



IFJÚSÁG A TUDOMÁNYÉRT

Tanulmánykötet

Szerkesztette:
Simon-Gáspár Brigitta
Simon Szabina

MATE
MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

IFJÚSÁG A TUDOMÁNYÉRT

IFJÚSÁG A TUDOMÁNYÉRT

Tanulmánykötet

Szerkesztette

Simon-Gáspár Brigitta
Simon Szabina

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
Keszthely, 2022

Lektorálták

Dr. Alföldi Zoltán PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Bartos Ádám PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Bódis Judit PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Budai Péter PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Csitári Gábor PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Doszoply Andor PhD (ELKH Állatorvostudományi Kutatóintézet)
Dr. Dunai Attila PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Farkas Valéria (MATE Georgikon Campus)
Dr. Füller Imre PhD (Magyartarka Tenyésztők Egyesülete)
Dr. Hermann Tamás PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Husvéth Ferenc DSc (MATE Georgikon Campus)
Dr. Lepossa Anita PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Márton Alíz PhD (Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet)
Dr. Menyhárt László (MATE Georgikon Campus)
Dr. Nagy Szabolcs Tamás DSc (MATE Georgikon Campus, PAB)
Dr. Pál László PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Palkovics András PhD (Neumann János Egyetem)
Dr. Sárdi Katalin DSc (MATE Georgikon Campus)
Dr. Selmeczy Géza PhD (Pannon Egyetem)
Dr. Simon-Gáspár Brigitta PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Szeglet Péter PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Taller János DSc (MATE Georgikon Campus)
Dr. Tóth Zoltán PhD (MATE Georgikon Campus)
Dr. Varga Balázs PhD (Agrártudományi Kutatóközpont)
Dr. Zsiborács Henrik (Pannon Egyetem)
Hegedüsne Dr. Baranyai Nóra (Pannon Egyetem)
Jakuschné Dr. Kocsis Tímea PhD (Budapesti Gazdasági Egyetem)

A tanulmánykötet szerkesztői

Dr. Simon-Gáspár Brigitta PhD (MATE Georgikon Campus)
Simon Szabina (MATE Georgikon Campus)

© Szerzők, 2022

© Szerkesztő, 2022

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



A kiadvány az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt támogatásával valósult meg.

Kiadja

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus
Cím: 8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
Tel.: +36-83/545-143
Honlap: <http://keszthely.uni-mate.hu/>

Felelős kiadó: Dr. Rózsa László PhD, campus-főigazgató
Szöveggondozó, korrektor: Dr. Simon-Gáspár Brigitta
Technikai szerkesztő, tördelő: Dr. Simon-Gáspár Brigitta, Simon Szabina

ISBN: 978-615-6338-06-8 (pdf)

Tartalomjegyzék

Állattudományok és toxikológia

<i>Kovács Barnabás Mihály</i> : Hőstressz hatása a bikák spermaminőségére és fertilitására – szakirodalmi áttekintés	13
<i>Faludi Gergely, Bene Szabolcs, Török Márton, Polgár J. Péter</i> : Charolais növendék marhák hústermelési paramétereinek ultrahangos vizsgálata	19
<i>Ibász Katalin, Farkas Szilvia, Bányai Krisztián</i> : Vörösfarkú boából (<i>Boa constrictor</i>) származó reptarénavírus közel teljes genom szekvenciájának meghatározása és filogenetikai vizsgálata	25
<i>Major László, Budai Péter, Nadhirah Binti Saidon, Askarova Gulsamal Kairatқызы, Szemerédy Géza, Lehel József, Szabó Rita</i> : Spirotetramat és tebukonazol hatóanyagú növényvédő szerek embriótoxicitásának vizsgálata házityúk embriókon	31
<i>Major László, Szabó Rita, Szemerédy Géza, Lehel József, Budai Péter</i> : A Nurelle-D 50/500 EC és a Mystic 250 EW növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának vizsgálata házityúk embriókon	35
<i>Restás Zsuzsanna, Such Nikolett Amanda, Bartos Ádám</i> : A vizelethől származó ammónia csökkentésére irányuló kezelések hatása lovakkal végzett kísérletben	41
<i>Szabó Rita, Major László, Lehel József</i> : Egy cipermetrin és klórpirifosz hatóanyagú rovarölő szer, valamint egy tebukonazol hatóanyagú gombaölő szer embriótoxicitásának vizsgálata házityúk embriókon, a fejlődés korai időszakában	47
<i>Szemerédy Géza, Kormos Éva, Major László, Somody Gergő, Szabó Rita, Buda István, Lehel József, Budai Péter</i> : A CYREN EC és a kadmium-szulfát teratológiai vizsgálata madárembriókon	52
<i>Szemerédy Géza, Szabó Rita, Németh Nóra, Lehel József, Budai Zsófia</i> : A CYREN EC és az ólom-acetát korai embriótoxicitásának vizsgálata csirke embrióon	56

Gazdaságtudomány és környezetpolitika

<i>Bartl Bianka, Szabó Ildikó</i> : A magyarországi baromfitartók vagyoni szerkezetének vizsgálata a teszt-üzemi rendszer adatai alapján	63
<i>Dávid Veronika, Hegedűsné Baranyai Nóra, Pintér Gábor</i> : Megújuló energiaforrások felhasználására vonatkozó beruházások megtérülésének vizsgálata települési szinten	71
<i>Erdős Zsuzsanna Benigna, Hegedűsné Baranyai Nóra</i> : A vas megyei határmenti járások és járásközpontok fejlettségének vizsgálata	76
<i>Erdős Zsuzsanna Benigna, Csányi Szilvia, Hegedűsné Baranyai Nóra</i> : A Körmendi járás településeinek fejlettségvizsgálata	81
<i>Stankovics Petra, Tóth Zoltán</i> : A talajdegradáció fizikai módjaival kapcsolatos talajvédelmi szabályok kritikai elemzése	86
<i>Stankovics Petra, Tóth Zoltán</i> : Az éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatok támogatásának szabályozása itthon és az Európai Unióban	92
<i>Szánati Angéla, Lukács Gábor</i> : Környezeti tudatosság ismereti komponensének vizsgálata iskolai végzettség szempontjából	97

Kertészeti és növénytudományok

<i>Bakonyi István, Csitári Gábor</i> : AM gomba oltás és műtrágyázás hatása őszi búza (<i>Triticum aestivum</i>) mikorrhizáltságára és terméshozamára üzemi körülmények között.....	103
<i>Bognár Enikő, Sárdi Katalin, Poór Judit, Szabó Péter</i> : Szőlőoltványok tápanyag-ellátási kísérleteinek értékelése talajnélküli- és konvencionális technológia esetén	109
<i>Faragó Nikolett, Lepossa Anita</i> : Bistep növénykondicionáló készítménnyel végzett magkezelések hatása őszi búza csírázóképeségére és kezdeti gyökérfejlődésére.....	115
<i>Simon-Gáspár Brigitta, Soós Gábor, Anda Angéla</i> : Szójafajták levélfelületének és termésmennyiségnek alakulása eltérő tenyészidőszakokban.....	121
<i>Kozma-Bognár Kristóf, Simon-Gáspár Brigitta, Soós Gábor, Anda Angéla</i> : Az eltérő vízellátás hatása a szója termésmennyiségére és a termés belső tulajdonságaira	126
<i>Soós Gábor, Simon-Gáspár Brigitta, Anda Angéla</i> : Sugárzashasznosítás vizsgálata szójaállományban.....	131
<i>Szabó Péter, Jenei Botond, Kun Ágnes, Soós Adrienn</i> : Különböző szőlőfajták oltáskombinációjának oltásforradási vizsgálata	136

Takarmányozás

<i>Ilona Anna Geicsnek-Koltay, Zsuzsanna Benedek, Nóra Baranyai, Levente Farkas, Ivett László, Nikoletta Amanda Such, László Wágner, Károly Dublec</i> : Effect of multiphase feeding on the production traits and nitrogen flow parameters of growing pigs.....	143
<i>Valéria Farkas, Andor Molnár, László Menyhárt, Nikoletta Amanda Such, Mohamed Ali Rawash, Károly Dublec</i> : Bacterial community composition of duck caecal content through high-throughput amplicon sequencing of 16S rRNA	149
<i>Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Benedek Zsuzsanna, Hegedűsné Baranyai Nóra, Wágner László, Such Nikoletta Amanda, Dublec Károly</i> : A hazai sertésenyésztés takarmányozási aspektusai az ammónia emisszió tükrében.....	154
<i>Mezőlaki Ákos, Such Nikoletta Amanda, Pál László, Mohamed Ali Rawash, Márton Alíz, Horváth Boglárka, Strifler Patrik, Dublec Károly</i> : NIR készülékkel és laboratóriumi módszerekkel mért extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának összehasonlító értékelése.....	159
<i>Such Nikoletta Amanda, Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Husvéth Ferenc, Dublec Károly</i> : Különböző gazdasági állatok vastagbelének szerepe a mikroflóra tükrében	164
<i>Such Nikoletta Amanda, Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Menyhárt László, Mohamed Ali Rawash, Molnár Andor, Mezőlaki Ákos, Pál László, Dublec Károly, Farkas Valéria</i> : Búza és a kukorica alapú tápok etetésének hatása a fiatal brojlercsirkék vakbél bakterióta összetételére	170
<i>Such Nikoletta Amanda, Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Mohamed Ali Rawash, Mezőlaki Ákos, Csitári Gábor, Wágner László, Péterné Farkas Eszter, Molnár Andor, Dublec Károly</i> : Búzakorpa etetésének hatása a broiler csirkék ürülékéből képződő ammónia felszabadulására	176
<i>Such Nikoletta Amanda, Mohamed Ali Rawash, Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Mezőlaki Ákos, Farkas Valéria, Pál László, Dublec Károly</i> : Tápok zab és árpa kiegészítésének hatása a baromfi alomból felszabaduló ammónia mennyiségére.....	182
<i>Farkas Valéria, Such Nikoletta Amanda, Molnár Andor, Pál László, Menyhárt László, Csitári Gábor, Dublec Károly</i> : Brojlercsirkék vakbél-bakterióta összetételének befolyásolása Broilact® izolátummal különös tekintettel a fejlődésük korai szakaszára	188

Természetvédelem, környezetvédelem és környezetgazdálkodás

<i>Geicsnek-Koltay Ilona Anna, Benedek Zsuzsanna, Husvéth Ferenc, Farkas Eszter, Such Nikoletta Amanda, Dublecz Károly: Az intenzív sertéstartás környezeti hatásai.....</i>	197
<i>Fülöp Bence, Nyári László, Deák Márk, Balogh Annamária, Molnár Csaba, Bódis Judit, Sisák István, Vadász Csaba: A Felső-kiskunsági zarodo homokpusztagyepekre jellemző védett novenyfajok termőhelyi jellemzése... 203</i>	
<i>Fülöp Bence, Deák Balázs, Pacsai Bálint, Valkó Orsolya, Bódis Judit: Üde gyeppekhez kotheto vedett es ritka novenyfajok ex situ csíráztatási kiserlete.....</i>	207
<i>Simon-Gáspár Brigitta, Simon Szabina, Kucserka Tamás, Anda Angela: A kozonseges nad lebontási utemenek vizsgálata a Balaton Keszthelyi-obolben.....</i>	213
<i>Nemeth-Koczo Jobanna, Anda Angela: A leghomerseklet változása Keszthely tersegeben 1901-tol napjainkig</i>	218
<i>Simon Szabina, Simon-Gáspár Brigitta, Anda Angela: Fuz es nyar avar lebontási utemenek vizsgálata a Balaton Keszthelyi-obolben</i>	224
<i>Soos Gábor, Anda Angela: Szoajallomany teruleti evapotranszspiraciojanak meghatározása.....</i>	229
<i>Pacsai Bálint, Sisák István, Bodis Judit: Noszofufajok (Epipactis spp.) potenciális elterjedesenek modellezeset megalapozo vizsgálatok a Dunántúl kozepso reszen.....</i>	235
<i>Simon-Gáspár Brigitta, Harta István, Simon Szabina: Akac (Robinia pseudoacacia) avar lebontásának vizsgálata agrarerdoben</i>	239
<i>Simon-Gáspár Brigitta, Anda Angela: Az alamerulo hinarnovenyzet parolgasmodosito hatásának vizsgálata.....</i>	244
<i>Simon Szabina, Simon-Gáspár Brigitta, Anda Angela: A gyékény lebontása során keletkező CO2 kibocsátás meghatározása klímakamrában.....</i>	249
<i>Németh-Koczo Jobanna, Anda Angéla: Regionális klímaváltozás: A léghőmérséklet várható alakulása Keszthely térségében.....</i>	254
<i>Simon Szabina, Simon-Gáspár Brigitta, Anda Angéla: A mocsárciprus (Taxodium distichum) avar lebontási dinamikájának vizsgálata a Hévízi-tóban</i>	260
<i>Béla István Teleki: Biodiesel from agricultural residues</i>	266

Előszó

Az, aki a kutatást választja élethivatásul annak egy olyan életpálya nyílik meg, amely a fiatalkortól az öregkorig újabb és újabb kihívásokat hoz, azaz állandó, teljeskörű szellemi-fizikai jelenlétet igényel. Ha ehhez még hozzáadjuk azt, hogy a megszerzett új ismereteket a legmagasabb szinten, a felsőoktatásban tudja a tanítványoknak átadni, nos ez a két tevékenység valóban megnyitja az utat az élethossziglan tartó kreatív munkavégzés felé. Ha személyes életutamra tekintek vissza kétségkívül ez – a kutatás-oktatás egysége – jelentette azt, hogy számomra a munkavégzés mindig szellemi kihívást és újabb hajtóerőt jelentett a szakmai pályámon. A kutatás szeretete és megszerettetése különösen fontos a pályájukon induló fiatalok számára. Magában a kísérletekben való részvétel is rendkívül összetett feladatot jelent, de különösen fontos az, hogy az elért – sok esetben első – eredményeket megfelelően tudják a fiatal kutatók-oktatók interpretálni. Ennek a kutatásban való részvételnek sokszor nehéz, de egyben felemelő érzésekkel teli feladatát jelenti a kutatási eredmények első közlése, amelyet a lehető legtöbb eszközzel segíteni szükséges. Ebben jelentett jelentős támogatást az az országos, az öt nagy agráregyetemre (Debrecen, Gödöllő, Keszthely, Mosonmagyaróvár, Kaposvár) kiterjedő projekt (EFOP-3.6.3.-VEKOP-16-2017-00008), amelyet közösen indítottunk el 2017. évben.

Az EFOP projekt keretében az egyetemek vállalták, hogy sokféle eszközzel, műszerrel és egyéb módon támogatják a kutatói utánpótlás kiszélesítését a hazai agrárfelsőoktatásban. A projekt egyik kardinális részét jelentette a projekt támogatásával készült tudományos közlemények megjelentetése akár gyűjteményes formában. Az elmúlt négy évben kiemelkedő tudományos munka folyt a projekt keretében a Keszthelyi Georgikon Karon (Campuson), melynek eredményeként került megszerkesztésre az a tudományos kötet, melyet az Olvasó most a kezében tart. Ebben a munkában sok-sok tapasztalt egyetemi oktató és kutató segítette a fiatalok munkáját. Kiemelkedő tevékenységet folytattak a Festetics Multidiszciplináris Doktori Iskola tagjai, élükön a doktori iskola vezetőjével, Dr. Anda Angéla professzor asszonnyal. A projekt sikeréhez eredményesen járult hozzá Dr. Simon-Gáspár Brigitta kollegina munkája is.

A gyűjteményes kötetben több mint 40 tudományos közlemény található. Ezek a publikációk rendkívül széleskörű diszciplináris háttérrel foglalkoznak magukba. Megtaláljuk a kötetben a klasszikus tudományterületek (állattenyésztés, növénytermesztés, kertészet, takarmányozás stb.) mellett olyan interdiszciplináris területek közleményeit is (toxikológia, természetvédelem, környezetpolitika stb.), melyek bizonyítják az agrár kutatási területek multidiszciplináris jellegét és folyamatos megújulását. Áttanulmányozva a publikációkat megállapíthatjuk, hogy azok rendkívül magas tudományos értéket képviselnek, számos új tudományos eredményt tartalmaznak gazdagítva hazai és nemzetközi tudományos életet.

Amikor jószívvel ajánlom ezt a kötetet a kedves Olvasónak, újból szeretném kiemelni azt a magasszintű tudományos műhelymunkát, amely a Keszthelyi Georgikonon, illetve annak doktori iskolájában folyik. Különös örömmel tölt el az is, hogy ehhez a kiváló tudományos munkához a fiatal kutatók esetében az EFOP-3.6.3. projekt is eredményesen tudott hozzájárulni.

Debrecen, 2021. november 02.

Dr. Pepó Péter
egyetemi tanár
MTA doktora
projektvezető
Debreceni Egyetem

Előszó

Több, mint 4 évvel ezelőtt öt hazai agrár-felsőoktatási intézmény, ahol volt doktorképzés, közös pályázatot nyújtott be. A pályázók teljes egyetértésben arról állapodtak meg, hogy a tehetséges hallgatók számára anyagi és erkölcsi támogatást nyújtanak ott, ahol a színvonalas munka megvalósításához erre szükség van. Már itt is megfogalmazódott annak az igénye is, hogy az öt intézményben éppen regnáló szereplők között az alkotói kapcsolatot ki kellene terjeszteni; pontosabban jobban ismerjék meg egymást az agrárkutatás területén működő intézmények szereplői, s itt nemcsak a hallgatókról volt szó.

Az elnyert pályázat elindult több személyes kapcsolatot igénylő workshoppal, eszmecsere biztosító műhelymunkával. A kezdeti lendületet csak rövid ideig tudta megtörni a koronavírus járvány; gyorsan váltottak a szereplők az online kapcsolatra, amelyek a konferencia utazások kivételével eredményesen működtek annak ellenére, hogy a résztvevők egyre inkább hiányolták a személyes jelenlétet.

A járvány szorításának enyhülésével újra indult a személyes megjelenéssel járó alkotómunka. Előadások hangzottak el, s emellett számos nivós publikáció is napvilágot látott. Felmerült annak az igénye, hogy a pályázat sikeréhez hozzájáruló résztvevők települési helyenként összegyűjtve hozzanak létre egy közös kiadványt, ahol az eredmények egy szelete név szerint is bemutatásra kerülne. Az intézményi struktúrát váltott Georgikon Campuson 46 közlemény érkezett értékelésre. Ezek a publikációk olyan széles körűek, hogy a könnyebb eligazodást segítő különböző kategóriákba soroltuk azokat. Ezek a csoportok felölelik szinte az egész agrárkutatás különböző szegmenseit, s áttekinti a keszthelyi Campuson folyó sokrétű kutatást. Az alábbi befoglaló csoportokat különítettük el:

- Állattudományok és toxikológia
- Gazdaságtudomány és környezetpolitika
- Kertészeti és növénytudományok
- Takarmányozás
- Természetvédelem, környezetvédelem és környezetgazdálkodás

Az egyes beadványok témáinak felsorolása, azok sokrétűsége miatt messze meghaladja egy előszó terjedelmét. Lehetőség csak arra maradt, hogy köszönetet mondjunk mindazoknak, akik beadványukkal, lektori munkájukkal hozzájárultak a jelen kiadvány megszületéséhez.

Keszthely, 2021. október 27.

Dr. Anda Angéla
egyetemi tanár
MTA doktora
campus szakmai vezető
MATE Georgikon Campus

Állattudományok és toxikológia

Hőstressz hatása a bikák spermaminőségére és fertilitására – szakirodalmi áttekintés

Kovács Barnabás Mihály^{1*}

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

**kovacs.barnabas.mihaly@phd.uni-mate.hu*

Összefoglalás

A globális klímaváltozás miatt fokozottan figyelniük kell a bikákat érő hőstressz káros hatásaira, mivel a csökkent fertilitás következtében a gazdaságos állattermék-előállítás veszélybe kerül. Hőstressz akkor jelentkezik, amikor az állat normál fiziológiai folyamatai nem képesek kompenzálni a környezeti hőmérsékletet. A heréknek külön szabályzó mechanizmusuk van, amivel a fejlődő spermiumokat védik. A spermiumok jellemzően ellenállóak a környezeti hatásokkal szemben, azonban a fejlődésük egyes fázisában, mint például a meiotikus osztódás idején, amikor a DNS kondenzációja még nem teljes, kitettek a magas hőmérsékletnek. A spermiumoknak képesnek kell lenniük a női nemi utakban való továbbhaladásra és a petesejt megtermékenyítésére. Az ehhez való képességüket vizsgálhatjuk a motilitás, a morfológia, a membrán- és akroszóma integritás, a DNS állapot, a mitokondriális aktivitás alapján. A hőstressz hatására megnövekszik a spermában az oxigén szabadgyökök mennyisége, amelyek károsítják a DNS-t, lipid peroxidáció révén sérülnek a membránok, illetve denaturálódnak a fehérjék, így romlanak a fertilitási mutatók is. Az extrém környezeti hőmérséklet hatásainak enyhítése lehetséges a megfelelő tartási- és takarmányozási technológia megválasztásával, valamint a takarmány receptúra optimalizálásával.

Bevezetés

A klímaváltozás hatására egyre gyakoribbá válnak a szélsőséges időjárási viszonyok, mint például a hosszú aszályos időszakok, a hirtelen nagymennyiségű csapadék és különösen a nyári időszakokban jelentkező hőhullámok. A negatív környezeti hatások mára már nem csak a trópusi országokban, hanem a mérsékelt égövön is megfigyelhetők (IPCC, 2007). Általánosságban akkor beszélhetünk hőstresszről, ha a környezeti hőmérséklet meghaladja az állat termoneutrális zónájának felső kritikus értékét és hipertermia jön létre, az állat testhőmérséklete emelkedik. A hipertermia ellensúlyozása érdekében összetett neurohormonális és viselkedési válaszreakciók játszódnak le. A hőstressz élettani állapotában csökken a takarmányfelvétel, visszaesik a súlygyarapodás, illetve romlanak a szaporodásbiológiai mutatók. (Morrell, 2020). Mivel gazdaságos állattermék-előállítás elképzelhetetlen megfelelő szaporodás nélkül, a klímaváltozás szaporodásbiológiai hatásait fokozottan szem előtt kell tartanunk. A hőstressz hatására bekövetkező termékkiesés különösen nagy hatással van a szarvasmarha ágazatra mind a tejelő, mind a húshasznú állományok tekintetében (Nardone et al., 2010).

A here termoregulációja

Az emlősökre jellemző, hogy a megfelelő spermatogenezishez szükséges hőmérséklet a herékben 4-5°C-al alacsonyabb, mint a test maghőmérséklete. Ennek elérése érdekében a herék a hasüregen kívül a herezacskóban helyezkednek el. A herezacskót vékony bőr borítja, zsírszövetből mentes és gyengén szőrözött. A herék hőmérsékletének csökkentése egy speciális érhalózat, a repkényfonat segítségével történik. A herezacskóban két izom található, melyek hideg hatására megfeszülnek és közelebb húzzák a heréket az állat testéhez, illetve magas hőmérséklet esetén megnyúlnak, így a

herék eltávolodnak a testtől. A herezacskóra jellemző, hogy sűrűbben van ellátva izzadságmirigyekkel, mint a test egyéb részein található bőr, ez segíti a párolgás útján történő hőleadást (Brito et al., 2004).

Az extrém környezeti hőmérséklet önmagában, vagy magas páratartalommal társulva megzavarja a herék hőleadását, aminek hatására növekszik a here hőmérséklete. Habár a spermiumok fejlődésük során viszonylag ellenállóak a hőstresszel szemben, egyes fejlődési fázisokban, mint például a meiotikus osztódáskor, amikor a DNS kondenzációja még nem teljes, kitettek a magas hőmérsékletnek. Az optimális környezeti hőmérséklet a spermatogenezishez 15-18°C-körüli, ami ideális esetben a spermiumokérésének teljes időtartama (65-70 nap) alatt fennmarad (Parkinson, 1987).

A hőstressz hatása a spermaminőségre

A spermiumoknak funkcionálisan képesnek kell lenniük a női nemi utakban történő haladásra, eljutni a fertilizáció helyéig és ott megtermékenyíteni a petesejtet. Az ehhez való képességüket vizsgálhatjuk a motilitás, a morfológia, a membrán- és akroszóma integritás, a DNS állapot, a mitokondriális aktivitás alapján. A legtöbb tanulmány a hőmérséklet és páratartalom hatását vizsgálja.

Egy fontos mérőszám a hőstressz vizsgálatában a HPI (hőmérséklet-páratartalom index), azonban az évszakok közti hőmérsékletkülönbség is jelentős hatással lehet a spermaminőségre. A hőmérséklet-páratartalom index esetén 72 HPI fölött már jellemzően romlanak a szaporodásbiológiai mutatók (Sabés-Alsina et al., 2019). Fontos azonban szem előtt tartani, hogy a spermaminőség romlása gyakran a hőstresszes időszakot követően 2-4 héttel később jelentkezik, és esetenként 6-12 hét is szükséges lehet ahhoz, hogy az értékek visszaálljanak a normális szintre (Hansen, 2009).

A megnövekedett környezeti hőmérséklet hatására egy bizonyos pont után az állati szervezet képtelen a testhőmérsékletét az optimális szinten tartani, ilyenkor megemelkedik a here hőmérséklete, és a fokozódó metabolikus teljesítmény miatt alacsony véroxigén szint (hypoxia) jelentkezik, amihez társul az oxigén szabadgyökök mennyiségének növekedése. A spermiumok normál fejlődése esetén is fontos szerepük van az oxigén szabadgyököknek a spermiumok kapacitációjában, az akroszóma reakcióban és ezeken keresztül a petesejt megtermékenyítésében (de Lamirande & Gagnon, 1995). Emellett azonban a spermiumok hajlamosak a szabadgyökök okozta károsodásokra, mivel a plazmamembrán nagy arányban tartalmaz többszörösen telítetlen zsírsavakat és a kevés citoplazma révén antioxidánsokban szegény. Amennyiben az oxigén szabadgyökök mennyisége megnövekszik a spermában, azok károsítják a DNS-t, lipid peroxidáció révén sérülnek a membránok, illetve denaturálódnak a fehérjék (Nichi et al., 2007).

DNS károsodások:

Az emlősállatok ondósejtjeiben lévő kromatin egy egyedi, a testi sejtekéhez képest eltérő formában van jelen. A spermatidák átalakulása során a nukleoszómákban lévő hisztonok egy rövid időre lecserélődnek átmeneti protaminokra, majd a csupasz DNS-hez kötődnek a kisméretű bázikus protaminok. Az így kialakult szerkezet a hiszton-DNS komplexhez képest egy gyűrűs feltekerített forma, amit toroidnak neveznek. A megfelelő kondenzációval egy stabil kromatinállomány jön létre, ami védi a genetikai állományt a tárolás és a nemi utakban történő szállítás során fellépő károsodástól (Carrell et al., 2007). Az apai DNS sértetlensége különösen fontos az embrió fejlődése szempontjából. A különböző DNS károsodások hatással vannak az embriófejlődésre, a beágyazódásra és a vemhesség kimenetelésre, így egyes DNS hibák terméketlenséget eredményezhetnek. Az ilyen spermiumok képesek kötődni a zona pellucidához és képesek megtermékenyíteni a petesejtet, de az embriófejlődés korai szakaszában magzatelhalás léphet fel (Silva & Gadella, 2006).

Rahman et al. (2011) vizsgálatai alapján a hőstressz hatására sérül a spermiumok DNS-e, a hiszton-protamin kicserélődés nem megy végbe teljesen, ami előrevetíti a kromatinkondenzációs zavarokat. Az ilyen típusú rendellenességek a nem kompenzálható spermium defektusok közé tartoz-

nak. Ez azt jelenti, hogy a termékenyítőadag spermiumkoncentrációjának növelésével se lehet el-
lensúlyozni a csökkent fertilitást (Evenson, 1999). Fernandes et al. (2007) a kísérletük során a bikák
heréin helyeztek el egy szigetelést (scrotal insulation), ezzel imitálva a magas környezeti hőmérséklet
hatásait. A spermamintákat Feulgen festéssel vizsgálva megállapították, hogy a hőstresszt követően
szignifikánsan növekedett a rendellenes kromatinkondenzációt mutató spermiumok száma. A ma-
gas környezeti hőmérséklet és a DNS rendellenességek kapcsolatát alátámasztja továbbá Garcia-
Oliveros et al. (2020), illetve Sabés-Alsina et al. (2019) eredményei, ahol a hőstresszt követően je-
lentősen megemelkedett a DNS fragmentációt mutató spermiumok aránya.

Plazmamembrán és akroszóma károsodások:

A plazmamembrán körülveszi az egész sejtet, a külső akroszóma membránt, a spermiumfej poszt
akroszomális régióját egészen az annulusig és a fark teljes hosszát fedi. Közvetve vagy közvetlenül
számos sejtfuncióért felelős, például a homeosztázis fenntartásáért, felületén lévő specifikus fe-
hérjék segítségével biztosítja a glükóz és fruktóz transzportját az extracelluláris térből. Az érett
spermiumok az ATP 90%-át anaerób glikolízisből nyerik, ezért különösen fontos az intakt plazma-
membrán az energianyeres szempontjából. A spermavizsgálatok során, ha a plazmamembrán sérült
a sejtet halottnak tekintjük, ezek a sejtek nem képesek eljutni a fertilizáció helyszínére, így képte-
lenek megtermékenyíteni a petesejtet (Silva & Gadella, 2006).

