbiome composition is increasing. In the present study, faecal samples were collected on two different farms from various age groups of pigs

(piglet I and II, grower I and II, and lactating sow) to determine the variation of *Lactobacillus* spp. and *Bifidobacterium* spp. quantities in different age groups. Bacteria were quantified by real-time PCR. Based on our results it was concluded that the piglet I group had the highest levels of *Lactobacillus* spp. on both analyzed farms. There was a remarkable difference in the quantitative distribution of *Lactobacillus* spp. between the two farms. *Bifidobacterium* spp. were the lowest in piglet groups I and II on both farms, and – in general – *Bifidobacterium* spp. increased parallel with age.

## BEVEZETÉS

Jelenlegi ismereteink szerint a malacok bélrendszere közvetlenül a megszületés előtt még gyakorlatilag mikroba-mentes, majd rendkívül gyors változásokon megy át, míg a baktérium-koncentráció ugrásszerű növekedése mellett a kor előrehaladtával kialakul a viszonylag stabil, kifejlett egyedekre jellemző mikrobióta (Qi et al., 2021). Amellett, hogy a tápanyagok felszívódását és emésztését elősegíti, a sertés mikrobiótának nagy jelentősége van az immunrendszer funkcióinak fejlődésében és szabályozásában, a takarmány energia-tartalmának értékesülésében, egyes szervek fejlődésében, valamint a sertés teljes szervezetét érintő betegségek kialakulásában (Duarte és Kim, 2022). A mikrobák a sertés béltraktusában rendkívül sokféle anyagcseretermék előállításáért felelősek, mint például rövid szénláncú zsírsavak, aminosav származékok, bakteriocinek (Wegh et al., 2019).

A bélsár mikrobióta összetétele nagymértékű korrelációt (0,75) mutat a vastagbél összetételével, míg a vékonybél bakteriális flóráját illetően mérsékelt-közepes (0,38) a hasonlóság (Zhao et al., 2015). Az emésztőrendszer kedvező egyensúlyi állapotát (eubiózis) a probiotikus hatással bíró *Lactobacillus* és *Bifidobacterium* spp. nagy aránya jellemzi (Herceg et al., 2020).

A *Lactobacillus* fajok probiotikus célú felhasználásának a sertés takarmányozásában egyre növekvő jelentőséget tulajdonítanak, mivel kedvező hatásukat figyelték meg a növekedési erély és a hasított test minőségének javításában; fokozzák a béltraktus anyagcsere kapacitását, hozzájárulnak a mikrobiális egyensúly fenntartásához és általánosságban a mikrobióta biztonságos tagjainak tekinthetőek (Valeriano et al., 2016). Számos *Bifidobacterium* faj szerepét hangsúlyozzák a megfelelő bélállapot kialakításában és fenntartásában. Pang et al. (2022) probiotikus *Bifidobacterium animalis* kiegészítés mellett választott malacok esetében jelentős mértékű növekedésről és a hasmenés kisebb arányú megjelenéséről számoltak be.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintavételezést két nagy létszámú sertéstelepen végeztük. Mindkét telepen öt azonos korcsoportot választottunk ki és minden korcsoportból 5-5 friss bélsár mintát gyűjtöttünk. A csoportok kijelölésénél fontos szempont volt, hogy a korcsoportokat legalább két hete az adott takarmánykeverékkel etessék. A korcsoportokat mindkét telep esetében a

lehetőségekhez mérten azonos korú egyedekből választottuk ki. A korcsoportok alapján az öt mintavételi csoportot a malac I-II., hízó I-II., és koca elnevezések jelentik. Mindkét telep esetén ugyanazt az elnevezést használtuk a korcsoportokra, a telepeket pedig „A”-val és „B”-vel jelöltük. Az „A” és „B” telep állományát tekintve hasonló korú egyedek voltak fellelhetőek, az eltérések az egyes korcsoportokban minimálisak.

Az „A” telep esetén a malac I. csoport egyedei 6 hetesek, a malac II. csoport egyedei 10 hetesek, a hízó I. egyedei 21 hetesek, a hízó II. csoport egyedei pedig 26 hetesek voltak a mintavétel időpontjában. A kocák mintavételét úgy időzítettük az „A” telepen, hogy az a várható fialás előtt öt nappal történjen.

A „B” telep esetén a malac I. csoport egyedei 7 hetesek, a malac II. csoport egyedei 10 hetesek, a hízó I. egyedei 21 hetesek, a hízó II. csoport egyedei pedig 23 hetesek voltak. A kocák a „B” telep esetében a mintavételt megelőzően három nappal fialtak.

A DNS izolálást alapvetően *Machiels et al.* (2000) protokollja alapján, de kisebb mintamennyiséggel (0,5 g) végeztük, a további vizsgálatok kezdetéig az izolált DNS mintákat -20 °C-on tároltuk. Az izolált DNS-minták koncentrációját NanoDrop 2000 (Thermo Scientific) spektrofotométerrel határoztuk meg. A mérések alapján mindegyik minta koncentrációját egységesen 200 ng/μl-re állítottuk be.

A vizsgált baktérium csoportok (összes baktérium, *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.) relatív mennyiségi vizsgálatát kvantitatív, valós idejű polimeráz láncreakció (qPCR) segítségével végeztük el. A reakciók során felhasznált primerek szekvenciáját az 1. táblázatban mutatjuk be. A 25 μl-es reakciók összeállítása során 12,5 μl SYBR Green qPCR Master Mixet (Thermo Scientific), 1-1 μl forward és reverse primert (Integrated DNA technologies), 9,5 μl nukleázmentes vizet (Thermo Scientific), végül 1 μl izolált DNS-t (200 ng) használtunk fel. A reakciókat Bio-Rad CFX96 Real-Time PCR Detection System készülékben futtattuk a következő beállításokkal: kezdeti denaturáció 95 °C-on 10 percig, majd 40 cikluson át denaturáció 95 °C-on 30 másodpercig, kapcsolódás vagy annealing 15 másodpercig, és elongáció 72 °C-on 15 másodpercig. A specifikus PCR-termékek keletkezését a reakció végére beállított olvadási analízissel ellenőriztük.

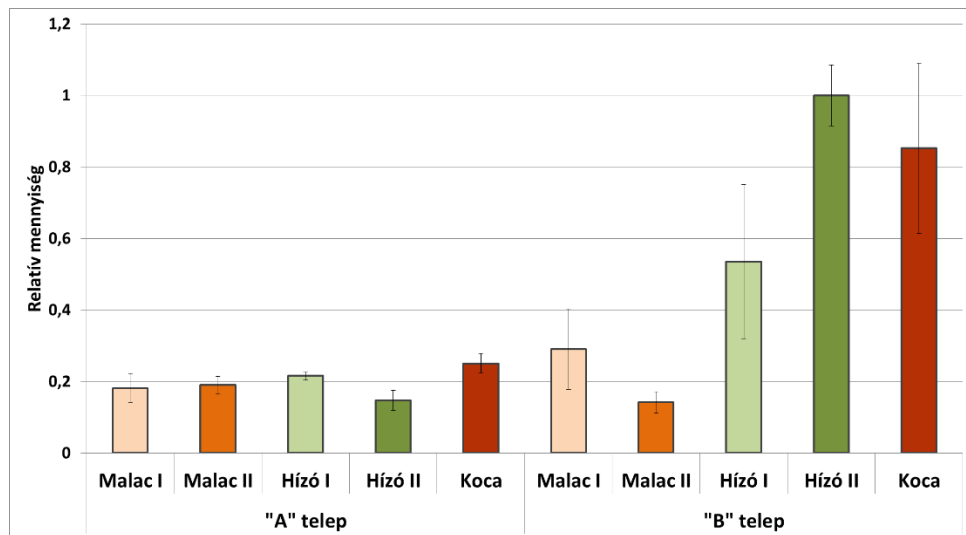
1. táblázat. A qPCR során alkalmazott primerek

|                                          | Primer szekvencia (F, R; 5'-3')               | Annealing (°C) | PCR-termék hossza (bp) |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|------------------------|
| Összes baktérium <sup>1</sup>            | GTGSTGCAYGGYYGTCGTCA,<br>ACGTCRTCCMCNCCTTCCTC | 55             | 147                    |
| <i>Bifidobacterium</i> spp. <sup>2</sup> | CGCGTCCGGTGTGAAAG,<br>CTTCCCGATATCTACACATTCCA | 59             | 126                    |
| <i>Lactobacillus</i> spp. <sup>3</sup>   | AGAGGTAGTAACTGGCCTTTA,<br>GCGGAAACCTCCCAACA   | 59             | 391                    |

<sup>1</sup>Fuller et al. (2007), <sup>2</sup>Malinen et al. (2003), <sup>3</sup>Xiang et al. (2011) alapján

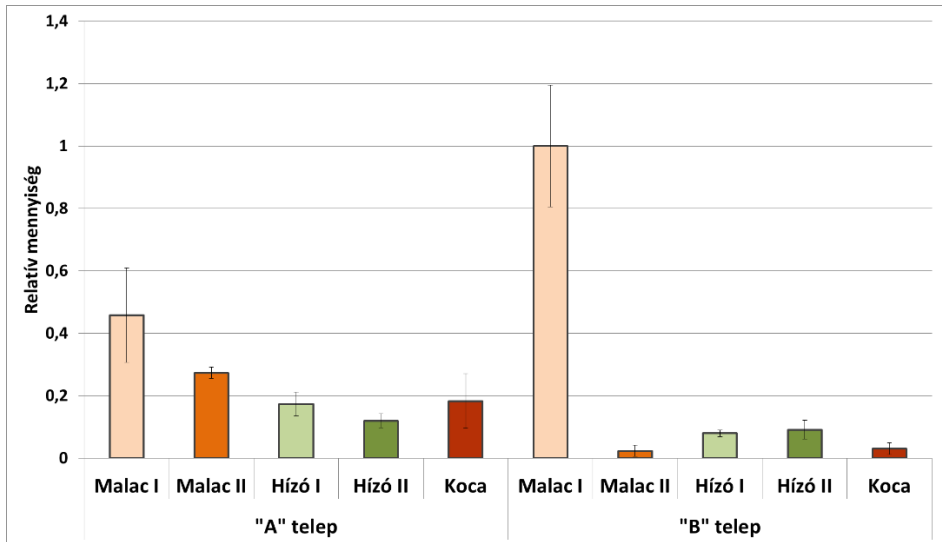
## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Az „A” telepen az összes baktériumok relatív mennyisége valamennyi vizsgált korcsoportban kiegyenlítettnek tekinthető, illetve a kor előrehaladtával alapvetően enyhe növekedést mutatott, továbbá viszonylag kevés baktérium volt megtalálható a malac I., hízó I-II. és a koca csoportokban a „B” telep mintáival összevetve. Ugyanakkor az „A” telep malac II. csoportjában nagyobb összes baktérium mennyiség figyelhető meg a „B” telep hasonló csoportjához képest (1. ábra).



1. ábra. Az összes baktérium relatív mennyiségének alakulása a két vizsgált sertéstelep különböző korcsoportjaiban

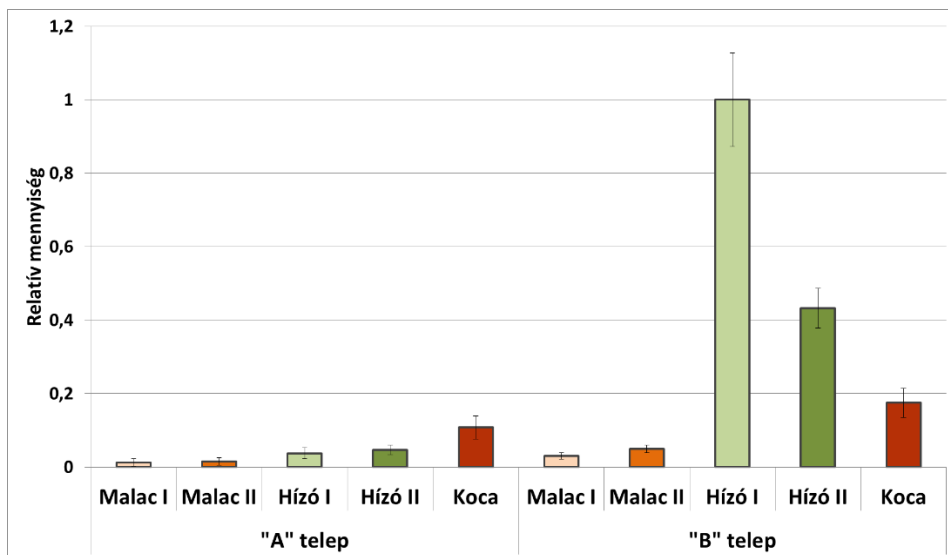
A *Lactobacillus* értékeket megfigyelve (2. ábra) elmondható, hogy az „A” telepen az életkor előrehaladtával általánosságban csökken a relatív mennyiség. A legnagyobb mennyiséget a malac I. csoport egyedeinél mértük, míg a második legmagasabb érték a malac II. csoport egyedeinél figyelhető meg. A hízó I-II. és a koca csoportoknál a *Lactobacillus* mennyiség közel azonos értékű. Weiss *et al.* (2016) kísérletéhez hasonló eredményt tapasztaltunk, ugyanis az „A” telep egyedei nagy mennyiségű árpát (20-37%) fogyasztottak a takarmánykeverékükben, amely jelentős nyersrosttartalma révén hozzájárulhat a magasabb *Lactobacillus* értékekhez, míg a „B” telepen nem szerepelt árpa a receptúrákban. Mindkét telep esetén a malac I. korcsoport egyedeinél volt a legnagyobb a *Lactobacillus* spp. értéke, ami részben azzal magyarázható, hogy a fiatal egyedekre a laktáz enzim kifejezett aktivitása jellemző, amely a szénhidrátok bontásakor savas közeget teremt, ezáltal kedvez a *Lactobacillus* spp. tagjainak.



2. ábra. A *Lactobacillus* spp. relatív mennyisége a két vizsgált sertéstelep különböző korcsoportjaiban

A *Bifidobacterium* spp. relatív mennyiségét tekintve mindkét telep malacainak esetében viszonylag alacsony értékeket figyeltünk meg (3. ábra). Az „A” telep esetében az életkor előrehaladtával, korcsoportonként nő a *Bifidobacteriumok* száma. A „B” telep esetén ez csak részben mondható el, mert a hízó I. korcsoport után a hízó II. és a koca korcsoportoknál nagyobb mértékű visszaesés tapasztalható. A *Bifidobacterium* spp. mennyisége jelentős mértékben függ a takarmány összetételének alakulásától, kifejezetten a nyersrost arányától. A nyersrost aránya a sertések takarmányozásában a választott malacok csoportjától kezdődően fokozatosan növekszik, míg a legnagyobb rosttartalmat jellemzően a vemhes kocák csoportjában szükséges biztosítani.

Saját megfigyeléseinkhez hasonlóan a takarmány nyersrost tartalmának növelése és a *Bifidobacterium* spp. mennyiségének növekedése közötti összefüggésről számoltak be Heinritz et al. (2016). Kísérletükben a nagy zsír- és kis rosttartalmú takarmány a *Lactobacillus* spp. mennyiségét csökkentette a kis zsír- és nagy rosttartalmú izokalorikus étrendhez viszonyítva.



3. ábra. A *Bifidobacterium* spp. relatív mennyisége a két vizsgált sertéstelep különböző korcsoportjaiban

## KÖVETKEZTETÉS

Eredményeink alapján megállapítható, hogy az összes baktérium, a *Lactobacillus* spp. és a *Bifidobacterium* spp. mennyisége nagymértékű eltéréseket mutat a vizsgált korcsoportokban, továbbá jelentős különbség figyelhető meg az egyes telepi körülmények és takarmányozási protokoll mellett nevelt azonos korcsoportok között is. Az eltérő sertéstelepi körülményektől függetlenül megfigyelhető, hogy a *Lactobacillus* spp. legnagyobb mennyiségben a malac I. kategóriában mérhető, míg a *Bifidobacterium* spp. mennyisége a malac I. korcsoportnál a legkisebb. A korcsoportokra jellemző mikrobióta egyensúly megismerése és feltárása érdekében elengedhetetlen a különböző nemzetségek mennyiségi vizsgálata, aminek segítségével az általánosan jótékony hatással rendelkező nemzetségek, fajok külső forrásból (pl. mikrobióta transzplantáció) történő pótlásával, dúsításával lehetőség nyílik az eubiózis célzott fenntartására.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Duarte, M. E. – Kim, S. W. (2022): Intestinal microbiota and its interaction to intestinal health in nursery pigs. *Animal Nutrition*. 8, 169–184.
- Fuller, Z. – Louis, P. – Mihajlovski, A. – Rungapamestry, V. – Ratcliffe, B. – Duncan, A. J. (2007): Influence of cabbage processing methods and prebiotic manipulation of colonic microflora on glucosinolate breakdown in man. *British Journal of Nutrition*. 98, 364–372.
- 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

highfiber diet on intestinal microbiota and metabolic markers in a pig model. *Nutrients*. 5, 1–16.

*Herceg E. B. – Lencsés-Varga E. – Szalai K. – Tempfli K. – Bali Papp Á.* (2020): Mikrobiom kutatások a sertés mint modellállat segítségével. *Acta Agronomica Óváriensis*. 61, 94–113.

*Machiels, B. M. – Ruers, T. – Lindhout, M. – Hardy, K. – Hlavaty, T. – Bang, D. D. – Somers, V. A. – Baeten, C. – von Meyenfeldt, M. – Thunnissen, F. B.* (2000): New protocol for DNA extraction of stool. *Biotechniques*. 28, 286–290.

*Malinen, E. – Kassinen, A. – Rinttilä, T. – Palva, A.* (2003): Comparison of real-time PCR with SYBR Green I or 5'-nuclease assays and dot-blot hybridization with rRNA-targeted oligonucleotide probes in quantification of selected faecal bacteria. *Microbiology*. 149, 269–277.

*Pang, J. – Liu, Y. – Kang, L. – Ye, H. – Zang, J. – Wang, J. – Han, D.* (2022): *Bifidobacterium animalis* promotes the growth of weaning piglets by improving intestinal development, enhancing antioxidant capacity, and modulating gut microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*. 88, e0129622.

*Qi, R. – Qiu, X – Du, L. – Wang, J. – Wang, Q. – Huang, J. – Liu, Z.* (2021): Changes of gut microbiota and its correlation with short chain fatty acids and bioamine in piglets at the early growth stage. *Frontiers in Veterinary Science*. 7, 617259.

*Valeriano, V. D. V. – Balolong, M. P. – Kang, D. K.* (2016): Probiotic roles of *Lactobacillus* sp. in swine: insights from gut microbiota. *Journal of Applied Microbiology*. 122, 554–567.

*Wegh, C. A. M. – Geerlings, S. Y. – Knol, J.* (2019): Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond. *International Journal of Molecular Sciences*. 20, 4673.

*Weiss, E. – Aumiller, T. – Spindler, H.K. – Rosenfelder, P. – Eklund, M. – Witzig, M. – Jørgensen, H. – Bach Knudsen, K. E. – Mosenthin, R.* (2016): Wheat and barley differently affect porcine intestinal microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96, 2230–2239.

*Xiang, Z. T. – Qi, H. W. – Han, G. Q. – Liu, J. – Huang, Z. – Yu, B.* (2011): Real-time TaqMan polymerase chain reaction to quantify the effects of different sources of dietary starch on *Bifidobacterium* in the intestinal tract of piglets. *African Journal of Biotechnology*. 10, 5059–5067.

*Zhao, W. – Wang, Y. – Liu, S. – Huang, J. – Zhai, Z. – He, C. – Ding, J. – Wang, J. – Wang, H. – Fan, W. – Zhao, J. – Meng, H.* (2015): The dynamic distribution of porcine microbiota across different ages and gastrointestinal tract segments. *PLoS ONE*. 10, e0117441.

**VADGAZDÁLKODÁSI, HALÁSZATI, ALKALMAZOTT  
ZOOLOGIAI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI SEKCIÓ**



## A MIKROBIOM KUTATÁS SZEREPE AZ AKVAKULTÚRÁBAN

BERNÁTH GERGELY<sup>1</sup> – CSORBAI BALÁZS<sup>1</sup> - NAGY BORBÁLA<sup>1</sup> – KASZAB EDIT<sup>2</sup> – SUHAJDA ÁKOS<sup>2</sup> - FARKAS MILÁN<sup>3</sup> – URBÁNYI BÉLA<sup>1</sup> - BOKOR ZOLTÁN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

<sup>2</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezetbiztonsági Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

<sup>3</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A mikrobiom kutatás az akvakultúra ágazat jelentős részét képező valódi csontos halak esetében hatalmas fejlődésen ment át az elmúlt évtizedekben. A tudományos érdeklődést indokolja, hogy a halak nem csupán a gerincesek törzsének legsokszínűbb képviselői, de megkérdőjelezhetetlen gazdasági jelentőséggel is bírnak. A csontos halak mikrobiomjának megértése a fenntartható akvakultúra vonatkozásában kiemelten fontos: kulcsszerepet játszhat az egészséges immunrendszer kialakításában, a zárt rendszerekben történő termelés és takarmányozás sikerességében. Ennek ellenére a mikroba közösségek összetételére és funkciójára vonatkozóan az ismeretek hiányosak. A jövőbeni kutatások célja a fajspecifikus mikroba közösségek, valamint az ágazat új, innovatív termelési folyamatai közötti összefüggések megismerése (rovarliszt alapú teljesértékű takarmányok, vakcinázás, pro- és prebiotikumok felhasználása, ivarsejt minőség, extenzív vagy intenzív termelés), melyek új beavatkozási lehetőségeknél nyithatnak utat.

### THE ROLE OF MICROBIOME STUDIES IN THE AQUACULTURE

#### ABSTRACT

Microbiome research has developed drastically in the past decades including the teleost microbiome, which plays an important role in aquaculture. The research interest in the fish microbiome has increased for various reasons, not only because teleost is the most diverse group in vertebrates, but also due to its significant economic value in aquaculture. Understanding the teleost microbiome is important for many aspects of sustainable

aquaculture production as it plays a critical role in the healthy immune system and determines the success of closed systems and fish diets. Despite the expanding knowledge of the microbiome, there is still a lack of information about its composition and function. Future research aims to understand the species-specific synergy between the microbiome and various elements of aquaculture production (insect-based feeds, vaccination, mechanisms of pro- and prebiotics, gamete quality, intensive or extensive culture) that opens the door for further development.