Az akroszóma egy Golgi/endoplazmatikus retikulum eredetű sejt organelum. A kezdeti sper-
mium-zona pellucida kapcsolódás váltja ki az akroszóma reakciót, melynek során az akroszóma
felnyílik és ürülnek az enzimek, amelyek a petesejtet körülvevő burok oldását kezdik meg. A legje-
lentősebb ilyen enzimek a hialuronidáz és az akrozin. Ezek és a létrejövő hiperaktív motilitás segít-
ségével tud bejutni a spermium a petesejtbe (Abou-Haila & Tulsiani, 2000). Korai akroszóma re-
akció esetén a spermium képtelen lesz megtermékenyíteni a petesejtet. A spermium membránjai
fogékonyak az oxigén szabadgyökök okozta károsodásokra a magas telítetlen zsírsavtartalmuk mi-
att. A lipidperoxidáció miatt megváltozik a membrán szerkezete, ami hatással van az ivarsejtek fa-
gyaszthatóságára és a zóna pellucidához való kapcsolódásra (Petrunina & Harrison, 2013). A nyári
hőstressz és az akroszóma-, plazmamembrán sérülések kapcsolatát számos tanulmány alátámasztja
(Garcia-Oliveros et al., 2020; Malama et al., 2017; Sabés-Alsina et al., 2019) Az előző eredményekkel
ellentétben Seifi-Jamadi et al. (2020) vizsgálata alapján a nyári magas hőmérséklet-páratartalom in-
dex mellett se csökkent szignifikánsan az intakt akroszómával rendelkező spermiumok aránya.

Motilitás és morfológia:

A mesterséges termékenyítésre használt sperma minőségellenőrzése során elsősorban a sűrűség,
konzisztencia, tömegmozgás, motilitás paramétereiket veszik figyelembe, azonban Nagy et al.
(2013) szignifikáns kapcsolatot mutatott ki a morfológia és a fertilitás között. A hagyományos mik-
roszkópos vizsgálatok időigényesek, így a rutin spermabírálat során ritkán alkalmazzák. A rendelle-
nes spermiumok gyakran nem haladnak végig a női nemi utakban vagy nem vesznek részt a meg-
termékenyítésben (Saacke et al., 1998).

A morfológiai rendellenességek jelentős része valamilyen külső behatás vagy magas hőmérséklet
hatására jelentkezik. A hőstressz hatására a here kanyarulatot csatornáiban és a mellékhere feji ré-
szében található éretlen spermiumok fejlődése zavart szenved. A hőstresszt követően 2-3 héttel
megnő a morfológiai rendellenességeket mutató spermiumok aránya az ejakulátumban (úgy mint fej
morfológiai defektusok, akroszóma rendellenességek, vakuólumok) (Garcia-Oliveros et al., 2020;
Fernandes et al., 2008). Seif-Jamadi et al. (2020) vizsgálata szerint az évszaknak nincs hatása a friss
sperma motilitására, viszont a fagyaszott-felolvasztott sperma motilitása szignifikánsan romlott a
hőstressznek kitett bikák esetében. Sabés-Alsina et al. (2019) munkája alapján szignifikáns negatív
korreláció mutatható ki a normál morfológia és a maximális HPI között, illetve számos CASA
motilitás paraméter és a maximális HPI között. Az előzőeknek ellentmondanak Llamas Luceño et

al. (2019) eredményei, amelyek szerint nem volt különbség a tavasszal és nyáron gyűjtött spermaminták között a morfológia és a motilitás tekintetében.

Fertilitás vizsgálatok:

Több in vitro fertilizációs kísérlet is kimutatta, hogy a hőstressznek kitett bikák esetén az embriók fejlődése jelentősen elmarad a kontroll termékenyítésből származóktól. A megtermékenyülési arány a legtöbb esetben nem romlik, viszont a 7-8 napos blasztociszták fejlődése visszamaradott vagy el sem jut az embrió addig a stádiumig (Llamas Luceño et al., 2019; Fernandes et al., 2008; Seifi-Jamadi et al., 2020).

A hőstressz elleni védekezés

A hőstressz elleni védekezés első lépését az ideális fajta megválasztása jelenti. Egyes fajták vagy populációk hosszú éveken át adaptálódtak a meleg klímához, így a globális felmelegedés idején a mérsékelt égövi tartásuk kifizetődő lehet. A *Bos taurus* és *Bos indicus* keresztezések kifejezetten ellenállóak lehetnek a hőstressznek (Meirelles et al., 1991). A mesterséges termékenyítésre használt bikák kiválasztása során figyelmet kell fordítani azok korára. Ismert tény, hogy a fejlődésük során a bikák spermaminősége egy bizonyos pontig javul, viszont az idősebb egyedek jobban kitettek a környezet káros hatásainak, így a hőstressznek is (Morrell, 2020).

Számos eszköz áll rendelkezésünkre az extrém környezeti hőmérséklet hatásainak enyhítésére. Szabadon tartott állatok esetében árnyékos helyek biztosítása, jól szellőztetett istállók, permetezőkapuk kialakítása, zárt épületben tartott állatok esetében a hőmérséklet és a páratartalom szabályozása, illetve a megfelelő légszere biztosítása csökkenti a hőstresszt. A takarmányozási módszerek és a helyes technológia megválasztása szintén segíthet a hőstressz okozta negatív hatások csökkentésében. Különösen fontos a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz biztosítása az állatoknak (adott esetben hűtött víz kedvező hatású lehet). A magas hőmérséklet hatására jellemzően fokozatosan csökken a felvett takarmány mennyisége (West, 2003). A modern takarmányozási módszereknek ezzel a csökkenő takarmányfelvétellel együtt is biztosítaniuk kell az állat számára megfelelő mennyiségű tápanyagokat. Célszerű tápanyagok emészthetőségét javítani és a magas nyersrost tartalmú takarmány alapanyagokat elkerülni. A hőstressz érintheti a sav-bázis háztartást, ilyenkor szükség lehet a vér kémhatásának befolyásolására, a kation- és anionszintek egyensúlyának fenntartására. A fokozott légzés okozta szén-dioxid-veszteség esetén például a takarmány megfelelő szintű bikarbonát kiegészítésével megakadályozhatjuk a vér pH-értékének kóros változását. Gholami et al. (2011) tanulmánya alapján az omega-3 zsírsav kiegészítés kimutathatóan javítja a hőstressznek kitett bikák spermaminőségi mutatóit. A hőstressz hatásai ellen további hatékony megoldás a takarmányban található vitaminok és ásványi anyagok szintjének emelése (Sanchez et al. 1994). Az életkor előrehaladtával a bakterióta diverzebb lett, és számos jótékony baktérium jelent meg nagyobb számban, míg a potenciálisan diszbiózissal összefüggésbe hozható néhány baktérium nemzetség száma csökkent. A kísérletünk során vizsgált búza alapú táp csupán kis mértékben befolyásolta a baromfi bélbakterióta összetételét.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Abou-Haila, A., Tulsiani, D.R. (2000). Mammalian sperm acrosome: formation, contents, and function. *Arch Biochem Biophys*, 379(2), 173–182. <https://doi.org/10.1006/abbi.2000.1880>
- Brito, L.F., Silva, A.E., Barbosa, R.T., Kastelic, J.P. (2004). Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology*, 61(2-3), 511–528. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00231-0](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00231-0)
- Carrell, D.T., Emery, B.R., Hammoud, S. (2007). Altered protamine expression and diminished spermatogenesis: what is the link? *Hum Reprod Update*, 13(3), 313–327. <https://doi.org/10.1093/humupd/dml057>
- Evenson, D.P. (1999). Loss of livestock breeding efficiency due to uncompensable sperm nuclear defects. *Reprod Fertil Dev.*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1071/rd98023>
- Fernandes, C.E., Dode, M.A., Pereira, D., Silva, A.E. (2008). Effects of scrotal insulation in Nellore bulls (*Bos taurus indicus*) on seminal quality and its relationship with in vitro fertilizing ability. *Theriogenology*, 70(9), 1560–8. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.07.005>
- García-Oliveros, L.N., de Arruda, R.P., Batissaco, L., et al. (2020). Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings. *Int J Biometeorol.*, 64(8), 1367–1378. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01917-w>
- Gebremedhin, K.G., Hillman, P.E., Lee, C.N., Collier, R.J., Willard, S.T., Arthington, J.D., et al. (2008). Sweating rates of dairy cows and beef heifers in hot conditions. *Trans. ASABE*, 51, 2167–2178. <https://doi.org/10.13031/2013.25397>
- Gholami, H., Chamani, M., Towhidi, A., Fazeli, M.H. (2011). Improvement of Semen Quality in Holstein Bulls during Heat Stress by Dietary Supplementation of Omega-3 Fatty Acids. *Int J Fertil Steril.*, 4(4), 160–7.
- Hansen, P.J. (2009). Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 364(1534), 3341–3350. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- de Lamirande, E., Gagnon, C. (1995). Impact of reactive oxygen species on spermatozoa: a balancing act between beneficial and detrimental effects. *Hum Reprod.*, 10(1), 15–21. https://doi.org/10.1093/humrep/10.suppl_1.15
- Llamas, L.N., de Souza R.A.D., de Cássia B.L., et al. (2020). Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro. *Theriogenology*, 141, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.08.034>
- Malama, E., Zeron, Y., Janett, F., Suda, M., Rothm Z., Bollwein, H. (2017). Use of computer-assisted sperm analysis and flow cytometry to detect seasonal variations of bovine semen quality. *Theriogenology*, 87, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.002>
- Meirelles, C.F., King, G.J., Barnabe, R.C., Abdalla, A.L., Vitti, D.M.S.S. (1991). Reproductive performance of three Brazilian beef breeds. *Livest Res Rural Dev.*, 3(1) (<http://www.lrrd.org/lrrd3/1/brazil.htm>)
- Morrell, J.M. (2020). Heat stress and bull fertility. *Theriogenology*, 153, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.014>
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.*, 130, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
- Nagy, S., Johannisson, A., Wahlsten, T., Ijäs, R., Andersson, M., Rodriguez-Martinez, H. (2013). Sperm chromatin structure and sperm morphology: their association with fertility in AI-dairy Ayrshire sires. *Theriogenology*, 79(8), 1153–1161. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.02.011>
- Nichi, M., Goovaerts, I.G., Cortada, C.N., Barnabe, V.H., De Clercq, J.B., Bols, P.E. (2007). Roles of lipid peroxidation and cytoplasmic droplets on in vitro fertilization capacity of sperm collected from bovine epididymides stored at 4 and 34 degrees C. *Theriogenology*, 67(2), 334–340. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.08.002>
- Parkinson, T.J. (1987). Seasonal variations in semen quality of bulls: correlations with environmental temperature. *Vet Rec.*, 120(20), 479–82. <https://doi.org/10.1136/vr.120.20.479>
- Petrunkina, A.M., Harrison, R.A.P. (2013). Fluorescence Technologies for Evaluating Male Gamete (Dys)Function. *Reprod Dom Anim.*, 48, 11–24. <https://doi.org/10.1111/rda.12202>
- Rahman, M.B., Vandaele, L., Rijsselaere, T., et al. (2011). Scrotal insulation and its relationship to abnormal morphology, chromatin protamination and nuclear shape of spermatozoa in Holstein-Friesian and Belgian Blue bulls. *Theriogenology*, 76(7), 1246–1257. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.05.031>
- Saacke, R.G., DeJarnette, J.M., Bame, J.H., Karabinus, D.S., Whitman, S.S. (1998). Can spermatozoa with abnormal heads gain access to the ovum in artificially inseminated super- and single-ovulating cattle? *Theriogenology*, 50(1), 117–128. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00119-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00119-8)
- Sabés-Alsina, M., Lundeheim, N., Johannisson, A., López-Béjar, M., Morrell, J.M. (2019). Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: A retrospective analysis. *J Dairy Sci.*, 102(6), 5623–5633. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15837>

Sanchez, W.K., McGuire, M.A., Beede, D.K. (1994). Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *J Dairy Sci.*, 77(7), 2051–2079. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77150-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77150-2)

Seifi-Jamadi, A., Zhandi, M., Kohram, H., Luceño, N.L., Leemans, B., Henrotte, E., Latour, C., Demeyere, K., Meyer, E., Van Soom, A. (2020). Influence of seasonal differences on semen quality and subsequent embryo development of Belgian Blue bulls. *Theriogenology*, 158, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.037>

Silva, P.F., Gadella, B.M. (2006). Detection of damage in mammalian sperm cells. *Theriogenology*, 65(5), 958–78. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.010>

West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)

Charolais növendék marhák hústermelési paramétereinek ultrahangos vizsgálata

Faludi Gergely¹, Bene Szabolcs², Török Márton³, Polgár J. Péter^{2*}

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézete

³Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete

**polgar.jozsef.peter@uni-mate.hu*

Összefoglalás

A húsmarha tenyésztésben fontos a folyamatos fejlődés, hogy a fajta és az előállított termék piacképes maradjon. A tenyésztőknek nem csak a megfelelő takarmányozási és a tartástechnológiai körülményekről kell gondoskodniuk, hanem állandó feladat az állomány teljesítmények növelése. Mivel a húsmarha elsődleges leválasztott terméke annak húsa, ezért ezen termelési paraméterek generációról generációra való javítása a cél. Azonban a megfelelő genetikai előrehaladás feltétele a megfelelő tenyészállatok kiválasztása, amelyet ideális esetben már fiatal korban meg tudunk ítélni. Ezen döntések meghozatalához a technológia fejlődése egyre több és jobb lehetőséget biztosít. Az egyik ilyen módszer a hús termelési paraméterek ultrahangos vizsgálata. A módszer alapja, hogy egy hordozható ultrahang segítségével meghatározott pontokon történő adat felvételezéssel megállapítják a zsír és izomszövetek méreteit (keresztmetszet, vastagság, terület). Ezen adatok segíthetnek mind a tenyészállatok kiválasztásában már fiatal korban, illetve az ideális hizlalási idő megállapításában. A módszert gyakorlati körülmények közötti használatra alkalmassá teszi annak egyszerű használata, mobilitása és a kinyerhető adatok pontossága. Azonban a helyes értelmezéshez és felhasználáshoz szükséges az állatlunk is végzet kísérletekre.

A vizsgálat során 180 charolais bika és 190 charolais üsző adatait rögzítették real-time ultrahangos módszerrel. Jelen vizsgálat során a következő felvett adatokat dolgoztuk fel: rostélyos keresztmetszet (REA), a bőr alatti faggyúvastagság a faron (P8), a bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (FT). A kapott adatokat kor, ivar és apa hatásának szempontjából vizsgáltuk, illetve azok egymással való összefüggését.

A legjobban leírható tulajdonság a rostélyos keresztmetszet volt, illetve a bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon. A két zsírszövetet jellemző mért tulajdonság hasonló módon változik azonban esetenként eltérő hatás érvényesül változásokban. A kapott eredmények több ponton egyeztek a szakirodalmi forrásokkal, elmondható, hogy a módszer alkalmas a tenyészállatok kiválasztására

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A húsmarhatenyésztés egyik állandó kihívása a piaci igényeknek megfelelő végtermék előállítása. Ahhoz, hogy ez a termelés gazdaságos is legyen, a tenyésztők számára elengedhetetlen az állományok folyamatos tesztelése. A sikeres tenyésztési munka egyik feltétele a megfelelő és megbízható adatrögzítés, amelyhez objektív mérési módszerekre van szükség. Ezen adatok segítségével becsülhető meg az egyes tenyészállatok tenyészértéke.

Mivel az elsődleges termék a vágott test, a csontos hús, célszerű a tenyészérték becsülésének folyamatában a hústermelő képesség paramétereinek megjelenítése is. A korábbi gyakorlat során az ehhez szükséges információkat elsősorban az utódok termelésének vizsgálatából származott, amely egy időigényes és a költséges eljárás (Williams, 2002). A technika fejlődésével azonban egyre inkább elérhetőek azok az eszközök (UH, CT, MR) amikkel gyorsan, egyszerűen, nagy biztonsággal és precizitással rögzíthetünk adatokat. Élő állaton, üzemi között körülmények között az ultrahangos mérés alkalmazása valósítható meg (Tózsér et al., 2005). Az ultrahang alkalmazása nem invazív, és kellően megbízható módszer (Williams, 2002). Alkalmas az izomszövet és a faggyú szöveti területei kiterjedtségének mérésére is.

Magyarországon az ultrahangos technikát első sorban vemhességvizsgálatra alkalmazzák a tejlő tehenészetekben. Segítségével meghatározható, becsülhető a kondíció, mind tejlő mind pedig húsmarha állományokban (Tózsér et al., 2005). Azonban alkalmas több hústermelési mutató mérésére

is, ezen adatok segítségével nem csak a pillanatnyi termelés állapítható meg, hanem már fiatal korban prognosztizálható ezen paraméterek későbbi változása (Silva et al., 2012; Greiner et al., 2003). Mivel gyors és megbízható módszer, így a húsmarhatenyésztők számára alkalmas eszköz lehet a tenyészték becslésének folyamatához szükséges adatok rögzítésére, amelynek költségei így jelentősen csökkenthetőek (Reverter et al., 2000; Williams, 2002; Tózsér et al., 2004/b).

Az eszköz maga ultrahang hullámokat bocsát ki, amelyek egy piezoelektromos kristály segítségével jönnek létre. A hanghullámok kölcsönhatásba lépnek a szövetekkel, az így visszaverődő hanghullámokat fogja fel a fejegység, amelyből létrejött kép aztán a képernyőn jelenik meg. A kép részletességében a ultrahang hullámhossza a legmeghatározóbb, az alacsonyabb frekvenciát használva a kép felbontása a kisebb frekvencia használatával javul. A hanghullámok szövetbe jutása azonban romlik a magasabb frekvencia használatakor, ezért élő állat carcass vizsgálatkor 3,5MHz-es frekvenciát használnak. A leggyakrabban ultrahanggal mért paraméter a rostélyos keresztmetszet (REA), a bőr alatti faggyúvastagság a faron (P8), a bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (FT) (Williams, 2002). Ezen méretek felvétele viszonylag nagy pontossággal történik ultrahang segítségével. Silva et al. (2012) az ultrahangos mérések és a vágási minősítés után kapott értékek közötti összefüggést vizsgálva a REA estében 0,90, a FT esetében pedig 0,85 korrelációs koefficienszt kaptak. Greiner et al. (2003) vizsgálataik során hasonló eredményeket kaptak, a REA esetében 0,86-os korrelációt állapítottak meg, azonban azt is kiemelték, hogy a carcass-on mért rostélyos átmérő erősebb összefüggést mutatott ($r = 0,86$) a féltetek súlyával. Tózsér et al. (2005) a P8 értékre vonatkozóan megállapította, hogy az a charolais fajta esetén szoros pozitív összefüggésben van az élősúllyal ($r = 0,4, -0,7$). Azok a modellek, melyek az ultrahangos mérésekre alapozott vágási mutatók előrejelzésére tesznek kísérletet, nem egységesek. A különböző mérési pontokon rögzített adatok eltérő mértékű hatást eredményeztek. A legtöbb esetben a REA hatása bizonyult a leginkább azonos erősségűnek ($r = 0,6-0,7$), azonban sem a az FT sem pedig a P8 értéket illetően nem egységesek az eredmények (Williams et al., 1997; Silva et al., 2012; Greiner et al., 2003).

A termelési paraméterek előrejelzése mellett az ultrahang alkalmazása egyre jelentősebb eszköz lesz a tenyészállatok kiválasztásában is, a méréseket általában az állatok 1 éves korában végzik ilyen céllal (Moser et al. 1998; Reverter et al., 2000; Williams, 2002; Harangi et al., 2008). A charolais fajtában végzett haza kutatások azt mutatták, hogy ivar szerint azonos körülmények között és azonos életkorban (~540nap) nincs szignifikáns különbség a faggyúsodásban (Tózsér et al., 2004/a). Fontos kiemelni, hogy egyes tulajdonságok additív genetikai varianciái esetében azonban van eltérés a nemek között. Reverter et al. (2000) angus marháknál az ultrahangos mérések eredményeinek örökölhetőségét vizsgálva azt tapasztalta, hogy a rostélyos területe és annak h2 értéke magasabb volt üszők (0,46) esetében, mint a bikáknál (0,37), hereford fajta esetében ennek az ellentétét tapasztalták (bika 0,41; üsző 0,34), tehát különböző fajták esetében is jelentős különbségek állhatnak fenn.

Anyag és módszer

A méréseket egy Falco-100 real-time ultrahanggal eszközzel végeztük, egy lineáris, 18cm-es 3,5MHz-es mérőfejjel. Az adatfelvétel során mért paraméterek a következők voltak: rostélyos keresztmetszet (REA), bőr alatti faggyúvastagság a faron (P8), és bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (FT). A mérések termelésellenőrzött charolais állományokban, 180 bikán és 190 üszőn történtek. Az adatokat ivar és kor szerint is elemeztük. Az adatok feldolgozáshoz MS Excel és SPSS 9,0 statisztikai adatfeldolgozó szoftvereket használtunk, amelyekkel ANOVA és korrelációs elemzéseket végeztünk.

Eredmények és értékelésük

A rostélyos keresztmetszetre (REA) az ivari hatás gyakorolta a legnagyobb hatást 92,3%-kal, illetve az életkor 6,2%-kal. Az általunk figyelembe vett tulajdonság közül az ivar ezt befolyásolta a legnagyobb mértékben. A bőr alatti faggyúvastagság rostélyos tájékon (FT) volt a másik olyan paraméter, amelyre nagy hatással volt az ivar (81%), illetve az apa hatása volt jelentős mértékű (12,3%). A bőr alatti faggyúvastagság esetében a rostélyos tájékon (P8) az életkor volt a legerősebb tényező, ellentétben a másik két tulajdonsággal, ahol ez elhanyagolható, illetve az FT esetében nem volt szignifikáns (REA 6,2%; FT 1,3%). Az apa hatása a P8-nál volt a legerősebb (14,8%), ami közel áll a FT-nél kapott hatás értékéhez.

1. táblázat: A vizsgált tényezők hatása az értékelte tulajdonságokra

Tényező (1)	Osztályok (2)	A tényező hatása és aránya a fenotípusban (3)					
		REA (N = 370)		P8 (N = 412)		FT (N = 252)	
		p	%	p	%	p	%
Apa (A) (4)	101	<0,01	1,0	<0,01	14,8	<0,01	12,3
Ivar (I) (5)	2	<0,01	92,3	NS	0,0	<0,01	81,0
Életkor (É) (6)	3	<0,01	6,2	<0,01	79,4	NS	1,3
Hiba (7)	-	-	0,5	-	5,8	-	5,4
Összesen (8)	-	-	100,0	-	100,0	-	100,0

REA = rostélyos keresztmetszet (9); P8 = bőr alatti faggyúvastagság a faron (10); FT = bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (11);

A vizsgált 3 tulajdonság örökölhetősége (2.táblázat) közel azonos, mindegyik közepesen jól örökölhető. A legjobb örökölhetőséget az FT mutatta, ahol a $h^2_{FT} = 0,65$, ezután következik a P8, ahol $h^2_{P8} = 0,62$, a $h^2_{REA} = 0,57$. A két zsírszövet beépülési vastagságát jellemző tulajdonság értéke áll közel egymáshoz.

2. táblázat: Populációgenetikai paraméterek

Tulajdonságok (1)	$h^2 \pm SE$
REA	$0,57 \pm 0,23$
P8	$0,62 \pm 0,22$
FT	$0,65 \pm 0,29$

REA = rostélyos keresztmetszet (5); P8 = bőr alatti faggyúvastagság a faron (6); FT = bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (7);

A 3. táblázatban láthatjuk, hogy a vizsgált tényezők közül a REA változik a legnagyobb mértékben a vizsgált hatások függvényében. A REA főátlagtól való eltérésben az apaállatoknál a legnagyobb a különbség a két szélsőérték között (-12,41 és +2,86 cm²). Azonban, ha apák közötti eltérést, a legnagyobb és legkisebb érték közötti különbséget és a főátlag arányában mért eltérést nézzük, ez az FT-nél a legnagyobb mértékű (67%).

Az ivari szerinti eltéréseket vizsgálva láthatjuk, hogy a REA esetén nagy eltérés van a bikák (N = 180) és az üszők (190) között, az ivari hatás itt igazolt. A P8 és az FT esetében ez a különbség nem jelentős, ezekre a tulajdonságokra az ivar hatása nem volt igazolt vizsgálatunkban.

3. táblázat: *A tényezők hatása a vizsgált tulajdonságokra*

Tényezők (1)	Tulajdonságok (2)					
	REA (cm ²)		P8 (cm)		FT (cm)	
N	370		412		252	
Főátlag±SE (3)	83,09±0,67		0,52±0,01		0,46±0,01	
Létszám; eltérés a főátlagtól (4)	N	+ / -	N	+ / -	N	+ / -
Apa KLSZ (5)						
- 21841	7	-12,41	9	-0,24	-	-
- 22480	10	-3,22	11	+0,13	4	+0,01
- 22606	8	+2,86	9	+0,02	5	+0,08
- 22875	10	+0,94	10	+0,15	9	+0,13
- 23770	14	-0,14	17	+0,03	7	-0,02
- 23918	15	+0,70	17	+0,04	13	-0,01
- 24157	8	-3,75	8	-0,04	3	+0,00
- 24831	14	-11,48	18	-0,12	17	-0,09
- 24938	7	+0,93	7	+0,01	5	-0,05
- 25009	17	+2,05	17	+0,02	8	-0,05
- 25018	8	-3,37	9	+0,01	-	-
- 25035	8	-1,22	8	+0,07	7	-0,03
- 25898	7	+1,14	7	-0,07	7	-0,07
- 26906	7	+1,43	7	+0,11	7	+0,13
- 27284	9	-1,82	10	-0,13	3	-0,18
Ivar (6)						
- Bika (7)	180	+13,83	181	-0,00	164	+0,06
- Üsző (8)	190	-13,84	231	+0,00	88	-0,06
Életkor (nap) (9)						
- <400	98	-6,22	106	-0,09	41	-0,00
- 400-500	174	-0,41	178	-0,02	154	-0,01
- 500≤	98	+6,61	128	+0,11	57	+0,01

REA = rostélyos keresztmetszet (10); P8 = bőr alatti faggyúvastagság a faron (11); FT = bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (12);

A kor tekintetében annak növekedésével a faggyúsodás hatása leginkább a P8 tulajdonságnál mutatkozik meg, 500 nap felett a fő átlagtól való eltérés +0,11cm (N = 98). A REA esetében is látjuk, hogy a főátlagtól való eltérés pozitív lesz 500 nap felett (+6,61cm²), a rostélyos keresztmetszete intenzíven növekszik. Az FT érték az ugyan ebben az időszakban már csak kis mértékben változik, főátlagtól való eltérése +0,01cm. Eredményeink azt mutatják, hogy a hizlalási napok későbbi szakaszában, ahogy az állatok elkezdnek zsírdepókat létrehozni, azok elsősorban a fartájékon képződnek, a rostélyos tájékon csak kis mértékben épül be zsír.

Ha az általunk vizsgált tulajdonságok közötti korrelációt vizsgálva láthatjuk, hogy az a REA és az FT között a legerősebb ($r = 0,64$), az összefüggés itt a legerősebb. Ezzel szemben a REA és másik faggyúvastagságot jellemző tulajdonság a P8 viszonyában a korreláció igen gyenge ($r = 0,27$). A két faggyúvastagsági érték között is gyenge, csupán $r = 0,35$ korrelációt tapasztalunk.

4. táblázat: A vizsgált tulajdonságok közti korrelációk

r	P8	FT
REA	0,27*	0,64*
P8		0,35*

* $p < 0,01$; REA = rostélyos keresztmetszet (1); P8 = bőr alatti faggyúvastagság a faron (2); FT = bőr alatti faggyúvastagság a rostélyos tájékon (3); IMF = intramuszkuláris faggyútartalom (4)

Az életkor és a vizsgált tulajdonságok korrelációját külön vizsgáltuk ivar szerint. Ennek eredményeként kiderült, hogy korreláció az életkor és a REA, P8 és a FT bikák esetében nem szignifikáns. Egyedül az üszők esetében korreláltak ezek az adatok az életkorral, a legerősebb korrelációt a REA ($r = 0,62$). A két zsírszövet vastagságot jellemző tulajdonság összefüggése az életkorral közel azonos, gyengén korreláltak a (FT $r = 0,46$; P8 $r = 0,48$).

Következtetések, javaslatok

A REA és a FT esetében közel azonos tényező hatását látjuk azonban azoknak hatása eltérő mértékű a két tulajdonság tekintetében. A kapcsolatot a két tulajdonság között azok egymással való korrelációja is mutatja. A zsírszövet vastagságát értékelő két tulajdonság a P8 és az FT kapcsolata már gyengébb, több esetben eltérő a kapcsolatuk egyes hatásokkal, például az ivar és az életkor tekintetében.