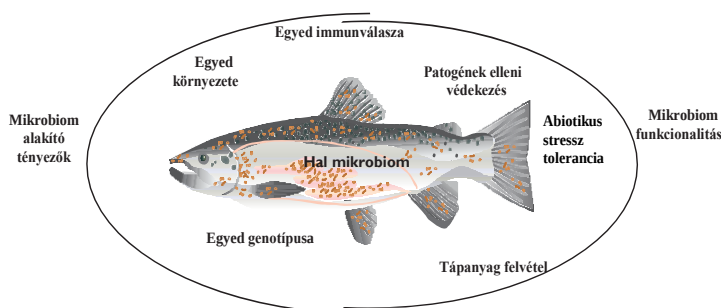
## BEVEZETÉS

Az akvakultúra a leggyorsabb ütemben fejlődő élelmiszert előállító ágazat világszerte (FAO 2022; *Martin*, 2017; *Parata et al.*, 2021). A növekedéshez jelentős mértékben járult hozzá az édesvízi akvakultúra, mely a teljes termelés 62%-át teszi ki (FAO 2022; *Parata et al.*, 2021). Az ágazat fejlődésének limitáló tényezői a fenntarthatóság és a rossz vízminőség, valamint különböző betegségek előfordulása (FAO 2018; *Simonit & Perrings*, 2011; *Parata et al.*, 2021). A gazdaságok produktivitását a halnevelés során szintén nagymértékben korlátozzák a környezeti paraméterek, vagy éppen a különböző nevelő rendszerekben rendelkezésre álló táplálék/takarmány mennyisége, illetve a népesítési sűrűség. Az említett tényezők együttesen befolyásolhatják a halak egészségügyi állapotát (*Craig et al.*, 2017; *Dhanasiri et al.*, 2011; *Glencross et al.*, 2007; *Sakami et al.*, 2003; *Parata et al.*, 2021). Az ágazat gyakorlati szakemberei és a kutatók egyaránt felismerték, hogy a mikroorganizmusok nagymértékben hozzájárulhatnak a termelékenységhez és az állatjólléti feltételek teljesüléséhez az édesvízi halak esetében, forradalmasítva ezzel a teljes ágazatot (*Ghanbari et al.*, 2015; *Parata et al.*, 2021; *Pascoe et al.*, 2017; *Romero et al.*, 2014; *Tran et al.*, 2017).

Mikrobióta alatt az élő mikroorganizmusok összességét értjük, melyek egy jól definiált életteret kolonizálnak (tehát nem tartoznak ebbe a körbe a fágok, vírusok, viroidok, prionok, plazmidok, vagy a szabad DNS) (*Berg et al.*, 2020). Ezek a közösségek a halak esetében nagyfokú diverzitást és varianciát mutatnak (*Banerjee & Ray*, 2016; *Burr et al.*, 2005; *Nayak*, 2010; *Parata et al.*, 2021). A mikrobiom kifejezés azonban már tágabb értelemben definiálja a mikroorganizmusok összességét, beleértve azok genomját, és a köztük, valamint a környezettel létrejövő interakciót (*De Bruijn et al.*, 2018; *Gilbert et al.*, 2016). A közösségek összetétele, komplexitása és dinamikája nagymértékben függ az őket körülvevő közegtől, a gazdaszervezet táplálkozásától, ezáltal hatással van annak emésztésére, a tápanyag felszívódására és az anyagcseretermékek képződésére, valamint a gazdaszervezet immunrendszerére és általános egészségügyi állapotára (*Banerjee & Ray*, 2016; *Dawood*, 2021; *Eichmiller et al.*, 2016; *Ganguly & Prasad*, 2012; *Hoseinifar et al.*, 2019; *Kormas et al.*, 2014; *Nayak*, 2010; *Parata et al.*, 2021; *Uchii et al.*, 2006; *Vinatea et al.*, 2018). Az eredményes mikrobióta menedzsment az akvakultúra területén azonban még számos esetben komoly akadályokba ütközik a hiányos ismeretek okán, valamint a mikroorganizmus kölcsönhatások és ökológia terén (*Bentzon-Tilia et al.*, 2020). Az édesvízi akvakultúra jelentősége ellenére a témában napjainkig nagyobb

arányban végeztek tengeri fajokban kutatásokat. Az édesvízi fajoknál a legtöbb vizsgálatot a pontyfélék (*Cyprinidae*), lazacalakúak (*Salmoniformes*) és bölcsőszájúhal-félék (*Cichlidae*) esetében folytatták (Parata et al., 2021).

A kutatások számos szemszögből vizsgálják a halakon/ban található mikrobiom és az akvakultúra közötti szoros, dinamikus kapcsolatot. Jelen összefoglaló tanulmány kiválasztott kulcsszempontok (mikrobióta - környezet kölcsönhatás, táplálkozás és takarmányozás, állatjólléti vonatkozások) alapján kívánja bemutatni a témában elvégzett vizsgálatok jelentőségét (1. ábra).



1. ábra: A környezet és gazdaszervezet hatása a hal mikrobiom diverzitására, összetételére és funkciójára vonatkozóan (De Bruijn et al. 2018 nyomán módosítva).

## A HALAK MIKROBIÓTÁJÁNAK ELOSZLÁSA ÉS VÁLTOZÁSA AZ EGYESFEJLŐDÉS SORÁN

Az adott taxonok genetikai állománya alapvetően meghatározza a gazdaszervezet mikrobiomját (Ghanbari et al., 2015; Romero et al., 2014). A halak kültakarója (nyálkaréteg), szaglószerrendszere, kopolyúja, bélrendszere közvetlen kapcsolatban áll az egyed körülvéő külvilággal: elsődleges érintkezési pontként a kültakaró mikrobiótáját emelhetjük ki. A nyálkaréteg egyfajta elsődleges barrierként szolgál a külvilágból érkező változatos hatásokkal szemben. Fő összetevői különböző glikoproteinek, fehérjék, ionok és zsírok. A védekezésben szerepet játszanak lektin, komplement és antimikrobiális fehérjék, immunglobulinok, lizozimek, proteázok és további enzimek is (Brinchmann, 2016; Uribe et al., 2011). A nyálkaréteg tápanyagot (szén) biztosít a kommenzalista mikroorganizmusok számára, melyek részt vesznek a patogének elleni küzdelemben (Hansen & Olafsen, 1999; Merrifield & Rodiles, 2015). A halak kültakaróján és kopolyúján nagyobb számban találhatók aerob mikrobák, mint anaerobok (Merrifield & Rodiles, 2015). A két szövet eltérő összetételű mikróba közösség kolonizálja (pl. kültakaró: *Actinobacteria*, *Firmicutes*, kopolyú: *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Nitrosomonas*-szerű baktériumok). A kopolyú lemezekén (védett környezetben) nagyobb számú mikroorganizmus található, melyek feltételezhetően támogatják a megfelelő gázcserét (Hansen & Olafsen, 1999; van Kessel et al., 2016; Lowrey et al., 2015; Wang et al., 2010). Ugyancsak nagy diverzitást mutat a

szagló szervrendszer mikrobiótája, ám összetételét tekintve hasonló a fent említett régiókhoz (*Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* és *Firmicutes* nemzetségbe tartozó baktériumok) (Lowrey et al., 2015). A béltraktus közel 500 fajt számláló mikroorganizmus közösségnek biztosít életképes környezetet, melyet főként heterotróf és anaerob baktériumok alkotnak (*Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* és *Firmicutes*) (Austin, 2006; Givens et al., 2015; Merrifield & Rodiles, 2015; Montalbán-Arques et al., 2015; Sullam et al., 2012; Tran et al., 2017; Wang et al., 2018). A gombákat tekintve a halakra vonatkozó ismeretek igen hiányosak (De Bruijn et al., 2018). Kopolyú esetében a Tömlősgombák (*Ascomycota*) törzsét írták le, míg a bélben a Tömlősgombák és a Bazídiumos gombák (*Basidiomycota*) törzse volt domináns (Gatesoupe, 2007; Romero et al., 2014). Megtalálhatók még archeák (metanogének), állati egysejtűek és egysejtű csillósok (*Clevelandellida* és *Vestibuliferida* rend) a halak bélrendszerében és kopolyúján. Fontos megjegyezni, hogy egyes egysejtűek jelentős halpatogének lehetnek úgy, mint a darakórt okozó *Ichthyophthirius multifiliis* és a *Neoparamoeba perurans* (De Bruijn et al., 2018; Grim et al., 2002; van der Maarel et al., 1998; Valtonen et al., 2003; Wu et al., 2015; Yokoyama et al., 2015).

Az egyedek fejlődési stádiumát tekintve már az ikraszemen megjelennek különböző baktériumok (*Aeromonas*, *Alteromonas*, *Arthrobacter*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Pseudomonas* és *Streptomyces*), melyek egy része valószínűsíthetően anyai eredetű. A felületen és a mélyebb szöveti részekben egyaránt megtalálhatók ezek a mikroorganizmusok. Egyes esetekben az ovuláció során is átadódhatnak patogén szervezetek (*Renibacterium salmoninarum* és *Flavobacterium psychrophilum*) (Bruno & Munro, 1986; Hansen & Olafsen, 1999; Liu et al., 2014; Long et al., 2014). Mikroszkópikus gombák szintén megjelennek már az egyedfejlődés eme korai stádiumában, melyek közül bizonyos taxonok akár a keltetés sikerességét is negatívan befolyásolhatják (*Microdochium*, *Mortierella*, *Chytriumyces* és *Saprolegnia*) (Liu et al., 2014). A termékenyülést követő fejlődési stádiumokban a mikrobiomra vonatkozó ismeretek egyelőre hiányosak. A látható blasztoderma és a késői szempontos stádium esetében a baktérium denzitás csökkenését figyelték meg (Wilkins et al., 2015). A kikelt lárvák esetében a bélrendszert még a szikzacskó teljes felszívódását megelőzően, a vízből (első vízfelvétel) kolonizálják a mikroorganizmusok. Későbbi fejlődési stádiumokban az egyedek mikrobiótáját befolyásolhatja az ikratörmeléken található, vagy éppen a táplálékból/tápból származó mikrobiom összessége (Hansen & Olafsen, 1999; Ringo & Birkbeck, 1999). Bizonyított továbbá, hogy az egyedek korával a mikrobaszám és változatosság csökkenhet, ám a relatív abundancia változatlan marad a bél mikróba közösségét tekintve (Stephens et al., 2016).

## A MIKROBIÓTA ÉS KÖRNYEZET KÖLCSONHATÁSA

A folyamatos fluktuációt mutató külső közeg (a víz) hőmérséklete, tápanyag tartalma hatással van a mikrobiális közösségekre. Továbbá, a mikrobiom dinamikája erős évszakos változatosságot mutat (Bentzon-Tilia et al., 2016; De Gilbert et al., 2012;

Zarkasi et al., 2014; Zarkasi et al., 2016). Fontos külső tényező a víz fizikai és kémiai tulajdonsága, így például a pH, mely megváltoztathatja a kültakarót és a bélrendszert kolonizáló mikrobiótát. Ki kell emelnünk azonban, hogy a bél alacsonyabb fokú érzékenységet mutat az említett paraméterre (Sylvain et al., 2016). A víz sótartalma szintén nagy szerepet játszik a gazdaszervezet mikrobiomjának kialakításában. Érdemes megemlíteni a lazacok esetében a fejlődés során végbemenő édesvízről tengervízre történő adaptációt. Kutatók bizonyították, hogy tengervízben élő egyedeknél magasabb diverzitás volt megfigyelhető (Lokesh & Kiron, 2016). A környezeti hatások mellett fontos megjegyezni, hogy a különböző rendszerek (pl. tógazdaság, recirkulációs akvakultúra rendszer) önálló mikrobiommal rendelkeznek. A változatos termelési egységek saját magukat szennyezik (szervetlen tápanyagokkal, salakanyaggal, takarmánymaradványokkal), ami az elfolyó vízzel eutrofizációt eredményezhet, hatással lehet a halállományok egészségi állapotára, vagy szerepet játszhat a patogén mikroorganizmusok terjedésében, szaporodásában. E termelési struktúrák monitoringja nélkülözhetetlen a robbanásszerűen fejlődő akvakultúra ágazat szempontjából (Bentzon-Tilia et al., 2016; Cabello et al., 2013).

#### TÁPLÁLKOZÁS ÉS TAKARMÁNYOZÁS HATÁSA A MIKROBAKÖZÖSSÉGEKRE

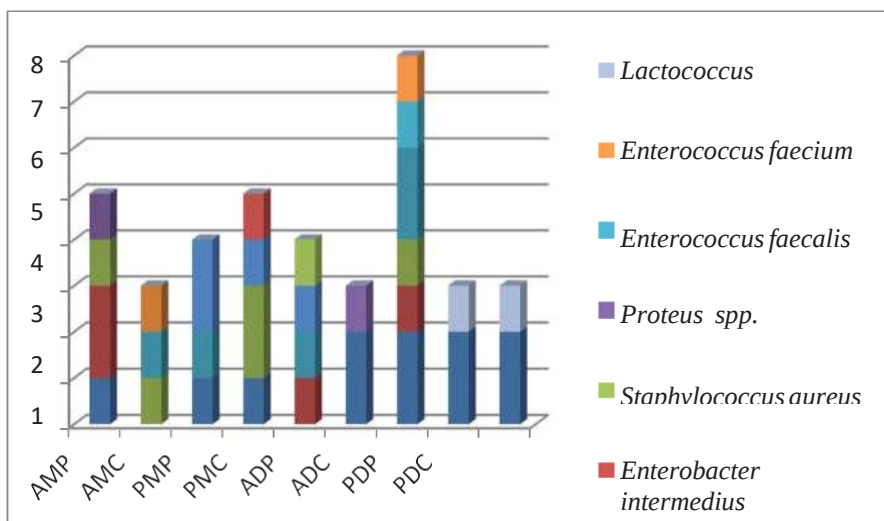
A táplálkozási stratégia nagymértékben befolyásolja elsősorban a bélrendszer mikrobiótáját (De Bruijn et al., 2018). Jelentős különbségek fedezhetők fel egy növényevő, mindenevő, ragadozó és egy ebből a szempontból speciális vegyes plankton fogyasztó életmódot folytató halfaj béltraktusában megtalálható közösségek között. Egy tanulmányban megfigyelték, hogy a mindenevő és ragadozó taxonok esetében magas arányban voltak jelen *Fusobacteria* fajok, míg a plankton fogyasztó halakban inkább a *Cyanobacteria* nemzetségbe tartozó mikroorganizmusok jelentek meg nagyobb számban (Givens et al., 2015; Liu et al., 2016; Sullam et al., 2012). A különböző természetes táplálék források és a teljesértékű takarmányok összetétele is számottevően befolyásolhatja az emésztőrendszer mikrobiomját. Egyes lazacalakúak esetében bizonyították, hogy a hallisztalapú takarmányozás esetén magas arányban volt megtalálható a *Lactobacillus*, míg a *Staphylococcus* nemzetség volt jellemző a bélrendszerben a gabona alapú takarmányok alkalmazása mellett. A rozs alapú takarmányok etetése során az amurnál (*Ctenopharyngodon idella*) megállapították, hogy nagyobb arányban vannak jelen a szénhidrát, zsír, aminosav bioszintézisért és bontásért felelős mikroorganizmusok, mint halliszt alapú teljesértékű takarmány etetése során. Az említett példák is megerősítik azt a következtetést, hogy a táplálék típusa mellett, annak beltartalma is alapvető befolyással bír a kolonizáló mikrobiom összetételére (Ni et al., 2014; Ringø et al., 2016; Schmidt et al., 2016; Wong et al., 2013). A fenntartható akvakultúra termelés szempontjából érdemes megemlíteni a túlhalátszat, környezeti problémák okozta halliszt hiányt és áringadozást. Az ágazat egyre nagyobb figyelmet fordít az alternatív takarmány összetevők felkutatására, melyek fehérje forrásként szolgálhatnak a teljesértékű tápok esetében. A különböző rovarfajokból készült lisztek

alkalmazhatóságának vizsgálata számottevően növekedett az elmúlt években. Kutatások bizonyították, hogy ezek a készítmények növelhetik az akvakultúrák fajok túlélését, immunstimuláló hatással bírnak, segítik a tápanyag-hasznosulást, valamint szerepet játszhatnak a patogének elleni védekezésben (pl. kitin, antimikrobiális fehérjék). A rovarliszt immunrendszert moduláló hatása valószínűsíthetően a béltraktusban található mikrobiótára kifejtett hatásként valósul meg. Fontos azonban megemlíteni, hogy egyes esetekben a nem megfelelő mennyiségben bevitt készítmény immunrendszert gátló hatással bírhat (fagocitózis aktivitásának csökkenése). Számos kutatásra van még szükség, hogy teljes biztonsággal alkalmazható legyen a rovarfehérje liszt, és kiválthassa a hallisztet (részlegesen vagy teljes mértékben) az akvakultúra ágazatban (Loh *et al.*, 2020; Mousavi *et al.*, 2020).

## A MIKROBIOM HALEGÉSZSÉGÜGYI ÉS ÁLLATJÓLLÉTI VONATKOZÁSAI

A halak mikrobiótájában kommenzalista és patogén szervezetek egyaránt folyamatosan jelen vannak, habár a kórokozó mikroorganizmusok nem feltétlenül okoznak fertőzést, megbetegedést. A patogenitás kialakulása összefüggésbe hozható a kommenzalista közösség egyensúlyának eltolódásával (Montalban-Arques *et al.*, 2015; Moya & Ferrer, 2016; Romero *et al.*, 2014; Sagvik *et al.*, 2008; Stecher *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2013). Összességében elmondható, hogy a fertőzött/beteg hal mikrobiótája alacsonyabb diverzitást mutat, mint az egészségesé (Li *et al.*, 2017). Az egyensúly eltolódását indukálhatja a külső környezet változása (pl. évszakos változás), vagy antropogén hatás (víz paraméterek, klímaváltozás, antibiotikum alkalmazás, tartási és nevelési körülmények megváltozása). Sok esetben azonban egy elsődleges patogén okozta fertőzés teszi lehetővé másodlagos kórokozók felszaporodását (Llewellyn *et al.*, 2017). A kommenzalista mikroorganizmusok direkt és indirekt módon egyaránt hozzájárulhatnak a gazdaszervezet egészségi állapotának megővéséhez és a patogének elleni védekezéshez (Merrifield & Rodiles, 2015; Parra *et al.*, 2015; Salinas, 2015; Xu *et al.*, 2016). A direkt védekezés során mikróbák kiszoríthatják a kórokozókat az adott niche-ből, versenghetnek a tápanyag forrásért, valamint antibiózis (anyagcseretermékek révén kifejtett gátló hatás) útján befolyásolhatják a patogéneket (Banerjee & Ray, 2017; Ibrahim, 2015; Verschuere *et al.*, 2000). Az indirekt beavatkozás során modulálhatják a gazdaszervezet immunválaszát és elősegíthetik a tápanyagfelvételt (De Bruijn *et al.*, 2018). A kórokozók elleni védekezésben az ágazatban nagymértékben elterjedt az antibiotikumok alkalmazása, ami azonban komoly közegészségügyi kockázattal bír, valamint rezisztens baktériumtörzsek kialakulásához vezethet (FAO/OIE/WHO, 2006; Martínez Cruz *et al.*, 2012; Nomoto, 2005; WHO, 2012). Új, alternatív immunstimuláló anyagok/készítmények biztonságosabb kórokozó elleni védekezést tehetnek lehetővé az akvakultúra termelésben (Martínez Cruz *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2017). A probiotikum olyan szervezetek összessége (pl. *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Carnobacterium* sp. és *Saccharomyces cerevisiae*), melyek hasznosak a gazdaszervezet számára és képesek kolonizációra: segítik a táplálékhasznosulást és a patogének elleni védekezést (Beiwi &

Al-Hisnawi, 2020; Martínez Cruz *et al.*, 2012; Verschuere *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2017, 2. ábra). A prebiotikumok ezzel szemben olyan szénhidrátok és rostok (pl. karotinoidok), melyek támogatják a kommenzalista élőlények kolonizációját és hozzájárulnak a gazdaszervezet egészségi állapotának megővéséhez. Hatásukat a mikroorganizmusok fermentációs folyamataiból származó melléktermékeken keresztül fejtik ki (De Bruijn *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2017). Szimbiotikumoknak nevezzük azokat a készítményeket, melyek egyben tartalmazzák a pre- és probiotikumokat (Gibson & Roberfroid, 1995; Huynh *et al.*, 2017; Ringø & Song, 2016). Számos jövőbeni kutatásra van azonban szükség, hogy teljes mértékben megértsük, hogyan hatnak a specifikus kommenzalista mikrobák, és azok melléktermékei a patogén szervezetekre, illetve mely módon fejtik ki immunstimuláló hatásukat. Alkalmazásuk azonban elvitathatatlanul hozzájárulhat az akvakultúra ágazat fenntartható fejlődéséhez (De Bruijn *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2017).



2. ábra: A ponty (*Cyprinus carpio*) béltraktusából izolált baktériumok relatív abundanciája kontroll és *Bacillus subtilis* (probiotikum) kiegészítésű kísérleti táp összehasonlítása során. AM - anterior mucosa, PM - posterior mucosa, AD - anterior digesta, PD - posterior digesta. C- kontroll, P - probiotikum (Beiwi & Al-Hisnawi 2020 nyomán módosítva).

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A különböző akvakultúra rendszerek esetében a mikrobiom vizsgálata és kontrollja elengedhetetlen a nagy intenzitású termelési kapacitás elérése érdekében (Dittmann *et al.*, 2017; Meyer, 1991). További kutatásokra van szükség, hogy a meglévő ismereteket felhasználva, még jobban megértsük a környezet-táplálkozás/takarmányozás-mikrobióta összetétele-állategészségügyi/jólléti tengely bonyolult és dinamikus működését. Szükséges továbbá nyitni az alulreprzentált tudományterületek és minőségi tényezők

vizsgálata felé, melyekre jelentőségük ellenére napjainkig elenyésző figyelmet fordítottak. A mikroorganizmusok szaporodásra (szaporító képességre), omega-3 zsírsav tartalomra, ízletességre és a fenntartható akvakultúrára kifejtett hatásának kutatása nélkülözhetetlen szegmense a diszciplína bővülésének (Parata et al., 2021). A probiotikum (és más mikrobiótát támogató) készítmények alkalmazása elősegítheti az ágazat fejlődését, azonban összehangolt együttműködésre van szükség a kutatók, az akvakultúra területén dolgozó szakemberek, a fermentációban jártas mérnökök és az engedélyezett hatóságok munkatársai között a gyakorlatban alkalmazható termékek előállításához (Dittmann et al., 2017).

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatás támogatta. Közleményünk az Innovációs és Technológiai Minisztérium által kiírt Tématerületi Kiválósági Program (TKP2021), Nemzetvédelem és Nemzetbiztonság alprogram pályázatának hozzájárulásával valósult meg (TKP2021-NVA-22). A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatói okirat alapján valósult meg (2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00002). A munkát továbbá a Kulturális és Innovációs Minisztérium megbízásából a Nemzeti Kulturális Támogatáskezelő által meghirdetett, „Szakkollégiumok tehetséggondozó programjainak támogatása” (NTP-SZKOLL-23-0043) pályázat támogatta.

## IRODALOMJEGYZÉK

Austin B. (2006): The Bacterial Microflora of Fish, Revised. The Scientific World Journal. 6, 931–945. <https://doi.org/10.1100/tsw.2006.181>.

Banerjee G. - Ray A.K. (2017): Bacterial symbiosis in the fish gut and its role in health and metabolism. Symbiosis. 72, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0441-8>.

Bentzon-Tilia M. - Sonnenschein E.C. - Gram L (2016): Monitoring and managing microbes in aquaculture – Towards a sustainable industry. Microbial Biotechnology. 9, 576–584. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12392>.

Berg G. - Rybakova D. - Fischer D. - Cernava T. - Vergès M.-C.C. - Charles T. - Chen X. - Cocolin L. - Eversole K. - Corral G.H. - Kazou M. - Kinkel L. - Lange L. - Lima N. - Loy A. Macklin J.A. - Maguin E. - Mauchline T. - McClure R. - Mitter B. - Ryan M. - Sarand I. - Smidt H. - Schelkle B. - Roume H. - Kiran G.S. - Selvin J. - Souza R.S.C. de - van Overbeek L. - Singh B.K. - Wagner M. - Walsh A. - Sessitsch A. - Schlöter M. (2020): Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. Microbiome. 8, 103. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00875-0>.

- Beiwi D.A. - Al-Hisnawi A. (2020): Effect of *Bacillus subtilis* as probiotic on intestinal microbiota and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*). AIP Conference Proceedings. 2290, 030004. <https://doi.org/10.1063/5.0027550>
- Brinchmann M.F. (2016): Immune relevant molecules identified in the skin mucus of fish using -omics technologies. *Molecular BioSystems*. 12, 2056–2063. <https://doi.org/10.1039/C5MB00890E>.
- de Bruijn I. - Liu Y. - Wiegertjes G.F. - Raaijmakers J.M. (2018): Exploring fish microbial communities to mitigate emerging diseases in aquaculture. *FEMS Microbiology Ecology*. 94, fix161. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix161>.
- Bruno D.W. - Munro A.L.S. (1986): Observations on *Renibacterium salmoninarum* and the salmonid egg. *Dis Aquat Organ*. 1, 83–7.
- Burr G. - Gatlin III D. - Ricke S. (2005): Microbial Ecology of the Gastrointestinal Tract of Fish and the Potential Application of Prebiotics and Probiotics in Finfish Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*. 36, 425–436. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00390.x>.
- Cabello F.C. - Godfrey H.P. - Tomova A. - Ivanova L. - Dölz H. - Millanao A. - Buschmann A.H. (2013): Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology*. 15, 1917–1942. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12134>.
- Craig S. - Helfrich L.A. - Kuhn D. - Schwarz M.H. (2017): Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University.
- Dawood M.A.O. (2021): Nutritional immunity of fish intestines: important insights for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 13, 642–663. <https://doi.org/10.1111/raq.12492>.
- Dhanasiri A.K.S. - Brunvold L. - Brinchmann M.F. - Korsnes K. - Bergh Ø. - Kiron V. (2011): Changes in the intestinal microbiota of wild Atlantic cod *Gadus morhua* L. upon captive rearing. *Microbial Ecology*. 61, 20–30. <https://doi.org/10.1007/s00248-010-9673-y>.
- Dittmann K.K. - Rasmussen B.B. - Castex M. - Gram L. - Bentzon-Tilia M. (2017): The aquaculture microbiome at the centre of business creation. *Microbial Biotechnology*. 10, 1279. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12877>.
- Eichmiller J.J. - Hamilton M.J. - Staley C. - Sadowsky M.J. - Sorensen P.W. (2016): Environment shapes the fecal microbiome of invasive carp species. *Microbiome*. 4, 44. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0190-1>.
- FAO (2018): Meeting the Sustainable Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2022): The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Towards blue transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO-OIE-WHO (2006): Antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Report of a Joint. Expert Consultation on Antimicrobial Use in Aquaculture And Antimicrobial Resistance.

- Ganguly S. - Prasad A.* (2012): Microflora in fish digestive tract plays significant role in digestion and metabolism. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 22, 11–16. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9214-x>.
- Gatesoupe F.J.* (2007): Live yeasts in the gut: Natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture*. 267, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.005>.
- Ghanbari M. - Kneifel W. - Domig K.J.* (2015): A new view of the fish gut microbiome: Advances from next-generation sequencing. *Aquaculture*. 448, 464–475. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.033>.
- Gibson G.R. - Roberfroid M.B.* (1995): Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*. 125, 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>.
- Gilbert J.A. - Quinn R.A. - Debelius J. - Xu Z.Z. - Morton J. - Garg N. - Jansson J.K. - Dorrestein P.C. - Knight R.* (2016): Microbiome-wide association studies link dynamic microbial consortia to disease. *Nature*. 535, 94–103. <https://doi.org/10.1038/nature18850>.
- Gilbert J.A. - Steele J.A. - Caporaso J.G. - Steinbrück L. - Reeder J. - Temperton B. - Huse S. - McHardy A.C. - Knight R. - Joint I. - Somerfield P. - Fuhrman J.A. - Field D.* (2012): Defining seasonal marine microbial community dynamics. *The ISME journal*. 6, 298–308. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.107>.
- Givens C. - Ransom B. - Bano N. - Hollibaugh J.* (2015): Comparison of the gut microbiomes of 12 bony fish and 3 shark species. *Marine Ecology Progress Series*: 518, 209–223. <https://doi.org/10.3354/meps11034>.
- Glencross B. d. - Booth M. - Allan G.I.* (2007): A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*. 13, 17–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>.
- Grim J.N. - Clements K.D. - Byfield T.* (2002): New Species of *Balantidium* and *Pamcichtdotherus* (Ciliophora) Inhabiting the Intestines of Four Surgeonfish Species from the Tuvalu Islands, Pacific Ocean. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 49, 146–153. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2002.tb00359.x>.
- Hansen G.H. - Olafsen J.A.* (1999): Review Article: Bacterial Interactions in Early Life Stages of Marine Cold Water Fish. *Microbial Ecology*. 38, 1–26.
- Hoseinifar S.H. - Van Doan H. - Dadar M. - Ringø E. - Harikrishnan R.* (2019): Feed Additives, Gut Microbiota, and Health in Finfish Aquaculture. In: *Derome N.* (ed): *Microbial Communities in Aquaculture Ecosystems: Improving Productivity and Sustainability*. Springer International Publishing, Cham, 121–142.
- Huynh T-G. - Shiu Y-L. - Nguyen T-P. - Truong Q-P. - Chen J-C. - Liu C-H.* (2017): Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture. A review. *Fish & Shellfish Immunology*. 64, 367–382. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.035>.
- Ibrahim M.D.* (2015): Evolution of probiotics in aquatic world: Potential effects, the current status in Egypt and recent prospectives. *Journal of Advanced Research*. 6, 765–791. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.12.004>.

- van Kessel M.A.H.J. - Mesman R.J. - Arshad A. - Metz J.R. - Spanings F.A.T. - van Dalen S.C.M. - van Niftrik L. - Flik G. - Wendelaar Bonga S.E. - Jetten M.S.M. - Klaren P.H.M. - Op den Camp H.J.M. (2016): Branchial nitrogen cycle symbionts can remove ammonia in fish gills. *Environmental Microbiology Reports*. 8, 590–594. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12407>.
- Kormas K.A. - Meziti A. - Mente E. - Frentzos A. (2014): Dietary differences are reflected on the gut prokaryotic community structure of wild and commercially reared sea bream (*Sparus aurata*). *MicrobiologyOpen*. 3, 718–728. <https://doi.org/10.1002/mbo3.202>.
- Li T. - Li H. - Gatesoupe F.-J. - She R. - Lin Q. - Yan X. - Li J. - Li X. (2017): Bacterial Signatures of ‘Red-Operculum’ Disease in the Gut of Crucian Carp (*Carassius auratus*). *Microbial Ecology*. 74, 510–521. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0967-1>.
- Liu Y. - de Bruijn I. - Jack AL. - Drynan K. - van den Berg AH. - Thoen E. - Sandoval-Sierra V. - Skaar I. - van West P. - Diéguez-Urbeondo J. - van der Voort M. - Mendes R. - Mazzola M. - Raaijmakers J.M. (2014): Deciphering microbial landscapes of fish eggs to mitigate emerging diseases. *The ISME Journal*. 8, 2002–2014. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.44>.
- Liu H. - Guo X. - Gooneratne R. - Lai R. - Zeng C. - Zhan F. - Wang W. (2016): The gut microbiome and degradation enzyme activity of wild freshwater fishes influenced by their trophic levels. *Scientific Reports*. 6, 24340. <https://doi.org/10.1038/srep24340>.
- Llewellyn M.S. - Leadbeater S. - Garcia C. - Sylvain F.-E. - Custodio M. - Ang K.P. - Powell F. - Carvalho G.R. - Creer S. - Elliot J. - Derome N. (2017): Parasitism perturbs the mucosal microbiome of Atlantic Salmon. *Scientific Reports*. 7, 43465. <https://doi.org/10.1038/srep43465>.
- Loh J.Y. - Chan H.K. - Yam H.C. - In L.L.A. - Lim C.S.Y. (2020): An overview of the immunomodulatory effects exerted by probiotics and prebiotics in grouper fish. *Aquaculture International*. 28: 729–750. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00491-2>.
- Lokesh J. - Kiron V. (2016): Transition from freshwater to seawater reshapes the skin-associated microbiota of Atlantic salmon. *Scientific Reports*. 6, 19707. <https://doi.org/10.1038/srep19707>.
- Long A. - Call D.R. - Cain K.D. (2014): Investigation of the link between broodstock infection, vertical transmission, and prevalence of *Flavobacterium psychrophilum* in eggs and progeny of Rainbow Trout and Coho Salmon. *Journal of Aquatic Animal Health*. 26, 66–77. <https://doi.org/10.1080/08997659.2014.886632>.
- Lowrey L. - Woodhams D.C. - Tacchi L. - Salinas I. (2015): Topographical Mapping of the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Microbiome Reveals a Diverse Bacterial Community with Antifungal Properties in the Skin. *Applied and Environmental Microbiology*. 81, 6915–6925. <https://doi.org/10.1128/AEM.01826-15>.
- van der Maarel M.J. - Artz R.R. - Haanstra R. - Forney L.J. (1998): Association of marine archaea with the digestive tracts of two marine fish species. *Applied and Environmental Microbiology*. 64, 2894–2898. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.8.2894-2898.1998>.
- Martin C. (2017): Not so many fish in the sea. *Current Biology*. 27, R439–R443. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.049>.

- Martínez Cruz P. - Ibáñez A.L. - Monroy Hermosillo O.A. - Ramírez Saad H.C.* (2012): Use of Probiotics in Aquaculture. *ISRN Microbiology*. 2012, 916845. <https://doi.org/10.5402/2012/916845>.
- Merrifield D.L. - Rodiles A.* (2015): 10 - The fish microbiome and its interactions with mucosal tissues. In *Beck B.H. - Peatman E (eds.): Mucosal Health in Aquaculture*. Academic Press, San Diego, 273–295.
- Meyer F.P.* (1991): Aquaculture disease and health management. *Journal of Animal Science*. 69, 4201–4208. <https://doi.org/10.2527/1991.69104201x>.
- Montalban-Arques A. - De Schryver P. - Bossier P. - Gorkiewicz G. - Mulero V. - Gatlin D.M. - Galindo-Villegas J.* (2015): Selective Manipulation of the Gut Microbiota Improves Immune Status in Vertebrates. *Frontiers in Immunology*. 6, 512. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2015.00512>.
- Mousavi S. - Zahedinezhad S. - Loh J.Y.* (2020): A review on insect meals in aquaculture: the immunomodulatory and physiological effects. *International Aquatic Research*. 12, 100–115. [https://doi.org/10.22034/iar\(20\).2020.1897402.1033](https://doi.org/10.22034/iar(20).2020.1897402.1033).
- Moya A. - Ferrer M.* (2016): Functional Redundancy-Induced Stability of Gut Microbiota Subjected to Disturbance. *Trends in Microbiology*. 24, 402–413. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.02.002>.
- Nayak S.K.* (2010): Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquaculture Research*. 41, 1553–1573. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02546.x>.
- Ni J. - Yan Q. - Yu Y. - Zhang T.* (2014): Factors influencing the grass carp gut microbiome and its effect on metabolism. *FEMS microbiology ecology*. 87, 704–714. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12256>.
- Nomoto K.* (2005): Prevention of infections by probiotics. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 100, 583–592. <https://doi.org/10.1263/jbb.100.583>.
- Parata L. - Sammut J. - Egan S.* (2021): Opportunities for microbiome research to enhance farmed freshwater fish quality and production. *Reviews in Aquaculture*. 13, 2027–2037. <https://doi.org/10.1111/raq.12556>.
- Parra D. - Reyes-Lopez F.E. - Tort L.* (2015): Mucosal Immunity and B Cells in Teleosts: Effect of Vaccination and Stress. *Frontiers in Immunology*. 6.
- Pascoe E.L. - Hauffe H.C. - Marchesi J.R. - Perkins S.E.* (2017): Network analysis of gut microbiota literature: an overview of the research landscape in non-human animal studies. *The ISME journal*. 11, 2644–2651. <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.133>.
- Ringo E. - Birkbeck T.H.* (1999): Intestinal microflora of fish larvae and fr. *Aquaculture Research*. 30, 73–93. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00302.x>.
- Ringø E. - Song S k.* (2016): Application of dietary supplements (synbiotics and probiotics in combination with plant products and  $\beta$ -glucans) in aquaculture. *Aquaculture Nutrition*. 22, 4–24. <https://doi.org/10.1111/anu.12349>.
- Ringø E. - Zhou Z. - Vecino J g. - Wadsworth S - Romero J. - Krogdahl Á. - Olsen R e. - Dimitroglou A. - Foey A. - Davies S. - Owen M. - Lauzon H. - Martinsen L. - De Schryver P. - Bossier P - Sperstad S. - Merrifield D.* (2016): Effect of dietary components on the gut microbiota of aquatic animals. A never-ending story? *Aquaculture Nutrition*. 22, 219–282. <https://doi.org/10.1111/anu.12346>.

- Romero J. Ringø E. - Merrifield D.L. (2014): The Gut Microbiota of Fish. In Aquaculture Nutrition. John Wiley & Sons Ltd, 75–100.
- Sagvik J. - Uller T. - Olsson M. (2008): A genetic component of resistance to fungal infection in frog embryos. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 275, 1393–1396. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0078>.
- Sakami T. - Abo K. - Takayanagi K. - Toda S. (2003): Effects of water mass exchange on bacterial communities in an aquaculture area during summer. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 56, 111–118. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00126-9](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00126-9).
- Salinas I. (2015): The Mucosal Immune System of Teleost Fish. Biology. 4, 525–539. <https://doi.org/10.3390/biology4030525>.
- Schmidt V. - Amaral-Zettler L. - Davidson J. - Summerfelt S. - Good C. (2016): Influence of Fishmeal-Free Diets on Microbial Communities in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Recirculation Aquaculture Systems. Applied and Environmental Microbiology. 82, 4470–4481. <https://doi.org/10.1128/AEM.00902-16>.
- Simonit S. - Perrings C. (2011): Sustainability and the value of the ‘regulating’ services: Wetlands and water quality in Lake Victoria. Ecological Economics. 70, 1189–1199. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.01.017>.
- Stecher B. - Maier L. - Hardt W-D. (2013): ‘Blooming’ in the gut: how dysbiosis might contribute to pathogen evolution. Nature Reviews Microbiology. 11, 277–284. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2989>.
- Stephens W.Z. - Burns A.R. - Stagaman K. - Wong S. - Rawls J.F. - Guillemin K. - Bohannan B.J.M. (2016): The composition of the zebrafish intestinal microbial community varies across development. The ISME Journal. 10, 644–654. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.140>.
- Sullam K.E. - Essinger S.D. - Lozupone C.A. - O’Connor M.P. - Rosen G.L. - Knight R. - Kilham S.S. - Russell J.A. (2012): Environmental and ecological factors that shape the gut bacterial communities of fish: a meta-analysis. Molecular Ecology. 21, 3363–3378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05552.x>.
- Sylvain F-É. - Cheaib B. - Llewellyn M. - Gabriel Correia T. - Barros Fagundes D. - Luis Val A. - Derome N. (2016): pH drop impacts differentially skin and gut microbiota of the Amazonian fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). Scientific Reports. 6, 32032. <https://doi.org/10.1038/srep32032>.
- Tran N.T. - Wang G-T. - Wu S-G. (2017): A review of intestinal microbes in grass carp *Ctenopharyngodon idellus* (Valenciennes). Aquaculture Research. 48, 3287–3297. <https://doi.org/10.1111/are.13367>.
- Turner T.R. - James E.K. - Poole P.S. (2013): The plant microbiome. Genome Biology. 14, 209. <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-209>.
- Uchii K. - Matsui K - Yonekura R. - Tani K. - Kenzaka T. - Nasu M. - Kawabata Z. (2006): Genetic and physiological characterization of the intestinal bacterial microbiota of Bluegill (*Lepomis macrochirus*) with three different feeding habits. Microbial Ecology. 51, 277–284. <https://doi.org/10.1007/s00248-006-9018-z>.

Uribe C. - Folch H. - Enriquez R. - Moran G. (2011): Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. *Veterinárni medicína*. 56, 486–503. <https://doi.org/10.17221/3294-VETMED>.

Valtonen E.T. - Holmes J.C. - Aronen J. - Rautalahti I. (2003): Parasite communities as indicators of recovery from pollution: parasites of roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in central Finland. *Parasitology*. 126, Suppl: S43-52. <https://doi.org/10.1017/s0031182003003494>.

Verschuere L. - Rombaut G. - Sorgeloos P. - Verstraete W. (2000): Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 64, 655–671.

Vinatea L. - Malpartida J. - Carbó R. - Andree K.B. - Gisbert E. - Estévez A. (2018): A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). *Aquaculture*. 482, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.041>.

Wang W. - Zhou Z. - He S. - Liu Y. - Cao Y. - Shi P. - Yao B. - Ringø E. (2010): Identification of the adherent microbiota on the gills and skin of poly-cultured gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and bluntnose black bream (*Megalobrama amblycephala* Yih). *Aquaculture Research*. 41, e72–e83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02459.x>.

Wang W. - Sun J. - Liu C. - Xue Z. (2017): Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives. *Aquaculture Research*. 48, 1–23. <https://doi.org/10.1111/are.13161>.

Wang A.R. - Ran C. - Ringø E. - Zhou Z.G. (2018): Progress in fish gastrointestinal microbiota research. *Reviews in Aquaculture*. 10, 626–640. <https://doi.org/10.1111/raq.12191>.

WHO (2012): Antimicrobial resistance. Fact sheet N° 194. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/es/index.html>.

Wilkins L.G.E. - Rogivue A. - Fumagalli L. - Wedekind C. (2015): Declining diversity of egg-associated bacteria during development of naturally spawned whitefish embryos (*Coregonus spp.*). *Aquatic Sciences*. 77, 481–497. <https://doi.org/10.1007/s00027-015-0392-9>.

Wong S. - Waldrop T. - Summerfelt S. - Davidson J. - Barrows F. - Kenney P.B. - Welch T. - Wiens G.D. - Snekvik K. - Rawls J.F. - Good C. (2013): Aquacultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Possess a Large Core Intestinal Microbiota That Is Resistant to Variation in Diet and Rearing Density. *Applied and Environmental Microbiology*. 79, 4974–4984. <https://doi.org/10.1128/AEM.00924-13>.

Wu S. - Ren Y. - Peng C. - Hao Y. - Xiong F. - Wang G. - Li W. - Zou H. - Angert E.R. (2015): Metatranscriptomic discovery of plant biomass-degrading capacity from grass carp intestinal microbiomes. *FEMS Microbiology Ecology*. 91, fiv107. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiv107>.

Xu Z. - Takizawa F. - Parra D. - Gómez D. - von Gersdorff Jørgensen L. - LaPatra S.E. - Sunyer J.O. (2016): Mucosal immunoglobulins at respiratory surfaces mark an ancient

association that predates the emergence of tetrapods. *Nature Communications*. 7, 10728. <https://doi.org/10.1038/ncomms10728>.

Yokoyama H. - Itoh N. - Ogawa K. (2015): Fish and Shellfish Diseases Caused by Marine Protists. In Ohtsuka S. - Suzaki T. - Horiguchi T. - Suzuki N. - Not F. (eds.): *Marine Protists: Diversity and Dynamics*. Springer Japan, Tokyo, 533–549.

Zarkasi K.Z. - Abell G.C.J. - Taylor R.S. - Neuman C. - Hatje E. - Tamplin M.L. - Katouli M. - Bowman J.P. (2014): Pyrosequencing-based characterization of gastrointestinal bacteria of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) within a commercial mariculture system. *Journal of Applied Microbiology*. 117, 18–27. <https://doi.org/10.1111/jam.12514>.

Zarkasi K.Z. - Taylor R.S. - Abell G.C.J. - Tamplin M.L. - Glencross B.D. - Bowman J.P. (2016): Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Gastrointestinal Microbial Community Dynamics in Relation to Digesta Properties and Diet. *Microbial Ecology*. 71, 589–603. <https://doi.org/10.1007/s00248-015-0728-y>.



## MEZEI NYÚL KÖLYKÖK ELHULLÁSI OKAINAK VIZSGÁLATA A SZÜLETÉS ÉS A VÁLASZTÁSI KOR KÖZÖTT

GÁL JÁNOS –TÓTH TAMÁS - MAROSÁN MIKLÓS

Állatorvostudományi Egyetem, Egzotikusállat és Vadegészségügyi Tanszék, 1078-Budapest, István u. 2.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatunkban a mezei nyulak zárttéri tenyésztése során felmerülő nem fertőző és fertőző okokat elemezzük 2017-2023 között. A leggyakoribb elhullási ok a *Clostridium perfringens* okozta acut enteritis. Ez egyes években a kölyökkori mortalitás 57%-át is kitette. A kórképet telepspecifikus vakcina használatával fel lehetett számolni. Gyakori fertőző eredetű veszteséget eredményezett a *Pasteurella multocida* okozta pneumonia is, amit szintén telep specifikus vakcina használatával sikerült felszámolni. Nem fertőző eredetű okok (mechanikai trauma, eléhezésből eredő vércukorszintcsökkenés, kihűlés, megfagyás stb.) változó gyakorisággal léptek fel.

### INVESTIGATION OF CAUSES OF MORTALITY OF EUROPEAN BROWN HARE (*LEPUS EUROPAEUS*) BETWEEN BIRTH AND WEANING AGE

#### SUMMARY

We analyze the non-infectious and infectious causes arising during indoor breeding of brown hares between 2017-2023. The most common cause of death is acute enteritis caused by *Clostridium perfringens*. This accounted for up to 57% of young hare mortality in some years. The disease could be eradicated by using colony-specific vaccines. Pneumonia caused by *Pasteurella multocida* also caused frequent infectious losses, which were also eradicated using a colony-specific vaccine. Causes of non-infectious origin (mechanical trauma, decrease in blood sugar level due to starvation, hypothermia and freezing, etc.) occurred with varying frequency year to year.

#### BEVEZETÉS

A mezei nyúl az apróvad gazdálkodás egyik nagyon fontos állatfaja, amely az alföldi vadásztársaságok számára kulcsfontosságú szereppel bír (1, 7). A faj szabad területi gazdálkodásának mind a hazai-, mind a nemzetközi szakirodalma elég bőséges, szemben

a zárttéri tenyésztésével. Ezzel kapcsolatosan a 90-es évek legelején elérhetővé vált egy pályázat, amelynek a keretében kísérleti mezei nyúl tenyésztelepet hoztak létre, illetve ebben a témakörben egy PhD értekezés is született a padovai egyetemen (10).