Az örökölhetőség szempontjából elmondható, hogy a vizsgált tulajdonságok alapot adhatnak, a tenyészállatok kiválasztásához. Ez megegyezik a feldolgozott szakirodalmi források megállapításaival (Moser et al., 1998; Reverter et al., 2000; Williams, 2002). A szöveti gyarapodás, fejlődés és a kondíció paraméterei ebben az életszakaszban még részlegesen átfednek.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Greiner, S.P., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Cundiff, L.V., Wheeler, T.E. (2003). Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81(7), 1736–1742. <https://doi.org/10.2527/2003.8171736x>
- Harangi, S., Béri, B., Gazdó, K., Czeglédi, L. (2008). Különböző genotípusú növendékbikák saját teljesítményvizsgálat alatti teljesítményének értékelése, *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems*, 4(2), 128–136.
- Moser, D.W., Bertrand J.K., Misztal I., Kriese L.A., Benyshek L.L. (1998). Genetic Parameter Estimates for Carcass and Yearling Ultrasound Measurements in Brangus Cattle. *Journal of Animal Science*, 76(10), 2542–2548. <https://doi.org/10.2527/1998.76102542x>
- Reverter, A., Johnston, D.J., Graser, H.U., Wolcott, M.L., Upton, W.H. (2000). Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle, *Journal of Animal Science*, 78(7), 1786–1795. <https://doi.org/10.2527/2000.7871786x>
- Silva, S.L., Tarouco, J.U., Ferraz, J.B.S., Gomes, R.C., Leme, P.R., Navajas, E.A. (2012). Prediction of retail beef yield, trim fat and proportion of high-valued cuts in Nellore cattle using ultrasound live measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(9), 2025–2031. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000900009>
- Tózsér, J., Domokos, Z., Bujdosó, M., Szentléleki, A., Bakus, G., Zándoki, R., Minorics, R. (2004/a). Hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel a charolais fajtában. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 8(2), 11–21.
- Tózsér, J., Holló, G., Holló, I., Seregi, J., Repa, I. (2004/b). A szarvasmarha hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 6, 539–553.
- Tózsér, J., Domokos, Z., Holló, G., Holló, I., Bujdosó, M., Andrásy, Z., Wolcott, M.L. (2005). A fartájék bőralatti faggyúvastagságának (P8) mérése real-time ultrahangkészülékkel charolais, holstein-fríz és magyartarka fajtájú bikákon. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 9(2), 1–11.
- Williams, R.E., Bertrand, J.K., Williams, S.E., Benyshek, L.L. (1997). Biceps femoris and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 75(1) 7–13. <https://doi.org/10.2527/1997.7517>
- Williams, A.R. (2002). Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science*, 80(2), 183–188. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E183x

Vörösfarkú boából (*Boa constrictor*) származó reptarénavírus közel teljes genomszekvenciájának meghatározása és filogenetikai vizsgálata

Ihász Katalin^{1,2*}, Farkas Szilvia¹, Bányai Krisztián¹

¹ Állatorvostudományi Kutatóintézet

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

*ihasz.katalin@vmri.hu

Összefoglalás

Vörösfarkú boából (*Boa constrictor*) származó arénavírus közel teljes genomszekvenciájának meghatározását és filogenetikai vizsgálatát végeztük el. A 8755 bázis hosszúságú, részleges genomszekvencia meghatározása Ion-Torrent újgenerációs és Sanger-szekvenálás segítségével történt. A vizsgált genomszekvencia a reptarénavírusokkal megegyező tulajdonságokkal rendelkezik, beleértve a genomszerveződést is a teljes L és részleges S genomszegmensben. A szekvenciaanalízis megerősítette, hogy ez a vírus a *Rotterdam reptarenavirus* faj képviselőivel mutatja a legnagyobb hasonlóságot nukleotid és aminosav szinten is, melyet alátámasztanak a filogenetikai törzsfákon való monofiletikus elhelyezkedésük és az azokat támogató magas bootstrap értékek is. A *Coldvalley reptarenavirus* névre keresztelt vírus szövettenyészetben való izolálására tett kísérleteink sikertelenek voltak. Ezen eredmények alapján elsőként írtuk le magyarországi eredetű reptarénavírus közel teljes genomszekvenciáját.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A boa sejtzárványos betegség (Boid inclusion body disease, BIBD) a fogságban tartott kígyók gyakori és halálos megbetegedése (Schumacher et al., 1994). Ez a betegség főként a *Boinae* alcsalád és *Pythonidae* család tagjait érinti. Vadon élő kígyók BIBD megbetegedéséről nincsenek ismereteink (Argenta et al., 2020). A betegség a nagy eozinofil és elektron-denz sejtzárványokról kapta a nevét, melyek a fertőzött kígyók közel összes szervében megtalálhatók. Ezek vérből, májból és veséből történő fénymikroszkópos detektálása jelentette sokáig a BIBD diagnózisának egyetlen módját (Stenglein et al., 2012; Hetzel et al., 2013). A 2010-es években jelölték meg az arénavírusokat, mint a BIBD etiológiai ágensét (Stenglein et al., 2012; Hetzel et al., 2013). A BIBD különféle idegrendszeri tünetekkel is járhat, mint az opisthotonus (úgynevezett stargazing, azaz csillagvizsgáló testtartás), a fej remegése, dezorientáció, koordinálatlanság, regurgitáció. A betegség során a kígyók fizikai állapota fokozatosan romlik, melynek következtében másodlagos fertőzések, neoplasztikus elváltozások és immunszuppresszív állapot alakulhat ki és az állat elhullásával végződik (Carlise-Nowak et al., 1998).

A Nemzetközi Vírusrendszertani Bizottság (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV) online felületén található rendszertan alapján (<https://talk.ictvonline.org/taxonomy/>) az *Arenaviridae* víruscsalád jelenleg öt nemzetsége burkos, negatív-szálú, szegmentált RNS genommal rendelkező vírusokat foglal magába: a mammarénavírusok főként rágcsálókat fertőző zoonotikus megbetegedéseket okoznak, az antennavírusokat sugarasúszójú halakból mutatták ki. A *Hartmanivirus* és *Reptarenavirus* nemzetség képviselői fogságban tartott kígyókat fertőznek, a két genus a genomszerveződésében különbözik. A *Reptarenavirus* nemzetség tagjainak örökítőanyaga két genomszegmensből (large, L és small, S) áll, mindegyiken hajtű struktúrát alkotó intergénikus régió (intergenic regio, IGR) által elválasztott két nyitott leolvasási keret található (open reading frame, ORF). Az L szegmens – mérete megközelítőleg 7,5 kb – kódolja az RNS-függő RNS-polimerázt (RdRp) és a Z (cink-kötő mátrix fehérje) fehérjét, míg a 3,5 kb hosszú S szegmens a glikoprotein prekuzort (GPC) és a nukleoprotein (NP) fehérjéket kódolja (Radoshitzky et al., 2019).

Az ICTV a vírusok rendszertani helyének meghatározására különböző biológiai és molekuláris jellemzők alapján ad ajánlást. Egyik fő szempont a PASC (pairwise sequence comparison), a szekvenciák páronkénti összehasonlítása: két arénavírus egy nemzetségbe sorolandó, ha S szegmens esetén 40%-nál, L szegmens esetén 35%-nál magasabb nukleotid azonossági értékekkel rendelkeznek. A faji szintű besorolásnál S szegmens esetén 80% nukleotid szekvencia azonosságtól, L szegmens esetén 76% feletti azonossági értékeknél tekinthetünk két vírust egyazon fajba tartozónak. NP fehérje aminosav szekvenciája esetén ez az érték 88%. Azonban a fenti csoportosításon kívül egyéb tényezőket is figyelembe kell venni: a vírus földrajzi elterjedését, antigenitási tulajdonságokat, a gazdaspektrumot és az emberi megbetegedést okozó képességét vagy hiányát. Jelenleg öt reptarénavírus fajt tart számon az ICTV (*California-, Golden-, Giessen-, Ordinary-, Rotterdam reptarenavirus*), melyekbe mindösszesen nyolc vírustörzset sorol be, a többi GénBankban található törzs besorolása még nem történt meg (Radoshitzky et al., 2019).

Anyag és módszer

Magyarországon fogságban született, felnőtt nőstény albínó vörösfarkú boából (*Boa constrictor*) elhullása után virológiai vizsgálat céljából az alábbi szervmintákat gyűjtöttük: tüdő, máj, vese, vékonybél, vastagbél, gyomor, légszó, nyelőcső, nyelv, tüsző, lép, szív. A szervmintákat PBS oldatban homogenizáltuk, majd a felülúszóból RNS-t vontunk ki TRI Reagent (Molecular Research Center) felhasználásával a gyártó előírása szerint. Arénavírus kimutatásához a glikoprotein gén (GPC) részleges szakaszát felerősítő reverz-transzkripció polimeráz-lánreakciót (RT-PCR) alkalmaztunk Stenglein és munkatársai által 2012-ben publikált protokollja alapján. A PCR termékeket gélelektroforézissel ellenőriztük. A megfelelő méretű termékeket kimetszettük a gélből, és Gel/PCR DNA Fragments Extraction Kit (Geneaid) gélkivonásos módszerével tisztítottuk ki. A tisztított DNS-fragmensek nukleotid sorrendjét Sanger-szekvenálással határoztuk meg ellenőrizve a PCR sikerességét.

Ezt követően a máj szervmintát előkészítettük Ion Torrent™ újgenerációs szekvenálásra Djikeng és munkatársai által, 2008-ban publikált protokoll szerint metagenomikai vizsgálathoz. Az így előállított nukleinsav 100 ng-jából a NEB-Next® Fast DNA Fragmentation & Library Prep Set for Ion Torrent™ kit segítségével (New England Biolabs) enzimes fragmentációt végeztünk, majd a fragmensekhez adaptereket kötöttünk Ion Xpress™ Barcode Adapters kit (Thermo Fisher Scientific) segítségével. Ezt Geneaid Gel/PCR DNA Fragments Extraction Kit segítségével tisztítottuk, majd 2 m/V%-os, előre gyártott géleken (Life Technologies) elektroforetizáltuk és a 300 és 350 bp közötti termékeket visszanyertük. A NEB-Next® Fast DNA Fragmentation & Library Prep Set for Ion Torrent™ kit (NEB) segítségével történő amplifikációt követően a könyvtárat agaróz gélből tisztítottuk, majd Qubit® dsDNA BR Assay kittel (Life Technologies) fluorometriás mennyiségi meghatározást végeztünk. Ezt követően a vonalkódolt DNS termékek klonális amplifikációja IonSphere™ paramágneses gyöngyök felszínén egymást követő emulziós PCR-ekkel történt Ion OneTouch™ Template Kit (Life Technologies) használatával, OneTouch™v2 készüléken zajlott le a gyártó utasításai alapján. Az amplifikált könyvtár DNS-t tartalmazó részecskék dúsítását az Ion OneTouch™ ES robottal hajtottuk végre. A szekvenálást Ion Torrent Personal Genome Machine® készüléken végeztük, 316 ill. 318 típusú chipen, az Ion PGM™ Sequencing kithoz ajánlott szekvenálási protokollt követve. Az újgenerációs szekvenálás során nyert adatokat a CLC Genomic Workbench szoftver segítségével (<https://digitalinsights.qiagen.com/>) dolgoztuk fel. A kapott szekvencia adatokat ellenőriztük és a rossz minőségű vagy túl rövid nukleotid szakaszokat (read) kiszűrtük, majd levágtuk az adapter régiókat. Ezt követően a read-eket egy génbanki eredetű referencia törzs szekvenciájához illesztettük, ezzel a módszerrel a vírustörzsek teljes, vagy közel teljes genomszekvenciáját tudtuk meghatározni. Az újgenerációs szekvenálás során sikertelenül meghatározott szakaszokra primereket terveztünk, majd One Step RT-PCR (Qiagen) segítségével sokszoroztuk fel a megfelelő szakaszokat a gyártó utasításai szerint. A PCR termékek ellenőrzése

és tisztítása után Sanger-szekvenálást végeztünk mindkét irányból BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing kit (Applied Biosystems) segítségével. A szekvenálási termékeket etanol és nátrium-acetát elegyével csaptuk ki. A szekvenálási termékek kapilláris gélelektroforézise együttműködő partnereinknél történt ABI PRISM 3100 Avant Genetic Analyser készülék használatával.

A pozitív minták esetén kapott Sanger-szekvenálás elektroferogramjait a BioEdit és a Geneious Prime szoftverek segítségével tekintettük meg és szerkesztettük (Hall et al., 1999; Kearsse et al., 2012), a szekvenciáink összeillesztését az újgenerációs szekvenálás eredményével a Geneious Prime és az AliView szoftver segítségével végeztük el (Larsson, 2014). A génbank adatbázisában a homológ gének keresése BLAST algoritmussal történt (Altschul et al., 1990). A kodon alapú többszörös szekvencia illesztéseket Muscle algoritmus alkalmazásával Geneious Prime szoftverrel és a TranslatorX (<http://translatorx.co.uk/>) online illesztő programmal végeztük el (Abascal et al., 2010). A filogenetikai elemzéseket és a szekvencia azonossági számításokat a MEGA10 szoftvercsomag segítségével készítettük el (Kumar et al., 2018). A filogenetikai fák rekonstrukciójához használt legjobban illeszkedő szubsztitúciós modell kiválasztását a Bayesi kritériumrendszer alapján végeztük el. A törzsfák készítése maximum-likelihood módszerrel történt, az elkészült fák megbízhatóságát bootstrap elemzéssel (1000) ellenőriztük. A szekvenciák közti átlagos nukleinsav és aminosav távolságokat a p-distance módszerrel számoltuk ki. RDP4 program segítségével végeztünk rekombinációs analízist (Martin et al., 2015).

A kígyó eredetű arénavírust hulló eredetű VH-2 sejtvonalon (Russell's viper heart, ATCC CCL-140, viperá szív) kíséreltük meg izolálni a PCR-es szűrővizsgálat során pozitívnak bizonyult szervhomogenizátumokból 12 lyukú szövettenyésztő lemezen. A fertőzést követő öt nap elteltével átpasszáltuk a lemezeket, majd a felülúszóból ellenőriztük az esetleges arénavírus jelenlétét RT-PCR segítségével, a fent leírt módszert alkalmazva.

Eredmények és értékelésük

A reptarénavírusok glikoprotein génjének egy rövid szakaszára tervezett általános primerek segítségével az alábbi szervhomogenizátumokból sikerült reptarénavírust kimutatnunk RT-PCR-es szűrővizsgálattal: tüsző, nyelőcső, vese, gerincvelő, agy, gyomor, vékonybél, máj, lép, szív és tüdő. A rövid szakasz Sanger-szekvenálása alapján arénavírus jelenlétét állapítottuk meg, melynek a *Coldvalley reptarénavírus* nevet adtuk. Annak ellenére, hogy viperaszív szövettenyészetben több alkalommal kíséreltek meg reptarénavírus izolálást (Stenglein et al., 2012; Hetzel et al., 2013), három passzáls során sem tudtuk eredményesen szaporítani a Coldvalley reptarénavírust. A sikertelen izolálási kísérlet oka lehetett, hogy az általam használt mintában nem volt megfelelő mennyiségű szaporodásra képes vírus.

1. táblázat: *A vírus genomjának általános jellemzői.*

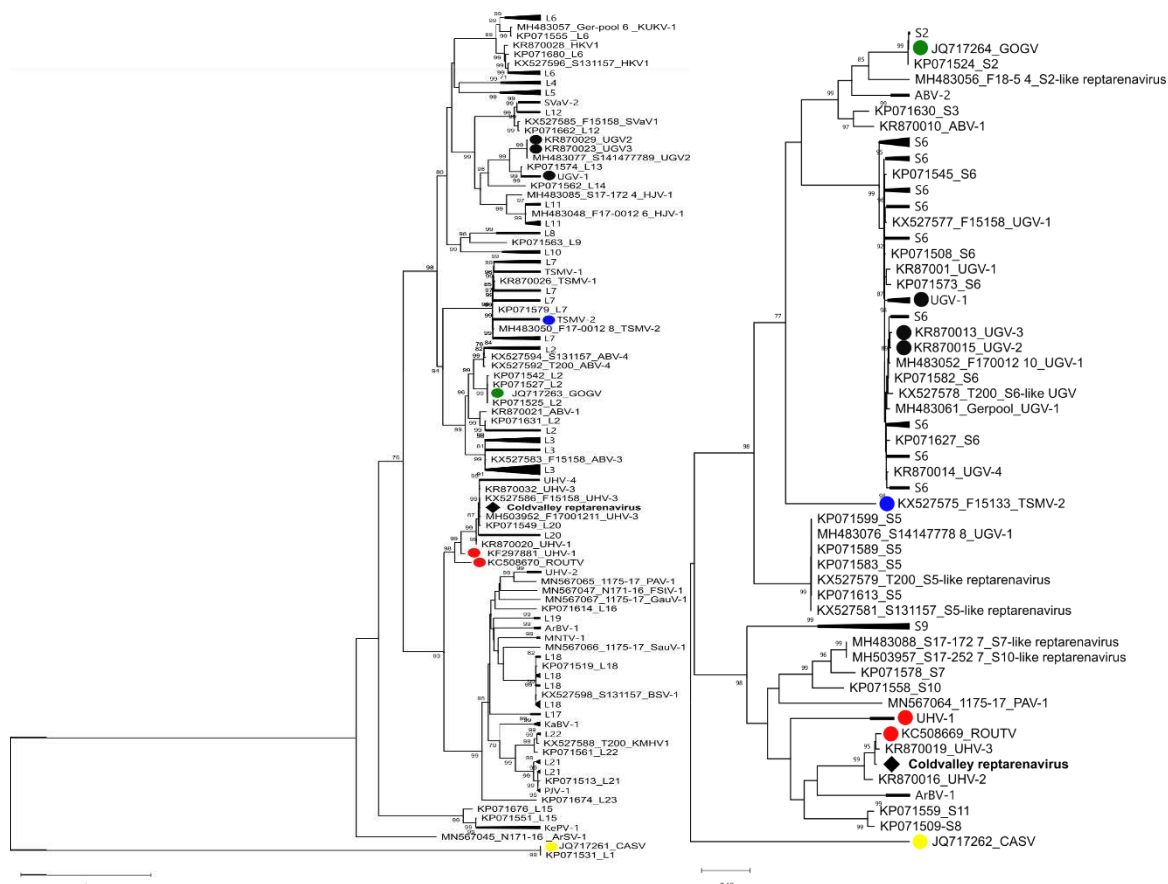
Szegmens	L		S	
Szegmens mérete (bázis)	6860		1895*	
5' UTR (bázis)	87		NA	
ORF (bázis)	3873	6206	NA	1775
kódolt fehérje	Z	RdRp	GPC	NP
fehérje mérete (aa)	116	2068	NA	584
IGR hossza (bázis)	172		111	
3' UTR (bázis)	47		29	

* Részleges szekvencia

A *Reptarenavirus* nemzetség besorolt és jelenleg besorolatlan képviselőinek RdRp és NP gén kódoló régióinak nukleotid szekvenciái alapján készítettünk maximum-likelihood filogenetikai törzsfákat,

melyen a *Coldvalley reptarenavírus* a *Rotterdam reptarenavírus* faj képviselői között helyezkedik el (2. ábra). A *Coldvalley arénavírus* az L és NP gén nukleotid alapú törzsfáján is az F15185-ös UHV-3 vírussal (KX527586) egy ágon található.

Mivel ismeretes a reptarénavírusok között a rekombináció jelensége (Stenglein et al., 2015), rekombinációs analízist végeztünk a *Coldvalley reptarénavírus* és a *Reptarenavírus* nemzetség képviselőivel: a program nem talált rekombinációs eseményt az L szegmens esetében. Az S szegmensre a részleges szekvenciaadatok miatt nem végeztük el ezt a vizsgálatot. Ismert jelenség egy kígyó több, különböző számú S és L szegmens általi egyidejű fertőzése is (Stenglein et al., 2015). Mi azonban csupán egyetlen L és egy S szegmenst tudunk kimutatni.



1. ábra: A *Reptarenavirus* nemzetség képviselőivel készült, RaRp (balra) és NP gén (jobbra) nukleinsav alapú, maximum-likelihood módszerrel készült filogenetikai törzsfája.

A színes körök az ICTV által besorolt törzseket jelölik: sárga – *California reptarenavirus*, piros – *Rotterdam reptarenavirus*, zöld – *Golden reptarenavirus*, kék – *Ordinary reptarenavirus*, fekete – *Giessen reptarenavirus*, a *Coldvalley* vírus sarkára állított négyzettel jelölt.

A filogenetikai törzsfák vizsgálata, a magas bootstrap értékek és PASC magas azonossági értékei is alátámasztják azt a megállapításunkat, hogy a vizsgált arénavírusunk a *Rotterdam reptarenavirus* faj képviselője. Első alkalommal határoztuk meg magyarországi eredetű reptarénavírus közel teljes genomszekvenciáját.

Következtetések, javaslatok

A boák és pitonok nagy népszerűségnek örvendő hobbiállatok, melyeket nagy számban tartanak világszerte. Tekintve, hogy a boa sejtzárványos betegségére eddig nincs ismert gyógymód és vakcina sem áll rendelkezésre, a BIBD a tüneti kezelések ellenére a beteg kígyók elhullásával ér véget, így nagy károk keletkezhetnek kisállat-tenyésztők és hobbiállat-tartók körében. Mivel a betegség ragályos és az esetek többségében a tünetek megjelenése után diagnosztizálják, az együtt tartott kígyók szűrővizsgálata elengedhetetlen és a fertőzött egyedek esetében eutanázia alkalmazása javasolt. Jelenleg a BIBD ante mortem diagnózisa az érintett kígyókból vett szövetminta fénymikroszkópos vizsgálatán, a jellegzetes eozinofil, intracitoplazmatikus zárványok jelenlétén alapul. Azonban javasoljuk a diagnózis megerősítését RT-PCR-es szűrővizsgálattal, mely gyorsabb módja lehet reptarénvírus örökítőanyag kimutatásának, továbbá kis mennyiségű vírus kimutatására is alkalmas. Új egyed vásárlása esetén minden esetben legalább 90 napos karantén szükséges, hogy elkerüljük az állományok fertőződését. Mivel a boákban enyhébb klinikai tünetekkel jelentkezik a betegség és ismertek tünetmentes hordozók is, a pitonok védelme érdekében nem ajánlott a boák és pitonok együtt tartása (Radoshitzky et al., 2019).

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Abascal, F., Zardoya, R., Telford, M.J. (2010). TranslatorX: multiple alignment of nucleotide sequences guided by amino acid translations. *Nucleic Acids Research*, 38, W7–W13. <https://doi.org/10.1093/nar/gkq291>
- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D.J. (1990). Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215, 403–410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
- Argenta, F., Hepojoki, J., Smura, T., Szivovics, L., Hammerschmitt, M.E., Driemeier, D., Kipar, A., Hetzel, U. (2020). Identification of *Reptarenaviruses*, *Hartmaniruses*, and a *Novel Chuvirus* in Captive Native Brazilian *Boa Constrictors* with Boid Inclusion Body Disease. *Journal of Virology*, 18, 94(11), e00001-20. <https://doi.org/10.1128/JVI.00001-20>
- Carlisle-Nowak, M.S., Sullivan, N., Carrigan, M., Knight, C., Ryan, C., Jacobson, E.R. (1998). Inclusion body disease in two captive Australian pythons (*Morelia spilota variegata* and *Morelia spilota spilota*). *Australian Veterinary Journal*, 76, 98–100. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1998.tb14535.x>
- Djickeng, A., Halpin, R., Kuzmickas, R., DePasse, J., Feldblyum, J., Sengamalay, N., Afonso, C., Zhang, X., Anderson, N.G., Ghedin, E., Spiro, D.J. (2008). Viral genome sequencing by random priming methods. *BMC Genomics*, 9, 5. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-5>
- Hall, T.A. (1999). BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95–98. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-14998u1.29
- Hetzel, U., Sironen, T., Laurinmäki, P., Liljeroos, L., Patjas, A., Henttonen, H., Vaehri, A., Artelt, A., Kipar, A., Butcher, S.J., Vapalahti, O., Hepojoki, J. (2013). Isolation, Identification, and Characterization of *Novel Arenaviruses*, the Etiological Agents of Boid Inclusion Body Disease. *Journal of Virology*, 87(20), 10918–10935. <https://doi.org/10.1128/JVI.01123-13>
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., Drummond, A. (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28, 1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35, 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Larsson, A. (2014). AliView: a fast and lightweight alignment viewer and editor for large datasets. *Bioinformatics*, 30, 3276–3278. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu531>

Martin, D.P., Murrell, B., Golden, M., Khoosal, A., Muhire, B. (2015). RDP4: Detection and analysis of recombination patterns in virus genomes. *Virus Evolution*, 1, vev003. <https://doi.org/10.1093/ve/vev003>

Radoshitzky, S.R., Buchmeier, M.J., Charrel, R.N., Clegg, J.C.S., Gonzalez, J.P., Günther, S., Hepojoki, J., Kuhn, J.H., Lukashevich, I.S., Romanowski, V., Salvato, M.S., Sironi, M., Stenglein, M.D., de la Torre, H.C. and the ICTV Report Consortium (2019). ICTV Virus Taxonomy Profile: *Arenaviridae*. *Journal of General Virology*, 100, 1200–1201.

Schumacher, J., Jacobson, E.R., Homer, B.L., Gaskin, J.M. (1994). Inclusion body disease in boid snakes. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 25, 511–524.

Stenglein, M.D., Jacobson, E.R., Chang, L.W., Sanders, C., Hawkins, M.G., Guzman, D.S., Drazenovich, T., Dunker, F., Kamaka, E.K., Fisher, D., Reavill, D.R., Meola, L.F., Levens, G., DeRisi, J.L. (2015). Widespread recombination, reassortment, and transmission of unbalanced compound viral genotypes in natural arenavirus infections. *PLOS Pathogens*, 20, 11(5), e1004900. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00058-16>

Stenglein, M.D., Sanders, C., Kistler, A.L., Ruby, J.G., Franco, J.Y., Reavill, D.R., Dunker, F., Derisi, J.L. (2012). Identification, characterization, and in vitro culture of highly divergent arenaviruses from *boa constrictors* and annulated tree boas: candidate etiological agents for snake inclusion body disease. *MBio.*, 3, e00180-e00212, 7. <https://doi.org/10.1128/mBio.00180-12>

Spirotetramat és tebukonazol hatóanyagú növényvédő szerek embriótoxicitásának vizsgálata házityúk embriókon

Major László^{1*}, Budai Péter², Nadhirah Binti Saidon¹, Askarova Gulsamal Kairatkyzy³, Szemerédy Géza¹, Lehel József[†], Szabó Rita²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet

³Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

⁴Állatorvostudományi Egyetem

*major.laszlo@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunkban a 100 g/l spirotetramat hatóanyagú Movento inszekticid és a 250 g/l tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW fungicid egyedi és együttes méreghatását tanulmányoztuk házityúk-embrió tesztszervezeten. A vizsgálati anyagokat az inkubáció megkezdése előtt 0,75%-os (Movento) és 0,4%-os (Mystic 250 EW) koncentrációban, 0,1 ml végtérfogatban injektáltuk a tojások légkamrájába. A kórbonctani feldolgozásra a keltetés 19. napján, a várható kelés előtt kettő nappal került sor. Lemértük az élő embriók testtömegét, továbbá a máj- és szívtömegét. Rögzítettük az embrió-elhalások számát, valamint értékeltük az embrionális fejlődési rendellenességek gyakoriságát és típusát. A rovar- és a gombaölő szerrel egyedileg kezelt csoportokban szignifikáns mértékű test- és májtömegcsökkenést, illetve az embrió-mortalitás statisztikailag igazolt mértékű növekedését tapasztaltuk a kontroll csoporthoz képest. A fejlődési rendellenességek előfordulási gyakorisága a kezelt csoportokban sporadikus volt. A kombinációs kezelés hatására szignifikáns mértékben növekedett az embrió-mortalitás és a malformációk előfordulási gyakorisága, továbbá szignifikáns mértékben csökkent az embrionális test- és májtömeg a kontroll csoporthoz képest. A kezelt csoportokban a szív tömegének kismértékű csökkenését tapasztaltuk a kontroll csoport viszonyításában. A vizsgált növényvédő szerek egyedileg és együttesen is embriótoxikusnak bizonyultak a házityúk-embrióra nézve. A makroszkópos fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságából teratogén hatás nem volt igazolható. Az interakcióban additív jellegű toxikus kölcsönhatás érvényesült.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növényvédő szerek nem előírás szerinti alkalmazása, a nem megfelelő kijuttatás-technika és a készítmények elsodródása miatti expozícióból adódó veszélyek következtében nem csupán a célszervezetek vannak kitéve a peszticidek toxikus hatásának, hanem a művelt területen, illetve annak közelében élő vagy tartózkodó vadmadarak is. A mezőgazdasági termesztésbe vont területek a vadmadárfajok (fácán, fogoly, fűri) számára táplálékforrást, továbbá búvó- és költőhelyet biztosítanak (Szabó, 2009). A kipermetezett szerek nemcsak a kifejlett madarakra, hanem a tojásokban fejlődő embriókra is hatással lehetnek (Lehel et al., 2014).

Figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy a környezet kémiai terhelése legtöbb esetben komplex módon jelentkezik. Ennek egyik oka lehet, hogy a növényvédelmi gyakorlat során az eltérő biológiai hatású, különböző hatóanyagú peszticidek rendszerint tankkeverékek formájában kerülnek kijuttatásra (Almádi & Nádasy, 1996). Az egyidejűleg jelen levő növényvédő szerek interakciója következtében az egyedi toxicitás mellett az együttes méreghatásokkal is számolni kell (Várnagy & Budai, 2003).

A környezeti élőszervezetek védelmének a lehető legmagasabb szintű biztosítása érdekében, a növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának ökotoxikológiai vizsgálatokból származó eredményei fontos szereppel bírnak környezetünk megóvása, egyensúlyi állapotának fenntartása céljából (Juhász, 2009).