A mezei nyúl tenyésztéssel tradicionálisan Olaszországban (10) és Franciaországban foglalkoznak, de a telepek száma itt is csupán néhány tucat. A faj zárttéri tenyésztésére van már technológia (3, 6, 10), de annak folyamatos finomítására van szükség. A tartási technológiák publikálása is hiányzik, így a tenyésztés során jelentkező állategészségügyi kihívások még kevésbé dokumentáltak a szakirodalomban. Hazai vonatkozásban inkább a szabadterületi mezei nyúl állományban jelentkező megbetegedésekről, elhullásokról (kiemelten az European brown hare syndrome-ről (EBHS), a tularémiáról, egyes parazitózisokról) állnak rendelkezésre adatok (2, 5). Ugyanakkor a jelen cikk főszereplőjének munkája nyomán, tudományos kutatómunka publikálására is sor került ebben a témában (2).

Szabadterületi mortalitási okok vizsgálata során kiderült, hogy a fiatal korosztályban jelentős veszteségek adódnak a gépjárművel való ütközésből és a ragadozók okozta predációból (8, 9).

Egy olaszországi, 2 évet felölelő vizsgálatban telepszinten vizsgálták a mezei nyulak elhullási okait, ahol az állományban jelentős veszteséget okozó tényező volt az enteritis (10). Ennek hátterében *Clostridium perfringens* és *Eimeria spp.* fertőzések mellett kis számban egyéb baktériumokat (*Clostridium spp.* *E. coli*) is igazoltak (10), amit egy hazai vizsgálat is megerősített (6). A zárttéri tartás kapcsán a mechanikai traumákat is a jelentősebb veszteségek között ismertetik a különböző tanulmányok (4, 6).

Egy hazai, előzetes vizsgálatban már igazolták a *Clostridium perfringens* által előidézett enteritis mortalitást szerepét a kölykökben, ahogy a *Pasteurella multocida* által kiváltott rhinitist és pneumoniát is (6).

Az utóbb idézet, előzetes vizsgálat folytatásaként célul tűztük ki az alaposabb, nagyobb mintaszámon végzett elemzés lefolytatását, lehetőség szerint megoldásokat kínálva a feltárt problémák megelőzése tekintetében.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkhoz egy Pest Vármegye északi részén működő magán fenntartású, kis létszámú mezei nyúl tenyésztelő szolgáltatót adatokat. A telep zárt kerítéssel ellátva 2015 óta működik. A tenyészállatokat párokban tartják a nyugat-európai telepeken is használt, rácspadlós, speciális tenyészketrecekben. Egy pár nyúl 150 cm széles, 100 cm mély és 85 cm belmagasságú, rácspadlós ketrecben kapott helyett, amelynek 3 oldala tömör, míg az eleje rácsosított. A belső részben egy-egy kisebb, búvó nyílással ellátott, ún. intim bokszt került kialakításra, ahol az állatok pihenni tudtak és ide került elhelyezésre az önetető is. A frontoldali rácsra lett elhelyezve a szénaadagoló és a palackos önitató is. A tenyészpárok legkésőbb minden év január közepéig kerültek elhelyezésre az említett bokszokba. A törzsesítéskor és azt követően 2 héttel az állatok telepspecifikus vakcinát kaptak. 2015-től *Pasteurella multocida* és *Bordetella bronchiseptica* inaktivált, míg

2019-től *Clostridium perfringens* inaktivált levestenyészetből készült vakcinával lettek leoltva a nyulak. Az utóbbi kórokozóval szembeni oltást az alap immunizálást követően, a szaporodási időszakban másfél havonta adtuk a nőtényeknek.

A nyulak etetésére házinyulaknak készült nyúltápot adtunk, jó minőségű réti széna kiegészítéssel és ad libitum víz biztosításával. Az etetést és az itatást naponta végeztük, amikor az állomány ellenőrzése is történt. A ketrecek alatt felgyűlt trágya egy-két havonta lett kihordva.

A vizsgálatokat 2017-től kezdtük, amikortól a tetemeket naponta, az etetéseket megelőzően gyűjtöttük és azokat az Állatorvostudományi Egyetem Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszékén boncoltuk fel a szakma szabályai szerint. Az elváltozást mutató szervekből kis darabkákat 10%-os formaldehid-oldatban való rögzítés, majd paraffinba ágyazás után lemetszettük és hematoxin-eozinnal megfestettük. Az elhullott nyulak májából, vékony- és vastagbeléből véresagar és Drigalszki táptalajokra leoltottunk és azt 24 órán keresztül 37°C-os termosztátban inkubáltuk. Az izolált kórokozókat a telepmorfológia, a növekedési és biokémiai tulajdonságaik alapján határoztuk meg. Parazita fertőzöttség gyanúja esetén a végbélből vett bélsármintából az egyetem Parazitológiai és Állattani Tanszékén felszindúsításos, ülepítéses és lárvazolálásos technikával igyekeztünk a parazitákat kimutatni. Vírusfertőzés gyanúja esetén a nyúltetemek egyes szerveiből, illetve az elváltozott szervekből kis darabkákat laboratóriumba küldtük PCR vizsgálatra az Állatorvostudományi Egyetem Patológia Tanszékére.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

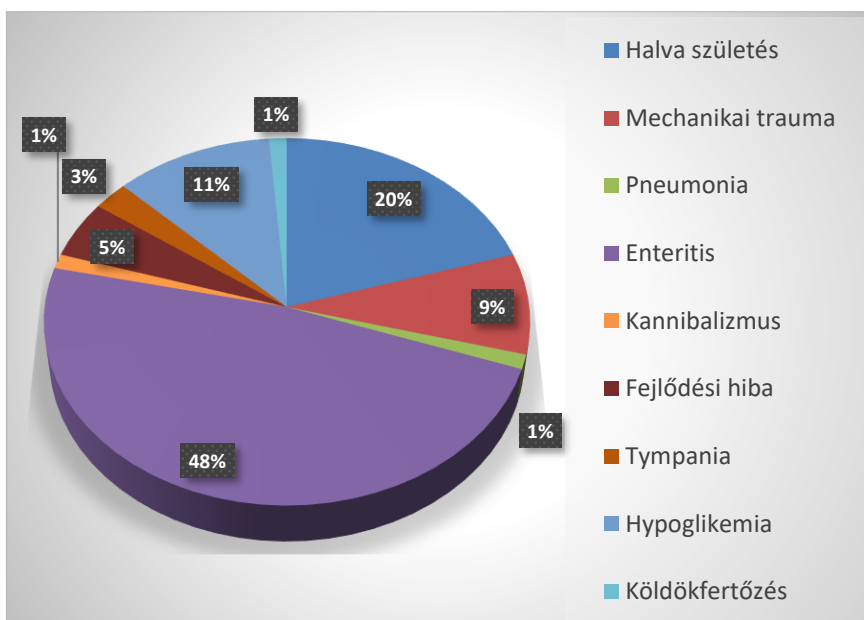
A 2017-2023 évek között zajló 7 éves periódusból az 1. táblázatban összegeztük a tenyészetben a tenyész nőtények számát és az egyes számított reprodukciós mutatókat, illetve az elhullás mértékét.

1. táblázat: A vizsgálatban szereplő tenyészetben tett reprodukciós és mortalitási megfigyelések 2017-2023 között

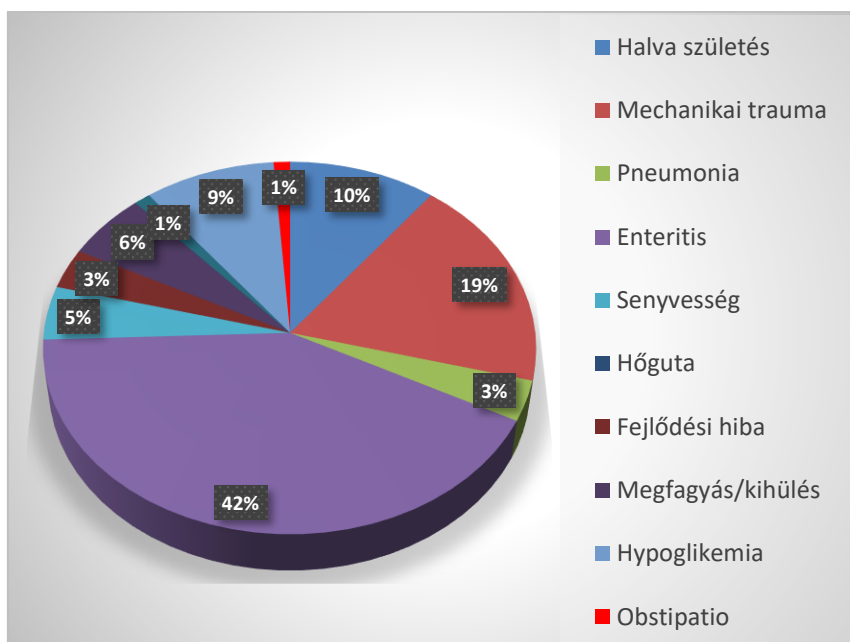
|              | Összes nőstény (db) | Meddő nőstény (db) | Született kölyök (db) | Elpusztult kölyök (db) | Választott kölyök (db) | Elhullási % | Alomszám (db) | Termékeny nőstény/<br>született kölyök (db) | Termékeny<br>nőstény/választott (db) | Kölyök/alom (db) | Vetélés (db) |
|--------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------|---------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|------------------|--------------|
| 2017         | 25                  | 2                  | 292                   | 107                    | 185                    | 36,6<br>4   | 111           | 12,6<br>9                                   | 8,04                                 | 2,63             | 1            |
| 2018         | 25                  | 2                  | 309                   | 109                    | 200                    | 35,2<br>7   | 119           | 13,4<br>3                                   | 8,69                                 | 2,59             | 2            |
| 2019         | 25                  | 2                  | 301                   | 150                    | 151                    | 49,8<br>3   | 111           | 13,0<br>8                                   | 6,56                                 | 2,71             | 3            |
| 2020         | 20                  | 3                  | 206                   | 93                     | 113                    | 45,1<br>4   | 71            | 12,1<br>1                                   | 6,64                                 | 2,9              | 2            |
| 2021         | 28                  | 5                  | 204                   | 92                     | 112                    | 45,0<br>9   | 86            | 8,86                                        | 4,86                                 | 2,37             | 2            |
| 2022         | 15                  | 3                  | 111                   | 46                     | 65                     | 44,0<br>0   | 42            | 9,25                                        | 5,41                                 | 2,64             | 0            |
| 2023         | 19                  | 3                  | 129                   | 45                     | 85                     | 34,8<br>8   | 66            | 8,06                                        | 5,31                                 | 1,95             | 4            |
| Összes<br>en | 15<br>7             | 20                 | 155<br>2              | 642                    | 911                    | 41,6<br>6   | 606           | 11,3<br>2                                   | 6,64                                 | 2,56             | 14           |

A vizsgálati periódusban 137 termékeny nősténynyúl 606 almot vetett, amiben összesen 1552 kölyök látta meg a napvilágot. A választásig (3 hetes kor után, de egy hónapos kor előtt, általában 24-28 napos kor közöttig) összesen 642 kölyök pusztult el különféle okok miatt. Az első élethónapi mortalitás a 7 év átlagát tekintve 41,66%, amiben évenként jelentős eltérések (2019-ben 49,83, míg 2023-ban 34,88) voltak.

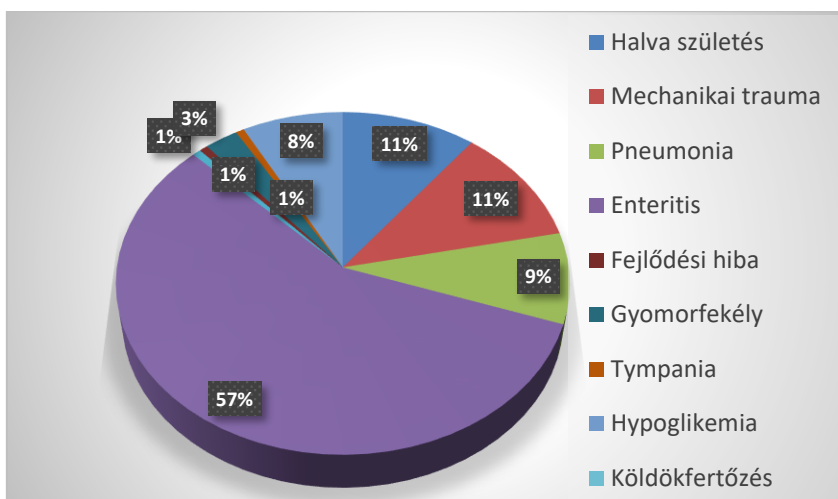
Az elhullási okok diagnosztikai boncolással és kiegészítő vizsgálatokkal való meghatározása során kapott eredményeket az 1-7. *diagramm* szemlélteti.



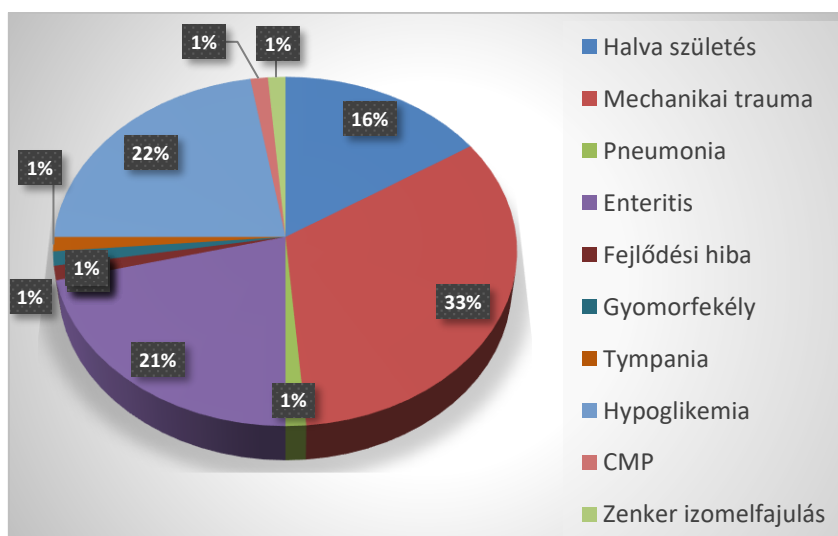
1. diagram: A 2017-es évben megfigyelt kölyök elhullási okok megoszlása megoszlása (n=79)



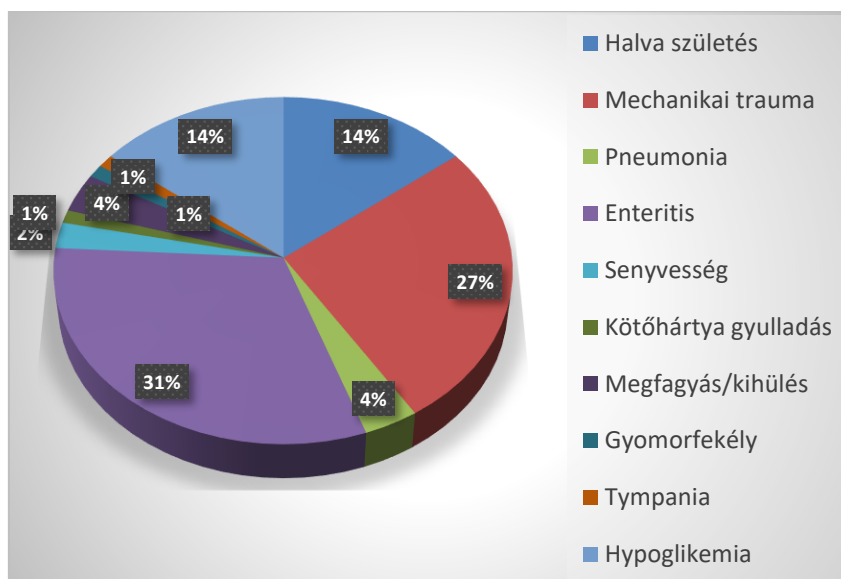
2. diagram: A 2018-as évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=86)



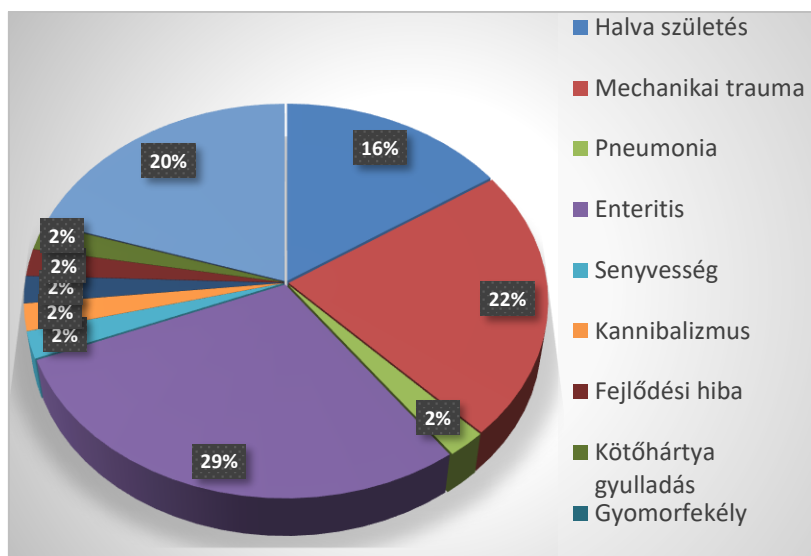
3. diagram: A 2019-es évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=152)



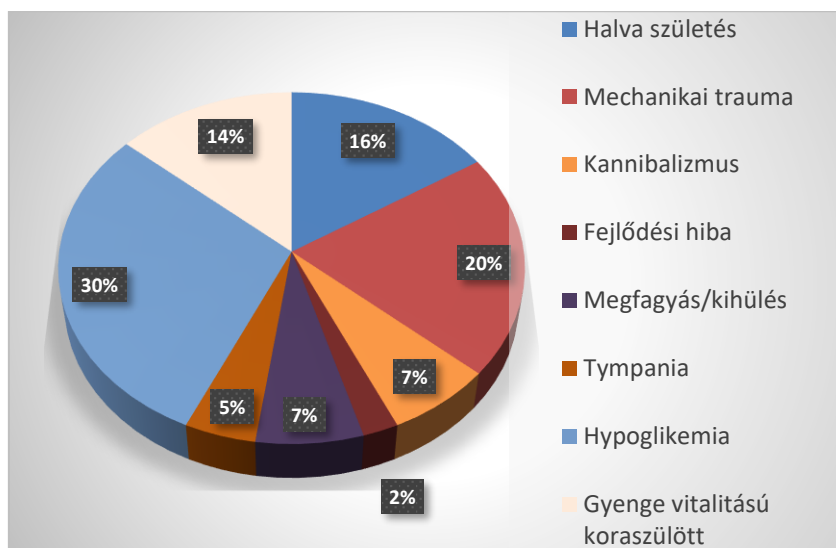
4. diagram: A 2020-as évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=76)  
(CMP=cardiomyopathia)



5. diagram: A 2021-es évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=83)



6. diagram: A 2022-es évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=45)

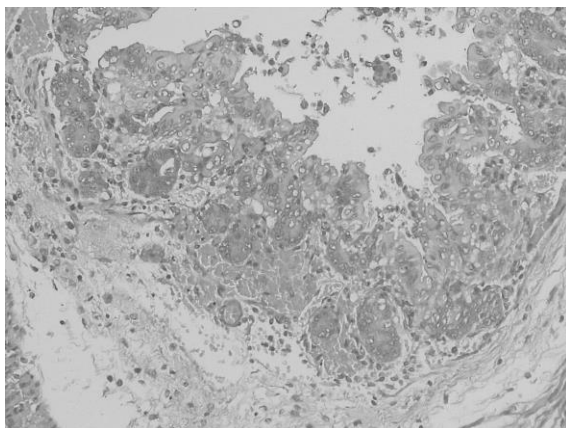


7. diagram: A 2023-as évben megfigyelt kölyök elhullási okainak megoszlása (n=44)

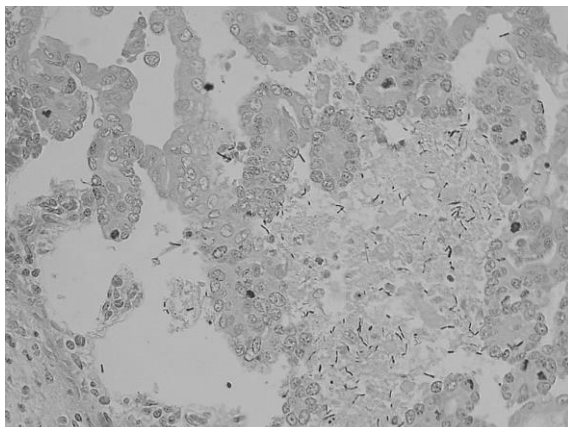
A fertőző okok közül, ahogy a korábbi, előzetes hazai (6) és az olaszországi (10) tanulmányban is a leggyakoribb kórtani elváltozás az akut **enteritis** volt (1-3. ábra), aminek során a 3. napos és 14-15. napos életkor között a vékony és a vastagbél falának ödémája mellett, a nyálkahártyában vérzéseket és felhígult béltartalmat lehetett megfigyelni. A boncoláskor a nyulak gyomra a legtöbb esetben tejfel kitöltött volt.



1. ábra: Akut enteritis 8 napos mezei nyúlban

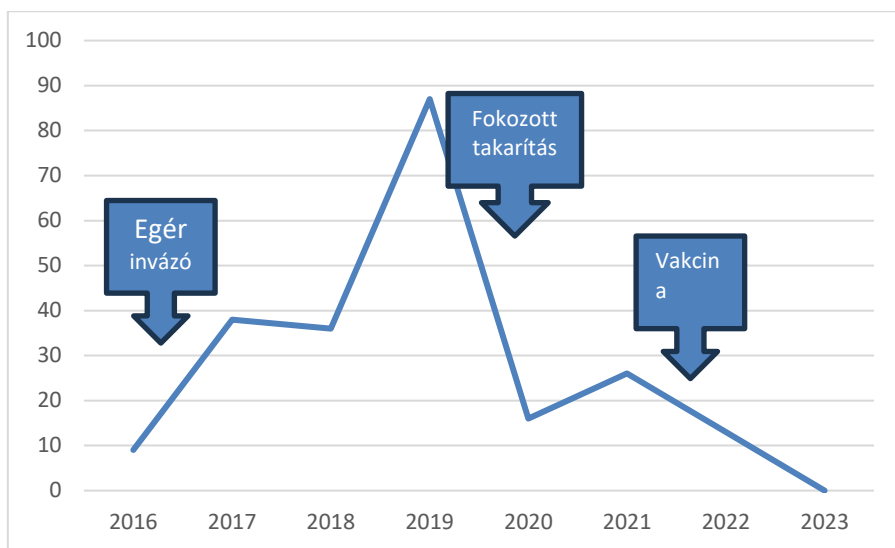


2. *ábra*: Akut, vérzéses jellegű enteritis szövettani képe (festés: H. E., nagyítás: 100x)



3. *ábra*: *Clostridium perfringens* baktériumok a béltartalomban (festés: Brown-Ben, nagyítás: 100x)

Az anaerob baktériumtenyésztés során a béltartalomban *Clostridium perfringens* került izolálásra. Az első eseteket 2016-ban figyeltük meg (6), amikor egy erős egér invázió sújtotta a tenyésztelepet. Az ezt követő években, ahogy 2017-2019 között drasztikusan megemelkedett az elhullás mértéke (1. grafikon és 1-7. diagram). A béltartalom parazitológiai vizsgálata minden egyedben negatív eredményre vezetett.



1. grafikon: A tenyészetben az enteritis előfordulásának gyakorisága évenkénti alakulása

A kisnyulak a *Clostridium perfringens* spórákat a környezetből, a tenyészetrec rácozatáról vagy az oldalfalokról vehetik fel. A baktérium esetenként már az első szopás alkalmával bejut a gyomorba. A gyomor- és béltartalom megfelelő közeget jelent a kórokozó gyors felszaporodásához és az általa termelt exotoxinok okozzák a bélfalban a vizenyőt, a vérsjtek kilépését a vérerekből és a bélhám károsodását is.

Felismerve az enteritis hátterének okát, 2019 második felétől a tenyészetrec padozatát és határoló falait a fialás előtti napokban gázlánggal égettük le. Ennek hatására visszaesett kölykök *Clostridium perfringens* okozta enteritisből eredő elhullása, de még így is magasnak (2020-ban 21%, 2021-ben 31%, 2022-ben 29%) bizonyult. A 2022-es év végén telep specifikus vakcinával immunizáltuk a tenyész-állományt, amit 1,5-2 havonta megismételve a 2023-as szaporodási szezonban teljesen megszűnt a *Cl. perfringens* miatti megbetegedés és elhullás. Hasonló megfigyelést tett az olaszországi tanulmány szerzője is (10).

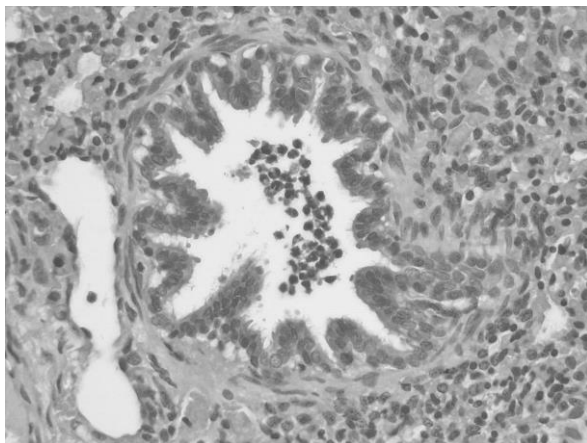
A diagnosztikai vizsgálataink során a vizsgált éveket tekintve alacsony százalékban (1-3%), de a 2019-es évben kiugróan megemelkedő mértékben (11%) fordult elő (2. grafikon) a heveny hurutos-gennyes jellegű **pneumonia** miatti veszteség. A boncolások alkalmával a tüdő lebenyeiben, különösen gyakran a csúcslébenekben körülírtan, néha a teljes lebenyre kiterjedten, élénk vörös, gyulladásos területek látszottak (4-5. ábra). Kísérő jelenséggént savós-hurutos rhinitis és az esetek közel felében savós kötőhártya gyulladás is megfigyelhető volt, amihez hasonló adatokat olvashatunk a szakirodalomban is (2, 3, 10).

Az elváltozott tüdőterületből végzett aerob baktériumtenyésztés eredményeként *Pastuerella multocida* baktériumokat lehetett kimutatni mindegyik érintett mezei nyúl kölyökben.

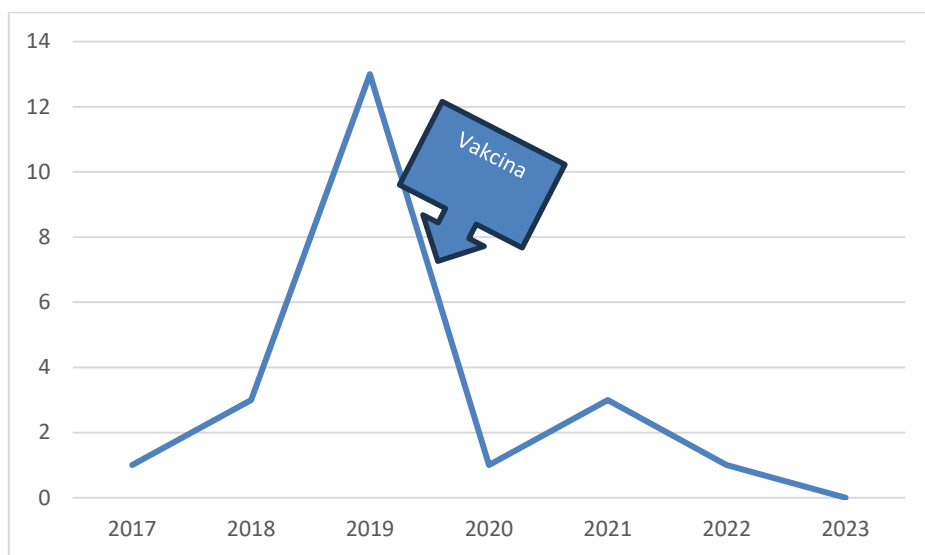
A kölykök vélhetően a felnőttekkel való kontaktus (anya szoptatása) alkalmával fertőződhetek meg a baktériumokkal. A kórkép a szaporodási szezon vége felé, általában augusztus hónaptól volt a gyakoribb az állományban, amikor a szélsőségesebb hőmérsékleti értékek gyakrabban érték a nyulak szervezetét, mintegy hajlamosító tényezőként érvényesülve. A 2019-es tenyész-szezongig fokozatosan emelkedő esetszámok után, a 2020-as szaporodási ciklus előtt telepspecifikus, inaktivált vakcinával oltottuk be a párokat 2 hetes időközzel, két alkalommal 1-1 ml-es adagokat használva. A következő évekre jelentősen csökkent, 2023-ban pedig teljesen megszűnt a kórkép okozta veszteség.



4. *ábra:* Hurutos jellegű gyulladás 1 hetes mezei nyúl tüdejének csúcslebenyében



5. *ábra:* Heterophil granulocyták a bronchiolusok üregében (festés: H. E., nagyítás 100x)



2. grafikon: A tenyészetben a pneumonia alakulása

A nem fertőző eredetű elhullási okok között a **halvaszületés** évenként eltérő mértékben (10-20% között) fordult elő, ami a legtöbb esetben a szezon elején volt megfigyelhető az első éves nőtényekben és általában az egész alomra vonatkozóan. Az érintett kisnyulakban tüdő légtelensége (atelectáziája) volt megfigyelhető (6. ábra). Teljes légtelenséget lehetett igazolni, az ún. úsztatási próba során, amikor a vízbe dobott tüdőrésztlet elsüllyedt.

A boncolt kölykök megfelelő tömeggel születtek, bennük a tüdő diffúz légtelenségén kívül más kórtani elváltozást nem lehetett kimutatni, és kórokozót sem tudtunk izolálni a szervekből. Ezeknek a kölyköknek a gyomra magzatvízzel volt telt.



6. ábra: Magzati tüdő atelektasia halvaszületett kölyökben

Feltételezzük, hogy a szezon elején a fiatal nőtények szülőcsatornája még nem tágul fel olyan mértékben, mint a többet ellett egyedek esetében. A hevesen udvarló, vehemensen párzó bakok is okozhatják a méhben a kölykök elhullását, ami után röviddel világra is jönnek.

A diagnosztikai vizsgálatok alkalmával, évenkénti eltérésben, 8-30%-os gyakorisággal figyeltünk meg elhullási okként eléhezésből kialakult vércukorszint leesést (*hipoglikémiát*). Ez főleg az első éves nőtények esetében volt megfigyelhető, ahogy korábbi munkánkban is leírtuk (6) és főleg a szaporodási szezon elején. Az elhullott kis nyulak boncolásakor a gyomor üres és a test élettani barna zsírszövetraktárai (a nyak-, a lapocka- és a mellső végtagok tájékain) teljesen kiürülnek (7. ábra).



7. ábra: Tejhiányban a kölyök gyorsan feléli a barna zsírszöveti raktárait (bal oldal)

Ha észreveszük a klinikai tüneteket (borzolt szőrzet, hunyorgó tekintet, később pedig elfekvő, úszó-kúszó mozgás, ataxia, végül pedig kóma) glükóz infúzió adásával a vércukorszint helyreállítható, de ezeknek a kölyköknek a mesterséges felnevelése csak kivételesen ritkán sikerül.

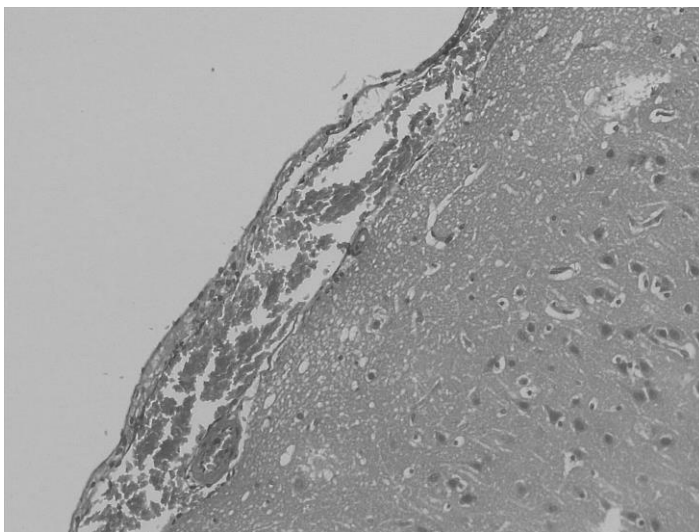
A vizsgált tenyészetben évenként eltérő gyakorisággal, 9-30%-ban, különféle eredetű **mechanikai traumákkal** lehetett találkozni. Az ilyen eredetű elhullásokat nemzetközi tanulmányokban is jelentősnek találták (8, 10). A vizsgált tetemekben a testüreget ért tompa mechanikai behatásra a mellüregben és/vagy a hasüregben alakult ki fatális vérzés a parenchymás szervek, előbbinél a tüdő, utóbbinál a máj repedése nyomán. A fejet ért behatások is fatális kimenetelűek lehetnek, pedig ilyen esetekben sokszor csak a bőralatti kötőszövetben lehet vérzéseket megfigyelni (8. ábra). Az elváltozást szinte kizárólag a fiatal tenyészpárok ketreceiben észleltük. Úgy tűnik az idősebb, 2-3 tenyész-szezont megélt nyulak jobban megszokják a ketreces tartásban a gondozás okozta zavaró hatásokat. Azokban az években, amikor alacsonyabb volt a mechanika sérülésből eredő

elhullás, inkább nappal, a dél körüli időszakban volt az állatok ellátása. Voltak olyan évek, amikor a munkálatokat este, napnyugta közelében vagy kevéssel az után végeztük, de ekkor tapasztaltuk a nagyobb mértékű veszteséget. Ennek okára a faj etológiai, viselkedési szokásaiban lehet magyarázatot találni, miszerint a kölykök este válnak aktívvá és mozognak a ketrecekben, s ilyenkor az esetleg megriadt, egyébként is aktívabbá vált szülők könnyen rájuk léphetnek. Ezt a veszteséget az egészen fiatal, pár napos kölykökben diagnosztizáltuk. Valószínű, hogy 5-6 napos kor után már könnyebben ki tudnak térni a kis nyulak a megriadt szülők tiprása elől.

A környezeti ártalmak közül a hőmérséklet szélsőséges eltérései is okozhatnak mortalitásemelkedést. A vizsgálati periódusban egy alkalommal figyeltünk meg *hőgutúra* utaló elváltozásokat (a szervek, elsősorban a tüdő és a máj súlyos fokú bővérűségét, az agyburkok véreinek a kitágulását, szövettani vizsgálattal pedig pericellularis és perivascularis vizenyőképződést az agyvelőben, valamint az agyburkok bővérűségét) (9. ábra), amikor a nyári hőségnapok kialakultak. Megfigyelésünk szerint a mezei nyulak – éppen azért, mert a tenyészketrecek rácspadlósak és a front részt is rácszat alkotja, ami jó átszellőzik – igen jól átvészelik a hőhullámokat. Tompítja a forró nyári napok negatív hatását, ha a tenyészet ketreceit fák alá helyezzük el.



8. ábra: Mechanikai traumát követően kialakult vérzés a bőr alatti kötőszövetben kölyök nyaktájékán



9. *ábra*: Pericellularis vizenyő és az agyburkok bővérősége hűgútában elhullott nyúlban. (festés: H. E., nagyítás 100x)

A hideg (télien  $-5^{\circ}\text{C}$  alatti hőmérséklet) nagyobb veszteségeket okozott a szezon elején születő almokban. **Megfagyást** 2018-ban, 2021-ben és 2023-ban állapítottunk meg. Az ilyen eredetű elhullás kialakulásához fagyos éjszaka szükséges, amikor közvetlenül a megszületés után a kölyök hirtelen kihűl és megfagy. A kórbonctani vizsgálat során a tüdő élénk téglavörös, jól átszellőzött, de a gyomor magzatvízzel telt. Itt jegyezzük meg, hogy megszületés után a kisnyúl, ha teheti, rövidesen szopni kezd és a méhben, a magzati élet vége felé nyelt amnion folyadék keveredik a tejjel. A kihűlés és megfagyás kóroki diagnózisának a felállításához a környezeti tényezőket (éjszakai fagyos periódusok meglétét) is ismerni kell.

A vizsgálati időszak alatt egy-két évente egy-egy esetben találkoztunk a szülők agresszív, támadó viselkedéséből eredő sérülésekkel és a kölykök elhullásával. Hasonló megfigyeléseket olaszországi tenyészetben is tettek (10). **Kannibalizmus** is felléphet közvetlen a születés után, amikor gyakran az anya rágja meg az utódokat a felfokozott ápolási viselkedése miatt. A későbbiekben, elsősorban a választási korhoz közeledve találkoztunk még ezzel a jelenséggel, amikor a tejet követelő kölykökre támad rá az anya vagy gyakrabban a bak. Ilyenkor a test bármelyik részén harapott, szakított folytonossági hiányok lehetnek a köztakarón (10. *ábra*). A támadó magatartást mutató példányokat a tenyészetből szisztematikus szelekcióval lehet kiemelni.



10. *ábra*: Kannibalizmusból eredő sérülések 4 napos mezei nyúl kölykőn

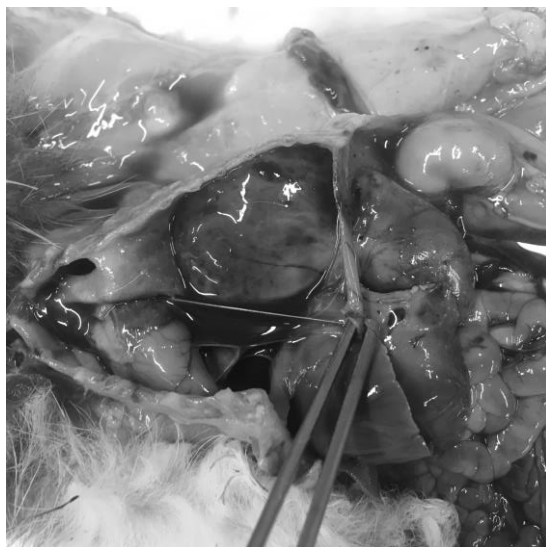
A különböző testrészeket érintő **fejlődési rendellenességek** 2017-ben 5%-ban, 2018-ban 3%-ban, majd további két éven át 1-1%-ban lettek megállapítva. Ezek közül gyakoribbak a lábat érintő hibák (11. *ábra*), de előfordult microphthalmia (12. *ábra*) és rekesz sérv (13. *ábra*) is.



11. *ábra*: Hibásan fejlődött mellső lábak



12. ábra: Unilateralis microphtalmia

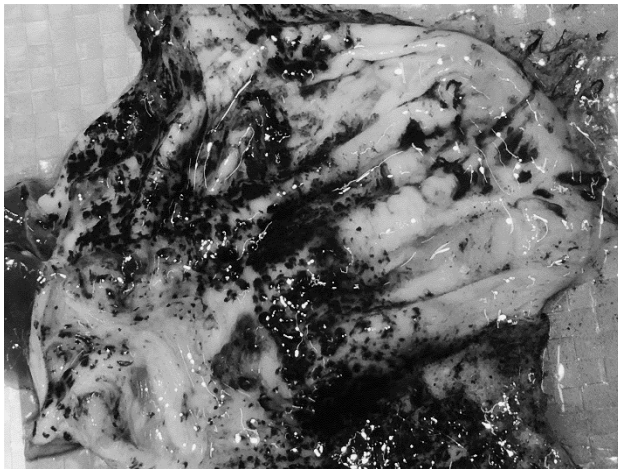


13. ábra: A rekeszen veleszületett folytonossági hiányán át a gyomor nagy része a mellüregbe került

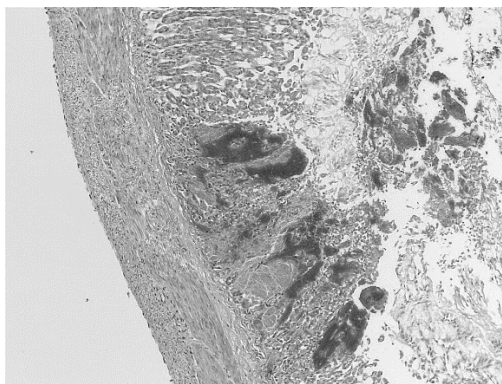
Irodalmi adatok szerint házinyúlban (*Oryctolagus cuniculi*) a fejlődési hibák jó része recesszíven öröklődő genetikai hiba (11). A problémának vélhetően a mezei nyúl esetében is genetikai háttere van. Ennek megfelelően a tenyészetben a fejlődési hibákat mutató kölykök szüleit - és rokonait is - kisselektáltuk, aminek eredményeként az adatgyűjtésünk második szakaszában már nem talákoztunk ezzel a problémával.

A vizsgálati időszakban a tetemek boncolása alkalmával évenként eltérő gyakorisággal (1-3%) lehetett **gyomorfekélyt** megfigyelni (14-15. ábra). Ilyenkor a gyomorban feketés színű tartalmat, a nyálkahártyán pedig finom eróziókat és/vagy nagyobb kiterjedésű,

sokszor a nyálkahártya redők élére lokalizálódó, szabálytalan fekélyeket lehetett megfigyelni. Ennek pontos hátterét nem sikerült feltárni, de feltételezhető az anya nem megfelelő tejtermelése miatti éhezés, a takarmány gombatoxin tartalma vagy egyéb stresszhatás szerepe, ahogy az házinyúlban is előfordulhat (11).



14. ábra: Súlyos fokú gyomorfekély



15. ábra: A 14. ábrán látható gyomorfalból készült metszet (festés: H. E.)

A **tympania**, azaz a bélcsatorna felfúvódása évenként eltérő, 1-3% gyakorisággal fordult elő a kéthetesnél idősebb kölykökben. A boncoláskor a bélcsatorna egyes részei, elsősorban a vastagbelek, gázzal feszülésig teltek (16. ábra). A bélben a nyálkahártyáról vett kaparékban, mikroszkópos vizsgálat során igen nagy számban *Sacharomyces guttulatus* (17. ábra) alakokat lehetett kimutatni.



16. ábra: Vastagbelek tympaniája



17. ábra: *Sacharomyces guttulatus* a bél nyálkahártya kaparékból (natív kenet)

A sarjadzógombák felszaporodásához itt is, ahogy házinyulakban (11) szénhidrátokban gazdag béltartalom szükséges. Ilyenkor ezek túlszaporodva, a házinyúlban ismert mechanizmusoknak megfelelően jelentős mennyiségű gázt termelnek. A bélcsatorna üregének a tágulata jelentős hasüregi és áttételesen a mellüregre is áttevődő nyomásemelkedést szenved, ami végül is fulladásos halált okoz.

Összességében a mezei nyúl zárttéri tenyésztése megoldható, a faj eredményesen tenyészthető, de nagy gondoskodást és odafigyelést igényel. A fiatalok elhullási okok egy része a higiéniai rendszabályok megtartásával és prevencióval (telepspecifikus vakcinák használata), az állomány szelekciójával és nagy gondossággal kivitelezett takarmányozással jól kivédhetők. Adataink és megfigyeléseink hazai-, de nemzetközi viszonyok között is egyedülálló módon járulnak hozzá a mezei nyúl zárttéri tenyésztésének technológiai finomításához. Ugyanakkor az adatainkkal cáfolni tudjuk azt a szóban gyakran, de írott anyagokban is fel-fel bukkanó állítást, miszerint a mezei nyúl zárt térben nem tenyészthető. A szaporítás megoldható, s nagy gondossággal és odafigyeléssel megfelelő eredmények érhetők el.

# IRODALOMJEGYZÉK

1. Faragó S.: Vadászati állattan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 2002. 250-259.
2. Gál J.: A Lajta-Hanság mezei nyúl állományának vizsgálata különös tekintettel annak állategészségügyi helyzetére. PhD értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási Intézet. 2006. 1-109.
3. Gál J.: A mezei nyúl zárttéri tenyésztés buktatói. Plovincka Konferencia – Vadász Konferencia. Alsóhatár – Szlovákia. 2019. február 9.
4. Gál J. – Marosán M.: A mezei nyúl jelenlegi és jövőbeni helyzete állategészségügyi szempontból. V. Fácánnevelési Szakmai Nap. Kecel. 2019.
5. Gál J.: Mezei nyulak (*Lepus europaeus*) vérzéses betegsége (European Brown Hare Syndrome) Magyarországon. Magyar Állatorvosok Lapja. 2006. 128(6). 375-378
6. Gál J. – Vadváriné Gál É. – Tóth T. – Halász G. – Zsizs Á.: Zárttéri mezei nyúl (*Lepus europaeus*) tenyésztésben a kölykök elhullási okainak vizsgálata 2017-2019 között. A hazai vadegészségügy és vadgazdálkodás aktuális kérdései. Konferencia. Budapest. 2023. március 30.
7. Kovács Gy. – Heltay I.: A mezei nyúl. Hubertus Bt. Budapest. 1993. 1-177.
8. Lukesova G. – Voslarova E. – Vecerek V. – Nenadovic K.: Cause of admission and outcomes of brown hare (*Lepus europaeus*) leverets at wildlife rescue center in the Czech Republic. BMC Veterinary research. 2022. 18. 38-44.
9. Misiorowska M. – Wasilewski M.: Survival and cause of death among released brown hares (*Lepus europaeus*) in central Poland. Acta Theriologica. 2012. 57. 305-312.
10. Rigo N.: Analisi delle prestazioni produttive e della mortalità in un allevamento di lepri del nord Italian el biennio 2010-2011. Tesi di laurea. Università Degli Studi di Padova. Padova. 2011. 1-100.
11. Vetési F.: Házinyúlégészségtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1990. 1-235.



## MAGYARORSZÁGON ÉLŐ PANNON MÉH CSALÁDOK GENETIKAI ÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA MOLEKULÁRIS MARKEREK ALAPJÁN

BALÁZS RÉKA<sup>1,3</sup> – EDVINÉ-MELEG ERIKA<sup>1,3</sup> – HIDAS ANDRÁS<sup>2,3</sup> – ZAJÁ CZ EDIT<sup>3</sup> – RÁCZ TIMEA<sup>3</sup> - PÁLINKÁS-BODZSÁR NÓRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

2100 Gödöllő, Páter Károly út 1.

<sup>2</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet  
2100 Gödöllő, Páter Károly út 1.