Madárteratológiai vizsgálatunkat annak igazolása érdekében végeztük házityúk-embriókon, hogy a növényvédelmi gyakorlatban széles körben felhasználásra kerülő Movento (spirotetramat) inszekticid és a Mystic 250 EW (tebukonazol) fungicid egyedi és együttes toxicitása - természetes körülmények között érvényesülő expozíció esetén - embriótoxikus hatású lehet-e.

Anyag és módszer

Kísérletünkben a 100 g/l spirotetramat hatóanyagot tartalmazó Movento (Bayer Hungária Kft., Magyarország) rovarölő szer 0,75%-os, míg a 250 g/l tebukonazol hatóanyag-tartalmú Mystic 250 EW (Nufarm Hungária Kft., Magyarország) gombaölő készítmény 0,4%-os koncentrációjú emulzióját alkalmaztuk, amelyek gyakorlati permetlé töménységnek feleltek meg. A vizsgálathoz szükséges házityúktojások a Gallus Kft. (Devecser, Magyarország) Ross-308 brojler típusú húshibrid tenyészetéből kerültek beszerzésre.

A tojásokat méretük és tömegük alapján hasonló eloszlásban négy csoportba osztottuk (Σ 160 db tojás, $n = 40$ /csoport). A kezelést injektálásos módszerrel hajtottuk végre az inkubáció megkezdésének napján. A tojások héján lyukat fűrtünk, amelyen keresztül a vizsgálati anyagok megfelelő koncentrációjú emulzióit mikropipettával, 0,1 ml végtérfogatban (az együttes kezelés esetében egy tojásba mindkettő vizsgálati anyagból 0,1-0,1 ml-t) injektáltuk be a tojások légkamrájába. A kontroll csoport tojásainak légkamrájába 0,75 m/V%-os madárfiziológiás NaCl-oldatot fecskendeztünk. A lyukakat paraffinnal zártuk le, majd a keltetőbe helyeztük a tojásokat és elindítottuk a keltetést. A keltetés RAGUS® (Wien, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben történt, az embriófejlődéshez megfelelő hőmérséklet (37,5-38°C) és páratartalom (55-65%) biztosítása mellett. Az embriók letapadásának elkerülése érdekében a keltetőben lévő tojások naponta kétszer kerültek megforgatásra (Bogenfürst, 2004).

A várható kelés előtt kettő nappal, az inkubáció 19. napján elvégzett kórbonctani feldolgozás során lemérésre került az élő embriók testtömege, a máj- és szívtömege, továbbá rögzítésre került az elhalások száma és a makroszkópos deformitások típusa és aránya. Az embriómortalitási adatok és fejlődési rendellenességek biometriai értékelése Fisher-féle egzakt teszttel, a test- és szervtömeg adatok statisztikai vizsgálata egytényezős varianciaanalízissel (One-way ANOVA) történt.

Eredmények és értékelésük

A 0,75 m/V%-os madárfiziológiás NaCl-oldattal kezelt kontroll csoportban 4 elhalt embriót dektáltunk (10%), ellenben terméketlen tojást és fejlődési rendellenességet nem tapasztaltunk (0%).

A spirotetramat hatóanyagú Movento inszekticid 0,75%-os töménységű emulziójával egyedileg kezelt csoportban a 40 termékeny tojásból a fejlődés során 12 embrió elhalását tapasztaltuk (30%), továbbá kettő embrió mutatott malformációt (7,14%). Az embriómortalitás szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) nőtt a kontroll csoporthoz képest. A rovarölő készítménynek a tojás légkamrájába történő injektálása szignifikánsan kisebb testtömeg ($p < 0,05$) és májtömeg ($p < 0,01$) értékeket eredményezett a kontroll csoportban mért adatokkal összevetve. A fejlődési rendellenességek gyakoriságának növekedése és a szívtömegcsökkenés statisztikailag nem volt igazolható. Két embriónál csőrelváltozást (enyhe keresztcsőr) és hibás lábállást rögzítettünk a kórbonctani leletben.

A tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW fungicid 0,4%-os koncentrációjú emulziójával elvégzett kezelés eredményeként a kórbonctani leletben 19 elhalt (47,5%) és két rendellenes fejlődésű (9,52%) embriót jegyeztünk le a 40 termékeny tojásból. Az embriómortalitás szignifikáns mértékben ($p < 0,001$) nőtt a kontroll csoporthoz viszonyítva. A gombaölő szeres kezelés hatására az élő embriók testtömege ($p < 0,01$) és májtömege ($p < 0,001$) szignifikánsan kisebb volt a kontroll csoport értékeihez képest. Két embrió mutatott makroszkópos fejlődési rendellenességet (hibás lábállás,

ödémás elváltozás a fejen), ami statisztikailag nem különbözött a kontroll csoporttól, a szívtömegek gyenge csökkenéséhez hasonlóan.

A Movento rovarölő szerrel és a Mystic 250 EW gombaölő szerrel elvégzett kombinációs kezelés alkalmával 25 elhalt embriót (62,5%) detektáltunk a 40 termékeny tojásból. Szignifikáns mértékben fokozódott az embrióelhalás ($p < 0,001$), továbbá statisztikailag igazolható testtömeg- ($p < 0,01$) és májtömegcsökkenést ($p < 0,001$) tapasztaltunk a kontroll csoporthoz viszonyítva. A vizsgálati anyagokkal együttesen kezelt csoportban három élő embriónál (20%) diagnosztizáltunk morfológiai elváltozást, amelyek típusa hibás lábállás, csőrelváltozás (keresztcsőr), valamint nyitott has- és mellüreg volt. A malformációk előfordulási gyakorisága a kontroll csoporthoz képest szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) növekedett. A kontroll csoporthoz képest a szívtömegcsökkenés nem volt statisztikailag igazolható.

Következtetések, javaslatok

Vizsgálatunkban az egyedileg alkalmazott spirotetramat hatóanyagú Movento inszekticid 0,75%-os koncentrációban embriótoxikusnak bizonyult a tojásban fejlődő házityúk szervezetre, amely szignifikáns mértékű embriómortalitásban, továbbá szignifikáns testtömeg- és májtömegcsökkenésben nyilvánult meg. A malformációk előfordulási gyakorisága sporadikus jellegű volt, így teratogén hatás nem volt megfigyelhető.

Maus (2008) a spirotetramat hatóanyagának és metabolitjainak ökotoxikológiai profilját a madarak és az emlősök szervezetére nézve alacsony toxicitással jellemzi, azonban kiemeli, hogy egyes madárfajok a spirotetramattal szemben magasabb fokú érzékenységet mutathatnak. Szaporodástoxikológiai vizsgálatok alapján az Anatidae családba tartozó fajok (tőkés réce) spirotetramattal, valamint releváns metabolitjaival szembeni érzékenysége a Phasianidae család fajaihoz (fűrj) képest nagyobb. Az eltérő vizsgálati eredmények tekintetében figyelembe kell venni a madárfajok között megnyilvánuló érzékenységbeli különbségeket (Bordás, 2005; Maus, 2008). Reális expozíciós körülmények között a spirotetramat szárazföldi és vízi életközösségekre gyakorolt környezeti, környezetegészségügyi kockázata alacsonynak tekinthető (Maus, 2008).

Kísérletünkben a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW gombaölő szer 0,4%-os emulziója embriótoxikusnak bizonyult, mivel szignifikáns mértékben csökkentette a test- és a májtömeget, valamint szignifikánsan fokozta az embrióelhalások számát. Fejlődési rendellenességet mutató embrió csak sporadikusan fordult elő, így teratogén hatás nem volt igazolható.

Szemerédy et al. (2018) a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EC gombaölő szer és az ólom-acetát egyedi és együttes méreghatását tanulmányozták házityúk-embriókon. A bemeztetéses kezelés során a fungicid egyedileg alkalmazott emulziója szignifikánsan csökkentette az élő embriók testtömegét a kontroll csoport adataihoz viszonyítva.

A Movento rovarölő szerrel és a Mystic 250 EW gombaölő szerrel kombinációban elvégzett kezelés szignifikáns mértékben fokozta az embriótoxikus hatást az élő embriók testtömegének és májtömegének csökkentésével, továbbá az embrióletalitás szignifikáns fokozódásával. Az élő embriók között a malformációk előfordulási gyakorisága statisztikailag bár igazolható volt, ellenben minden kétséget kizáró teratogén hatás nem érvényesült. Az együttes méreghatás additív jellege volt megfigyelhető.

Az interakciós méregtani vizsgálat eredményei jelzik a madárembrío fokozott érzékenységét a növényvédő szerek együttes toxikus hatásai iránt, amely meghalad(hat)ja az egyedi expozíció következményeit. Ezáltal, és más szerzők véleményével összhangban kijelenthető, hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a xenobiotikumok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat (Varga et al., 1999; Juhász et al., 2005, 2006; Várnagy et al., 2003; Budai et al., 2012).

Az együttes méreghatások vizsgálata nem előírás, így ritkábban végeznek ilyen jellegű ökotoxikológiai vizsgálatokat, különösen madárszervezeten, ezáltal az ilyen típusú kísérletek eredményei hiánypótlónak számítanak ezen a szakterületen (Szabó, 2009).

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Almádi, K., Nádasy, M. (1996). Növényvédőszer kémia. Kari jegyzet Keszthely, 27-99.
- Bogenfürst, F. (2004). A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó, Budapest, 42-63.
- Bordás, I. (2005). A mérgezések szervezethez kötött feltételei. In: Tompa A. (Szerk.): Kémiai biztonság és toxikológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 34.
- Budai, P., Szabó, R., Lehel, J., Kormos, É., Takács, A., Tatai, A., Somody, G. (2012). Toxicity of chlorothalonil containing formulation and Cu-sulphate to chicken. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77(7), 449-455.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Budai, P., Várnagy, L. (2006). Toxicity of a pendimethalin containing herbicide formulation and three heavy metals in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 71(2 Pt A), 107-110.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Fejes, S., Budai, P., Kertész, V., Várnagy, L. (2005). Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70(4), 1075-1078.
- Juhász, É. (2009). Herbicidek (Stomp 330 EC, Dikamin D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madárembriókon. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, 137.
- Lehel, J., Szabó, R., Gajcsi, D., Jakab, Cs., Grúz, A., Kormos, É., Budai, P. (2014). A réz-szulfát és a klórpirifosz interakciós toxicitási vizsgálata csirkeembrión. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 136, 494-500.
- Maus, C. (2008): Ecotoxicological Profile of the Insecticide Spirotetramat. *Bayer CropScience Journal*, 61(2), 159-180.
- Szabó, R. (2009). Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (Dual Gold 960 EC, Stomp 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriókon, Doktori (PhD) Értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, 55.
- Szemerédy, G., Kormos, É., Somody, G., Buda, I., Szabó, R., Lehel, J., Budai, P. (2018). Tebukonazol hatóanyag-tartalmú gombaölő szer és ólom-acetát együttes hatásának teratológiai vizsgálata házityúk embriókban. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 22(2), 25–32. <https://doi.org/10.31914/aak.2271>
- Varga, T., Hlubik, L., Várnagy, L., Budai, P., Molnár, E. (1999). Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. *Acta Veterinaria Hungarica*, 47(1), 123-128. <https://doi.org/10.1556/avet.47.1999.1.13>
- Várnagy, L., Budai, P., Fejes, S., Susan, M., FánCSI, T., Keserű, M., Szabó, R. (2003). Toxicity and degradation of metolachlor (Dual Gold 960 EC) in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(4 Pt B), 807-811.
- Várnagy, L., Budai, P. (2003). A mezőgazdasági vegyi anyagok higiéniaja és toxikológiája. Veszprémi Egyetemi Kiadó. Veszprém, 64-67.

A Nurelle-D 50/500 EC és a Mystic 250 EW növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának vizsgálata házityúk embriókon

Major László^{1*}, Szabó Rita², Szemerédy Géza¹, Lehel József³, Budai Péter²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet

³Állatorvostudományi Egyetem

*major.laszlo@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunkban egy piretroid (cipermetrin) és szerves foszforsav-észter (klórpírifosz) hatóanyagot tartalmazó kombinált rovarölő szer, a Nurelle-D 50/500 EC, valamint egy triazol (tebukonazol) típusú gombaölő szer, a Mystic 250 EW házityúk-embriók fejlődésére gyakorolt egyedi és interakciós toxicitásának tanulmányozására került sor. Az inszekticidet 0,2%-os, míg a fungicidet 0,4%-os töménységű emulzióban alkalmaztuk az injektálásos kezelések során. A vizsgálati anyagokból 0,1 ml emulziót injektáltunk a tojások légkamrájába az inkubáció megkezdése előtt. A kórbonctani feldolgozásra a keltetés 19. napján került sor, amely alkalmával lemértük az élő embriók testtömegét és a csőr-lábvég hosszát, lejegyeztük az embriómortalitási adatokat, valamint értékeltük a makroszkópos fejlődési rendellenességek gyakoriságát és típusát. Az egyedileg kezelt csoportokban a Nurelle-D 50/500 EC inszekticides és a Mystic 250 EW fungicides kezelés hatására szignifikáns mértékű testtömeg- és testhosszcsökkenést tapasztaltunk, továbbá statisztikailag igazolható mértékben növekedett az elhalt embriók száma a madárfiziológiás nátrium-klorid-oldattal kezelt kontroll csoporthoz képest. A kontroll csoporthoz viszonyítva emelkedett a malformációk előfordulásának gyakorisága, azonban a növekedés nem volt statisztikailag igazolható. Az együttes kezelés hatására is szignifikáns változást találtunk a fejlődési rendellenességek kivételével a vizsgált paraméterekben a kontroll csoporthoz képest, így a tanulmányozott peszticidek egyedileg és kombinációban is embriótoxikusnak bizonyultak házityúk-embrióra nézve. A fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságának sporadikus jellege érvényesült a kezelt csoportok mindegyikében, így teratogén hatás nem volt igazolható. Az interakcióban additív jellegű toxikus kölcsönhatás lépett fel.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kémiai növényvédelem során kibocsátott növényvédő szerek a vegyi anyagok környezeti koncentrációjának folyamatos növekedését idézik elő. A termesztett növényeket károsító makro- és mikroorganizmusok elleni peszticidek nem előírás szerinti felhasználása, a túldozírozás és a permetlé nem megfelelő módon végrehajtott kijuttatása jelenti a kémiai növényvédelemből származó potenciális környezetszennyezést (Lehel et al., 2014).

A mérgezést a termesztett növényeket károsító szervezeteken kívül a nem célszervezetek (non-target organisms) is elszenvedhetik, ami a trofikus szintek mindegyikén megnyilvánulhat (Berny, 2007). A mezőgazdasági termesztésbe vont területek a vadmadarak számára táplálékforrást, továbbá búvó- és költőhelyet biztosítanak, így a kipermetezett szerek nem csak a kifejlett madarakra, hanem a tojásban fejlődő embrióra is hatással lehetnek (Szabó, 2009). A kémiai növényvédelem biológiai és ökonómiai hatékonysága tankkeverék kombinációk alkalmazásával fokozható. Egyes rovar- és gombaölő szerek kombinált kijuttatása a növényvédelmi gyakorlat rendszeresen alkalmazott művelete (Hegyi et al., 2018). Emiatt magasabb lehet a környezetet érő peszticidterhelés, továbbá az egyidejűleg jelen levő kémiai anyagok együttes méreghatásának a valószínűsége. Az öko-toxicológiai kutatások számos kémiai anyag esetében igazolták az egyedileg érvényesülő toxikus hatást. Az interakciós méreghatások vizsgálatát indokolja, hogy a környezetben, az ökoszisztémát alkotó élő szervezetekre gyakorolt vegyi terhelés jellemzően komplex módon jelentkezik (Juhász, 2009).

A környezetbe kikerülő kémiai anyagok biológiai aktivitásának megismerése képezi az ökotoxikológiai kutatások alapját (Sinkovitsné & Benkő, 1993). A növényvédelmi kezelések során kijuttatott növényvédő szerek közvetlenül vagy hatóanyagaik metabolizmusa során keletkező, gyakran toxikusabb metabolitjaik által közvetve fejthetnek ki (fajonként változó mértékű) méreghatást a szárazföldi és a vízi élő szervezetekben. Egyik példa erre a klórpirifosz metabolizmusa során keletkező klórpirifosz-oxon, amely a kiindulási vegyülethez képest erősebb toxicitású, a halakra mérgező, viszont a madarakra kevésbé ártalmas metabolit (Comet et al., 2007; Tucker & Haegele, 1971).

A növényvédelmi higiénia feladatköre a környezet épségének megóvása, valamint az emberi élet és egészség védelme (Várnagy & Budai, 2003). Ez utóbbi indokolta a világviszonylatban legnagyobb mennyiségben felhasznált klórpirifosz és klórpirifosz-metil szerves foszforsav-észter hatóanyagokat tartalmazó rovarölő szerek uniós szinten történő visszavonását (EU rendelet, 2020a,b). A döntést toxikológiai kutatások eredményei alapotzták meg, amelyek a klórpirifosz tekintetében genotoxicitást, hepatotoxikus hatást és idegfejlődési zavarokat feltételeznek (Abdelaziz et al., 2010; Cui et al., 2011; Eaton et al., 2008). Az európai szigorítások ellenére mintegy 61 országban továbbra is engedélyezett, elsőszámú inszekticideknek számítanak a klórpirifosz és a klórpirifosz-metil hatóanyagú készítmények.

A közelmúltban több tanulmány készült a különböző növényvédő szerek esetleges szinergista hatásáról. A 2018. évi tömeges méhpusztulások okát is ebben keresték a kutatók. Korábban ugyanis a házi méhekre nem jelölésköteles neonikotinoid hatóanyag-tartalmú (tiakloprid, acetamiprid) rovarölő szerek fokozott méreghatásáról számoltak be triazol (tebukonazol) típusú fungicidek jelenlétében (Szabó et al., 2016; Tóth et al., 2017). Ezen vizsgálatok is alátámasztják azt, hogy az egyidejűleg jelen levő növényvédő szerek interakciója következtében az egyedi toxicitás mellett az együttes méreghatásokkal is számolni kell.

Vizsgálatunkban a Nurelle-D 50/500 EC (cipermetrin és klórpirifosz) rovarölő szer és a Mystic 250 EW (tebukonazol) fungicid egyedi és együttes méreghatását vizsgáltuk fejlődő házityúk-embriókon, annak igazolása érdekében, hogy a növényvédő szerek természetes körülmények között érvényesülő expozíciója embriótoxikus hatású lehet-e.

Anyag és módszer

Kísérletünkben 50 g/l cipermetrin és 500 g/l klórpirifosz hatóanyagok gyári kombinációját tartalmazó Nurelle-D 50/500 EC (Arysta LifeSciences Benelux Sprl, Belgium) inszekticid 0,2%-os, míg a 250 g/l tebukonazol hatóanyag-tartalmú Mystic 250 EW (Nufarm Hungária Kft., Magyarország) fungicid 0,4%-os koncentrációjú emulzióját alkalmaztuk, vagyis mindkét növényvédő szernél gyakorlati permetlé töménységben. A vizsgálathoz szükséges, jó termékenységi mutatókkal rendelkező tyúktojások a Goldavis Kft. (Sármellék, Magyarország) vegyes hasznosítású, Farm fajtájú tenyészetéből kerültek beszerzésre.

A tojásokat méretük és tömegük alapján hasonló eloszlásban négy csoportba osztottuk (Σ 200 db tojás, $n = 50$ /csoport). A kezelést injektálásos módszerrel hajtottuk végre az inkubáció megkezdésének napján. A tojások héján kettő lyukat fúrtunk, amelyeken keresztül a vizsgálati anyagok megfelelő koncentrációjú emulzióit mikropipettával, 0,1 ml végtérfogatban (az együttes kezelés esetében egy tojásba mindkettő vizsgálati anyagból 0,1-0,1 ml-t) injektáltunk be a tojások légkamrájába. A kontroll csoport tojásainak légkamrájába 0,75 ml/V%-os madárfiziológiás nátrium-klorid-oldatot fecskendeztünk. A lyukakat paraffinnal zártuk le, majd a keltetőbe helyeztük a tojásokat és elindítottuk a keltetést. A keltetés RAGUS® (Wien, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben történt, az embriófejlődéshez megfelelő hőmérséklet (37,5-38°C) és páratartalom (55-65%) biztosítása mellett. Az embriók letapadásának elkerülése érdekében a keltetőben lévő tojások naponta kétszer kerültek megforgatásra (Bogenfürst, 2004).

A feldolgozás a várható kelés előtt kettő nappal, az inkubáció 19. napján történt. A keltetőből kivett tojásokat laborcsipesz és laborolló segítségével felbontottuk. Az élő embriókat cervikális

diszlokációval extermináltuk. Kórbonctani leletben rögzítettük a tojásból élve kiemelt embriók testtömegét és csőr-lábvég hossz méretét még a feldolgozás előtt, illetve a fejlődés korábbi időszakában elhalt embriók számát, valamint az élő embriókon értékeltük a malformációk előfordulásának gyakoriságát és típusát. A testtömeg és testhossz adatokat varianciaanalízissel, az embrió mortalitási adatok és a fejlődési rendellenességek biometria értékét Fisher-féle egzakt teszttel végeztük el. A statisztikai vizsgálatok során a szignifikancia minimum értékének a $p < 0,05$ szintet tekintettük.

Eredmények és értékelésük

Embrióelhalást a 0,75 m/V%-os madárfiziológiás nátrium-klorid-oldattal kezelt kontroll csoportban nem tapasztaltunk, ami lehetővé tette a csoport viszonyítási alapként való alkalmazását. A kontroll csoportban két élő embriónál figyeltünk meg fejlődési rendellenességet, amelynek típusa növekedési visszamaradás volt.

A cipermetrin és klórpirifosz hatóanyagú Nurelle-D 50/500 EC inszekticid 0,2%-os töménységű emulziójával egyedileg kezelt csoportban az embrió mortalitás szignifikáns mértékben nőtt a kontroll csoporthoz képest. A rovarölő készítménynek a tojás légkamrájába történő injektálása szignifikánsan kisebb testtömeg és testhossz értékeket eredményezett a kontroll csoportban mért adatokkal összevetve. A fejlődési rendellenességek gyakoriságának növekedése statisztikailag nem volt igazolható. Két embriónál növekedési visszamaradást és hibás lábállást rögzítettünk a kórbonctani leletben.

A tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW gombaölő szer 0,4%-os emulziójával elvégzett kezelés eredményeként az elhalt embriók száma szignifikáns mértékben nőtt a kontroll csoporthoz viszonyítva. A fungicid kezelés hatására az élő embriók testtömege és a csőrtől a lábvégig mért testhossza szignifikánsan kisebb volt a kontroll csoport értékeihez képest. Két embrió mutatott makroszkópos fejlődési rendellenességet (nyitott has- és mellüreg, fartájéki ödémás elváltozás), ami statisztikailag nem különbözött a kontroll csoporttól.

A Nurelle-D 50/500 EC rovarölő szerrel és a Mystic 250 EW gombaölő szerrel együttesen kezelt csoportban szignifikáns mértékben fokozódott az elhalt embriók száma, továbbá statisztikailag igazolható testtömeg- és testhosszcsökkenést tapasztaltunk a kontroll csoporthoz viszonyítva. A vizsgálati anyagokkal együttesen kezelt csoportban három élő embriónál detektáltunk morfológiai elváltozást, amelyek típusa görbült láb, fartájéki ödémás elváltozás, nyitott has- és mellüreg (megnagyobbodott szív) volt. A kontroll csoporthoz képest emelkedett a malformációk előfordulásának gyakorisága, azonban a növekedés nem volt statisztikailag igazolható.

Következtetések, javaslatok

A kísérletünkben felhasznált 0,2%-os Nurelle-D 50/500 EC inszekticid egyedi méreghatása embriótoxicus volt a tojásban fejlődő házityúk szervezetre, mely elsősorban az élő embriók kezelés hatására bekövetkezett szignifikáns mértékű testtömeg- és testhosszcsökkenésében és embrió mortalitás-fokozódásban nyilvánult meg. A malformációk előfordulási gyakorisága sporadikus jellegű volt, így teratogén hatás nem volt megfigyelhető.

Anwar (2003) madárteratológiai vizsgálatában a piretroid típusú cipermetrin toxikus hatását tanulmányozta házityúk-embriókon. A cipermetrin hatóanyagot 0,05 ml végtér fogatban injektálta a tojások légkamrájába 50, 100, 200 és 400 mg/kg koncentrációban. A feldolgozást az inkubáció 7. napján végezte el. Megállapította, hogy a cipermetrin 100, 200 és 400 mg/kg dózisban alkalmazva az embrió fejlődés korai szakaszában gátolta a szemgolyók fejlődését, továbbá e koncentrációk esetében csökkent az embriók fejtető és a farvég között mért testhossza.

Lehel et al. (2014) házityúk-embrió tesztszervezeten elvégzett madárteratológiai vizsgálatukban megállapították, hogy a 480 g/l klórpirifosz hatóanyagú Pyrinex 48 EC 1%-os emulziójával önállóan, injektálva kezelt csoport esetében, a fejlődés késői szakaszában az embriómortalitás mértéke szignifikáns növekedést mutatott, továbbá szignifikáns testtömeg-csökkenést detektáltak a kontroll csoporthoz képest. Az általuk 1%-os koncentrációban alkalmazott rovarölő szer a fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságának statisztikailag igazolható emelkedését idézte elő. Mindez azt bizonyítja, hogy a testidegen kémiai anyagok teratogén hatását a magasabb dózis jelentősen befolyásolhatja (Szakmáry, 2005).

Budai et al. (2019) a tojások bemejtésével tanulmányozták a Cyren EC (480 g/l klórpirifosz) inszekticid embriótoxikus hatását fejlődő házityúk szervezeten. Vizsgálatukban az inszekticid 0,5%-os töménységű emulziójával elvégzett bemejtéses kezelés hatására az embrióletalitás növekedett és az élő embriók testtömeg adatai szignifikáns mértékben csökkentek.

Kísérletünkben a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW gombaölő szer 0,4%-os emulziója embriótoxikusnak bizonyult, szignifikáns mértékben csökkentette a testtömeget és fokozta az embrióelhalások számát. Fejlődési rendellenességet mutató embrió csak sporadikusan fordult elő, így teratogén hatás nem volt igazolható.

Szemerédy et al. (2018) a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EC gombaölő szer és az ólomacetát egyedi és együttes méreghatását tanulmányozták házityúk-embriókban. A bemejtéses kezelés során a peszticid 0,1%-os koncentrációban egyedileg alkalmazott emulziója szignifikánsan csökkentette az élő embriók testtömegét a kontroll csoport adataihoz viszonyítva.

A Nurelle-D 50/500 EC rovarölő szerrel és a Mystic 250 EW gombaölő szerrel kombinációban elvégzett kezelés szignifikáns mértékben fokozta az embriótoxikus hatást az élő embriók testtömegének csökkentésével és az embrióletalitás fokozódásával. Az élő embriók között a fejlődési rendellenességek gyakorisága azonban csak sporadikus volt, így teratogén hatás nem érvényesült. Az együttes méreghatás additív jellegű.

Pintér et al. (2020) az Amega Up (360 g/l glifozát) gyomirtó szer és a Mavrik 24 EW (240 g/l tau-fluvalinát) rovarölő szer egyedi és interakciós toxicitását bemejtéses kezeléssel vizsgálták fácán-embrió tesztszervezeten. A vizsgálati anyagokkal elvégzett együttes méreghatás szignifikáns mértékben csökkentette az élő embriók testtömegét, csőr-lábvég testhosszát, valamint a malformációk előfordulási gyakoriságában is statisztikailag igazolható növekedés érvényesült a kontroll csoporthoz viszonyítva.

Az eltérő vizsgálati eredmények kapcsán figyelembe kell venni a madárfajok között megnyilvánuló érzékenységbeli különbségeket (Bordás, 2005). Javasoljuk ugyanezen vizsgálatok vadkacsa- és fácántojásokon történő elvégzését.

Az interakciós toxikológiai vizsgálat eredményei jelzik a madárembrrió fokozott érzékenységét a peszticidek együttes toxikus hatásai iránt, amely meghalad(hat)ja az egyedi expozíció következményeit. Ezek alapján, más szerzők véleményével összhangban elmondható, hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a testidegen kémiai anyagok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat (Varga et al., 1999; Juhász et al., 2006; Várnagy et al., 2003; Budai et al., 2012; Juhász et al., 2005).

A környezeti éloszervezetek védelmének a lehető legmagasabb szintű biztosítása érdekében egyes növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásainak madárteratológiai vizsgálatokból származó eredményei alapvető fontosságúak környezetünk megóvása, egyensúlyi állapotának fenntartása céljából.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Abdelaziz, K.B., El Makawy, A.I., El-Abidin Abd Elsalam, A.Z., Darwish, A.M. (2010). Genotoxicity of chlorpyrifos and the antimutagenic role of lettuce leaves in male mice. *Communicata Scientiae*, 1, 137–145. <https://doi.org/10.14295/cs.v1i2.51>
- Anwar, K. (2003). Cypermethrin, a Pyrethroid Insecticide Induces Teratological and Biochemical Changes in Young Chick Embryos. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(19), 1698–1705. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1698.1705>
- Berny, P. (2007). Pesticides and the Intoxication of Wild Animals. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 30, 93–100. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2007.00836.x>
- Bogenfürst, F. (2004). A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó, Budapest, 42-63.
- Bordás, I. (2005). A mérgezések szervezethez kötött feltételei. In: Tompa A. (Szerk.): Kémiai biztonság és toxikológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 34.
- Budai, P., Szabó, R., Lehel, J., Kormos, É., Takács, A., Tatai, A., Somody, G. (2012). Toxicity of chlorothalonil containing formulation and Cu-sulphate to chicken. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77 (7), 449–455.
- Budai, P., Szemerédy, G., Major, L., Buda, I., Lehel, J., Szabó, R. (2019). Klórpirifosz hatóanyagú inszekticid és a réz interakciós madárteratológiai vizsgálata. *Gorgikon for Agriculture*, 23(1), 101–106.
- Comet, M.F., Buratti, F.M., Fortuna, S., Lorenzini, P., Volpe, M.T., Parisi, L., Testai, E., Meneguz, A. (2007). Cholinesterase inhibition and alterations of hepatic metabolism by oral acute and repeated chlorpyrifos administration to mice. *Toxicology*, 234, 90–102. <https://doi.org/10.2131/jts.38.237>
- Cui, Y., Guo, J., Xu, B., Chen, Z. (2011). Genotoxicity of chlorpyrifos and cypermethrin to ICR mouse hepatocytes. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 21, 70–74. <https://doi.org/10.3109/15376516.2010.529192>
- Eaton, D.L., Daroff, R.B., Autrup, H., Bridges, J., Buffler, P., Costa, L.G., Coyle, J., McKhann, G., Mobley, W.C., Nadel, L., Neubert, D., Schulte-Hermann, R., Spencer, P.S., (2008). Review of the toxicology of chlorpyrifos with an emphasis on human exposure and neurodevelopment. *Critical Reviews in Toxicology*, 38 Suppl 2, 1–125. <https://doi.org/10.1080/10408440802272158>
- EU (European Union) rendelet (2020a). A Bizottság 2020/17 Végrehajtási Rendelete. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 7/11–L 7/13.
- EU (European Union) rendelet (2020b). A Bizottság (EU) 2020/18 Végrehajtási Rendelete. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 7/14–L 7/16.
- Hegyi, T., Szabó, Á., Farkas, I. (2018). Inszekticid és fungicid tankkeverék kombinációk hatékonysága repce-fénybogár (*Brassicoglyphis aeneus* (Fabricius, 1775)) ellen. *Integrált Termesztés a Kertészeti és Szántóföldi Kultúrákban (XXXV)*. Budapest, 2018.11.27., 4–11.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Budai, P., Várnagy, L. (2006). Toxicity of a pendimethalin containing herbicide formulation and three heavy metals in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 71 (2 Pt A), 107–110.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Fejes, S., Budai, P., Kertész, V., Várnagy, L. (2005). Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70 (4), 1075–1078.
- Juhász, É. (2009). Herbicidek (Stomp 330 EC, Dikamin D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madár-embriókon. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, 137.
- Lehel, J., Szabó, R., Gajcsi, D., Jakab, Cs., Grúz, A., Kormos, É., Budai, P. (2014). A réz-szulfát és a klórpirifosz interakciós toxicitási vizsgálata csirkeembrión. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 136, 494–500.
- Pintér, I., Szemerédy, G., Szabó, R., Major, L., Lehel, J., Budai, P. (2020). Az Amega Up gyomirtó szer és a Mavrik 24 EW rovarölő szer egyedi és interakciós toxicitásának vizsgálata fácánembriókban. *Növényvédelem*, 81 [N.S. 56], 1, 1–9.
- Sinkovitsné, H.I., Benkő, Z. (1993). Foszforsavészterek hatása a csirkeembrió fejlődésére. *Állattani közlemények*, 79(1), 95–103.
- Szabó, Á., Péntes, B., Tóth, P., Véték, G., Fail, J. (2016). Acetamidrid és tebukonazol együttes kijuttatása során fellépő szinergista hatás házi méhen. *Integrált Termesztés a Kertészeti és Szántóföldi Kultúrákban (XXXIII)*, Budapest, 81–85.
- Szabó, R. (2009). Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (Dual Gold 960 EC, Stomp 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriókon, Doktori (PhD) Értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, 55.
- Szabó, É. (2005). Teratogén hatás- teratogén tesztek. In: Tompa A. (Szerk.): Kémiai biztonság és toxikológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest. p. 131.

- Szemerédy, G., Kormos, É., Somody, G., Buda, I., Szabó, R., Lehel, J., Budai, P. (2018). Tebukonazol hatóanyag-tartalmú gombaölő szer és ólom-acetát együttes hatásának teratológiai vizsgálata házityúk embriókban. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 22(2), 25–32. <https://doi.org/10.31914/aak.2271>
- Tóth, P., Szabó, Á., Péntes, B., Fail, J. (2017). Méhekre nem jelölésköteles gombaölő szerek és rovarölő szerek együttes kijuttatásának hatása házi méheken, modellkísérletben. *Integrált Termesztés a Kertészeti és Szántóföldi Kultúrákban (XXXIV.)*, 67–68.
- Tucker, R.K., Haegele, M.A. (1971). Comparative acute oral toxicity of pesticides to six species of birds. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 20, 57–65. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(71\)90088-3](https://doi.org/10.1016/0041-008x(71)90088-3)
- Varga, T., Hlubik, L., Várnagy, L., Budai, P., Molnár, E. (1999). Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. *Acta Veterinaria Hungarica*, 47(1), 123–128. <https://doi.org/10.1556/avet.47.1999.1.13>
- Várnagy, L., Budai, P., Fejes, S., Susan, M., FánCSI, T., Keserű, M., Szabó, R. (2003). Toxicity and degradation of metolachlor (Dual Gold 960 EC) in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(4 Pt B), 807–811.
- Várnagy, L., Budai, P. (2003). A mezőgazdasági vegyi anyagok higiéniaja és toxikológiája. Veszprémi Egyetemi Kiadó, 19–26.

A vizeletből származó ammónia csökkentésére irányuló kezelések hatása lovakkal végzett kísérletben

Restás Zsuzsanna¹, Such Nikoletta Amanda², Bartos Ádám²

¹Zala-Cereália Kft.

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

**bartos.adam@phd.uni-mate.hu*

Összefoglalás

Kutatásunk elsődleges célja annak vizsgálata volt, hogy a takarmány komponensek változtatása, valamint az alom kezelése milyen hatással van a vizelet ammónia kibocsátására. A kísérletet négy felnőtt ló bevonásával végeztük. Az állatok elhelyezése szalmával almolt egyedi bokszokban történt. Az alptakarmány zab és rétiszéna volt. A kísérlet három fő részre tagolódott. Az első részben az almot két napon át probiotikus alomkezelővel kezeltük. A kísérlet második részében a lovak abrak takarmányát probiotikummal egészítettük ki 8 napon át, majd ismét két napos alomkezelés következett. Ezt követően az állatok két héten át ismét az alptakarmányt fogyasztották. Munkánk harmadik részében a zabot magas biológiai értékű fehérjét tartalmazó tápra cseréltük, melyet az állatok 12 napig fogyasztottak, majd megismételtük az alomkezelést. A mintavétel a vizelettel szennyezett szalmából, az alom több pontjából, valamint kísérleti periódus végén az alom kezelése előtt és után történt. A kísérlet végén meghatároztuk a minták szárazanyag-tartalmát és ammónia kibocsátását. Eredményeink alapján mind a takarmány probiotikus kiegészítése, mind pedig a magas biológiai értékű fehérje etetése csökkentette az ammónia kibocsátást, az alomkezelő esetén viszont egyedül a takarmány probiotikummal történő kiegészítésekor tapasztaltunk enyhe negatív tendenciát.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mezőgazdaságban, leginkább az állattenyésztési ágazatban a nitrogén ammónia formájában kerül a környezetbe. Az állati trágya ammónia kibocsátásának nagy része a karbamid hidrolíziséből származik (Varel, 2006). A nitrogén vegyületeket mikrobiális tevékenység alakítja át ammóniává (Santoso, 1999), tehát az ammónia kibocsátás az aerob vagy anaerob baktériumok tevékenységéből származik (Zhang, 1991). A bélből felszívódó, nem hasznosuló aminosavak lebomlása során keletkező ammónia karbamid formájában a vizelettel ürül a szervezetből. A karbamidot aerob és anaerob baktériumok bontják ammóniává, ureáz enzim segítségével (Such et al., 2019).

Az állattartáson belül a legnagyobb mennyiségű ammónia kibocsátásért a sertés, a baromfi és a szarvasmarha ágazat felelős (Dublecz, 2019). A levegőbe kerülő ammónia 90 %-a állattartó telepekről származik, ennek viszont csekély része kerül ki a ló tartásból (kevesebb, mint 2 %) (Dublecz, 2019). Ennek oka, hogy a ló tartó telepeken adott területen kisebb létszámú állat van, mint más állatfajok esetében. Mivel a lovakat legtöbbször istállóban tartják, az ammónia káros hatásai elsősorban a lovakat és a mellettük dolgozó embereket érintik, ráadásul ezek a hatások csak lassan, hosszú évek alatt eredményeznek súlyos, sok esetben visszafordíthatatlan betegségeket. A pihenő, alvó lovakra jelent komoly veszélyt a zárt istállóban (bokszokban) a talajhoz közel felhalmozódó ammónia. Az utóbbi években, különösen az élsportban versenyző lovak egyedi értéke jelentősen emelkedett, akár néhány millió euro (!) is lehet. Különösen a legnagyobb értékű lovakra jellemző, hogy az idejük nagy részét az istállóban töltik. Az ammónia belélegzése okozta légzőszervi károsodások (Bodó & Hecker, 1992) jelentős teljesítményromlást, valamint a ló használati idejének csökkenését eredményezhetik, súlyos gazdasági károkat okozva ezzel a tulajdonosoknak. Az ammónia felhalmozódásának csökkentése tehát a ló tartásban kiemelkedő jelentőséggel bír.

Az alomban található ammónia mennyiségének csökkenése kedvezően hat a lovak egészsége szempontjából, hatással lehet a teljesítmény növekedésében, így az állatok képességei jobban kihasználhatóak. Az ammónia kibocsátás csökkentése érdekében az egyik (legfontosabb) lehetőség,

a takarmányadagokba kerülő megfelelő mennyiségű és minőségű fehérje, ezen belül az állat igényeihez leginkább hasonlító aminosav-összetétel. Gazdasági állataink közül a ló fehérjeigénye a legalacsonyabb. Meyer 1987-ben megállapította, hogy a testtömeg kg-ként legfeljebb 2g fehérje az ideális, mert e fölött a megnövekedett nitrogén kiválasztás miatt növekszik a vízigény. A vérben felhalmozódó ammónia fokozza az enterotoxémia kialakulásának kockázatát, a nagyobb mennyiségű nitrogén kiválasztása több energiafelhasználással jár. E mellett megemelkedhet az istállólevegő ammóniatartalma is, amely a lovak számára komoly egészségügyi kockázattal bír. A vizelet karbamid tartalma növekszik a nagyobb fehérjetartalmú takarmányozás során (Weir et al., 2017). A szükséges fehérje mennyiség etetéséhez nagy segítséget nyújtanak a meghatározott életkor, egészségi állapot, végzett munka alapján összeállított lótápok. Ezekben a tápokban ajánlások és kutatások alapján állítják össze a fehérjét, emellett a megválogatott alapanyagok által az aminosav összetételt is figyelembe veszik. Napjainkban a legtöbb esszenciális aminosav kristályos formában elérhető, e kiegészítések lehetővé teszik, hogy az állat igényeihez leginkább hasonlító aminosav összetételt tartalmazza a takarmány. Etetéskor fontos betartani az ajánlott mennyiséget, és a naponta többszöri etetés alkalmazásával pedig javítható az emészthetőség (Frape, 2011).

További lehetőség az ammónia kibocsátás csökkentésére, valamint a takarmány emészthetőségének javítására a szükségletnek legjobban megfelelő takarmány megválasztása mellett, egyes takarmánykiegészítők etetése. Ezek közül az utóbbi időben egyre inkább a természetes alapanyagok, a probiotikumok, prebiotikumok, enzim kiegészítők és egyéb gyógynövényes készítmények kerültek előtérbe (Wenk, 2000).

A környezetben lévő baktériumok bontják a karbamidot ammóniává, ezért nagy jelentősége van az alom minőségének. Fleming et al. szerint (2008) a legkedvezőtlenebb a búzaszalma alom, legjobb ammóniakötő hatása a szalma pelletnek van. Emellett egyre inkább elterjedtek az úgynevezett alomkezelők, amelyek kevesebb ammónia keletkezését tehetik lehetővé. Pratt et al. (2000) egy az ammóniát abszorbeáló vegyülettel kezelt istállóban egy hónap alatt 25 %-kal kevesebb ammóniát mértek a kontroll (kezeletlen) állapothoz képest. Az alomkezelők működési mechanizmusa, hogy szárazon tartják az almot, a kedvező mikroorganizmusoknak megfelelő mikroflórát alakítanak ki, kiszorítják a káros vagy kórokozó mikrobákat, ezáltal csökkentik az ammónia és egyéb gázok keletkezésének mértékét.

Munkánkban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a takarmány fehérje tartalmának változtatásával, probiotikus takarmánykiegészítő alkalmazásával vagy az alom kezelésével milyen módon csökkenthető a vizelet ammónia kibocsátásának mértéke.

Anyag és módszer

A kísérletet négy, átlagosan 500 kg testtömegű felnőtt ló bevonásával végeztük. A lovak a kísérlet időtartama alatt munkát nem végeztek. Az állatok elhelyezése az éjszakai órákban beton aljzatú, szalmával almolt egyedi bokszokban történt. Az állatok alap takarmánya zab és rétiszéna volt. A rétiszenát a lovak ad libitum fogyasztották (átlagosan napi 1,5 kg/ 100kg élőtömeg), a zabból napi 1500 g-ot kaptak.

A kísérlet három részből állt. Először az említett takarmányadag etetése mellett két napon át az esti órákban a szalmára egyenletesen porlasztva probiotikus alomkezelőt jutattunk, a gyártó ajánlásainak megfelelően vízzel 1:1 arányban keverve (átlagosan 1 ml/m²). Az alkalmazott készítmény kedvezően befolyásolja az alom mikroflóráját, kiszorítja az ureáztermelő baktériumokat, csökkenti a rothadási folyamatokat és az ammónia mennyiségét. Kutatásunk második részében 8 napon át az alaptakarmányt 40 ml probiotikummal egészítettük ki, melyet az állatok az esti órákban, a zabhoz keverve kaptak, majd újra két napon át kezeltük az almot, a fentebb leírt módon. Ezt követően két héten át a lovak újra az alaptakarmányt kapták. Munkánk harmadik részében az állatok abrak takarmányát fokozatosan magas biológiai értékű fehérjét tartalmazó lótápra cseréltük a korábbi széna-

adag megtartásával. A tápot a szoktatással együtt 12 napig etettük 1500 g napi mennyiségben, melyet újra kétnapos alomkezelés követett. Az átlagosan elfogyasztott nyersfehérje mennyisége a zab etetésekor 650g/nap, a táp esetén 690g/nap volt, ami az állatok létfenntartó szükségletének felel meg.

A kísérletben alkalmazott készítmények összetétele:

Az alomkezelő összetétele (*Greenman Animal, Equitan*):

Víz, jótékony hatású probiotikus technológia (*Bacillus* sp., *Bifidobacterium* sp., *Lactobacillus* sp., *Lactococcus* sp., *Rhodospseudomonas* sp., *Saccharomyces* sp., *Sacharomicces Cerevisiae*), bio cukornád melasz.

Az alkalmazott probiotikum összetétele és táplálóanyag tartalma (*Greenman ProBio*):

A készítmény klórmentes tiszta víz, cukornádmelasz, tejsavbaktériumok (*Lactobacillus casei* ATCC 7469, *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) >3x10⁵ CFU/ml, élesztő *Saccharomyces cerevisiae* IFO0203) <1x10⁶ CFU/ml, zeolit és tengeri só keverékéből állt. A készítmény táplálóanyag tartalma az alábbiak szerint alakult: nyersfehérje 0,15%; nyershamu 0,5%; cukor 2%; kalcium 460 µg/g; magnézium 190 µg/g; foszfor 40 µg/g.

Az etetett lótáp összetétele (*Pavo 18 plus*):

Garantált beltartalom: DE 12,1 MJ/kg, Emészthető nyersfehérje 13 %, Nyerszsír 7,5%, Nyersrost 15 %, Nyers ásványi anyagok 7,7 %, Cukor 5 %, Keményítő 17 %, Lysine 7,5 g, Metionin 2,1 g, Ásványi anyagok: Kalcium 0,8 %, Foszfor 0,5 %, Nátrium 0,4 %, Kálium 1,2 %, Magnézium 0,5 %, Réz 55 mg, Vas 180 mg, Zink 215 mg, Mangán 160 mg, Szelén 0,6 mg, Jód 1,0 mg. Vitamin tartalom (per kg): Vitamin A 23,400 NE, Vitamin D3 3000 NE, Vitamin NE 460 mg, Vitamin B1 25 mg, Vitamin B2 30 mg, Vitamin B6 16 mg, Vitamin B12 250 µg, Choline 250 mg, D-Biotin 600 µg, Folsav 14 mg.

Összetevők: tönkölybúza, lucerna, repce magvak, pelyhesített borsó, sárgarépa pelyhek, napraforgó magvak kivonata, takarmánybúza szója pelyhek, szójabab extrahált, pirított, szójaolaj, növényi olajok, sörelesztő, puffasztott kukorica, puffasztott árpa, puffasztott búza, nádmelasz, lenmag, almáép, vitaminok és ásványi anyagok.

Valamennyi kísérleti szakasz végén, az alom kezelése előtt, valamint a két napos alomkezelés utáni reggelen az alomból a bokszok különböző pontjáról a földről felszedve mintát vettünk a leginkább vizelettel szennyezett részekből, a minta mennyisége bokszonként 100 g volt.

A mintákat kettős nejlonzsákokban légmentesen lezárva a vizsgálatok megkezdéséig -20 °C-on tároltuk, majd a fagyasztóból néhány órával a mérés előtt elővettük.

Kiengedés után minden mintából 15 grammot kimértünk és alufóliába csomagoltunk, ügyelve arra, hogy a fólia csomagok, valamint a fólián kialakított nyílások közel azonos méretűek legyenek. A fóliába csavart mintákat öt literes ballonokba helyeztük és egy órán át szobahőmérsékleten tartottuk. Az ammónia mennyiségének mérése, a Santoso et al. (1999) által leírtakhoz hasonlóan, Draeger X-am 5600 készülékkel történt. További mérésekre nem került sor, mivel az 1 órás méréseknél több csoport mintái esetén is közel jártunk a maximális méréstartományhoz.

A szárazanyag-tartalom meghatározásához 5 g mintát előzőleg kitarázott szárítótégelybe mérünk. Valamennyi minta esetében két párhuzamos mérést végeztünk. A mintákat két órán keresztül (tömegállandóságig) 130 °C-on szárítószekrényben szárítottuk, majd az idő leteltével kivettük, exsikkátorban hagytuk kihűlni. Ez után a minták tömegét a téggel együtt visszamértük. A mért értékek segítségével meghatároztuk a minták szárazanyag-tartalmát.

A kapott eredményeket a lineáris modellezés módszerével értékeltük ki. A modellben az eredmény változó az ammónia kibocsátás volt. Az alomkezelő, a lótáp és a probiotikum voltak a magyarázó változók 0/1 értékű dummy változóként. A magyarázó változók szignifikanciáját t-próbával vizsgáltuk. A számításokat az SPSS program 25.0-s verziójával végeztük.

Eredmények és értékelésük

Az ammónia kibocsájtás vizsgálatának eredményeit az 1. táblázat mutatja. Az alomkezelő alkalmazása önmagában jelentősen nem befolyásolta az ammónia kibocsájtás mértékét.

A zab magas biológiai értékű fehérjét tartalmazó tápra történő cseréje esetén a kontroll értékekhez képest szignifikánsan csökkent az ammónia kibocsájtás mértéke. Az alom kezelésekor azonban ebben az esetben sem tapasztaltunk számottevő különbséget.

A probiotikum kiegészítés a táphoz hasonlóan, a vizelet ammónia kibocsájtásának jelentős csökkenését eredményezte. Az alomkezelővel történő együttes alkalmazáskor további csökkenő tendencia volt megfigyelhető. A különbség azonban nem volt statisztikailag igazolható, ami feltételezhetően a viszonylag kis elemszám esetén tapasztalt aránylag magas szórás értékkel magyarázható.

A táp etetése hasonló mértékű ammónia csökkenést eredményezett, mint a probiotikum kiegészítés. Az alomkezelő egyedül a probiotikum kiegészítés esetén okozott érzékelhető változást, de négy lóval végezve a vizsgálatot, feltételezhetően a fentebb már említett viszonylag kis elemszám és a relatív nagy szórás miatt az eredmény nem volt statisztikailag igazolható.

1. táblázat: A vizelet NH₃ kibocsájtásának alakulása kezelések hatására.

Kezelés	NH ₃ kibocsájtás mg/l
kontroll	249,75 +/- 40,2 ^a
kontroll+alomkezelés	285,00 +/- 6,7 ^a
probiotikum	186,25 +/- 55,4 ^b
probiotikum+alomkezelő	188,25 +/- 65,8 ^b
lótáp	221,00 +/- 32,4 ^b
lótáp+alomkezelő	179,25 +/- 26,9 ^b

^{ab} Az eltérő betűvel jelölt átlagok között szignifikáns ($p < 0,05$) különbség van

A szárazanyag-tartalom az egyes csoportokban 31-40% között alakult a kapott értékek között statisztikailag igazolható különbségeket nem tapasztaltunk. Ezzel igazolható tehát, hogy a minták szárazanyag-tartalma nem befolyásolta az ammónia kibocsájtásnál kapott eredményeket.

Következtetések, javaslatok

A kísérlet eredményeiből arra következtethetünk, hogy a minőségi lótáp etetése, még a kismértékben magasabb fehérjetartalom ellenére is, jelentősen csökkenti az ammónia kibocsátást. Ez feltételezhetően annak köszönhető, hogy ezek a takarmánykeverékek nem csak megfelelő mennyiségű fehérjét tartalmaznak, hanem fehérjéik olyan aminosav garnitúrával rendelkeznek, amely a legjobban kielégíti az állat igényeit. Kísérletünk eredményei tehát azt bizonyítják, hogy a ló egészségének megőrzése céljából javasolt minőségi tápok etetése, amelyek nem csak kedvezőbb élettani hatással rendelkeznek, de hozzájárulhatnak az ammónia kibocsátás jelentős csökkentéséhez is. A táp mellett az alomkezelő egyidejű használata nem befolyásolta lényegesen a táp etetésekor tapasztalt ammónia csökkenést.

Az alomkezelő ad libitum széna és zab etetése mellett nem befolyásolta lényegesen az ammónia kibocsátás mértékét. Ennek oka feltételezhetően az, hogy a gyengébb fehérje hasznosulás miatt

kifejezetten magas volt a vizeletben ürített nitrogén mennyisége. Az ureáztermelő mikrobák számának csökkenése feltételezhetően nem volt elegendő az ammónia mennyiségének jelentősebb csökkenéséhez.

A probiotikum kiegészítő etetése kedvező hatású volt az ammónia vizeletben mért mennyiségére, ez annak köszönhető, hogy a probiotikumok jelentősen javítják a táplálóanyagok, köztük a fehérje emészthetőségét is. Ezt egy korábbi kísérlet eredményei (Such et al., 2017) is alátámasztják. A probiotikum etetése és az alomkezelő egy időben történt használata esetén az ammónia mennyisége szempontjából csökkenő tendencia figyelhető meg. A probiotikumok kedvező hatásai között szerepel, hogy segítik a bélflóra egészségének megőrzését, és a kedvező baktériumok szaporodását, ebből következően az alomba kerülő baktériumok is olyan jótékony hatásúak lehetnek, amelyek szaporodásához már az alomkezelő is hozzájárulhat. A statisztikailag nem igazolható különbség ellenére, javasolt lehet a probiotikum kiegészítés és az alomkezelő együttes alkalmazása a legjobb eredmény elérése érdekében.

Az alkalmazott alomkezelőt régóta alkalmazzák lovak szalmájának kezelésére és bár konkrét mérési eredmények ezzel kapcsolatban nincsenek, megfigyelések azt mutatják, hogy a készítményt a gyártó ajánlásai szerint használva az alkalmazott területen lényegesen javult a levegő minősége, a készítmény használata előtt rendszeresen tapasztalható enyhe ammónia szag a szer rendszeres alkalmazása esetén néhány nap után megszűnt, továbbá a készítmény kedvezően befolyásolta a lovak közérzetét is. Naponta az ivóvízbe keverve a lovak enyhe köhögési tünetei is néhány nap után enyhültek, majd megszűntek. Feltételezhető tehát, hogy az alomkezelő kedvező hatásai az alaptakarmány és a táp etetése esetén hosszabb alkalmazási idő után szintén érvényesülhetnek.

Lovak esetében a keletkező ammóniának kisebb környezetterhelő hatása van más állatfajokhoz képest, ahol nagy állatlétszámú telepeken folyik a termelés. Az egyedekre, illetve a körülöttük dolgozó emberekre annál jelentősebb a veszély. Fontos megemlíteni, hogy ennek kiküszöbölésére nem elegendő a gondos takarmányozás, mindenképpen ajánlott a tartási körülmények lovak és emberek számára is a lehető legideálisabbá tétele. Rendkívül nagy jelentőségű az istálló felépítése, elsősorban szellőztetés szempontjából. Fontos elkerülni, hogy a lovakat a nap nagy részében teljesen zárt istállóban tartsuk. Javasolt lehet az év egészében a lovak karámozása, így idejük kisebb részét töltik az istállóban, amely az ammónia terhelés csökkenését eredményezi. Az istálló szellőző rendszerének kialakításakor pedig figyelembe kell venni, hogy az ammónia nehezebb a levegőnél, ezért a bokszban a talajhoz közel halmozódik fel, így ajánlatos a szellőző nyílásokat a talaj közelében elhelyezni. A ló igényeinek hatékony kielégítésére szolgáló aminosav összetételű fehérjék etetése, vagy adott esetben lovak számára kifejlesztett probiotikus kiegészítő használata alomkezelő alkalmazásával, a jól szellőző istálló és a napi karámozás együttesen hozzájárulhat tehát lovaink egészségének fenntartásához és hosszú távú, kiegyensúlyozott teljesítményükhöz.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bodó, I., Hecker, W. (1992). Lótenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, 2. javított kiadás, Budapest.
- Dublecz, K. (2019). A fehérjetakarmányozás néhány ökonómiai és környezeti aspektusa. előadás, Inárcs.
- Fleming, K., Hessel, E.F., Van den Weghe, H.F.A. (2008). Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.02.008>
- Frape, D. (2011). A ló takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- Meyer, H., Radicke, S., Kienzle, E., Wilke, S., Kleffken, D. (1993). Investigations on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing. Proceedings of the 13th Equine Nutrition and Physiology Symposium, Florida, USA, 92–97. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1995.tb00389.x>
- Pratt, S.E., Lawrence, L., Barnes, T., Powell, Warren, L.K. (2000). Measurement of ammonia concentrations in horse stalls. *Journal of Equine Veterinary Science*, 20(3), 197–200. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(00\)80137-9](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(00)80137-9)
- Santoso, U.S., Ohtani, K., Tanaka, M., Sakaida (1999). Dried Bacillus subtilis Culture Reduced Ammonia Gas Release in Poultry House Asian-Australas. *Journal of Animal Science*, 12(5), 806–809. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.806>
- Such, N., Koltay, I., Ujj, Zs., Bányai, A., Bartos, Á. (2017). Egy probiotikumos kiegészítő hatása a takarmány táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségére lovakkal végzett kísérletben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66(3), 196–205.
- Such, N., Koltay, I., Rawash, M.A., Mezőlaki, Á., Csitári, G., Wágner, L., Farkas, E., Molnár, A., Dublec, K. (2019). Búzakorpa etetésének hatása a broiler csirke ürülékének ammónia kibocsátására. XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2019. május 23., Keszthely
- Varel, V.H., Wells, J.E., Miller, D.N. (2006). Combination of a urease inhibitor and a plant essential oil to control coliform bacteria, odour production and ammonia loss from cattle waste. *Journal of Applied Microbiology*, 102(2), 472–477, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03120.x>
- Weir, J., Warren, H.L., Li, K., Macon, E., Wickens, C. (2017). Characterizing ammonia emissions from horses fed different crude protein concentrations. *Journal of Animal Science*, 95(8), 3598–3608, <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1648>
- Wenk, C. (2000). Recent Advances in Animal Feed Additives such as Metabolic Modifiers, Antimicrobial Agents, Probiotics, Enzymes and Highly Available Minerals – Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(1), 86–95. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.86>
- Zhang, R., Ishibashi, K., Day, D.L. (1991). Experimental study of microbial decomposition in liquid swine manure, and generation rates of ammonia. In: Proceedings of the Livestock Waste Management Conference, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan.