<sup>3</sup>Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Haszonállat Génmegőrzési Intézet  
2100, Gödöllő, Isaszegi út 200.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A mézelő méh számos alfaja ismert szerte a világon. Magyarországon ma kizárólag a pannon méh (*Apis mellifera carnica pannonica*) tenyészthető, mely 2012 óta államilag elismert fajta. Számos, a méhek egyedi szaporodásbiológiai és genetikai tulajdonságainak vizsgálatára irányuló kutatás folyik, így támogatva többek között a génmegőrzést is. A genetikai diverzitás csökkenése a méhekre nézve különösen kritikus, hiszen az ivari allélok homozigóta formája letalitást okoz, így a sokféleség fenntartása még fontosabb. Ugyanakkor felmerül a kérdés, hogy egy adott pillanatban felmért genetikai változatosság meddig aktuális, ezért megvizsgáltuk egy-egy méhcsalád genetikai összetételének változását egy szezon alatt. A mintavétel az NBGK-HGI által kezelt állományokból történt, melyeket mikroszatellit marker analízissel jellemeztünk. Eredményeink szerint egy adott időpontban felmért genetikai diverzitás relevánsnak mondható, amíg semmilyen tervezett, vagy nem várt külső hatás nem éri a családokat.

### INVESTIGATION OF THE GENETIC COMPOSITION OF PANNONIAN BEE FAMILIES IN HUNGARY BASED ON MOLECULAR MARKERS

#### ABSTRACT

Many subspecies of the honey bee are known from all over the world. In Hungary today, only the Pannonian bee can be bred, which has been an officially recognised breed since 2012. Several studies can be found in the literature which investigate their unique reproductive biology and genetic traits; that support gene conservation. The decrease of

genetic diversity is particularly critical for bees, as the homozygous form of sex alleles causes lethality; therefore in this case maintaining diversity is even more important. However, the question is how long the genetic variation measured at a given moment is valid, so the change in the genetic composition of a bee family was investigated over a season. Samples were taken from colonies maintained by NBGK-HGI and were characterized by microsatellite marker analysis. Our results show that the genetic diversity assessed at a given point in time can be considered relevant as long as the populations are not affected by planned or unexpected external influences.

## BEVEZETÉS

### *Mézelő méh populációk helyzete a világon*

A méheknek hatalmas jelentőségük van a szárazföldi ökoszisztémákban a vadon élő és a mezőgazdasági növények beporzása által (Klein *et al.*, 2007). Az *Apis mellifera* hasznosítását a mezőgazdaság korai kezdetére, a neolitikus földművelő közösségekhez kötik (Roffet-Salque *et al.*, 2015). A termékeiket, úgymint a méhviaszt, a méhpempőt, a mézet, a méhmérget és a méhkenyerét napjainkban is hasznosítja az ember.

Ugyanakkor a méhek pusztulásáról a világ számos területéről lehet hallani, például Európából és Amerikából. Hazánkban néhány permetezőszer betiltásra is került védelmük érdekében (NÉBIH, 2012). A peszticideken kívül más negatív hatások is csökkenthetik a méhállományokat, mint a különböző méhbetegségek (Noël *et al.*, 2020), a természetes élőhelyeik egyre nagyobb mértékű csökkenése (Zayed, 2009), az éhezés, illetve a kedvezőtlen téli időjárás. Utóbbi kettő tényező hatása mérsékelhető a megfelelő méhészeti beavatkozásokkal, így például a kaptárak téli becsomagolásával, kiegészítő takarmányozással, és a megfelelő szellőzés biztosításával, csökkenthető a téli veszteség (vanEngelsdorp *et al.*, 2010).

A mézelő méhfajták megőrzését, védelmét nehezíti, hogy nem kontrollálható, hogy milyen fajta herékkel párzik a méhanya, ugyanis az anyabölcső elhagyását követően kirepül, és az akár 15 km távolságban lévő here-gyülekezőhelyen több hímmel is párzik (Jensen *et al.*, 2005). A kirepülések számát több tényező befolyásolja, például a környezet vagy a sikeres párzások száma (Heidinger *et al.*, 2014). A kaptárba visszatérve az anya a magtárisznyájába (spermatheca) elraktározza a spermiumokat, melyek egy részét az élete folyamán a peterakáshoz felhasználja (Ruttner & Koeniger, 1971).

A peterakás a párzást vagy inszeminálást követő 3-33 nap után kezdődik el (Gerula *et al.*, 2012), és onnantól naponta akár 1500 petét is rakhat az anya (Kocher *et al.*, 2010). Egy család egy méhanyából, 10.000-80.000 dolgozóból, és aktív időszakban (tavasz-nyár vége) néhány ezer heréből áll (Vékey, 1984). Genetikai sajátosságuk, hogy a herék haploidok, vagyis egyszeres kromoszóma készlettel rendelkeznek ( $n=16$ ). Az általuk termelt spermium genetikai anyaga átfedésben van az anyáéval, így annak genotípusára következtetni lehet a herék vizsgálatából. Az anyák és a dolgozók diploidok, ami azt jelenti, hogy kétszeres kromoszóma szerelvényük van ( $2n=32$ ) (Beye *et al.*, 2003). A dolgozók genetikai anyaga egyaránt tartalmazza az anyai és apai oldal örökítő anyagát.

Azonban a szakirodalmi források (*Estoup et al.*, 1994, *Kryger et al.*, 2000, *Jensen*, 2005, *Kryger & Moritz*, 1997, *Tarpy et al.*, 2004) és a szakmai vélemények (*Szalainé et al.*, 2008) eltérnek egymástól a tekintetben, hogy a különböző heréktől származó spermiumok az anya magtarisznyájában keverednek-e a raktározás során, vagy külön-külön tárolódnak a párást követően, így a herék egymás után járulnak hozzá az utódnemzéshez. Az állományok fenntartása tenyésztői és génmegőrzési szempontból is érdekes és nehézkes, mivel egy-egy család genetikai összetétele folyamatosan változhat.

Magyarországon az elmúlt 10 évben nem volt megfigyelhető csökkenés a méhészetek és a méhcsaládok számában, illetve az átlagos méhsűrűség tekintetében (*Bross*, 2023). Azonban, ahogy más állatfajoknál, a mézelő méhek esetében is nagy veszélyt jelent a genetikai sokféleség csökkenése. *Themudo és munkatársai* (2020) múzeumi gyűjteményekben tárolt európai méheket hasonlítottak össze a napjainkban is élő méhekkel. A vizsgálat során megállapították, hogy a ma élő méhek genetikai diverzitása csökkent az egyes evolúciós vonalakban a múlt századi állományokhoz képest. Komoly problémát jelenthet a genetikai sokszínűségük csökkenése, mert a mézelő méh (*Apis mellifera*) esetében a nemet az ivari allél száma és homo/heterozigóta formájú megjelenése határozza meg. Ugyanis, ha az egyed diploid és az ivari alléljai homozigóták, akkor herévé fejlődik (*Beye et al.*, 2003), amely általában életképtelen vagy steril lesz (*Heimpel & de Boer*, 2008). Korábban 19 félé ivari allélt írtak le (*Glenn*, 2002), viszont lokálisan 53 félé, világ szinten 87 ivari allélt találtak a mézelő méhekben, azonban feltételezik, hogy az egész világon 116-145 félé létezik (*Lechner et al.*, 2014).

A diverzitás csökkenésének oka lehet a méhanyák teljesítőképessége alapján történő erős szelekció a herék figyelmen kívül hagyásával, illetve hogy a méhészetek nem képesek fenntartani a genetikai változatosságot fajtatiszta állományokban.

Továbbá nagy problémát jelent a nemzetközi kereskedelem, forgalomban lévő méhfajták, például az olasz méh (*Apis mellifera ligustica*) behozatala országunkba, hiszen képes az itthon honos pannon méhhez szaporodni. Péntek-Zakar és munkatársai (2015) a magyarországi állományoknál igazolták az olasz méh (*Apis mellifera ligustica*) (2,5%), a Buckfast-hibrid (*Apis mellifera buckfast*) (1,7%) és az északi méh (*Apis mellifera mellifera*) (2,2%) jelenlétét is.

## KUTATÁSI CÉL

A kutatás egyik fő célja, hogy felmérésre kerüljön a pannon méh genetikai diverzitása Magyarországon. Felmerült a kérdés, hogy ezek az eredmények, és a belőlük levont következtetések meddig lehetnek érvényesek, egy adott genotípus mennyire jellemez egy méhcsaládot. Ehhez szükség van a méhcsaládok genetikai szerkezetének, sajátosságainak vizsgálatára. Az egyes mintavételezési időintervallumokban detektált allélok megléte/hiánya, illetve változása jelezheti, hogy mennyi idő alatt cserélődik le, és mennyire homogén a dolgozói állomány, valóban egyféle genotípust termel-e a méhanya, továbbá, hogy a felmért genetikai diverzitás meddig aktuális.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Egy korábbi vizsgálatunk során, melyben a Nemzeti Biodiverzitás és Génmegőrzési Központ (NBGK) Méhészeti és Méhbiológiai Osztálya által kezelt pannon méhállományból 5 család vett részt (10 idős, 10 fiatal dolgozó és 10 here/ család), mikroszatellit markerek használatával megállapítottuk, hogy a herék jól mutatták az adott méhanya genotípusát. A családokon belüli egyedek átfedésben voltak egymással, ami az anya állandóságára utal. Ugyanakkor a herék esetében az allélszám a várt helyett 2 és 4 között változott, amiből arra következtettünk, hogy más kaptárból származó egyedek is bekerülhettek a vizsgálatba.

Emiatt újraterveztük a kísérletet, és az NBGK gondozásában lévő pannon méh fajta 35 családjának nyitott fiasításaiból (here és dolgozó lárva) végeztük el az ismételt mintavételezést jelen munkánkban, mellyel kiküszöböltük az idegen kaptárból származó dolgozók és herék bevonását (*1. ábra*).



1. *ábra*: NBGK által kezelt pannon méh fajta családjai

Ezen túlmenően nagyobb figyelmet fordítottunk a méhészeti gyakorlatban bevált méhcsaládok közti keretcserek elkerülésére, valamint az azonos korú egyedekből a mintavételek számát is megnöveltük. Tavasztól őszig háromhetente gyűjtöttük azokat, mivel a dolgozók 4-6 hétig élnek a nyári időszakban. A mintákat további felhasználásig -70 °C-on fagyasztva tároltuk.



2. ábra: Feldolgozásra váró dolgozó lárvá

Az utolsó minták beérkezését követően összegeztük az egyes méhcsaládokról készített évközi feljegyzéseket, hiszen csak azokat érdemes vizsgálni genetikai összetétel, illetve annak változása tekintetében, melyeket az év során semmilyen, vagy nagyon csekély külső hatás (például méhanya-váltás, rajzás) érintett. Ezen információk alapján 5 méhcsalád került kiválasztásra, melyek 5 mintavételt követően még értékelhető mennyiségű vizsgálandó egyedszámot tudtak nyújtani. Családonként és mintavételenként 8 dolgozó és 8 here álcát (lárva minta) dolgoztunk fel (2. ábra), ami a teljes vizsgálati időszakra számolva (5 mintavétel tavasztól őszig) összesen 304 méhmintát jelent, mind az 5 méhcsaládot figyelembe véve.

A dolgozó és here álcákból a genomi DNS izolálását *Latorre és munkatársai* (1986), *Péntek-Zakar* (2014) által módosított módszere alapján végeztük el, melyet a DNS koncentráció mérése (Thermo Scientific NanoDrop 2000c) és a minták 6 ng/μl töménységűre történő egalizálása követett. A mintákat 7 mikroszatellit marker segítségével genotipizáltuk, melyeket a szakirodalomból választottunk ki polimorfizmus információ tartalmuk alapján (*Estoup et al.*, 1993, *Estoup et al.*, 1995, *Garnery et al.*, 1998, *Solignac et al.*, 2003, *Techer et al.*, 2014).

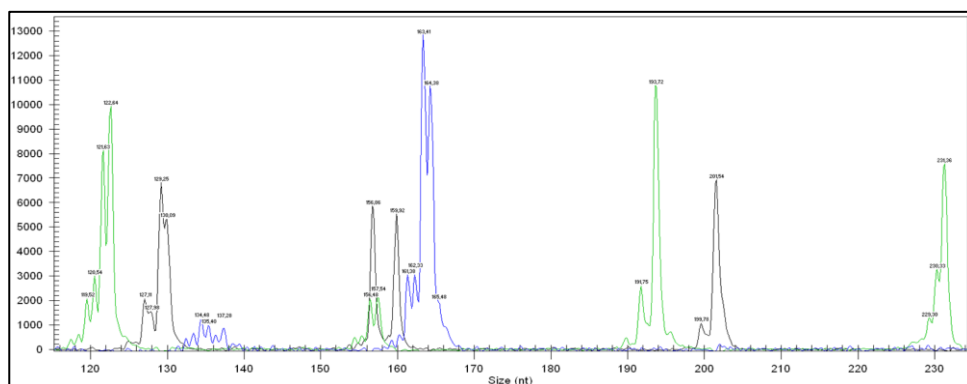
A vizsgálat idő- és költséghatékonyabbá tétele érdekében ún. farkas primereket használtunk. Ennek lényege, hogy nem közvetlenül jelölt primereket alkalmaztunk, hanem azok forward szekvenciáinak 5' vége elé egy 18 bp hosszúságú szekvenciát

illesztettünk, magát a farok szekvenciát pedig 3 eltérő fluoreszcens festékkel (WELL-RED) jelöltük (D2: fekete, D3: zöld, D4: kék). Így lehetőség nyílt megfelelő optimalizálással marker szett kialakítására PCR reakciókon belüli multiplexálással és/vagy a PCR termékek poolozásával, vagyis egyidejűleg több markerrel zajlott a genotipizálás.

A PCR termékek detektálása kapilláris gélelektroforézissel, Beckman Coulter automata DNS szekvenátor segítségével, az allélméretek meghatározása pedig 400 bp hosszúságú allél létra használatával történt, a gyártó leírása alapján.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az eredményeket a szekvenátor saját értékelő programja segítségével mintánként elemeztük (3. ábra).



### 3. ábra: A multiplex reakció mikroszatellit analízisének eredménye (allélméret: nt) egy minta esetén

A színek a fluoreszcens festékkel való jelölést prezentálják (D2: fekete, D3: zöld, D4: kék), a különböző magasságú csúcsok a fragmentek eltérő intenzitását jelzik.

A herék adataiból megállapítható a méhanya vélhető genotípusa, melyek a dolgozókra vetítve meghatározzák azok apai alléljait.

Az utolsó mintavételeknél, amikor már a méhek esetében az aktív időszak a végéhez közeledik, nincs herefiasítás, ezért egyre kevesebb here álca volt elérhető és gyűjthető. A mintaszám csökkenése ellenére, eredményeink alapján, miszerint a herék jól tükrözték a méhanya genotípusát, mégis úgy gondoljuk, hogy releváns információkat kaptunk a genetikai összetételről, illetve annak változásáról (1. táblázat).

Az eddigi eredmények azt sugallják, hogy a here egyedek alléljai nem változtak az egyes mintavételek során, így feltételezhetően ugyanattól a méhanyától származtak egy családon belül, akárcsak a dolgozó méhek. Kivételt egy család jelentett, ahol a 4.

mintavételtől kezdve új allél jelent meg a génkészletben, ebben a családban feltételezhetően új anya kezdte el a petézést.

Az utódnemzedék kialakításában a teljes, általunk vizsgált időszakban minimum 6-7 különböző herétől származó spermium vett részt. A szakirodalom szerint átlagosan 12 here párizik egy anyával (*Tarpy et al.*, 2004), de az apák száma a 12-24-et is elérheti (*Estoup et al.*, 1994, *Kryger et al.*, 2000, *Jensen*, 2005, *Kryger & Moritz*, 1997). Egy-egy mintavételi időpontban minimum 3-6 herétől származtak a dolgozók.

Ugyanakkor az apák utódnemzésben való részvétele eltérő volt a különböző mintavételi időpontokban, aminek oka esetünkben lehet akár a kevés vizsgált elemszám, azonban ezt a megfigyelést a szakirodalomban is leírták. *Franck et al.* (2002) 8 család vizsgálatának eredménye az sugallja, hogy az összes here, akivel párosodott az anya, jelen volt a család kialakításában, csak az arányuk eltérő. Eredményeik alapján a herék részvételét az utódgenerációban nem befolyásolta, hogy elsőként vagy utolsóként pározott.

2. táblázat: Egy méhcsalád mikroszatellit markerek alapján detektált allékészlete (bp) minta típusonként a teljes vizsgálati időszakban (5 mintavétel)

| <b>Mintavétel</b> |               | <b>Mikroszatellit marker</b> |             |              |              |              |              |              |
|-------------------|---------------|------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Száma</b>      | <b>Típusa</b> | <b>A007</b>                  | <b>A107</b> | <b>Ac011</b> | <b>Ap043</b> | <b>Ap081</b> | <b>Ap055</b> | <b>Ap226</b> |
|                   |               | <i>Allélméret (bp)</i>       |             |              |              |              |              |              |
| 1.                | Dolgozó       | 123                          | 176         | 133          | 153          | 147          | 191          | 249          |
|                   |               | 134                          | 178         | 135          | 159          | 155          | 193          | 255          |
|                   |               | 136                          | 182         | 137          | 161          |              | 195          | 257          |
|                   |               |                              | 186         | 139          | 163          |              |              | 263          |
|                   |               |                              | 189         |              |              |              |              |              |
|                   | Here          | 134                          | 182         | 137          | 159          | 147          | 191          | 255          |
|                   |               |                              | 189         | 139          | 163          |              | 193          |              |
| 2.                | Dolgozó       | 123                          | 176         | 133          | 153          | 147          | 191          | 249          |
|                   |               | 134                          | 178         | 135          | 159          | 155          | 193          | 255          |
|                   |               | 136                          | 182         | 137          | 161          |              | 195          | 257          |
|                   |               |                              | 184         | 139          | 163          |              |              | 263          |
|                   |               |                              | 189         |              |              |              |              |              |
|                   | Here          | 134                          | 182         | 137          | 159          | 147          | 191          | 255          |
|                   |               |                              | 189         | 139          | 163          |              | 193          |              |
| 3.                | Dolgozó       | 123                          | 176         | 133          | 153          | 147          | 191          | 255          |
|                   |               | 134                          | 178         | 135          | 159          | 155          | 193          | 257          |
|                   |               | 136                          | 180         | 137          | 161          | 157          | 199          |              |
|                   |               |                              | 182         | 139          | 163          |              |              |              |
|                   |               |                              | 184         |              |              |              |              |              |
|                   |               |                              | 186         |              |              |              |              |              |
|                   |               |                              | 189         |              |              |              |              |              |
|                   | Here          | 134                          | 182         | 137          | 159          | 147          | 191          | 255          |
|                   |               |                              | 189         | 139          | 163          |              | 193          |              |
| 4.                | Dolgozó       | 123                          | 176         | 133          | 153          | 147          | 191          | 249          |
|                   |               | 134                          | 178         | 135          | 155          | 155          | 193          | 255          |
|                   |               | 136                          | 180         | 137          | 159          |              | 195          | 257          |
|                   |               |                              | 182         | 139          | 161          |              | 197          | 263          |
|                   |               |                              | 189         |              | 163          |              |              |              |
|                   | Here          | 134                          | 182         | 137          | 159          | 147          | 191          | 255          |
|                   |               |                              | 189         | 139          | 163          |              | 193          |              |
| 5.                | Dolgozó       | 134                          | 176         | 133          | 153          | 147          | 191          | 249          |
|                   |               | 136                          | 180         | 135          | 155          | 155          | 193          | 255          |
|                   |               |                              | 182         | 137          | 159          |              | 197          | 257          |
|                   |               |                              | 184         | 139          | 161          |              |              |              |
|                   |               |                              | 186         |              | 163          |              |              |              |
|                   |               |                              | 189         |              |              |              |              |              |

## KÖVETKEZTETÉS ÉS JAVASLAT

Eredményeink alapján arra következtethetünk, hogy egy adott időpontban felmért genetikai diverzitás relevánsnak mondható, mindaddig, amíg egy külső tervezett, vagy véletlen hatás miatt ez meg nem változik. Ilyen hatás lehet például a méhanya-váltás akár méhésztől, akár természetes lecserélődés, vagy rajzás által.

A nyitott fiasításokból történő mintavétel megfelelőnek bizonyult, mivel így kizártuk azt, hogy másik kaptárból származó dolgozó egyedet is az adott családhoz számítsunk és megvizsgáljunk. Ugyanakkor ez a módszer alkalmas más családból származó herék és dolgozók azonosítására, valamint a méhanya-váltás tényének megállapítására is, mely a méhészetekben nyújthat segítséget.

Mivel az anya átlagosan 12 herével párzik (Tarpy et al., 2004), későbbi vizsgálatoknál javasolt a mintaszám megnövelése. Ugyanakkor, időről-időre érdemes újra monitorozni az állományokat, különösen, ha új méhanya kerül a családba, hiszen eltérő allélkészlettel rendelkezhet. Ez azonban nem feltétlenül van befolyással a genetikai sokféleség változására, mivel egy másféle allélkészlet ugyanúgy eredményezhet egy megfelelő mértékű diverzitást.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat az NBGK 1049/2018. (II. 20.) Korm. határozat szerinti génmegőrzési stratégiai programja támogatja.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Beye M. - Hasselmann M. - Fondrk M.K. - Page R.E.Jr. - Omholt S.W. (2003): The gene *csd* is the primary signal for sexual development in the honey bee and encodes a SR-type protein. *Cell*, 114: 419–429.
- Bross P. (szerk.)(2023): Méhészetek, méhcsaládok száma 2022. *Méhészet*. 71 (110): 5. szám 27.
- Estoup A. - Garnery L. - Solignac M. - Cornuet J.M. (1995): Microsatellite variation in honey bee (*Apis mellifera* L.) populations: hierarchical genetic structure and test of the infinite allele and stepwise mutation models. *Genetics*, 140: 679–695.
- Estoup A. - Solignac M. - Cornuet J.M. (1994): Precise Assessment of the Number of Patriline and of Genetic Relatedness in Honeybee Colonies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 258 (1351): 1–7.
- Estoup A. - Solignac M. - Harry M. - Cornuet J.M. (1993): Characterization of (GT)<sub>n</sub> and (CT)<sub>n</sub> microsatellites in two insect species: *Apis mellifera* and *Bombus terrestris*. *Nucleic Acids Research*, 21 (6): 1427–1431.
- Franck P. - Solignac M. - Vautrin D. - Cornuet J.M., Koeniger G. - Koeniger N. (2002): Sperm competition and last-male precedence in the honeybee. *Anim Behav*, 64 (3): 503–509.