Egy cipermetrin és klórpirifosz hatóanyagú rovarölő szer, valamint egy tebukonazol hatóanyagú gombaölő szer embriótoxicitásának vizsgálata házityúk embriókon, a fejlődés korai időszakában

Szabó Rita¹, Major László², Lehel József³

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

³Állatorvostudományi Egyetem

*szabo.rita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunkban a Nurelle-D 50/500 EC (50 g/l cipermetrin + 500 g/l klórpirifosz) inszekticid és a Mystic 250 EW (250 g/l tebukonazol) fungicid készítmény egyedi és együttes toxikus hatásait tanulmányoztuk házityúk testszervezetben. A rovarölő szert 0,2%-os, a gombaölő szert 0,4%-os töménységű emulzióban alkalmaztuk, injektálós kezelési módot alkalmazva. A keltetést a kezeléseket követően indítottuk el. Az inkubáció harmadik napján az embriókból csírákorong metszeteket készítettünk az embrionális fejlődés korai szakaszának vizsgálata céljából. A tárgylemezen rögzített és ozmium-tetroxid-oldattal festett, fixált embriókat fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk. Az embriómortalitási adatok és a fejlődési rendellenességek statisztikai elemzését Fisher-féle egzakt teszttel végeztük. A statisztikai értékelés eredménye alapján, a vizsgálati anyagokkal egyedileg kezelt csoportokban az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek előfordulása kismértékben emelkedett. Az együttes kezelés eredményeként szignifikáns mértékben nőtt az embrióelhalás, a fejlődési rendellenességek előfordulásának növekedése azonban nem volt szignifikáns mértékű. A növényvédő szerek egyedileg és kombinációban is embriótoxicusnak bizonyultak a házityúk-embriókra fejlődésük korai időszakában, teratogén hatás viszont nem volt igazolható. Additív jellegű együttes méreghatás érvényesült.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kémiai növényvédelem az egyik legfontosabb szennyező tevékenység a mezőgazdasági termelésen belül. A növényvédelmi munkálatok során kipermetezett növényvédő szerek egyidejűleg szennyezhetik az adott élőhely ökoszisztémáját. Emiatt a kémiai terhelés összetett problémaként jelentkezhet, tehát várható a kombinált toxikus hatás, azaz legalább két anyag toxikus kölcsönhatása, ahol az összetevők módosíthatják egymás hatását. Kutatócsoportunk már több éve folytat olyan kísérleteket, amelyek célja a peszticidek/nehézfémek embriótoxicus és teratogén hatásainak meghatározása madárembriókon (Várnagy et al., 1996). E vizsgálatok keretében a vegyi anyagoknak a madárembrió fejlődésére gyakorolt toxikus hatásait elsősorban az embrionális fejlődés késői szakaszában végzett feldolgozás alkalmával a klasszikus paraméterek (testtömeg értékek, testhossz értékek, embrionális elhalások gyakorisága, fejlődési rendellenességek gyakorisága és típusai) tanulmányozásával végeztük. A közelmúltban új feldolgozási technika bevezetésével lehetővé vált az embrionális fejlődés korai szakaszának értékelése is. A 0,1% ozmium-tetroxiddal történő festéssel lehetséges az embrió korai fejlődési szakaszának tanulmányozása (az 1. és a 4. nap között), az embrió életképességének meghatározása és/vagy morfológia felépítésében bekövetkező változások fénymikroszkópos technikával történő vizsgálata (Várnagy, 2005).

Vizsgálatunkat annak érdekében végeztük, hogy megismerjük a kémiai növényvédelemben felhasználásra kerülő peszticidek természetes körülmények között érvényesülő expozíciójának házityúk, mint teszt-madár faj embrionális fejlődésére gyakorolt méreghatásait. A gyakorlatban alkalmazott ökotoxikológiai vizsgálati módszerek elsősorban a peszticidek egyedi toxikus hatásának vizsgálatára korlátozódnak. Ugyanakkor, a növényvédelmi kezelések alkalmával jellemző lehet, hogy egy menetben, tankkeverék formájában juttatnak ki növényvédő szereket. Így, számolni lehet/kell

az együttes méreghatással, amelynek következtében a komponensek egyedi méreghatásához viszonyítva megváltozhatnak a mérgezés következményei. Az együttes méreghatásokra vonatkozó adatok nélkülözhetetlen információknak tekinthetők, főként a madárszervezetek szempontjából (Thompson, 1996). Az interakciós hatások tanulmányozása egyre inkább előtérbe kerül nem csak az ökotoxikológia területén, hanem minden olyan egyéb területen, amely az egészségvédelem és a kémiai biztonság kérdésével foglalkozik (Oskarsson, 1983; Danielsson et al., 1984; Speijers & Speijers, 2004; Youn-Joo et al., 2004).

Anyag és módszer

Kísérletünkben a cipermetrin és klórpirifosz hatóanyagú Nurelle-D 50/500 EC (Arysta LifeSciences Benelux Sprl., Belgium) rovarölő szer 0,2%-os és a tebukonazol hatóanyag- tartalmú Mystic 250 EW (Nufarm Hungária Kft., Magyarország) gombaölő szer 0,4%-os, gyakorlatban alkalmazott koncentrációjú emulzióit használtuk fel. A vizsgálatot termékeny, Farm típusú tyúktojásokkal végeztük, amelyek a Goldavis Kft. (Sármellék, Magyarország) tenyészetétől származtak. A tojásokat Ragus típusú keltetőben (Bécs, Ausztria) keltettük. Az inkubálás során biztosítottuk a megfelelő hőmérsékletet (37–38° C), a szükséges páratartalmat (65–75%) és a tojások napi forgását (Bogenfürst, 2004).

Az összesen felhasznált 60 db tojást négy homogén csoportra osztottuk és a vizsgálat megkezdése előtt 24 óráig pihentettük azokat. A tojások kezelését ($n = 15$ /csoport) a keltetés megkezdésének napján végeztük. Először a tojások héján két lyukat fúrtunk, majd a vizsgálati anyagokból az egyedi kezeléseknél mikropipetta segítségével 0,1–0,1 ml emulziót injektáltunk a tojások légkamrájába, míg a kombinált kezeléskor pedig 0,2 ml-t (Clegg, 1964; Kertész, 2001; Palkovics, 2003). Az emulziók előállításához desztillált vizet, a kontrollkezeléshez madárfiziológiás sóoldatot (0,75 m/v%) használtunk. A kezelést követően a lyukakat paraffinnal lezártuk, a tojásokat keltetőgépbe helyeztük, az inkubálást a kezeléseket után azonnal megkezdtük.

A fejlődés korai szakaszának vizsgálata céljából csírapajzsa metszeteket készítettünk minden embrióból az inkubálás 3. napján. A légkamra fölött eltávolítottuk a tojáshéjat és a héjmembránt, majd 0,1% ozmium-tetroxid-oldattal megfestettük az embriót. A csírapajzsa szűrőpapírkorongot helyeztünk, ami mentén a csíralemezt körülvágtuk. A festett csíralemezt a szűrőpapírkoronggal együtt 38 °C hőmérsékletű madárfiziológiás sóoldatba (0,75 m/v%) helyeztük. Ezt követően az embriót leválasztottuk a korongról és tárgylemezre úsztattuk, majd DPX szövettani ragasztóval rögzítettük. Végül a tárgylemezt fedőlemezrel lefedtük. Az így készült metszeteket fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk (Sinkovitsné & Benkő, 1993; Kertész, 2001).

Az embriómortalitási adatok és a fejlődési rendellenességek biometriai értékelését Fisher-féle egzakt teszttel végeztük. A szignifikancia minimumértékének a $p < 0,05$ szintet tekintettük a statisztikai értékelés során.

Eredmények és értékelésük

A kontroll csoportban embrióelhalást nem tapasztaltunk, egy élő embrió esetében gyengén fejlett testet és szikérhálózatot figyeltünk meg (6,66%). Ezen eredmények lehetővé tették a kontroll csoport viszonyítási alapként történő alkalmazását.

A Nurelle-D 50/500 EC rovarölő szerrel végzett egyedi kezelés eredményeként kettő embrió pusztult el (13,33%), a különbség nem volt szignifikáns mértékű a kontroll csoporthoz viszonyítva. Továbbá, két élő embrió mutatott fejlődési rendellenességet (15,38%), azonban ez az arány nem különbözött szignifikánsan a kontroll csoportban tapasztalttól. A fejlődési rendellenességek típusa gyengén fejlett test és szikérhálózat volt.

A Mystic 250 EW fungicid egyedi injektálása három embrió elhalását (20%) eredményezte. A kezelés hatására négy élő embriónál (33,33%) tapasztaltunk rendellenes fejlődést (gyengén fejlett test és szikérhálózat). Az embriómortalitás mértéke és malformációk gyakorisága a kontroll csoporthoz képest nőtt, de nem szignifikáns mértékben.

Az Nurelle-D 50/500 EC rovarölő szerrel és a Mystic 250 EW gombaölő szerrel együttesen kezelt csoportban öt korai embrióelhalás (33,33%) fordult elő. A statisztikai értékelés szerint a változás szignifikáns mértékű volt a kontroll csoporthoz ($p < 0,05$) viszonyítva. Az együttesen kezelt csoportban a tíz élő embrióból négyenél tapasztaltunk fejlődési rendellenességet (40%). A malformációk típusai gyengén fejlett test és szikérhálózat, valamint görbült nyak voltak. A morfológiai elváltozásoknak a kontroll csoporthoz viszonyított gyakorisága nőtt, azonban ez a növekedés nem volt statisztikailag igazolható.

Következtetések, javaslatok

Az embrionális fejlődés korai szakaszában végzett madárteratológiai vizsgálat során megállapítottuk, hogy a fejlődés ezen szakaszában a cipermetrin + klórpirifosz hatóanyagú Nurelle-D 50/500 EC rovarölő szerrel elvégzett egyedi kezelés embriótoxikusnak bizonyult, amely az embrióelhalások és a fejlődési rendellenességek gyakoriságának kismértékű növekedésében nyilvánult meg.

A klórpirifosz Fischer 344 patkány törzsön elvégzett teratológiai vizsgálatában az anyai szervezetre toxikus legmagasabb adagban (25 mg/ttkg) csökkentette a magzatok testtömegét, növelte a magzati elhullásokat és a fejlődési rendellenességek gyakoriságát (Dowdy, 1969).

Szemerédy et al. (2018b) megállapították, hogy a klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC inszekticid 0,5%-os emulziója bemezteléses kezelést alkalmazva embriótoxikusnak bizonyult embrionális fejlődés kései szakaszában, amely az embriók szignifikáns testtömeg-csökkenésében és az embrióelhalások emelkedésében nyilvánult meg. Fejlődési rendellenességet mutató embrió csak sporadikusan fordult elő a kísérletben, így teratogén hatás nem volt igazolható.

Major et al. (2019) vizsgálataiban a 0,5%-os CYREN EC inszekticid injektálásos módszerrel végzett egyedi és együttes kezelésének házityúk-embrióra gyakorolt embriótoxikus hatását tanulmányozták a fejlődés korai időszakában. Az embrióelhalások gyakoriságának kismértékű növekedését tapasztalták a kezelt csoportokban, de a kontrollhoz viszonyított eltérések nem voltak szignifikáns mértékűek. Fejlődési rendellenességek az egyedileg kezelt csoportokban elvéve fordultak elő.

Megállapítható, hogy a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW gyakorlati permetlé töménységben (0,4%) egyedileg alkalmazva embriótoxikus volt, a gombaölő szerrel önmagában végzett kezelés hatására fokozódott ugyan az embriómortalitás, illetve a fejlődési rendellenességek előfordulásának gyakorisága, azonban ez statisztikailag nem volt igazolható.

Szemerédy et al. (2018a) a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EC fungicid és az ólom-acetát egyedi és együttes méreghatását tanulmányozták házityúk-embriókon. A bemezteléses kezelés során a növényvédő szer 0,1%-os, a növényvédelemben ajánlott gyakorlati permetlé töménységben alkalmazott emulziójával elvégzett kezelés szignifikánsan csökkentette az élő embriók testtömegét a kontroll csoport adataihoz viszonyítva. Statisztikailag bizonyítható eltérés az embriómortalitás és fejlődési rendellenességek alakulásában azonban nem volt megfigyelhető.

Giavini & Menegola (2010) a mezőgazdaságban és a humán gyógyászatban gombaölő szerként alkalmazott azol-származékok (pl. tebukonazol) toxikológiai állatkísérleti eredményeik alapján megállapították, hogy a különböző azol-típusú fungicidok nagy dózisban alkalmazva teratogén hatásúak, arc, csontváztengely és végtag rendellenességek kialakulását okozzák.

A Nurelle-D 50/500 EC inszekticiddal és a Mystic 250 EW fungiciddal elvégzett kombinációs kezelés eredményei alapján az együttes méreghatás toxikus volt a korai embrióra. Az embriómortalitás szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) fokozódott, a morfológiai elváltozások gyakorisága ugyan-

csak növekedést mutatott, azonban ez a növekedés nem különbözött szignifikánsan a kontroll csoportban tapasztalttól. Az egyidejűleg alkalmazott készítmények additív jellegű interakciója volt megfigyelhető. A megfigyelt fejlődési rendellenesség (gyengén fejlett test és szikérhálózat) az embriónális fejlődés későbbi időszakában kompenzálódhat, így a teratogén hatás nem igazolható.

Az interakciós toxikológiai vizsgálat eredményei jelzik a madárembrió fokozott érzékenységét, amely az együttes kezelés hatására meghaladja az egyedi kezelések toxikus következményeit. Ezek alapján, más szerzők véleményével összhangban elmondható, hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a testidegen kémiai anyagok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat (Varga et al., 1999; Várnagy et al., 2003; Juhász et al., 2005, 2006; Budai et al., 2012).

Az általunk házityúkon elvégzett madárteratológiai vizsgálat eredményei felhasználhatóak a környezeti kockázatbecslés alkalmával a vadmadarak mérgezési veszélyének jellemzésére. Azonban a madárfajok között megnyilvánuló érzékenységbeli különbségekből adódóan javasoljuk ugyanezen vizsgálatok vadkacsa- vagy fácántojásokon történő elvégzését. A vadkacsatojások méshéjának a tyúktojáséhoz viszonyított nagyobb fajlagos felülete és pórusterfogata fokozhatja a tojásban fejlődő embriót érő expozíció mértékét (Kertész, 2001).

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bogenfürst, F. (2004). A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó, Budapest, 42–63.
- Budai, P., Szabó, R., Lehel, J., Kormos, É., Takács, A., Tatai, A., Somody, G. (2012). Toxicity of chlorothalonil containing formulation and Cu-sulphate to chicken. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77(7), 449–455.
- Clegg, D.J. (1964). The hen egg in toxicity and teratogenicity studies. *Food and Cosmetics Toxicology*, 2, 717–718.
- Danielsson, B.R.G., Oskarsson, A., Dencker, L. (1984). Placental transfer and fetal distribution of lead in mice after treatment with dithiocarbamates. *Archives of Toxicology*, 55, 27–33. <https://doi.org/10.1007/BF00316582>
- Dowdy, R.P. (1969). Copper Metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 22, 887–892. <https://doi.org/10.1093/ajcn/22.7.887>
- Giavini, E., Menegola, E. (2010). Are azole fungicides a teratogenic risk for human conceptus? *Toxicology Letters*, 198, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2010.07.005>
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Fejes, S., Budai, P., Kertész, V., Várnagy, L. (2005). Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70(4), 1075–1078.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Budai, P., Várnagy, L. (2006). Toxicity of a pendimethalin containing herbicide formulation and three heavy metals in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 71(2PtA), 107–110.
- Kertész, V. (2001). Nehézfémek és PAH-vegyületek embrionális fejlődésre gyakorolt hatása madarakon. Doktori (PhD) Értekezés, SZIE MKK. Gödöllő, 55, 80.
- Major, L., Budai, P., Buda, I., Szemerédy, G., Szabó, R. (2019). CYREN EC és a réz-szulfát egyedi és együttes toxicitásának vizsgálata házityúk-embriókon, a fejlődés korai szakaszában. XXIX. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum. Keszthely, 2019. január 16-18. *Georgikon for Agriculture*, 23(1), 95–100.
- Oskarsson, A. (1983). Redistribution and increased brain uptake of lead in rats after treatment with dethyldithiobarbamate. *Archives of Toxicology*, 6, 279-284. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69083-9_52
- Palkovics, A. (2003). Egyes növényvédő szerek toxikus hatásának vizsgálata a fácán reprodukciójára. (Study on toxic effects of some pesticides on the reproduction of pheasant). Doktori (PhD) Értekezés. (Doctoral (PhD) Dissertation). Keszthely.
- Sinkovitsné H.I., Benkő, Z. (1993). Foszforsavészterek hatása a csirkeembrió fejlődésére. (Effect of organophosphates on the development of chicken embryo). *Állattani Közlemények (Zoological Bulletins)*, 79, 95–103.

- Speijers, G.J.A., Speijers, M.H.M. (2004). Combined toxic effects of mycotoxins. *Toxicology Letters*, 153, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.04.046>
- Szemerédy, G., Kormos, É., Somody, G., Buda, I., Szabó, R., Lehel, J., Budai, P. (2018a). Tebukonazol hatóanyag-tartalmú gombaölő szer és ólom-acetát együttes hatásának teratológiai vizsgálata házi-tyúk embriókban. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 22(2), 25–32. <https://doi.org/10.31914/aak.2271>
- Szemerédy, G., Szabó, R., Lehel, J., Budai, P. (2018b). A réz-szulfát és a Cyren EC interakciós toxicitásának vizsgálata madárembriókban. TOX' 2018. Lillafüred, 2018. október 17-19. Kivonatok, C4–9.
- Thompson, H.M. (1996). Interactions between pesticides; A review of reported effects and their implications for wild-life risk assessment. *Ecotoxicology*, 5(2), 59–81. <https://doi.org/10.1007/BF00119047>
- Varga, T., Hlubik, L., Várnagy, L., Budai, P., Molnár, E. (1999). Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. *Acta Veterinaria Hungarica*, 47(1), 123–128. <https://doi.org/10.1556/avet.47.1999.1.13>
- Várnagy, L. (2005). Madárembrió-teszt alkalmazása a xenobiotikumok ökotoxikológiai vizsgálatában (Use of avian embryo test in ecotoxicological studies of xenobiotics). *Magyar Állatorvosok Lapja (Journal of Hungarian Veterinarians)*, 127, 490–494.
- Várnagy, L., Varga, T., Hlubik, I., Budai, P., Molnár, E. (1996). Toxicity of the herbicides Flubalex, Fusilade S and Maloran 50 WP to chicken embryos after administration as single compounds or in combination. *Acta Veterinaria Hungarica*, 44(3), 363–376.
- Várnagy, L., Budai, P., Fejes, S., Susan, M., FánCSI, T., Keserű, M., Szabó, R. (2003). Toxicity and degradation of metolachlor (Dual Gold 960 EC) in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(4PtB), 807–811.
- Youn-Joo, A., Young-Mi, K., Tae-Im, K., Seung-Woo, J. (2004). Combined effect of copper, cadmium, and lead upon *Cucumis sativus* growth and bioaccumulation. *Science of The Total Environment*, 326, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.01.002>

A CYREN EC és a kadmium-szulfát teratológiai vizsgálata madárembriókon

Szemerédy Géza¹, Major László¹, Somody Gergő¹, Szabó Rita², Buda István¹, Lehel József³, Budai Péter²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet

³Állatorvostudományi Egyetem

*szabo.rita@uni-mate.hu

Összefoglalás

A klórpírifosz hatóanyagú CYREN EC rovarölő szer és a környezeti fémterhelést modellező kadmium-szulfát egyedi és interakciós méreghatását tanulmányoztuk fejlődő házityúk-embriókban. Kísérleti anyagként 0,01%-os kadmium-szulfát-oldatot, valamint a CYREN EC (480 g/l klórpírifosz) 0,5%-os emulzióját alkalmaztuk. A bemelegítési kezelést a keltetés megkezdése előtt, míg a feldolgozását a keltetés 19. napján végeztük el. A kórbontani vizsgálat során lemértük az embriók testtömegét, rögzítettük az elhalások számát, továbbá feljegyeztük a makroszkópos fejlődési rendellenességek előfordulását és típusát. A kísérleti anyagokkal elvégzett egyedi és együttes kezelések eredményeként a kezelt csoportokban az embriók testtömeg értékei kisebbek voltak a kontroll csoporthoz viszonyítva, a testtömeg értékek csökkenése minden csoportban szignifikáns mértékű volt. Az embrióletalitás szignifikáns mértékben fokozódott a kezelt csoportokban, a kadmium-szulfáttal kezelt csoport kivételével. Kísérletünkben felhasznált 0,01%-os kadmium-szulfát oldat és CYREN EC klórpírifosz 0,5%-os emulziójának egyedi méreghatása toxikus volt a tojásban fejlődő házityúk-embriókra. A kísérleti anyagok együttes alkalmazása során az embriótoxikus dózisu kadmium-szulfát mellett a növényvédelmi gyakorlatban felhasznált CYREN EC rovarölő szeres kezelés fokozta az embriótoxicitást, a toxikus interakció additív jellegű volt.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szintetikus növényvédő szerek az 1950-es években terjedtek el világszerte és széleskörű, folyamatos alkalmazásuk miatt legtöbbjük mára szinte mindenütt megtalálható a környezetünkben (Köhler & Triebkorn, 2013). A környezetet évszázadok óta károsító ipar mellett az agrokemikáliák felhasználása révén megjelent egy másik szennyezőanyag kibocsátó, a mezőgazdaság is (Bánki, 1976). A kémiai növényvédelmi munkák során felhasznált növényvédő szerek a kijuttatás területén, továbbá a kijuttatás területéről elsodródva a nem célszervezeteken is kifejthetik hatásaikat, amelynek következtében a keltetés időszakában a vadon élő madarak tojásaira kerülő permetléből bejutó hatóanyag megzavarhatja az embriók fejlődését (Fejes, 2005). A toxikológia fejlődésének köszönhetően egyre több kutatás, tanulmány látott napvilágot, amelyek a fémek és növényvédő szerek kifejezett toxicitásáról számoltak be. Az eredmények alapján az engedélyező hatóságok számos fémvegyület növényvédelemben való alkalmazását betiltották, azonban a permanens környezetterhelés miatt az egész bioszféra beszennyeződött. A peszticidek és nehézfémek ökotoxikológiai tesztelése során döntő részben külön-külön kerülnek tanulmányozásra, ugyanakkor figyelmet kell fordítanunk arra, hogy a vegyi terhelés általában komplex módon jelentkezik, így számolni lehet együttes (interakciós) méreghatással, amelynek következtében a komponensek egyedi méreghatásához viszonyítva megváltozhatnak a mérgezési következmények. Az utóbbi időben egyre inkább előtérbe kerül az interakciós hatások tanulmányozása nem csak az ökotoxikológia területén, hanem minden olyan egyéb területen, amely az egészségvédelem és a kémiai biztonság kérdésével foglalkozik (Oskarsson, 1983; Danielsson et al., 1984; Speijers & Speijers, 2004; Youn-Joo et al., 2004). Vizsgálatainkban egy klórpírifosz hatóanyagú inszekticid (CYREN EC) és a környezeti fémterhelést modellező kadmium-szulfát egyedi és együttes méreghatását vizsgáltuk bemelegítési kezelési módot alkalmazva. A gyakorlatban használatos ökotoxikológiai vizsgálati módszerek elsősorban csak az egyedi

méreghatás vizsgálatára szorítkoznak, ezért a növényvédő szerek interakciós hatásaira vonatkozó adatok gazdagíthatják a toxikológiai adatbázist.

Anyag és módszer

A környezeti kadmiumterhelés modellezéséhez az egyedi és együttes kezelések során 0,01%-os koncentrációjú kadmium-szulfát-oldatot (Reanal-Ker Kft., Magyarország) használtunk. A 480 g/l klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC (FMC-Agro Hungary Kft., Magyarország) rovarölő szert, mind az egyedi, mind a kombinációs kezelések során gyakorlati permetlé töménységben (0,5%) alkalmaztuk. A vizsgálatban felhasznált termékeny tyúktojások a Goldavis Kft. (Sármellék, Magyarország) vegyes hasznosítású, Farm fajtájú tenyészetéből (apai és anyai vonal Farm) származtak. A tojások keltetését RAGUS® (Wien, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben végeztük. A keltetés ideje alatt gondoskodtunk a megfelelő hőmérsékletről (37-38 °C), a páratartalomról (65-75%) és a tojások naponta történő forgatásáról. A tyúktojásokat (n = 40/csoport) a keltetés megkezdése előtt a vizsgálati anyagokból készült 37 °C-os hőmérsékletű oldatokba és emulziókba, valamint azok kombinációjába helyeztük 30 perces időtartamra, majd a folyadék lecsepegtetése után indítottuk a keltetést. A várható kelés előtt 2 nappal, a 19. napon került sor a tojások feldolgozására. A kórbonctani feldolgozás során jegyzőkönyvben rögzítettük az élő embriók testtömegét, az elhalt embriók számát és a makroszkópos magzati deformitások gyakoriságát és típusát. Az élő embriók testtömeg adatainak eloszlását grafikusán Comparison-QuantilePlot-tal ellenőriztük, majd a statisztikai értékelést egytényezős varianciaanalízissel végeztük. A páronkénti összehasonlítás TUKEY HSD teszttel történt. Az embriómortalitási adatok és a fejlődési rendellenességek biometriaival értékeléséhez a Fisher-féle egzakt tesztet használtuk. A statisztikai értékelés során a szignifikancia minimumértékének a $p < 0,05$ szintet tekintettük (Baráth et al., 1996).

Eredmények és értékelésük

A madárfiziológiás konyhasóoldattal kezelt csoportban az embriók testtömege $20,30 \pm 1,28$ g volt. A kontroll csoportban egy embrió pusztult el, így a termékeny tojások számához viszonyítva az elhalt embriók aránya 2,6% volt. Fejlődési rendellenességet mutató embrió nem fordult elő, ami lehetővé tette a csoport viszonyítási alapként történő alkalmazását. Az kadmium-szulfát 0,01% koncentrációjú oldatával elvégzett egyedi bemelegítő kezelés eredményeként az embriók testtömeg értéke ($19,20 \pm 1,44$ g) szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb volt a kontroll csoport értékéhez ($20,21 \pm 1,52$ g) viszonyítva. A klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC egyedi toxicitásának vizsgálatakor a rovarölő szert 0,5%-os a növényvédelemben ajánlott gyakorlati permetlé töménységben alkalmazva, azt tapasztaltuk, hogy a kezelés hatására a madárembriók testtömege ($19,10 \pm 1,54$ g) szignifikánsan kisebb volt a kontroll csoport adataihoz képest ($20,21 \pm 1,52$ g; $p < 0,05$). A 0,01%-os kadmium-szulfáttal és a CYREN EC 0,5%-os koncentrációjú emulziójával elvégzett együttes kezelés eredményeként szignifikáns mértékben ($p < 0,01$) csökkent az élő embriók testtömege ($18,92 \pm 1,04$ g) a kontroll csoportban mért értékekhez ($20,21 \pm 1,52$ g) viszonyítva. Hasonlóan, csökkenő tendencia volt megfigyelhető a kadmium-szulfát-oldattal és a CYREN EC készítménnyel egyedileg kezelt csoportok testtömeg értékeihez ($19,20 \pm 1,44$ g és $19,10 \pm 1,54$ g) képest is. Az egyedi méreghatás és az interakciós vizsgálat során tapasztalt embriómortalitási adatok alapján elmondható, hogy a 0,01%-os koncentrációjú kadmium-szulfáttal egyedileg kezelt csoportban az elpusztult embriók aránya (21,2%) a kontroll csoportban megfigyelt elhullásokhoz (5,2%) viszonyítva emelkedett. A klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC rovarölő szer egyedi toxicitásának vizsgálatakor a kezelés hatására szignifikánsan ($p < 0,05$) növekedett az embriómortalitás mértéke (25%) a kontrollhoz képest. A kadmium-szulfát és a CYREN EC inszekticid együttes méreghatásának vizsgálata során az embriómortalitás jelentősen fokozódott, aránya 42,8% volt, amely szignifikáns ($p < 0,01$) mértékűnek bizonyult. A

kontroll csoportban nem fordult elő fejlődési rendellenességet mutató embrió. A 0,01%-os kadmium-szulfáttal egyedileg kezelt csoportban kétféle rendellenes fejlődésű embriót (növekedési visszamaradás, láb deformitás) rögzítettünk. A rovarölő szerrel egyedileg kezelt csoportban az élő embriók közül egy embrió mutatott makroszkópos fejlődési rendellenességet, láb deformitás és ödéma volt megfigyelhető a hasi részen. A kadmium-szulfát 0,01%-os oldatával és a CYREN EC 0,5%-os koncentrációjú emulziójával együttesen kezelt csoportban három élő embriónál tapasztaltunk deformitást, a fejlődési rendellenességek típusa növekedési visszamaradás és keresztcsőr voltak.