- Garnery L. - Franck P. - Baudry E. - Vautrin D. - Cornuet J.M. - Solignac M. (1998):* Genetic biodiversity of the west European honeybee (*Apis mellifera mellifera* and *Apis mellifera iberica*) II. Microsatellite DNA. *Genetics Selection Evolution*, 30 (1): 49-74.
- Gerula D. - Panasiuk B. - Węgrzynowicz P. - Bieñkowska M. (2012):* Instrumental Insemination of Honey Bee Queens During Flight Activity Predisposition Period 2. Number of Spermatozoa in Spermatheca. *Journal of Apicultural Science*, 56 (1). 159 – 167.
- Glenn T. (2002):* Principles of Honeybee Genetics. <http://www.glenncapiaries.com/principles.html>
- Heidinger I.M.M. - Meixner M.D. - Berg S. - Büchler, R. - Buchler R. (2014):* Observation of the Mating Behavior of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Queens Using Radio-Frequency Identification (RFID): Factors Influencing the Duration and Frequency of Nuptial Flights. *Insects*, 5: 513–527.
- Heimpel G.E. - de Boer J.G. (2008):* Sex Determination in the Hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, 53 (1): 209–230.
- Jensen A.B. - Palmer K.A. - Chaline N. - Raine N.E. - Tofilski A. - Martin S.J. - Pedersen B.V. - Boomsma J.J. - Ratnieks F.L.W. (2005):* Quantifying honey bee mating range and isolation in semi-isolated valleys by DNA microsatellite paternity analysis. *Conservation Genetics*, 6 (4): 527–537.
- Klein A.M. - Vaissiere B.E. - Cane J.H. - Steffan-Dewenter I. - Cunningham S.A. - Kremen C. - Tscharntke T. (2007):* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274 (1608): 303–313.
- Kocher S.D. - Tarpy D.R. - Grozinger C.M. (2010):* The effects of mating and instrumental insemination on queen honey bee flight behaviour and gene expression. *Insect Molecular Biology*, 19 (2): 153–162.
- Kryger P. - Moritz R.F.A. (1997):* Lack of kin recognition in swarming honeybees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 40: 271–276.
- Kryger P. - Kryger U. - Moritz R.F.A. (2000):* Genotypical Variability for the Tasks of Water Collecting and Scenting in a Honey Bee Colony. *Ethology*, 106 (9): 769–779.
- Latorre A. - Moya A. - Ayala F.J. (1986):* Evolution of mitochondrial DNA in *Drosophila subobscura*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83: 8649-8653.
- Lechner S. - Ferretti L. - Schoning C. - Kinuthia W. - Willemsen D. - Hasselmann M. (2014):* Nucleotide variability at its limit? Insights into the number and evolutionary dynamics of the sex-determining specificities of the honey bee *Apis mellifera*. *Mol Biol Evol*, 31 (2): 272-87.
- NÉBIH (2012):*  
[https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21468/Neo\\_honlapra.pdf/1a06be98-80e7-464b-aec1-53a989941f33](https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21468/Neo_honlapra.pdf/1a06be98-80e7-464b-aec1-53a989941f33)
- Noël A. - Conte Y.L. - Mondet F. (2020):* Varroa destructor: how does it harm *Apis mellifera* honey bees and what can be done about it? *Emerging Topics in Life Sciences*. 4: 45–57.

- Péntek-Zakar E.* (2014): A magyarországi mézelőméh-populációkban (*Apis mellifera carnica pannonica* poll.) megjelenő határ menti fajták kimutatása genetikai és morfológiai módszerekkel. Doktori értekezés, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, Debrecen, 150 p.
- Péntek-Zakar E. - Oleksa A. - Borowik T. - Kusza, S.* (2015): Population structure of honey bees in the Carpathian Basin (Hungary) confirms introgression from surrounding subspecies. *Ecology and Evolution*, 5 (23): 5456–5467.
- Roffet-Salque, M. - Regert, M. - Evershed, R. et al.* (2015): Widespread exploitation of the honeybee by early Neolithic farmers. *Nature*, 527: 226–230.
- Ruttner F. - Koeniger G.* (1971): Die Füllung der Spermatheka der Bienenkönigin. *Zeitschrift für Vergleichende. Physiologie*, 72 (4): 411–422.
- Solignac M. - Vautrin D. - Loiseau A. - Mougel F. - Baudry E. - Estoup A. - Garnery L. - Habert M. - Cornuet J.M.* (2003): Five hundred and fifty microsatellite markers for the study of the honeybee (*Apis mellifera* L.) genome. *Molecular Ecology Notes*, 3 (2): 307–311.
- Szalai M.E. - Szalai T. - Szalai D.* (2008): Méhtenyésztés és mesterséges termékenyítés. Egyetemi jegyzet. SZIE, Gödöllő, 72 p.
- Tarpy D.R. - Nielsen R. - Nielsen D.I.* (2004): A scientific note on the revised estimates of effective paternity frequency in *Apis*. *Insectes Soc.*, 51: 203–204.
- Techer, M.A. - Clémencet J. - Turpin P. - Volbert N. - Reynaud B. - Delatte H.* (2014): Genetic characterization of the honeybee (*Apis mellifera*) population of Rodrigues Island, based on microsatellite and mitochondrial DNA. *Apidologie*, 46 (4): 445–454.
- Themudo E.G. - Rey-Iglesia A. - Tascón R.L. - Jensen A.B. -, Fonseca R.R. - Campos P.F.* (2020): Declining genetic diversity of European honeybees along the twentieth century. *Scientific Reports*, 10: 10520.
- vanEngelsdorp D. - Hayes J. - Underwood R.M. - Pettis, J. S.* (2010): A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009. *Journal of Apicultural Research*, 49 (1): 7–14.
- Vékey Á.* (1984): A méhcsalád genetikája. *Méhészet* 28 (2): 4.
- Zayed A.* (2009): Bee genetics and conservation. *Apidologie*, 40 (3): 237–262.



## STRUCC (*STRUTHIO CAMELUS*) CSIBÉK ELHULLÁSI OKAINAK VIZSGÁLATA EGY HAZAI STRUCC TELEPEN

GÁL JÁNOS<sup>1</sup> – TÓTH TAMÁS<sup>1,2</sup> – MAROSÁN MIKLÓS<sup>1</sup> - ZISZISZ ÁRISZ<sup>1</sup>

1. Állatorvostudományi Egyetem, Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszék,  
1078 Budapest, István u. 2.
2. Fővárosi Állat és Növénykert, Budapest, Állatkerti Krt. 6-12.  
e-mail: gal.janos@univet.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők egy strucctenyésztelepen a kelés utáni hetekben vizsgálták a csibék leggyakoribb elhullási okait, melynek során 74 tetemet boncoltak fel. A leggyakoribb 3 elhullási ok a heveny, hurutos bélgyulladás és következményes vese elfajulás (34%), a sziktömlő hiányos felszívódása és tartalmának elfajulása (22%) és a gyomor üregét kitöltő fitotrichobezoárok (13%) okozta emésztési zavar voltak.

### INVESTIGATION OF CAUSES OF DEATH OF OSTRICH (*STRUTHIO CAMELUS*) CHICKS IN AN OSTRICH FARM IN HUNGARY

#### SUMMARY

The authors investigated the most common causes of death of chicks at an ostrich farm in the weeks after hatching. They were dissected 74 carcasses. The 3 most common causes of death were acute catarrhal enteritis and consequent renal degeneration (34%), incomplete absorption and degeneration of the yolk sac (22%) and indigestion caused by phytotrichobezoars filling the gastric cavity (13%).

#### BEVEZETÉS

A strucc (*Struthio camelus*) a nyílt, ligetes erdők, nagyobb kiterjedésű szavannák, nagytermetű madara, amely családi kötelékben (1 kakas és néhány tojó) él (1, 2, 8). Alapvetően növényi táplálékot fogyaszt, amihez az emésztőendszere is alkalmazkodott. Gyomra kétüregű, túlgulékony mirigyes- és jól fejlett izmokkal és keratinoid réteggel rendelkező, kavicsokat tartalmazó zúzógyomor (2, 7). A vastagbelek, különösen a vakbelek fejlettek, ahol a béltartalom mikrobiális feltárása is folyik (1, 8).

A szaporodási szezonban a tojók a földbe mélyített fészükbe, kb. 1 kg körüli, fehér héjú tojasokat raknak (2, 8). A kikelt csibék fészekhagyók, a kelés után aktívan keresik, zömmel növényi részekből álló táplálékukat (1, 7).

A struccot hazánkban és a világon mindenütt jobbra húsáért, de egyéb testrészeit és termékeit (csont, bőr, tojás) is hasznosítva farmokon tenyésztik. Hazánkban is több tenyészet működik, ahol jól kidolgozott technológia szerint tartják és tenyésztik a madarakat (1).

A faj csibe kori elhullási okaival foglalkozó szakirodalmakban gyakori veszteséget okozó tényezőként említik a sziktömlő visszamaradást és elfajulást, ami gyakran köldök fertőzéshez és gyulladásához is társul (9). Mivel a strucc növényevő, ezért szükséges számára a megfelelő zúzógyomor működéshez és emésztéshez a kavicsok jelenléte a gyomor üregében (2). Ennek hiányában emésztési zavarok lépnek fel a madarakban, gyakran elhullásukat is okozva (7, 8).

A sokszor emlegetett enterális fertőzések hátterében a szakirodalom a *Clostridium perfringens*, illetve az *E. coli* kórtani szerepét említi (4, 6, 11). Csibékben egyes vírusok is okozhatnak bélgyulladást, így ismert a koronavírus által előidézett enteritis is a struccban (3). Nemrég jelent meg egy közlemény strucc csibék astrovírus okozta enteritiséről és nephritiséről (5).

Hazai tanulmány ez ideig nem vizsgálta a strucccsibék elhullási okainak alakulását az első négy hétben. Vizsgálatunkkal szerettük volna feltárni egy nagyobb, egyébként megfelelő technológiát alkalmazó strucctelepen az egyes elhullásra vezető megbetegedések gyakoriságát.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat egy kelet-magyarországi strucc tenyész-telepről 2023 március és augusztus hónapok között gyűjtött tetemek boncolásával végeztük. A csibéket kelésük után kis csoportban, baktérium rendszerben, rácspadlón, 30°C-os terem-hőmérsékleten tartották. Ad libitum friss vizet és baromfi indító tápot kaptak némi vágott zöld, elsősorban lucerna kiegészítéssel.

A tetemeket a baromfi hullák kórbonctani vizsgálatának szabályai szerint felboncoltuk (10), figyelembe véve a faj anatómiai sajátosságait. Az elváltozást mutató szervekből 10%-os, puffertolt formaldehid oldatban mintákat fixáltunk, majd paraffinba való ágyazást követően 3-4 µm-es metszeteket készítettünk, ezt követően hematoxilin-eozinnal megfestettük, lefedtük és mikroszkópban vizsgáltuk meg őket.

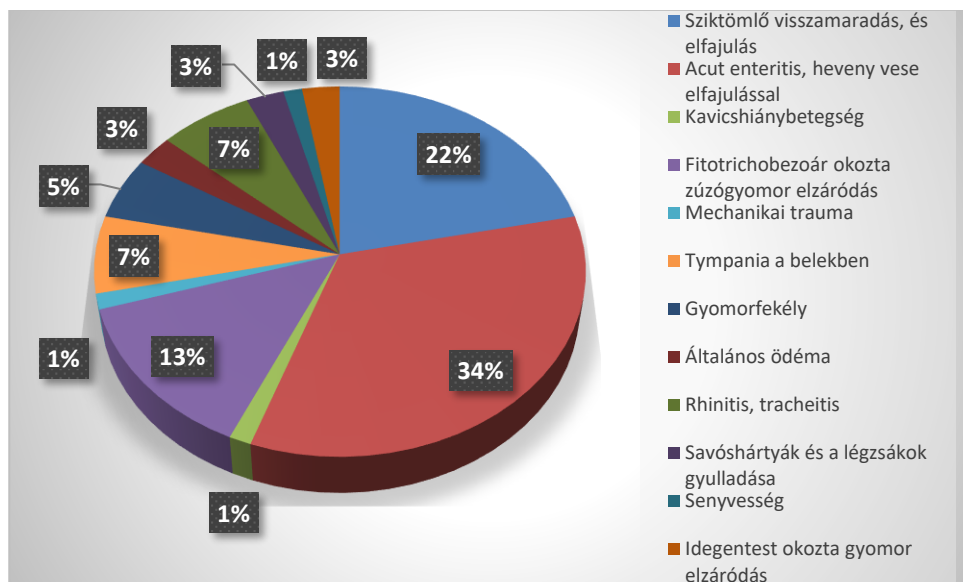
A strucctetemek vékonybelének kezdeti szakaszából, a jejunum ascendens üregéből, májából és esetlegesen más elváltozást mutató szervekből véresagar és Drigalski táptalajokra mintát oltottunk ki és 37°C-os termosztátban inkubáltuk ezeket, ami után az izolált baktériumokat a telep morfológiai, növekedési és egyes biokémiai tulajdonságaik alapján azonosítottuk.

A vékonybél nyálkahártyáról származó, tárgylemezzel készített kaparékok fedőlemez alatt, natívan, mikroszkópban vizsgáltuk.

A tetemek vékonybeléből és veséjéből kis darabkákat virológiai vizsgálat céljából eltettünk és PCR vizsgálatnak vetettük alá.

### Eredmények és értékelésük

A 2023-as tenyész szezonban 74 elhullott strucc csibe tetemét boncoltuk fel és vizsgáltuk meg az elhullásuk okait (1. diagram).



1. diagram: Az elhullásiokok megoszlása a vizsgált strucc csibékben (n=74)

A vizsgálatunkban 25 csibe esetében, a tetemek 34%-ban **heveny enteritist és másodlagosan kialakuló vese elfajulást** lehetett megfigyelni. A bélben a vizsgált csibéknél jelentős mennyiségű, nyúlós-nyálkás tartalom halmozódott fel (1. ábra). A nyálkahártya ezalatt élénkvrös, több egyedben erezetesen belövelt volt. Ezekben a csibékben, szinte minden esetben, eltérő mértékben a vesék megnagyobbodtak, tarkázottak voltak, és több-kevesebb húgysavas só lerakódás volt megfigyelhető a tubularis hálózatban.

Ezeknek a csibéknek a jejunum kezdeti szakaszából vett minta bakteriológiai vizsgálata során nagyrészt (22 esetben) vegyes bélflóra volt izolálható. A fennmaradó 3 csibénél a szintenyészeten *E. coli* baktériumtörzs tenyészett ki. Az anaerob baktériumtenyésztés, amivel a *Clostridium perfringens* kimutatását céloztuk meg, minden egyednél negatív eredményre vezetett.

A nyálkahártyáról vett kaparékok mikroszkópos elemzése során sem véglény, sem parazita ivari produktuma (pete, lárv) nem volt látható.

A béltartalom PCR vizsgálatával avian astrovírus jelenlétét lehetett igazolni a minták közül 2 esetben.

A bélből készült szövettani metszetekben a bélbolyhok denudációja, a lemeztelenedett bolyhok megrövidülése, több helyen ezek fúziója volt szembeutnő. A vesében a

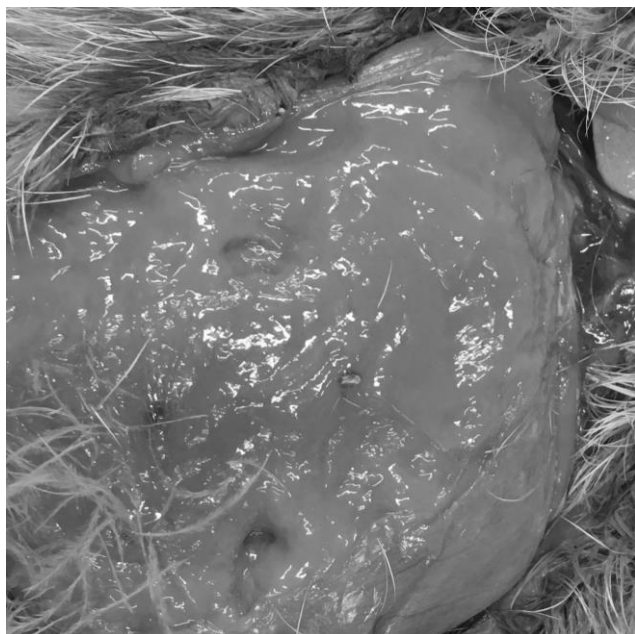
tubulushám apoptosisa, több szakaszon csoportos elfajulása, az alaphártyáról való leválása látszott. A sejtmagok piknózisa, rhexise sem volt ritka.

Úgy tűnik ebben az esetben a strucc csibékben talált heveny enteritis és nephritis vírusfertőzés eredménye lehetett. Habár a szakirodalomban ismert a vírusos oktanú bélgyulladás (5, 8), ez ideig a coronavírus enteritissel kapcsolatosan lehetett irodalmi adatokat találni (3). Mi astrovírus-szerű kórokozót tudtunk izolálni a mintákból PCR vizsgálattal, ami első megállapításnak számít hazai és nemzetközi szinten is (5).



1. *ábra:* Acut enteritis strucc csibében. Híg tartalom felhalmozódás a bélben

A tetemek vizsgálatakor 22%-ban okozott elhullást a **sziktömlő hiányos felszívódása** és/vagy másodlagos bakteriális fertőzés nyomán kialakult **gyulladás**a, illetve a tartalom **elfajulása**. Ezekben a tetemekben a diagnosztikai boncolás alkalmával a testüregben eltérő méretű, általában zöldessárga vagy narancsvörös tartalommal telt sziktömlő volt megfigyelhető, melynek tartalma kenhető vajra vagy sajtra emlékeztető konzisztenciájúnak bizonyult (2. *ábra*). A szikanyagból végzett bakteriológiai vizsgálatban főként (10 esetben) vegyes, *Aeromonas hydrophila* és *Pseudomonas sp.* baktériumokat lehetett izolálni. A fennmaradó strucc csibéknél *E. coli* volt azonosítható. *Salmonella* baktériumtörzseket nem lehetett megfigyelni a vizsgálatunkban.



2. ábra: Elfajult, megváltozott konzisztenciájú sziktömlő tartalom

A szakirodalom ismeri a sziktömlő hiányos felszívódását és elfajulását a madarakban, így struccokban is (7, 8). A felszívódási zavar hátterében többek között a szuboptimális tartási hőmérsékletet (7, 8), míg az elfajulás esetében a hiányos környezeti higiéniai feltételek mellett történő másodlagos fertőződést említik. Esetünkben is felmerült a kikelt csibék esetében a higiéniai hiányosságok miatt fellépő köldökfertőzésből eredő sziktömlő gyulladás és a tartalom elfajulása.

A felboncolt madarak között tíz eseten (13%) a zúzógyomorban növényi rostokból összeállt, ún. **fitotrichobezoár** okozta zúzógyomor elzáródás volt látható. Ezekben a madarakban a gyenge tápláltsági állapot mellett, a zúzógyomor üregében orsó, néha közel gömb alakú, növényi rostokból és részben pehelytollakból összeállt, labdaszerű képlet töltötte ki az üreget (3. ábra). Ezek a gyomorból kiemelve nehezen voltak szétbonthatók, összeállva jelentősen szűkítették vagy teljesen ki is töltötték az üreget. Egy esetben, egy szivar alakú, rostokból feltekeredett darabka nyomult a duodenum kezdeti szakaszának az üregébe, elzárva azt is. A boncolt csibékben kevés, híg tartalom volt a további bélszakaszokban. 8 egyedben jelentős vérfogyottságot is megfigyeltünk, a vér lakkfesték jellegű volt, fedőképességét elvesztette.

A szakirodalmi adatok szerint ismert a strucc csibe jelentősebb zöld növényirész fogyasztása (2, 7), de ez lényegében a friss hajtásokra korlátozódik, amelynek rostjai még nem lignifikálódtak. Esetünkben a tenyészetben a csibék rácspadlós nevelőegységei alá szalmával is almoztak. Itt a szalmaszálak a fiatal madarak számára elérhetőek voltak, amit le is nyeltek, és ezek a gyomor üregét kitöltő bezoárt képeztek. A labdaszerű, rostos

anyagból álló képlet kitöltve a szerv üregét étvágycsökkenést, tápláltsági állapot romlást, jelentős részben vérfogyottságot is okozott.

További 7%-os gyakorisággal a mintáinkban hiányos kavics felvételt is meg lehetett figyelni. Ismert a rostban gazdag táplálékot fogyasztó madárfajoknál, így struccban is az aprószemű kavicsok fontossága a megfelelő emésztési folyamatokban (8).



3. ábra: Gyomor üregét elzáró bezoár

A felboncolt madarak 7%-ban, elsősorban a vastagbelekben jelentős mértékű gáz felhalmozódást, **tympania** kialakulását lehetett látni. Ezekben a csibékben a testüreg hátsó része már a külső vizsgálat során feltűnően feszes, felfújtt léggömbyszerű tapintatú volt. A testüreget felnyitva a gázzal telt vastagbelek töltötték ki a teret (4. ábra).

A bélből végzett bakteriológiai és parazitológiai vizsgálat is negatív eredményre vezetett, kórokozót nem lehetett kimutatni.

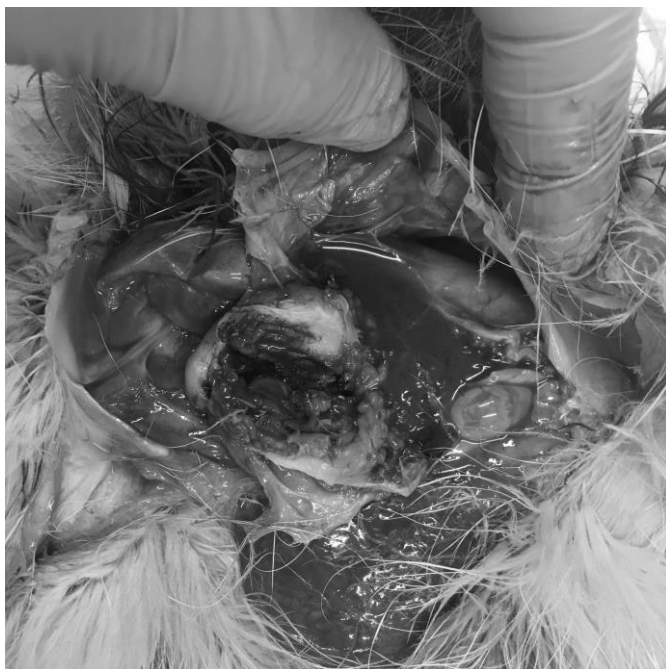
A kórkép oktanára vonatkozó konkrét okot nem tudtunk feltárni, amire vonatkozóan a szakirodalom is csak annyit ad meg, hogy az emésztési problémák háttérében tartási és takarmányozási hibák állhatnak (2, 7, 8).



4. ábra: Vastagbelek felfúvódása strucc csibében

A hullák boncolásakor 5%-ban tudtunk elhullási okként a **mirigyes gyomorban jelentkező fekélyképződést**, elvérzést a gyomor és a bél üregében igazolni. Ezekben az esetekben a mirigyesgyomor nyálkahártyájában apró, tűszúrásnyi vérzéseket lehetett megfigyelni. Itt a felszínre jutó vér feketésvörös, barnásvörös volt (5. ábra). Ezzel egy időben néhány madárban a vékonybélben szurokfekete, krémes konzisztenciájú tartalom is megfigyelhető volt. A vizsgált madarak nyálkahártyái a vérfogyottság miatt porcelánfehérek voltak.