Következtetések, javaslatok

A kísérletünkben felhasznált 0,01%-os kadmium-szulfát-oldat egyedi méreghatása embriótoxikus volt a tojásban fejlődő házityúk szervezetre, amely elsősorban az élő embriók kezelés hatására bekövetkezett szignifikáns mértékű testtömeg-csökkenésében és az embriómortalitás fokozódásában nyilvánult meg, teratogén hatás azonban nem volt megfigyelhető, mivel fejlődési rendellenességet mutató embrió csak sporadikusan fordult elő a kísérlet során. Korábban Szabó et al. (2011) injekciós módszert alkalmazva azt tapasztalták, hogy a 0,01%-os kadmium-szulfáttal elvégzett kezelés eredményeként a házityúk-embriók testtömege szignifikánsan csökkent, az embriómortalitás pedig szignifikánsan fokozódott, a fejlődési rendellenességek előfordulása gyakorisága azonban szignifikánsan nem különbözött a kontrolltól. Kísérletünkben a klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC inszekticid 0,5%-os emulziója embriótoxikusnak bizonyult, amely a szignifikáns testtömeg-csökkenésben és embrióelhalások jelentős mértékű fokozódásában nyilvánult meg. Fejlődési rendellenességet mutató embrió csak sporadikusan fordult elő, így teratogén hatás nem volt igazolható. A klórpirifosz Fischer 344 patkány törzsön elvégzett teratológiai vizsgálatában az anyai szervezetre toxikus legmagasabb adagban (25 mg/ttkg) csökkentette a magzatok testtömegét, növelte a magzati elhullásokat és a fejlődési rendellenességek gyakoriságát (Dowdy, 1969). A kísérleti anyagok együttes alkalmazása során az embriótoxikus dózisu kadmium-szulfát mellett a növényvédelmi gyakorlatban alkalmazott CYREN EC rovarölő szeres kezelés szignifikáns mértékben fokozta az embriótoxikus hatást az élő embriók testtömegének csökkenése és az embrióletalitás fokozódása terén. Az élő embriók között a fejlődési rendellenességek gyakorisága azonban csak sporadikusan volt, így teratogén hatás nem érvényesült. Az együttes méreghatás additív jellegű. Az interakciós toxikológiai vizsgálatnak az eredményei jelzik a madárembrío fokozott érzékenységét, amely az együttes kezelés hatására felülmúlja az egyedi kezeléseket toxikus következményeit. Ezek alapján elmondható más szerzők véleményével összhangban (Várnagy, 1996; Fejes et al., 2002; Várnagy et al., 2004; Keserű et al., 2005; Várnagy, 2005), hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a testidegen kémiai anyagok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat. Az általunk házityúkon elvégzett madárteratológiai vizsgálatok eredményei felhasználhatóak más madárfajok mérgezési veszélyének jellemzésére (Fejes et al., 2004). Azonban a vadmadár fajok fokozott érzékenységéből kifolyólag javasoljuk ugyanezen vizsgálatok vadkacsa, fácán vagy fűrésztörzsön történő elvégzését. A vadkacsa tojások méshéjának a tyúktojásoséhoz viszonyított nagyobb fajlagos felülete és porüstérfogata fokozhatja a tojásban fejlődő embriót érő expozíció mértékét (Kertész, 2001). A környezetszennyező nehézfémek és növényvédő szerek egyedi és együttes hatásainak madárteratológiai vizsgálataiból származó eredmények értékelése nagyban hozzásegíthet ahhoz, hogy a környezeti élőszervezetek védelmét a lehető legmagasabb szinten tudjuk biztosítani.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bánki, L. (1976). Egy peszticid kifejlesztése, mint komplex tudományos feladat. Medicina könyvkiadó, Budapest, 17, 18, 27.
- Baráth, Cs., Ittész, A., Ugrósdý, Gy. (1996.: Biometria. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 37–217.
- Danielsson, B.R.G., Oskarsson, A., Dencker, L. (1984). Placental transfer and fetal distribution of lead in mice after treatment with dithiocarbamates. Archives of Toxicology, 55, 27–33. <https://doi.org/10.1007/BF00316582>
- Dowdy, R.P. (1969). Copper Metabolism. The American Journal of Clinical Nutrition, 22, 887–892. <https://doi.org/10.1093/ajcn/22.7.887>
- Fejes, S., Budai, P., Molnár, T., Keserű, M. (2002). Teratogenicity test on an insecticide containing dimethoate and on heavy elements (Cu, Cd) in chicken embryos. Georgikon for Agriculture, 13, 97–107.
- Fejes, S., Budai, P., Szabó, R., Molnár, T. (2004). Eltérő kezelési módok eredményeinek összehasonlítása egy nehézfém és egy peszticid toxikológiai vizsgálatában. Acta Kaposváriensis, 8(2), 33–40.
- Fejes, S. (2005). Egyes nehézfémek és növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának vizsgálata madárteratológiai tesztben, Doktori Értekezés, Veszprémi Egyetem, Keszthely, 83–84.
- Kertész, V. (2001). Nehézfémek és PAH-vegyületek embrionális fejlődésre gyakorolt hatása madarakon. Doktori Értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 80.
- Keserű, M., Komlósi, V., Mink, J., Fáncsi, T., Szabó, R., Juhász, É., Tavasz, J., Várnagy, L. (2005). Két herbicid és egy inszekticid méreghatásának vizsgálata madárembriókban. Acta Kaposváriensis, 9(1), 1–12.
- Köhler, H.R., Triebkorn, R. (2013). Wildlife ecotoxicology of pesticides: can wet rack effects to the population level and beyond? Science, 341, 759–765. <https://doi.org/10.1126/science.1237591>
- Oskarsson, A. (1983). Redistribution and increased brain uptake of lead in rats after treatment with dethyldithiobarbamate. Archives of Toxicology, 6, 279–284. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69083-9_52
- Speijers, G.J.A., Speijers, M.H.M. (2004). Combined toxic effects of mycotoxins. Toxicology Letters, 153, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.04.046>
- Szabó, R., Budai, P., Lehel, J., Kormos, É. (2011). Teratogenicity study of some pesticide in chicken embryos. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 69(4), 803–806.
- Várnagy, L. (1996). Növényvédő szerek és a reprodukció kapcsolata. Magyar Állatorvosok Lapja, 51, 421–423.
- Várnagy, L., Budai, P., Fejes, S., Keserű, M., Szabó, R., Juhász, É. (2004). Egyes növényvédő szer hatóanyagok bomlásdinamikája és toxicitása madárembriókban. Magyar Állatorvosok Lapja, 126, 755–760.
- Youn-Joo, A., Young-Mi, K., Tae-Im, K., Seung-Woo, J. (2004). Combined effect of copper, cadmium, and lead upon *Cucumis sativus* growth and bioaccumulation. Science of The Total Environment, 326(1-3), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.01.002>

A CYREN EC és az ólom-acetát korai embriótoxicitásának vizsgálata csirke embrión

Szemerédy Géza¹, Szabó Rita², Németh Nóra³, Lehel József⁴, Budai Zsófia³

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet

³Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

⁴Állatorvostudományi Egyetem

*szabo.rita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Napjainkban a mezőgazdasági termelésnek az élelmiszer előállításán túl fokozott figyelmet kell fordítania az egész élővilágot érő környezetterhelés csökkentésére, illetve elkerülésére. Ezen feladatok egyidejű megoldására az eddigi nagy mesterséges energiaigényű, erősen kemizált és elsősorban a tömegtermelést szem előtt tartó gazdálkodás kevésbé alkalmas. Ez a gazdálkodási forma a vizek és a talaj szennyezésével, a növény- és állatfajok veszélyeztetésével a környezet állapotát folyamatosan rontja, szennyezett termékeinek elfogyasztásával pedig jelentősen hozzájárul a népesség egészségi állapotának romlásához. A környezetkárosodás rohamos növekedése az egész társadalmat veszélyeztetheti, különösen azok a vegyületek, amelyek a talaj-növény-állat-ember táplálékláncban nyomon követhetőek. Vizsgálataink célja volt, hogy a környezetben legnagyobb mennyiségben előforduló, az élő szervezetekre fokozottan veszélyesnek minősülő nehézfém (ólom) és egy széles körben felhasznált inszekticid (CYREN EC) egyedi és együttes embriókárosító hatását feltárjuk. A kísérletbe vont kémiai anyagok toxikus hatását az embrionális fejlődés korai szakaszában vizsgáltuk. A tojások kezelésére a keltetés megkezdésének napján került sor. A vizsgálati anyagokat 0,1–0,1 ml végtérfogatban injektáltuk a tojások légkamrájába. Az inkubáció harmadik napján az embriókból tartós preparátumot készítettünk az alábbiak szerint: A tojások légkamrája felett eltávolítottuk a méshéjat, a héjhártyát és az embrió felett lévő tojásfehérjét. Az embriót 0,1%-os ozmium-tetroxid oldattal festettük és fixáltuk. Kör alakú szűrőpapírt helyeztünk a csírapajzsra, amit körbevágtunk, majd a rátapadt embrióval együtt 38 °C-os madárfiziológias sóoldatba (0,75 w/v%) helyeztük át. Az embriót leválasztottuk a szűrőpapír-korongról és tárgylemezre úsztattuk. A felesleges sóoldatot leitattuk a tárgylemezről, végül fedőlemezzel lefedtük az embriót. Az elkészített tartós preparátum segítségével jól tanulmányozható az embrió fejlődési állapota, testi szerveződése és a morfológiai elváltozások.

A kísérlet során nyert adatok részletes statisztikai elemzése alapján elmondható, hogy a CYREN EC inszekticiddal egyedileg és együttesen kezelt csoportokban mind az embrióletalitás mértéke, mind a fejlődési rendellenességek előfordulási gyakorisága szignifikáns mértékben fokozódott a kontroll csoporthoz képest. Az ólom-acetáttal elvégzett egyedi kezelés eredményeként nőtt az embrióelhalás és fokozódott a fejlődési rendellenességek gyakorisága, a kontroll csoporthoz viszonyított eltérések azonban nem voltak szignifikáns mértékűek. A vizsgálati anyagokkal elvégzett egyedi és együttes kezelések eredményeként fejlődési rendellenességként gyengén fejlett test és érhalózat, valamint torz fej volt megfigyelhető.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban az emberiség egyik legnagyobb megoldásra váró problémája a természeti környezet növekvő mértékű elszennyeződése. Az ipar és a mezőgazdaság fejlődése következtében az embert és az embert körülvevő élő környezetet jelentős kémiai terhelés éri napjainkban, amelyen belül „előkelő helyet” foglalnak el a növényvédő szerek. A különböző kémiai vegyületek környezetben kifejtett hatásait (mellékhatás, utóhatás) figyelemmel kell kísérni, ugyanis a növényvédő szerek többségéről csak felületes ismereteink vannak arra vonatkozóan, hogy milyen hatást gyakorolnak hosszabb távon a biológiai környezetre. A kémiai terhelésnek elsősorban a mezőgazdasági művelésbe vont területek állatvilága van kitéve. A nem körültekintő permetezés-technika, a szerek elsodródásából adódó veszélyek, a készítmények nem előírás szerinti alkalmazása növelik a szárnyas apróvadak tojásainak közvetlen expozíciós lehetőségét. Munkacsoportunk évek óta folytat olyan állatkísérletes vizsgálatokat, ahol madárembrió felhasználásával növényvédő szerek és nehézfémek embriótoxicus és teratogén hatásának feltárása a cél. Vizsgálataink során elsősorban az embrionális

fejlődés kései szakaszában vizsgáltuk a kísérletbe vont kémiai anyagok embriókárosító hatását. A közelmúltban egy olyan feldolgozási technika került alkalmazásra, amely lehetővé teszi a korai embrionális fejlődési szakasz értékelését is. Az embrionális fejlődés korai szakaszában (1-4. nap) lehetőség nyílik arra, hogy 0,1%-os ozmium-tetroxid festéssel tartós preparátumot készítsünk az embrió fejlődési állapotának, a fellépő alakbeli eltéréseknek és életképességének fénymikroszkópos meghatározására (Juhász et al., 2005).

Vizsgálatunkban egy, a gyakorlatban széles körben alkalmazott növényvédő szer (CYREN EC) és a környezeti fémterhelést modellező ólom-acetát egyedi és együttes méreghatását tanulmányoztuk házityúk-embriókon. A gyakorlatban használatos ökotoxikológiai vizsgálati módszerek elsősorban csak az egyedi méreghatás vizsgálatára szorítkoznak, ezért a növényvédő szerek interakciós hatásaira vonatkozó adatok különösen madárszervezetben hiánypótlónak tekinthetők.

Anyag és módszer

A környezeti ólomterhelés modellezéséhez az egyedi és együttes kezelések során 0,01%-os koncentrációjú ólom-acetát oldatot (Reanal-Ker Kft., Magyarország) használtunk. A 480 g/l klórpirifosz hatóanyagú CYREN EC (FMC-Agro Hungary Kft., Magyarország) rovarölő szert, mind az egyedi, mind a kombinációs kezelések során gyakorlati permetlé töménységben (0,1%) alkalmaztuk. A vizsgálathoz szükséges termékeny tyúktojások a Goldavis Kft. (Sármellék, Magyarország) vegyes hasznosítású, Farm fajtájú tenyészetéből (apai és anyai vonal Farm) származtak. A tojások keltetését RAGUS® (Wien, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben végeztük. A keltetés ideje alatt gondoskodtunk a megfelelő hőmérsékletről (37-38 °C), a páratartalomról (65-75%) és a tojások naponta többször történő forgatásáról. A tojások kezelésére a keltetés megkezdésének napján került sor. Véletlenszerűen csoportokba osztottuk a tojásokat, ügyelve arra, hogy hasonló eloszlású csoportokat képezzünk a méretük és tömegük szempontjából. A tojások légkamrája felett lyukat fúrtunk a mészhéjon át, majd ezt követően a vizsgálati anyagok oldatából és emulziójából injektáltunk 0,1-0,1 ml-t a légkamrába (Clegg, 1964; Várnagy et al., 1996). Az injektálás után a nyílást paraffinnal lezártuk, majd a tojásokat asztali keltetőgépbe helyeztük. A kontroll csoportban madárfiziológiás NaCl oldatot (0,75 w/v%) injektáltunk a tojások légkamrájába a már említett módon.

A korai fejlődési stádium vizsgálata céljából csoportonként 15-15 embrióból tartós preparátumot készítettünk a keltetés harmadik napján. A korai embrionális fejlődés vizsgálatánál az inkubáció első három napján bekövetkezett változásokat vesszük figyelembe. Az embrió ebben az időszakban a legérzékenyebb a környezeti változásokra, fejlődése szempontjából a legkritikusabb szakasznak tekinthető. A tojások légkamrája felett eltávolítottuk a mészhéjat és a héjhártyát, majd 0,1%-os ozmium-tetroxid oldattal festettük, fixáltuk az embriót. A körbevágott csírapajzsot a rá helyezett szűrőpapírkoronggal együtt 38 °C-os madárfiziológiás NaCl oldatba (0,75 w/v%) helyeztük. Ezt követően tárgylemezre úsztattuk az embriót és a sóoldat felitását követően DPX hisztológiai ragasztóval rögzítettük és fedőlemezzel fedtük. Az így elkészített tartós preparátumokat fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk (Szabó et al., 2006). A kórbonctani feldolgozás során jegyzőkönyvben rögzítettük az elhalt embriók számát, továbbá értékeltük a makroszkópos fejlődési rendellenességek előfordulásának gyakoriságát és típusát.

Az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai értékeléséhez Fisher-féle egzakt tesztet alkalmaztunk (Baráth et al., 1996). A biometriai feldolgozásnál a szignifikancia minimum értékeként a $p < 0,05$ szint került kiválasztásra.

Eredmények és értékelésük

Kontroll csoport

A madárfiziológiás NaCl oldattal kezelt csoportban az injektálást követő harmadik napon elvégzett feldolgozás folyamán egy elhalás (6,66%) volt tapasztalható, az élő embriók közül egy (6,66%) mutatott fejlődési rendellenességet. Fejlődési rendellenességként gyengén fejlett érhalózatot tapasztaltunk.

Ólom-acetát

Az ólom-acetáttal egyedileg kezelt csoportban a 15 termékeny tojásból 3 embrió elhalt (20%) a kezelés során. 12 élő embrió közül, kettőnél tapasztaltunk fejlődési rendellenességet (16,66%). Mindkét esetben gyengén fejlett test és érhalózat volt megfigyelhető. Az ólom-acetáttal egyedileg kezelt csoport esetében a kontroll csoporthoz képest az embrióletalitás és a fejlődési rendellenességek gyakorisága kismértékben megnőtt.

CYREN EC

CYREN EC inszekticiddal egyedileg kezelt csoportnál, a 15 termékeny tojásból 6 embrió pusztult el (40%). A vizsgálat során az élő embriók közül 5 (55,55%) mutatott fejlődési rendellenességet. Mind az öt esetben gyengén fejlett test és érhalózat volt megfigyelhető. A CYREN EC rovarölő szerrel egyedileg kezelt csoportban az embrióletalitás és a fejlődési rendellenességek gyakorisága is növekedett. A statisztikai értékelés szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest.

CYREN EC és ólom-acetát

Az együttes kezelés eredményeként a 15 termékeny tojásból 7 embrió halt el (46,66%) az értékelés napjáig. A csoport vizsgálata alkalmával 5 egyednél fejlődési rendellenességet tapasztaltunk az élő embriók között (62,5%). Négy embrió esetében volt megfigyelhető gyengén fejlett test és érhalózat, egy élő embriónál deformált fej mutatkozott rendellenességként. Az embrióletalitási adatokat tekintve a CYREN EC inszekticiddal és az ólom-acetáttal elvégzett együttes kezelés statisztikai vizsgálata során a kombinált kezelés szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest. Az együttes kezelés eredményeként eggyel növekedett a fejlődési rendellenességek száma, mint a CYREN EC-vel végzett egyedi vizsgálatnál. A statisztikai vizsgálat alapján a kombinált kezelésnél szignifikáns ($p < 0,01$) eltérés volt tapasztalható a kontroll csoporthoz képest.

Következtetések, javaslatok

0,01%-os ólom-acetát oldattal elvégzett egyedi kezelés eredménye alapján elmondható, hogy az általunk alkalmazott koncentrációban az ólom-acetát embriótoxikusnak bizonyult, amely elsősorban az embrióelhalások és a fejlődési rendellenességek gyakoriságának kismértékű növekedésében nyilvánult meg. A kísérletek során leírt malformációk (gyengén fejlett test és érhalózat) az embriónális fejlődés további fázisaiban kompenzálódhatnak, így nem számolhatunk az egyértelmű letális következményekkel.

Korábban Juhász (2009) nehézfémekkel (réz, kadmium és ólom), valamint gyomirtó szerekkel (DIKAMIN D, STOMP 330 EC) végzett madárteratológiai kísérleteket. Megállapította, hogy a 0,01%-os ólom-acetáttal egyedileg és gyakorlati permetlé töménységű növényvédő szerrel kombinációban elvégzett injektálásos kezelések embriótoxikusnak bizonyultak, mivel a kezelésekre hatására az embrióelhalások száma növekedett.

A klórpírifosz hatóanyagú CYREN EC inszekticid 0,5%-os koncentrációja embrióra nézve mérgezőnek bizonyult. Az embriótoxikus hatás a 3. napi feldolgozás adatai alapján elsősorban az embrióelhalások és a fejlődési rendellenességek szignifikáns ($p < 0,05$) mértékű növekedésében volt tapasztalható.

Gajcsi (2013) kísérletében azt tapasztalta, hogy a klórpírifosz hatóanyagú PYRINEX 48 EC-vel injektált csoport esetében az embrióletalitás szignifikáns növekedést eredményezett, valamint a

PYRINEX 48 EC-vel egyedileg elvégzett kezelés eredményeképpen nőtt a fejlődési rendellenességek aránya.

A 0,01%-os ólom-acetáttal és a 0,5%-os CYREN EC inszekticiddal elvégzett kombinációs kezelések eredményei alapján az együttes méreghatás embriótoxikus volt, az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek gyakorisága szignifikáns ($p < 0,05$; $p < 0,01$) mértékben fokozódott. A kísérletek során leírt fejlődési rendellenességek (gyengén fejlett test és érhálózat, deformált fej) az embrionális fejlődés további fázisaiban kompenzálódhatnak, így nem számolhatunk az egyértelmű letális következményekkel. Marliac & Verret (1963) 12 peszticid, köztük a DDT, a lindán, a paration, a metil-paration és a karbamát típusú növényvédő szerek teratogén hatását vizsgálták csirke- és patkányembriókon. A vizsgálataik során megállapították, hogy a klórozott szénhidrogének nem gátolták az embrió fejlődését, de a szerves foszforsavészterek és a karbamát típusú vegyületek együttes alkalmazásakor jelentős teratogén hatás jelentkezett.

A gyakorlati permetlé töménységű CYREN EC készítmény és az 0,01%-os ólom-acetáttal elvégzett együttes kezelés eredményeként az embrióelhalás gyakorisága kismértékben nőtt a vizsgálati anyagok egyedi hatásaihoz képest, az élő embrióknál megfigyelt deformitások előfordulási gyakorisága azonos volt a CYREN EC-vel egyedileg kezelt csoportban tapasztaltakkal. Az együttes méreghatás során a szerves foszforsav hatóanyagú CYREN EC mérgező hatása érvényesült jobban. Kutatási eredmények szerint a növényvédő szerek kombinációi általában fokozzák, sőt egyes esetekben akár jelentősen növelhetik az összetevők méreghatását, ezáltal természetesen felhasználásuk is kockázatos. Ezek a hatások faj-, idő-, illetve dóziszfüggőek, ezért meglehetősen nehéz előre jelezni a potenciális károsító hatást (Thompson, 1996). A házityúk-embriókon végzett madárteratológiai kísérletek eredményei felhasználhatók más madárfajoknál esetlegesen fellépő mérgezési hatások jellemzésére, így extrapolálással jól közelítő képet kaphatunk a vadon élő szervezetekre (fácán, fűrj, fogoly) kifejtett hatásokról. A vadon élő madárfajok költési időszaka és a növényvédelmi munkák végrehajtásának időpontja egybeeshet.

A környezetszennyező nehézfémek és növényvédő szerek egyedi és együttes hatásainak madárteratológiai vizsgálatával az élővilágra gyakorolt antropogén hatás és veszély jobban megismerhető, továbbá a kapott eredmények értékelése nagyban hozzásegíthet ahhoz, hogy a környezetben élő szervezetek védelmét a lehető legmagasabb szinten tudjuk biztosítani.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Baráth, Cs., Ittész, A., Ugrósdy, Gy. (1996). *Biometria*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Clegg, D.J. (1964). The hen egg in toxicity and teratogenicity studies. *Food and Cosmetics Toxicology*, 2, 717–718.
- Gajcsi, D. (2013). A réz-szulfát és a Pyrinex 48 EC egyedi és interakciós toxikológiai vizsgálata csirkeembrión. TDK dolgozat, Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Gyógyszertani és Méregtani Tanszék, Pannon Egyetem Georgikon Kar Növényvédelmi Intézet, Budapest.
- Juhász, É. (2009). Herbicidek (STOMP 330 EC, DIKAMIN D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madárembriókon. Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Fejes, S., Budai, P., Kertész, V., Várnagy, L. (2005). Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, Ghent University, 70(4), 1075–1078.
- Marliac, J.P., Verrett, M.L. (1963). Injections of chemicals into chicken eggs. *Toxicology test. Federation Proceedings*, 21, 450.
- Szabó, R., Fejes, S., Kertész, V., Keserű, M., Juhász, É., Budai, P., Várnagy, L. (2006). Study of the toxic effects of an insecticide and two heavy metals (copper and cadmium sulphate) on chicken embryos. *Georgikon for Agriculture*, 9(1), 103–115.

Thompson, H.M. (1996). Interaction between pesticides; A review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment. *Ecotoxicology*, 5, 59–81. <https://doi.org/10.1007/bf00119047>

Várnagy, L., Varga, T., Hlubik, I., Budai, P., Molnár, E. (1996). Toxicity of the herbicides Flubalex, Fusilade S, and Maloran 50 WP to chicken embryos after administration as single compounds or in combination. *Acta Veterinaria Hungarica*, 44, 363–376.

Gazdaságtudomány és környezetpolitika

A magyarországi baromfitartók vagyoni szerkezetének vizsgálata a teszt-üzemi rendszer adatai alapján

Bartl Bianka^{1*}, Szabó Ildikó²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Gazdaságtudományi Intézet

**bartlbianka@ph.zalaegerszeg.hu*

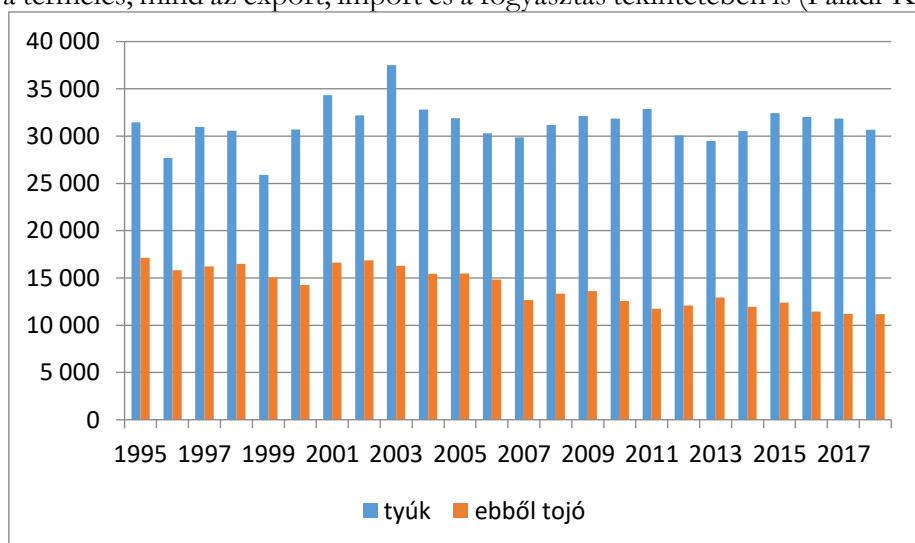
Összefoglalás

A szerzők az Agrárközgazdasági Intézet (továbbiakban AKI) által működtetett Tesztüzemi rendszer (FADN) adatai alapján a baromfitartó gazdaságok vagyoni szerkezetének vizsgálatát végezték el. A vizsgált időszak: 2005-2016. Az egyéni és társas gazdaságok mérleg adatait és beruházásaik alakulását külön-külön vizsgáltuk. Az alapadataikat pedig közös táblázatba szerepeltetve értékeltük. Az eredmények alapján megállapítható, hogy hazánkban a baromfitartók jellemzően egyéni gazdaságok, azonban a társas gazdaságokban elért termelési érték magasabb. Vagyonuk szerkezete a vizsgált időszakban meglehetősen változó. Egy-egy kiemelkedő év mindkét gazdaságtípus esetében előfordul, de ezek az évek nem esnek egybe. Számottevő különbségek a beruházások területén tapasztalhatók, a támogatások, a nettó beruházás, és a nettó kötelezettségek tekintetében nagy a szórás és a különbség.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A baromfi-termékek fogyasztásával szemben a korábbi állategészségügyi problémák következtében megromlott a fogyasztók bizalma, amely az ágazatra nehezedő erőteljes élelmiszerbiztonsági szabályozásnak köszönhetően helyreállt. Bár a baromfitermékek fogyasztásának évtizedekig tartó dinamikus fejlődése az évezred első évtizedében megtorpant, mára újra kiegyensúlyozott növekedést mutat (Aliczki, 2012).

1960-1970 között a nagyüzemi baromfitartás mellett a még néhány kisüzem is fellelhető. A 90-es években a kisebb válságba jutott ágazat többféle problémával nézett szembe, melyek oka egyrészt a termelési költségek növekedése, másrészt a felvevő piacok elvesztése. A mélypont után az ágazat újra fellendült, bővült a kül- és belpiaci egyaránt. A 2000-es években jelentős növekedés vette kezdetét mind a termelés, mind az export, import és a fogyasztás tekintetében is (Paládi-Kovács, 2001).



1. ábra: Magyarország baromfiállománya (Forrás: KSH)

Magyarország baromfiállománya 2014 óta 30 000 000 db feletti (1. ábra). A tojóállomány kisebb nagyobb ingadozásokkal 10 000 000 db felett van. A 2016. évi csökkenés a madárinfluenza hatásként tudható be. A baromfiállomány a rövid életciklusa miatt évközben gyorsan változik, a termelők megtanultak alkalmazkodni a piaci változásokhoz, és állomány nagysága nem tükrözi megbízhatóan az éves termelés alakulását. Vágóhidak teljesítménye is dinamikusan növekszik 2012-2016. között 130 ezer tonnával emelkedett, összevetve a többi vágóállat mennyiségével kiemelkedő mértékű növekedésnek tekinthető (Juhász et al., 2017). Az elkövetkezendő évekre is hasonló mértékű és erejű növekedés jósolható a megváltozott étkezési szokások miatt. 2025-re 30 %-ot meghaladó globális fogyasztásnövekedés várható, amely a termelés volumenének növekedését elengedhetetlenné teszi (Benke, 2013). A fogyasztás tekintetében előrejelzések szerint 2030-ra megelőzi a sertéshúst és az élre tör a világ húsfogyasztásában (Benke, 2013; Varga et al., 2013). A magyar baromfi ágazat központi problémája a nemzetközi versenyképesség romlása, mely ágazati piacvesztéshez, ezen keresztül a versenyképtelen vállalkozások megszűnéséhez vezet (Szöllősi-Nábrádi, 2007; Szöllősi, 2008).

Anyag és módszer

Vizsgálataink során az, AKI Tesztüzemi Rendszer (FADN) adatait használtuk fel. A vizsgált időszak 2005-2016. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk a baromfitartó gazdaságok vagyoni helyzetét kiemelve az egyéni és a társas gazdaságok közötti különbségeket. Elemzéseink során a tesztüzemi rendszerben gyűjtött mérlegadatokat használtuk fel. Megvizsgáltuk továbbá a két gazdaságtípus között van-e különbség a beruházások szerkezetének tekintetében. Adatainkat Microsoft Office Excel 2003 táblázatba rendeztük és a program segítségével elemeztük.