A struccsibék rendkívül érzékenyek a stresszhatásokra, ami egyszerűen lehet a nem megfelelő csoportméret hatására fellépő, ún. szociális stressz is (2, 8). A madarakat érő takarmányozási ártalmak és az előbb említett stressz fokozhatják a mirigyesgyomor szekréciós tevékenységét, ami a pH eltolódás miatt eróziók kialakulását idézi elő. Ilyen kórtani hatást válthat ki, ha az ivóvízbe nagyobb dózisú savat (ecetsav, tejsav, hangyasav stb.) kevernek. Ennek a kórképnek az előfordulására vonatkozó irodalmi adatokat nem találtunk.



5. ábra: Gyomorfekély strucc csibe mirigyesgyomrában

Habár gyakoriságát tekintve, az irodalom jelentősebbnek tartja (2, 9), mi a vizsgálatunkban csupán 3%-os gyakorisággal tudtunk **rhinitist és tracheitist**, a felszaporodó váladék okozta fulladást megfigyelni az általunk boncolt csibékben.

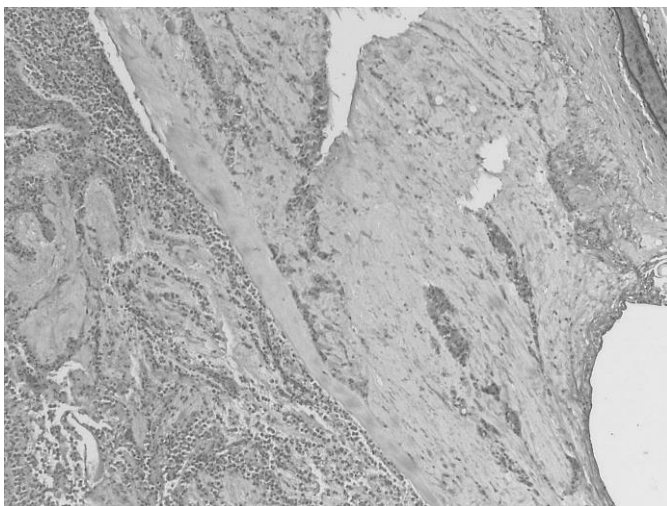
A boncolás alkalmával mindegyik egyedben áttetsző, nyúlós, nyálkás tartalom fedte a száj-garatüregben a nyálkahártyát és zárta el a gégerést. A trachea nyálkahártyájának kezdeti szakasza kipirult volt, a vérerek kitágultak. A nyálkahártyáról könnyen levonható volt a nyúlós, nyálkás, kissé zavaros tartalom. Az orrüregben az orrjáratok nyálkahártyái kipirultak, erei kitágultak és nyálkás tartalommal fedettek voltak.

Az érintett madarak orrüregéből végzett bakteriológiai vizsgálattal minden egyedben *Pseudomonas aeruginosa* és *Aeromonas hydrophila* volt kimutatható.

A szövettani vizsgálattal az orrüreg nyálkahártyájában a váladék felhalmozódás mellett fokozott kehelysejt aktivitás volt megfigyelhető a nyálkahártyán (7. ábra). A nyálkahártyát gyulladásos sejtek is beszűrték, amelyek helyenként a nyálkás tartalomban is jelen voltak.



6. ábra: Rhinitis miatti váladék felhalmozódás a száj-garatüregben



7. ábra: Fokozott kehelysejt aktivitás és váladék felhalmozódás a nyálkahártyán  
(Festés: H. E., nagyítás: 100x)

Irodalmi adatok szerint környezeti hatások (hideg levegő belélegzése, a levegő ammónia tartalmának a megemelkedése, poros takarmány etetése stb.) idézhet elő nyálkahártya irritációt (2, 8, 9). Esetünkben az ammónia tartalom emelkedett meg egy-egy esetben a nevelőház levegőjében, ami kiválthatta a nyálkahártya kehelysejtjeinek az

irritációját és a fokozott nyálkaelválasztást. Az általunk izolált baktériumok szerepét másodlagosnak tartjuk a kórfolyamatokban.

Ritkán, a vizsgált mintákban 3%-os gyakorisággal tudtunk megfigyelni a **bőr alatti kötőszövetben általános vizenyőt, ödémát** is. A felboncolt struccokban testszerte súlyos mértékben, a bőralatti és az izmok közötti kötőszövetben a jelentős folyadékfelhalmozódás miatt kocsonyásan rezgő, áttetsző volt a terület (8. ábra). A madarak veséje kissé megduzzadt, halvány barnavörös, a pajzsmirigy rendes alakú és barnavörös színű volt.

A szervek bakteriológiai vizsgálatával kórokozó baktériumot nem lehetett kimutatni.

A pajzsmirigy kórszövettani vizsgálata nem mutatott kóros eltérést, az acinusok rendes alakúak és méretűek, hámjuk ép és a kolloid tartalmuk megfelelően homogén, egységes festődésű volt. A vesében a tubulushám károsodása, hámelhalás, leválás és a még meglévő sejtekben degeneráció volt megfigyelhető.

Az ilyen típusú elváltozásokra vonatkozó, konkrét irodalmi adat nem található. Esetünkben valamilyen, általunk eddig még nem tisztázott vesekárosító tényező okozhatta a folyadék retenciót és a bőralatti kötőszöveti vizenyőt. Az általunk boncolt csibék ezzel a kórképpel kivétel nélkül a kelés utáni napokban hullottak el, ami feltételezi a keltetés alatti károsító hatást. Ezt azonban még további vizsgálatokkal szükséges tisztázni.



8. ábra: Súlyos fokú bőralatti vizenyő struccban

Végül 3%-os gyakorisággal tudtunk elhullási okként különféle **idegentestek lenyeléséből** eredő gyomorüreg elzáródást diagnosztizálni. Itt lineáris idegentestek kerültek a gyomorba, amelyek annak mozgása révén labdaszerű képletet formázva zárták

el a gyomor üregét. A strucccsibék igen érdeklődőek, szinte minden elérhető tárgyat csipegetni kezdenek (2, 7, 8), és sokszor le is nyelhetnek.

Összegezve megállapítható, hogy a fenti elhullási okokat figyelembe véve a strucccsibék nevelésére fokozott figyelmet kell fordítani az első hetekben. Igen fontos a nagyfokú higiénia megtartása, az optimális táplálék és a jó minőségű ivóvíz biztosítása mellett figyelni a levegő tisztaságára is.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Brassó L. D. - Béri B. - Komlósi I.: Studies on ostrich (*Struthio camelus*) – Review. Acta Agraria Debrecenensis. 2020. DOI: 10.34101/actaagrar/1/3772
2. Deeming D. C.: The ostrich. Biology, production and health. CABI Publishing, Wallingford. 1999
3. Frank R. K. - Carpenter J. W.: Coronaviral enteritis in an ostrich (*Struthio camelus*) chick. Journal of Zoo and Wildlife Medicine. 1992. 23(1): 103-107
4. Frazier K. S. - Herron A. J. - Hines M. E. - Gaskin J. M. - Altman N. H.: Diagnosis of enteritis and enterotoxemia due to *Clostridium difficile* in captive ostriches (*Struthio camelus*). Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 1993. 5:623-625
5. Gál J. – Marosán M. – Makrai L. – Andócs G. – Tenk M. – Lőrincz M. – Zsizs Á. – Hoitsy M. – Tóth T. – Mándoki M.: Astrovírus okozta enteritis és nephritis első megállapítása hazai strucc (*Struthio camelus*) állományban. Magyar Állatorvosok Lapja. 2024. 146(1). 51-58.
6. Keokilwe L. - Olivier A. - Burger W. O. - Joubert H. - Venter E. H. - Morar-Leather D.: Bacterial enteritis in ostrich (*Struthio camelus*) chicks in the Western Cape Province, South Africa. Poultry Science. 2015. 94:1177-1183
7. Shanawany M. M. – Dingle J.: Ostrich production systems. FAO Animal Production and Health Paper. FAO. 1999. 1-256.
8. Mucsi I. – Komlósi I.: A strucc tenyésztők kézikönyve. A strucc és egyéb futómadarak tenyésztése. Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar. Szeged. 2007. 1-352.
9. Verwoerd D. J.: Ostrich diseases. 2000. 19(2):638-61, DOI: 10.20506/rst.19.2.1235.
10. Vetési F. - Mészáros M. J.: A háziállatok diagnosztikai boncolása. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 1998
11. Zakeri A. - Kashefi P.: Necrotic enteritis by *Clostridium perfringens* in ostrich (*Struthio camelus*). World Applied Sciences Journal. 2012. 16(6):842-845

*Köszönettel tartozunk a strucctelep vezetőségének a munkánkhoz adott támogatásért!*



## **SZERKESZTŐSÉGI IRÁNYELVEK**

### **A FOLYÓIRATRÓL**

Az *Acta Agronomica Óváriensis* tudományos folyóiratot 1993-ban alapították, mely 2016-tól online formában jelenik meg.

### **KÜLDETÉSNYILATKOZAT**

A folyóirat teret biztosít a legjobb képességekkel rendelkező, kutatni vágyó hallgatók, doktoranduszok tudományos tevékenységének, támogatva az oktatók, kutatók munkáját. A kutatási eredmények publikálása mellett fontos értéknek tartjuk, hogy az egyetem oktatói, kutatói megismertessék a hallgatókat a tudományos munka végzésének céljával, módjával.

### **KULCSSZAVAK**

Az alábbi tudományterülettől függően (agrárműszaki; agrárökonómiai, vidékgazdasági és vidékfejlesztési; állattudományi és takarmányozási (házi -és vadon élő állatok); élelmiszertudományi; növény-, víz- és környezettudományi; halászati, alkalmazott zoológiai és természetvédelmi, precíziós gazdálkodási), 4-5 szó pl. gazdasági haszonállatok, táplálóanyagigény, takarmányozási érték, takarmányösszetevők, termékminőség.

### **A FOLYÓIRAT NYELVE**

Magyar és angol

### **PUBLIKÁCIÓS GYAKORISÁG**

A folyóirat évi két alkalommal jelentet meg regulális számot, ezenkívül különszámokat is közreadhat. Az egyes cikkeket közzéteheti „Megjelenés alatt”/”In Press” állapotban az adott regulális szám megjelenése előtt is.

### **LEKTORÁLÁS**

A folyóirat lektorálása kettős-vak módon történik. A beküldött kéziratok anonim bírálati folyamatban két szakmai bíráló által kerülnek elbírálásra.

### **PÉNZÜGYI FELTÉTELEK**

A kiadó a szerzőknek a benyújtott kéziratok elbírálásáért, illetve elfogadás esetén történő közléséért díjat nem számít fel. A folyóirat azonnali nyílt hozzáférést biztosít a tartalomhoz, pénzügyi és jogi korlátozások nélkül lehetőséget ad a tudományos eredmények szabad és jogszerű újrafelhasználására.

**SZABAD HOZZÁFÉRÉSI JOGOSULTSÁG**

A folyóirat Open Access (Platina/Gyémánt). Cikkeire a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0. Ennek értelmében a mű szabadon másolható, terjeszthető, bemutatható és előadható, azonban nem használható fel kereskedelmi célokra (NC), továbbá nem módosítható és nem készíthető belőle átdolgozás, származékos mű (ND). A licenc alapján a szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetni a szerző nevét és a szerzői mű címét (BY).

A folyóirat a szerzők számára időbeli korlátozás nélkül és díjmentesen engedélyezi, hogy kéziratainak a szerkesztőség által elfogadott, akár a bírálói javításokat is tartalmazó, de nem végleges változatait (pre-print verzióit) közzétegyék (e-mailen, a szerző vagy intézménye honlapján, illetve a szerző intézményének, egyetemének zárt vagy korlátozás nélkül elérhető repozitóriumában, illetőleg egyéb non-profit szervereken). Amikor a szerző ily módon terjeszti művét, figyelmeztetnie kell olvasóit, hogy a szóban forgó kézirat nem a mű végső, kiadott változata. Ha a cikk végső változata már megjelent nyomtatott, illetve online formában, mindenképpen javasolt és engedélyezett a szerzőnek ezen (post-print) változatot használnia. Ebben az esetben meg kell adnia a folyóiratbeli megjelenés pontos helyét, adatait is. A szerző a közlemény szerzői jogait megtartja, esetleges másodközlés esetén azonban a cikk első megjelenésének bibliográfiai adatait is közölnie kell.

**A FOLYÓIRAT INDEXÁLÁSA ÉS ARCHIVÁLÁSA**

A cikkek archiválása a REÁL repozitóriumban történik.

**ADATVÉDELMI NYILATKOZAT**

A szerkesztőség számára megadott nevek és e-mail címek kizárólag saját használatra szolgálnak, azokat csakis a felhasználó által beállított célokra használjuk fel, harmadik fél számára nem szolgáltatjuk ki.

**PUBLIKÁCIÓS ETIKAI IRÁNYELVEK**

A publikációs etika szabályait az *Acta Agronomica Óváriensis* szerkesztői folyamatosan figyelemmel kísérik és betartják. Amennyiben szükséges, a szerkesztőség javítja a sajtóhibákat, illetve pontosításokat és helyesbítéseket tesz közzé, amennyiben azok tartalma megfelel a valóságnak, és nem tartalmaz plágiumot.

**PLÁGIUMSZÜRÉS**

A szerzőknek szavatolniuk kell, hogy a tanulmány saját, eredeti szellemi alkotásuk, illetve amennyiben felhasználták mások munkáit, kifejezéseit, akkor azokat megfelelő módon idézniük kell és szakszerűen hivatkozni rájuk. Valamennyi kézirat plágiumszűrésen megy keresztül.

**REKLÁMSZABÁLYZAT**

Az *Acta Agronomica Óváriensis* nem tesz közzé hirdetéseket.



## TÁJÉKOZTATÓ ÉS ÚTMUTATÓ A SZERZŐK RÉSZÉRE

### ÁLTALÁNOS SZEMPONTOK

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növénytudományok (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika, stb.), az állattudományok (takarmányozástan: házi- és vadon élő állatok, állatgenetika, állategészségstan, stb.), a környezettudományok, az élelmiszer- és az agrárökonómiai tudományok, valamint a vidékfejlesztés témakörébe tartozó szakcikket közölhetünk.
2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat csak angol, illetve magyar nyelven tesszük közzé. Ez alapvetően attól függ, hogy az új tudományos eredmények nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek.
3. Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el. 4. A kéziratot – annak mellékleteivel együtt – elektronikusan, az erre a célra rendszeresített felületen kérjük feltölteni: <https://aao.ddc.sze.hu> A kézirat összeállítása

### 1. FORMAI KÖVETELMÉNYEK

1.1. A kéziratok Microsoft Word vagy azzal teljesen kompatibilis szövegszerkesztővel készüljenek, az Acta kézíratsablon használatával. A kézirat terjedelme táblázatokkal és ábrákkal együtt legalább 5000, de legfeljebb 8000 szó legyen, Calibri betűtípussal 12 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. (Rövid közlemények esetén maximum 4000 szó.) A gépírás fekete betűkkel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, szimpla 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, a kézíratsablonban feltüntetettek szerint.

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, valamint ORCID azonosítók szerepeljenek. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és a munkahelyi beosztást nem közöljük. A levelező szerző jelölése (\*) és e-mail címének megadása szükséges.

2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően a kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:

- Összefoglalás (kulcsszavakkal)
- Bevezetés
- Irodalmi áttekintés
- Anyag és módszer
- Eredmények
- Következtetések
- Irodalom

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.

Az irodalmi összefoglaló (review) cikkek esetében az alábbi csoportosítást javasoljuk:

- Összefoglalás
- Hazai és külföldi irodalom bemutatása és értékelése
- Következtetések
- Irodalom

2.3. Az Összefoglalás (absztrakt) minimum 150, de maximum 200 szóból állhat, továbbá maximum 5 kulcsszó megadása kötelező. Az absztrakt összeállítása során a következőkben felsoroltakat kérjük szem előtt tartani: probléma meghatározás, jelentőség, koncepcióalkotás, vizsgálat, eredmény(ek), következtetés.

2.4. A fentiek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalra gépelve):

- magyar nyelvű közlemény esetén angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal;
- angol nyelvű közlemény esetén magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal. (Külföldi szerző(k) esetén ezt a feladatot a Szerkesztőbizottság végzi el.)

### 3. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

3.1. Szövegközi hivatkozáskor és az Irodalom (irodalmi áttekintés) fejezet összeállításakor az APA stílus használata kötelező. (<https://www.mendeley.com/guides/apa-citation-guide/>)

3.2. Az Irodalom összeállításakor a dolgozatban idézett szerzők nevét ABC- és megjelenési idősorrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni a sablonban feltüntetettek szerint. Amennyiben a felhasznált forrásművek DOI számmal rendelkeznek, kérjük azokat is feltüntetni (az ISBN vagy ISSN számon túl)!

#### **4. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK**

4.1. Táblázatok esetében kérjük, hogy szintén Calibri betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását, a sablonban megfogalmazottak szerint.

4.2. 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. A szakmai lektorokat a Szerkesztők jelölik ki, a kívánt anonimitás betartása mellett. Sem a szerző(k), sem a lektorok nem ismerhetik egymás személyét a bírálati folyamat során. (ld. folyamatábra)

5.2. A lektori vélemények elérhetőségét biztosítjuk a szerzőknek (az esetlegesen a bíráló(k) által korrektúrázott kézirattal együtt) az OJS tartalomkezelő rendszerben. Kérjük, hogy a szerzők dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb, de legkésőbb 2 héten belül töltsék fel oda.

5.3. Kérjük a szerzőket, hogy – adott kutatási terület tekintetében – lehetőség szerint hivatkozzanak a tudományos folyóiratunk korábbi számaiban megjelent tanulmányokra.

5.4. Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni. A követelményekkel nem egyező kéziratokat a szerkesztőség nem tudja befogadni. A szerkesztő egyúttal fenntartja a jogot a kézirat terjedelmi és minőségi változtatására. A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni. A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

A Szerkesztőbizottság

**Kiadásért felelős:**  
Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar dékánja  
**A szerkesztőség címe**  
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

## Tartalom

|                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>NÖVÉNY-, VÍZ- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI SZEKCIÓ</b> .....                                                                                                                                                                                  | 4   |
| Z. K. Hashim - V. M. Vona - A. G. S. D. De Silva - I. M. Kulmány:<br>Environmental effects of conventional farming techniques.....                                                                                                        | 5   |
| Macher G. Z. – Beke D. – Torma A.:<br>Az azbesztcement-komplexummal kontaminálódott öntözővíz kockázatai a<br>növénytermesztésre, a talaj-víz-növény rendszerre.....                                                                      | 11  |
| Notterpek T. J. – Daood H. - Gergely I. – Berzsenyi Z. – Ördög V.:<br>Szántóföldi és kertészeti növények színanyag tartalmának változása, mikroalgával<br>történt levélkezelés és talajkezelés hatására.....                              | 24  |
| Vámos O. - Varga Z. - Szakál T.:<br>A vinasz és a cink-komplex lombtrágyaként való alkalmazása az őszi búza hozamának<br>és minőségének javítása céljából.....                                                                            | 32  |
| Varga Z.:<br>A 2023-as év makro- és mikrometeorológiai méréseinek összehasonlító elemzése.....                                                                                                                                            | 41  |
| Vörös L. - Ledóné Ábrahám R.:<br>Botanikai inszekticiddel az amerikai kukoricabogár ( <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> ) lárvái<br>ellen.....                                                                                        | 49  |
| Kubina L.- Nagy V.:<br>QUANTIS szerepe a növényi stressz folyamatokban .....                                                                                                                                                              | 64  |
| Soós A.:<br>Gazdálkodók kihívásai az aszályos időszakokban.....                                                                                                                                                                           | 78  |
| Soós A.:<br>Környezettudatos, fenntartható gazdálkodás vagy kéméletlen önzés?.....                                                                                                                                                        | 87  |
| Sugár E. – Fodor N. – Bónis P. – Tóth V. – Árendás T.:<br>A tönköltyűbúza termésének és terméskomponenseinek vizsgálata ökológiai és<br>hagyományos növénytáplálás mellett.....                                                           | 96  |
| <b>TAKARMÁNYOZÁSI SZEKCIÓ</b> .....                                                                                                                                                                                                       | 106 |
| Horváth L.:<br>Az acilezett fumonizinek lehetséges kockázatai.....                                                                                                                                                                        | 107 |
| Húth B. - Tempfli K. - Szabó-Sárvári L. Cs. - Tóth T. - Török M. - Dizseri T. -<br>Tossenberger J.:<br>Charolais növendék bikák egyedi takarmányértékesítő képességének vizsgálata<br>precíziós adatfelvételezéssel .....                 | 118 |
| Bana B. – Trombitás M. – Alpár B. – Zsédely E. – Ásványi B. – Lakatos E. – Varga L. –<br>Tóth T.:<br>Folyékonyan fermentált abraktakarmányok etetésének hatása a tej mennyiségére és<br>összetételére egy hazai tejelő tehenészetben..... | 126 |

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Sudár G. - Húth B. - Tossenberger J.:                                                                                                  |            |
| Hazai köztermesztésben szereplő kalászos gabona fajták in vivo fehérje emészthetőségének meghatározása sertésekkel.....                | 135        |
| Szabó-Sárvári L. Cs. – Tempfli K. – Molnár J. – Tóth T.:                                                                               |            |
| ermentált takamány hatása egyes interleukinek ( <i>IL-6</i> és <i>IL-10</i> ) génexpressziójára brojlerekben.....                      | 146        |
| Tempfli K. - Bárándi B. - Lencsés-Varga E.:                                                                                            |            |
| <i>A Lactobacillus</i> spp. és a <i>Bifidobacterium</i> spp. mennyiségi vizsgálata különböző sertés korcsoportok bélsár mintáiban..... | 156        |
| <b>VADGAZDÁLKODÁSI, HALÁSZATI, ALKALMAZOTT ZOOLOGIAI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI SZEKCIÓ.....</b>                                              | <b>163</b> |
| Bernáth G. – Csorbai B. - Nagy B. – Kaszab E. – Suhajda Á. - Farkas M. – Urbányi B. - Bokor Z.:                                        |            |
| A mikrobiom kutatás szerepe az akvakultúrában .....                                                                                    | 164        |
| Gál J. - Tóth T. - Marosán M.:                                                                                                         |            |
| Mezei nyúl kölykök elhullási okainak vizsgálata a születés és a választási kor között.....                                             | 179        |
| Balázs R. – Edviné-Meleg E. – Hidas A. – Zajác E. – Rác T. - Pálkás-Bodzsár N.:                                                        |            |
| Magyarországon élő pannon méh családok genetikai összetételének vizsgálata molekuláris markerek alapján .....                          | 199        |
| Gál J. - Tóth T. - Marosán M. - Zsizs Á.:                                                                                              |            |
| Strucc ( <i>Struthio Camelus</i> ) csibék elhullási okainak vizsgálata egy hazai strucc telepen.....                                   | 210        |
| Szerkesztőségi irányelvek.....                                                                                                         | 221        |
| Tájékoztató és útmutató a szerzők részére.....                                                                                         | 223        |