Eredmények és értékelésük

Az egyéni gazdaságok üzemszáma folyamatos növekedést mutat, a legmagasabb értéket 2010-2012 között regisztrálták, amikor 6800 db fölé emelkedett (1. táblázat). Hasonló tendencia figyelhető meg a társas gazdaságok esetében is. A gazdaságok számát tekintve azonban a társas gazdaságok jelentősen lemaradtak, 2010-2012 között számuk alig haladja meg a 400 db-ot. Az STÉ tekintetében viszont a sorrend megfordul a társas gazdaságoké magasabb 2013-ban 486 307 ezer Ft/üzem, az egyéni gazdaságoknál a legmagasabb értéket 2016-ban jegyezték fel (13 785 ezer Ft/üzem), amely nem éri el a társas gazdaságok legalacsonyabb értékét.

1. táblázat: A baromfitartó gazdaságok számának alakulása 2005-2016. (Forrás: AKI)

Egyéni gazdaságok	Mutató	Üzem- szám a mintában	Üzem- szám a megfigyelt alapsoka- ságban	Standard termelési érték	Társas gazdaságok	Üzem- szám a mintában	Üzem- szám a megfigyelt alapsoka- ságban	Standard termelési érték
	2005	71 db	4109 db	10749 eFt/üzem		39 db	389 db	195505 eFt/üzem
2006	81 db	4109 db	10260 eFt/üzem	51 db	389 db	193396 eFt/üzem		
2007	77 db	5155 db	8826 eFt/üzem	48 db	365 db	213756 eFt/üzem		

	2008	75 db	5155 db	8764 eFt/üzem		47 db	365 db	190506 eFt/üzem
	2009	75 db	5155 db	8905 eFt/üzem		45 db	365 db	187991 eFt/üzem
	2010	70 db	6841 db	12916 eFt/üzem		48 db	402 db	358485 eFt/üzem
	2011	72 db	6843 db	11949 eFt/üzem		43 db	402 db	248645 eFt/üzem
	2012	108 db	6843 db	8502 eFt/üzem		44 db	402 db	314951 eFt/üzem
	2013	112 db	6186 db	9573 eFt/üzem		49 db	333 db	486307 eFt/üzem
	2014	106 db	5821 db	10593 eFt/üzem		51 db	320 db	355280 eFt/üzem
	2015	114 db	6793 db	9056 eFt/üzem		46 db	343 db	365332 eFt/üzem
	2016	106 db	5415 db	13786 eFt/üzem		52 db	442 db	219691 eFt/üzem

Az egyéni gazdaságok vagyoni helyzete (2. táblázat) egyenletes növekedést mutat, 2005-ben 877 ezer Ft/számosállat 2016-ra közel 2,3 szorosára nőtt. A tárgyi eszközök állományát vizsgálva elmondható, hogy az épületek jelentős részt képviselnek, értékük kisebb hullámzástól eltekintve folyamatosan nő. 2005-höz képest 2016-ban közel 2,2 szorosára nőtt, ami megközelíti a vagyon változásának tendenciáját.

2. táblázat: Az egyéni gazdaságok jellemző vagyoni elemei (1000 Ft/számosállat) (Forrás: AKI)

Mutató	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ingatlanok	374,4	546,3	556,3	837,5	732,1	717,2	567	916,1	916,9	823,1	873,4	883,8
ebből: termőföld	73,5	133,2	106,4	127,3	159,8	191	90,9	144,1	161,3	121,2	164,3	129,7
épületek, építmények	259	346,7	364	607,2	478,6	438,5	344,6	545,4	594,6	569,5	572,7	566
Gépek, berendezések, járművek	102,9	136,2	151,2	122,4	209,3	122,3	169,8	159,9	209,4	267,2	322	381,5
Forgóeszközök	363,2	206,7	330,6	540,6	988,3	524,3	553,3	566,9	531,4	656,5	617,2	645,5
ebből: készletek	87,1	71,8	114,1	147,4	182,1	100,4	141,4	119	141,6	181,6	185,8	157,1
ebből: állatok	29,6	26	39,8	61,9	103,2	42,4	62,4	40,8	71,5	69,2	81,9	56

követelések, értékpapírok, pénzeszk.	276,1	134,9	216,5	393,2	806,2	423,9	412	448	389,8	475	431,4	488,4
Eszközérték összesen	877,2	918,4	1104,3	1540,3	1963,7	1389,6	1318,3	1672	1691,4	1804,7	1896,7	1985,7
Saját tőke	603,8	706,3	771,3	1113,8	1552,6	963,9	839	1234,2	1210	1365,8	1526,6	1604,5
Kötelezettségek	273,4	212,1	333,1	426,5	411	425,8	479,3	437,8	481,4	438,9	370,1	381,2
ebből: hosszú lejáratú kötelezettségek	97	75,5	61,7	79,3	33,6	88,1	22,2	29,5	40,9	37,7	59,8	76,9
ebből: beruházási és fejl. hitelek	41,2	23,2	22,7	36,2	17,5	65,2	10,2	16,9	25,3	21,1	38,6	26
rövid lejáratú kötelezettségek	133,9	74,1	138,6	142,1	219,8	252,3	361,4	355,7	328	296,1	249,7	126,9
ebből: szállítók	23	4,4	28,6	57	65,1	124,9	66,3	77,5	94,7	112,5	83,1	83
röv. lej. hitelek és kölcsönök	71,6	27,6	5,2	8,3	9,6	8	11	17,7	14,6	45,6	11,6	11,1

Kiugró értéket 2008-ban regisztráltak. Szintén jelentős még a termőföld aránya a tárgyi eszközökön belül. Értéke szintén hullámzó a vizsgált időszak alatt, legmagasabb értéket 2010-ben mutattak ki, melyet követően hatalmas 52 %-os csökkenés volt tapasztalható. A gépek berendezések és járművek állománya is nagy mértékű növekedést mutat, a 2016-os érték a 2005-nek 3,7 szerese. Jól mutatja az ágazaton belül lezajló korszerűsítési folyamatokat. A forgóeszközök csoportjában a 2009-es évben a legtöbb tételnél növekedés látható, majd az azt követő években ezek visszaestek és 2010-től kizárólag növekedés jellemző. A követelések értéke a 2009. évi csúcspont (806 ezer Ft/ számosállat) után kisebb ingadozásokkal 390 és 488 ezer Ft/számosállat között mozog. A követelések állományát a felvásárlókkal és az állami támogatásokkal kapcsolatos követelések teszik ki jelentős részben. Saját tőke a 2010-2011. évi visszaesés után egyenesen nő. Legnagyobb regisztrált értéket 2016-ban érte 1 604 ezer Ft/számosállattal. Jól látható tehát, hogy a vállalkozások tőkeerőssége az eredményes gazdálkodás következtében javul. A kötelezettségeket vizsgálva látható, hogy a rövid lejáratúak aránya a legmagasabb, abból is a szállítók értéke kiemelkedő. Beruházási hitelek viszont meglehetősen alacsony értéket képviselnek, melynek oka, hogy az egyéni gazdaságok a saját erő hiánya miatt nem hitelképesek, jóval nehezebben jutnak idegen fejlesztési forrásokhoz, mint a társas gazdaságok.

3. táblázat: A társas gazdaságok jellemző vagyoni elemei. (Forrás: AKI)

Mutató	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ingtatlanok	364,8	435,0	392,0	397,8	383,6	376,8	407,2	397,9	425,6	430,5	412,7	1579,4
ebből: termőföld	4,1	0,0	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2
épületek, építmények	250,5	324,5	260,3	258,9	258,7	251,8	310,6	319,4	304,0	324,1	339,7	1430,0
Gépek, berendezések, járművek	196,4	196,2	139,7	142,8	173,9	193,0	137,2	166,9	155,6	165,9	142,8	626,3
Forgóeszközök	459,1	659,3	392,5	541,1	473,4	391,6	474,7	587,2	396,3	469,8	514,6	1017,9
ebből: készletek	175,1	219,8	175,8	222,2	215,4	182,4	173,5	210,6	214,9	200,4	253,7	340,1
ebből: követelések, értékpapírok, pénzeszk.	55,8	81,4	82,8	109,7	127,5	82,2	97,7	112,4	121,8	91,1	133,9	148,9
Eszközérték összesen	1264,6	1568,9	986,2	1191,7	1123,9	1103,9	1080,9	1223,3	1051,3	1172,1	1181,1	3416,7
Saját tőke	619,0	741,2	342,8	411,1	462,7	554,8	456,2	591,0	603,6	612,1	622,3	1797,0
Kötelezettségek	613,0	813,9	626,8	762,1	645,3	510,3	598,3	609,5	439,2	545,2	534,6	1616,3
ebből: hosszú lejáratú kötelezettségek	211,6	194,5	167,1	206,6	134,4	151,7	137,6	60,4	82,3	105,0	120,6	118,2
ebből: beruházási és fejl. hitelek	104,0	99,4	89,5	96,8	94,3	79,6	63,6	43,5	73,0	78,3	55,7	86,2
rövid lejáratú kötelezettségek	391,6	596,3	445,1	466,0	496,4	347,2	449,5	510,1	330,9	386,8	336,2	515,4
ebből: szállítók	223,1	291,1	241,7	287,4	317,6	215,0	211,0	330,7	232,2	185,1	180,4	277,0
röv. lej. hitelek és kölcsönök	129,5	244,8	173,1	131,2	128,9	90,4	158,3	106,6	35,9	113,3	66,2	130,7

A társas gazdaságok vagyoni szerkezetét (3. táblázat) vizsgálva láthatjuk, hogy befektetett eszközeinek változása az egyéni gazdaságokhoz hasonlóan hullámzó, viszont egy jelentős növekedést regisztráltak 2016-ban. Leginkább az ingatlanok, azon belül is az épületek állománya bővült, 1090 ezer Ft/számosállattal lett nagyobb 2005-höz képest. Emellett a gépek, berendezések növekménye csak 483 ezer Ft/számosállattal. Ez a változás nem csak az előző évhez képest, hanem az egész időszak viszonylatában kiemelkedő. Tovább haladva a forgóeszközök vizsgálatára itt is látható egy kiemelkedő növekedés 2016-ban, mégpedig a pénzeszközök, követelések, értékpapírok állományváltozásának hatására, értéke az előző évhez képest 416 ezer Ft/számosállattal növekedett. Mivel

ezek megoszlása nem ismert az adatok alapján, így pontos következtéseket levonni nem lehet, de valószínű, hogy a vevői kintlévőség és a be nem folyt támogatások adják a követelések nagy részét. A saját tőkét vizsgálva szintén egy 2016 évi nagy volumenű növekedés mutatkozik meg, ami az előző évhez képest 1174 ezer Ft/számosállat. A kötelezettségek állománya a vizsgált időszakban enyhe hullámzást mutat, de az utolsó év értéke hasonlóan a többi vagyonelemhez kiugróan magas. A kötelezettségek több mint a felét a rövid lejáratú tartozások adják. A beruházási hitelek aránya 2005-2015. időszakában 15 % körül mozgott, de 2016-ban ez az arány 5 %-ra csökkent. A rövid lejáratú kötelezettségek jelentős részét a szállítókkal szembeni tartozások teszi ki. A beruházások (4. táblázat, 5. táblázat) összehasonlítását a bruttó beruházások vizsgálatával kezdtük. Az egyéni vállalkozások 56 (2012.) -167 (2016.) ezer Ft/számosállat közti értékeket jegyeztek fel, míg a társas gazdaságok esetében jelentősen magasabb 101 (2015.) 320 (2005.) ezer Ft/számosállat közötti értékek szerepelnek, a különbség a legmagasabb értékek között csaknem 50% és eloszlása is nagy különbséget mutat. A vizsgált időszakban az értékek meglehetősen változékonyak mindkét típus esetében. Bruttó beruházásokból túlnyomó részében a tenyészállatok értéke a legjelentősebb mindkét gazdaságtípus esetében. A beruházási támogatásokat tekintve az egyéni gazdaságoknál 2012-ig alacsony értékeket regisztráltak a 2013-as kiugró értéket követően ismét kis értékű támogatásokat vettek igénybe. A társas gazdaságok által felvett támogatások értéke a vizsgált időszakban hullámzó kiugró értéket 2013-ban mutat, majd 2016-ban 0. Az értékek intervalluma meglehetősen szélesskálán mozog mindkét esetben, a társas gazdaságok eloszlása viszont kedvezőbb, de összességében egyeletlen.

4. táblázat: Egyéni gazdaságok beruházásainak szerkezete. (Forrás: AKI)

Mutató	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bruttó beruházás	79,8	58,0	156,4	87,3	128,0	91,8	115,6	56,4	144,7	108,6	161,6	167,5
ebből: ingatlanok	17,8	9,4	13,2	15,9	15,9	17,5	1,7	8,7	41,8	24,8	67,4	61,3
gépek, berendezések, járművek	9,9	15,1	5,7	9,4	6,6	1,0	25,2	8,9	48,8	32,1	33,5	43,1
tenyészállatok	46,2	32,3	91,0	57,9	104,9	66,0	82,5	31,4	29,6	39,1	58,6	45,4
befejezetlen beruházások	4,4	0,2	9,9	2,3	0,2	2,0	0,6	7,0	24,1	3,9	1,3	15,1
Beruházási támogatások	0,0	0,7	7,6	1,9	4,0	0,0	1,4	3,5	20,2	21,7	45,2	0,2
Nettó beruházás	-18,6	-15,5	3,6	-35,1	-36,3	-26,7	-0,8	-23,9	34,3	9,4	32,3	60,0
Nettó kötelezettségek	-2,7	77,2	116,6	33,3	-395,2	1,9	67,4	-10,2	91,6	-36,1	-61,2	-107,2

5. táblázat: Társas gazdaságok beruházásainak szerkezete. (Forrás: AKI)

Mutató	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bruttó beruházás	320,4	294,0	117,0	223,7	241,4	160,3	157,8	240,3	259,6	264,1	101,2	281,9
ebből: ingatlanok	9,5	38,3	45,8	85,0	43,5	19,5	30,6	31,4	49,6	65,9	9,9	53,6
gépek, berendezések, járművek	35,0	70,0	29,9	25,2	81,2	31,7	22,5	47,7	58,7	65,5	27,2	65,0
tenyészállatok	147,6	176,0	22,7	80,4	92,2	78,7	82,6	133,1	130,2	100,3	55,9	149,1

befejezetlen beruházások	102,6	4,8	9,7	28,4	21,1	26,3	18,5	23,4	8,3	4,3	4,3	6,6
Beruházási támogatások	7,2	14,8	3,7	3,3	24,5	24,2	10,7	8,6	28,0	19,0	10,3	0,0
Nettó beruházás	40,1	-7,6	-9,4	101,5	65,1	13,9	-6,1	25,2	67,1	92,0	-3,5	37,3
Nettó kötelezettségek	329,0	374,4	410,1	443,2	387,3	301,1	297,1	232,9	257,7	275,8	273,7	938,5

Nettó beruházások mutatják az értékcsökkenést meghaladó tárgyi eszköz fejlesztéseket. Értéke legalacsonyabb az egyéni gazdaságoknál -36 ezer Ft/számosállat, ami azt jelenti, hogy még az elhasználandó tárgyi eszközök pótlása sem történt meg. A vizsgált időszakban a mutató értéke csak 5 évben volt pozitív. A társas gazdaságoknál viszont csak - 9 ezer Ft/számosállat. A mutató negatív értéket csak 4 évben (2006, 2007, 2011, 2015.) ért el. Nettó kötelezettségeket tekintetében az egyéni gazdaságok negatív értéket is regisztráltak 2009-ben -395 ezer Ft/számosállat értékben, ezzel szemben a társas gazdaságoknál ez a mutató csak pozitív értéket vesz fel. A negatív érték azt jelenti, hogy a gazdálkodó kintlévőségei meghaladják a tartozásait, melynek következtében a piac más szereplőit az adott gazdálkodó finanszírozza, ez jelentős nehézséget okoz az egyéni gazdaságok esetében.

Következtetések, javaslatok

Vizsgált időintervallumban mind az egyéni mind a társas gazdaságoknál jellemző a vagyoni szerkezeti mutatók változékonysága. Az ingatlanok részaránya a legmagasabb abból a legnagyobb mértékű növekedést az épületek mutattak. Forgóeszközeik legnagyobb részét a követelések, értékpapírok, pénzeszközök teszik ki, ez nagyarányú kintlévőségre mutat. A saját tőkét a társas gazdaságok ugyanúgy az egyéni pedig egyenesen növelték, ezzel tőkeerősebbé váltak és emelték a befektetett eszközeiknek a fedezetét. A kötelezettségek a társas gazdaságok tekintetében meghaladják a követelések értékét így elegendő forrással rendelkeznek, míg az egyéni gazdaságok esetében ez fordítottan alakul. A beruházási hitelek részaránya a legalacsonyabb mindkét gazdaság típusnál. Bruttó beruházásaikat tekintve a társas gazdaságok volumene nagyobb, de mindkét esetben látható, hogy a tenyészállatok részaránya a legnagyobb. A felvett támogatások eloszlása és volumene között hatalmas különbségeket állapítottunk meg a társas gazdaságok javára. Nettó beruházásoknál látható, hogy az egyéni gazdaságoknál a negatív érték a jellemző, míg a társas gazdaságok esetében csak néhány évben vett fel mínuszos értéket. Nettó kötelezettségeket tekintve csak az egyéni gazdaságoknál regisztráltak negatív értéket, társas gazdaságoknál csak pozitív értékek szerepelnek.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Aliczki, K. (2012). Baromfi ágazat helyzete kilátásai rövid és középtávon. AKI, 1–3, 13–17.
 Benke, H. (2013). Versenyképes marketingstratégiák a hazai brojler ágazat takarmányellátó berendezéseinek piacán. 22–29, 65–66.
 Juhász, A., Fazekas, S., Győrffy, B. (2016). A Magyar mezőgazdaság és élelmiszeripar számokban. AKI, 23–25.
 Paládi-Kovács, A. (2001). Magyar Néprajz II., Akadémiai Kiadó, Budapest. 1. fejezet.

- Szóllósi, L. (2008). A vágócsirke vertikum modellezése és gazdasági elemzése egy az észak –alföldi régióban működő integráció alapján. 6–10.
- Szóllósi, L. (2008) Brojler csirke hizlalás ökonómiai helyzete Magyarországon. Agártudományi Közlemények, (1) 1–2.
- Szóllósi, L., Nábrádi, A. (2008). A magyar baromfi ágazat aktuális problémái. 3.

Megújuló energiaforrások felhasználására vonatkozó beruházások megtérülésének vizsgálata települési szinten

Dávid Veronika^{1*}, Hegedűsné Baranyai Nóra², Pintér Gábor²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

²Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

**dav.veronika94@gmail.com*

Összefoglalás

Nagypáli és Pornóapáti települések hasonló adottságú kistelepülések, ahol a fejlődés kulcsát a megújuló energiaforrás-hasznosításban látják. Nagypáliiban három olyan napelemrendszert vizsgáltunk megtérülési mutatószámokkal, melyek az önkormányzati épületeket látják el villamosenergiával. Az egyik megtérülne állami támogatás nélkül is, kettő pedig támogatással, vagy energiaár-növekedést feltételezve. Pornóapátiban egy bio-szólár falufűtőmű működik, ami a lakosságot látja el hőenergiával. Magas beruházási költsége egyértelműen nem térül meg, és a lakosok számára sem megfelelő a rendszer működése. Ez alapvetően az alacsony energiasűrűség és a tapasztalatok és szakértelem hiányának tudható be. Mind a két vizsgált település a megújuló energiaforrások hasznosításában látta a kiutat a gazdasági nehézségekből. Vizsgálatunk alapján Nagypáli sikeresen, míg Pornóapáti kevésbé helyesen választott.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Régóta köztudott, hogy többféle szempontból is szükség van az alternatív energiákban rejlő potenciál kihasználására és az energiafüggettség is kulcskérdéssé vált világszerte – az ebből eredő kiszolgáltatottság pedig különösen jelentős hazánkban (Belügyminisztérium, 2011). Együttműködések keretében, kis, helyi közösségekben is tevékenykedhetünk a fenntartható fejlődés nevében (Lukács, 2011). Azonban az alternatív energiaforrások használata általában nagy beruházási költséggel jár. Emiatt ahhoz, hogy megújuló energiafelhasználásra irányuló beruházásba kezdjen valaki, elengedhetetlen, hogy ismerjük ennek pénzügyi hátterét. A tanulmány célja számszerűsíteni ilyen beruházások megtérülését, a nem számszerűsíthető tényezők figyelembevételével. Két kistelepülést vizsgáltunk tanulmányunkban. Nagypáliiban a megújuló energiahordozók szinte minden típusát hasznosítják a településen, amivel 15 év alatt a falu egy fiatalodó, növekvő népességű, élhető településsé vált, amely hazai és nemzetközi szinten is elismert. Pornóapáti pedig egy, a Trianoni békediktátum óta hanyatott sorsú település, ahol Magyarországon elsőként helyeztek üzembe bio-falufűtőművet, amivel a lakosságot látják el hőenergiával (Zala Megyei Fejlesztési Kht, 2007).

Anyag és módszer

A települések vizsgálatánál a KSH Tájékoztató a kiemelten támogatott kistérségekről című kiadványában (Központi Statisztikai Hivatal, 2008) bemutatott mutatórendszerének alkalmazására került sor. A napelemes beruházások megtérülését a beruházások hatékonyságát vizsgáló mutatókkal elemeztük, vagyis 15 éves élettartammal számolva a nettó jelenértéket (NPV), és a belső megtérülési kamatlábat (IRR), valamint a diszkontált megtérülési időt számítottunk. Emellett néhány paraméter (energia vételára és E.ON átvételi ára) változásának hatását is vizsgáltuk, az érzékenységvizsgálat módszerével.

Továbbá kockázatelemzést végeztünk, amire a kvalitatív kockázatelemzés módszerét választottuk. A kockázati tényezőket az előfordulási értékek bekövetkezési valószínűségében (P) és az okozott hatás mértékében (I) vizsgáltuk. Majd a $K = P + 2 \times I$ összefüggés alapján a kritikus, a nem kritikus és az elhanyagolható kockázati tényezők csoportokba soroltuk őket, és valószínűségi-

hatás mátrixba foglaltuk. A megújuló energiaforrások felhasználása gazdasági hatásainak egy része konkrét szám adatokkal nem jellemezhető, ezeket a települések SWOT elemzésével szemléltettük. Adataink a különböző szakirodalmak áttekintésén kívül a települések önkormányzati dolgozóival készített interjúkból származtak.

Eredmények és értékelésük

A különböző szakirodalmak áttekintése után bizonyossá vált, hogy Magyarország lemaradásban van az alternatív energiák felhasználást tekintve. Azonban napjainkban egyre inkább terjed azok népszerűsége világszerte, főként a napelemek és napkollektorok esetében. Az ez által okozott kínálatnövekedés árcsökkenést idézett elő a napelemek piacán, így az elmúlt években már hazánk is elkezdett nyitni a napenergia felhasználása felé. Nagypáliban több napelemparkot is létesítettek különböző támogatásokból, melyek közül hármat vizsgáltunk részletesen. A napelemes rendszerek esetében az üzemeltetés költségei meglehetősen alacsonyak, a bevételek azonban kiemelkedőek. Amellett, hogy az elfogyasztott energia árát megtakarítjuk, a fennmaradó megtermelt energiamentisítségét az E-ON megvásárolja. Jelenleg az utóbbi ára jóval alacsonyabb, így mindenképpen érdemes olyan egységet ellátni napelemek által termelt energiával, ami javarészt fel tudja használni azt.

Az egyik példaként szolgáló beruházás a helyi gyümölcsüzemet ellátó napelem-park létesítése volt 19.536.000 Ft bekerülési értékkel. 100 %-ban támogatásból valósult meg, így nettó jelenértéke természetesen pozitív. Azonban, ha megvizsgáljuk, hogy alakult volna megtérülés, ha önerőből fizetik, akkor negatív NPV-t kapunk. Ez esetben reális villamosenergiaár-növekedést feltételezve sem térülne meg a beruházás a 15 éves élettartam alatt. A Turisztikai központ napelemekkel való felszerelésére 60%-os támogatást nyertek, ami mellett szintén érdemes volt belevágni a projektbe. Ha teljes mértékben önerőből finanszírozták volna a projektet, akkor viszont a NPV értéke negatív, tehát nem térülne meg 15 év alatt. Az érzékenységvizsgálat eredményei szerint a villamosár-növekedések külön-külön is képesek a NPV előjelének megváltoztatására. Azonban beláthatjuk, hogy a vételi és eladási ár egymástól függő tényezők, emiatt megvizsgáltuk azt esetet is, ha a két ár egyidejűleg változna. Ennek persze többféle kimenetele lehetne: ha például a vételár legalább 2 %-kal (15. év múlva 49,8 Ft/kWh), az eladási ár 2,4 %-kal emelkedne (42,9 Ft/kWh), akkor támogatás nélkül is megérné a beruházás. A hazai villamosenergia árak eddigi tendenciái mellett az árszínvonalat EU-s szinten vizsgálva, és figyelembe véve, hogy a jelenlegi, 22 Ft/kWh-os ár nem méltányos, feltételezhető ilyen mértékű növekedés. Egy másik lehetőség, hogy a vételár 1,8 %-os évenkénti növekedése mellett (48,5 Ft/kWh 15 év után) az eladási ár 5,2 %-kal nőne évente (44,7 Ft/kWh). Ez utóbbi szintén reális feltételezés, továbbá ez a változás kiegyensúlyozottabb helyzetet is eredményezne, hiszen a vételi és eladási ár közeledne egymáshoz. A harmadik beruházás, amit vizsgáltunk, az úgynevezett „Napraforgó napelemrendszer”. A vizsgáltak közül ez az egy, ami megtérülne az adott 15 év alatt akkor is, ha bekerülési értékét teljes mértékben az önkormányzatnak kellett volna kifizetni. A diszkontált megtérülési idő mutató alapján a 8. évben térülne meg a 3.950.000 Ft-os bekerülési érték.

A megtérülési számítások elvégzése után elmondhatjuk, hogy állami támogatás mellett általában érdemes belevágni megújuló energia-felhasználást biztosító beruházásokba települési szinten – néhány esetben pedig akár támogatás nélkül is. Négy kockázati tényezőt vizsgáltunk, melyek a nem kritikus kockázati tényező kategóriába esnek (1. ábra). A napelemek esetében a leggyakoribb problémát a szennyeződés, árnyék, hótakaró miatti termelés-kiesés okozza. Azonban ezeket folyamatos odafigyeléssel könnyű elkerülni, Nagypáliban is többféle kockázatkezelési módszert alkalmaznak.

Hatás (költségvonzat)	5	Emberi kártétel					
	4						
	3			Műszaki meghibásodás			
	2			Nem várt időjárási körülmény		Kosz, árnyék általi termelés-kiesés	
	1						
	0	1	2	3	4	5	
Bekövetkezési valószínűség							

1. ábra: A vizsgált kockázati tényezők valószínűségi-hatás mátrixba foglalva, Nagypáli napelemek.

Pornóapátiban bio-falufűtőművet helyeztek üzembe 2005-ben 375 millió forintos bekerülési értéken – Phare CBC támogatás mellett 75 helyi család saját hozzájárulásával kiegészítve. (Pornóapáti Község Német Települési Kisebbségi Önkormányzata, 2005) Több problémával is találkoztunk a kutatás során. A fűtőmű osztrák mintára készült, de olcsóbb alapanyagokkal valósították meg, ami rendszeres meghibásodásokat okoz – emelve az üzemeltetési költségeket. 2005 óta több üzemeltetője is volt a fűtőműnek, ami miatt hiányoznak a részletes kimutatások. 5 évet vizsgáltunk részletesen, melyek közül majdnem mindenben veszteségesen működött az üzem. A költségeket a javítási, karbantartási díjak mellett a faapríték vásárlása növeli nagy mértékben (kb. 5.000.000 Ft/év). A rezsiköltségeket sikerült csökkenteniük azzal, hogy támogatás segítségével napelemekkel szerelték fel az üzemet, amik biztosítják a villamosenergia-igényt. Bevételeik alapvetően a lakosok által fizetett díjkból származnak, azonban ez még jelentős mértékben kiegészül önkormányzati és állami támogatásokkal. Évi pénzáramainak összege gyakran negatív, így a falufűtőmű magas beruházási költsége egyértelműen nem térül meg. Ez alapvetően az alacsony energiasűrűség és a tapasztalatok és szakértelem hiányának tudható be. A lakosok szemszögéből nézve is vannak problémák, az alapidő magas, és kiegészítő fűtést is kell alkalmazni. Ilyen feltételek mellett egyértelműen nem érte meg befektetniük azt az 500.000 Ft-ot, ami a bekötéssel járt. Azonban, ha ezt támogatásként fogjuk fel, akkor elismerésre méltó a pornóapáti lakosok akkori hozzáállása a település fejlesztéséhez. Sajnálatos módon azóta sokkal kevesebben veszik igénybe a szolgáltatást, amiből már alapvetően is lehet arra következtetni, hogy túl magasak a falufűtés hődíjai.

Hatás (költségvonzat)	5					
	4				A hődíjak kifizetésének elmaradása és az	

					alacsony energiasűrűség miatt fizetésképtelenné válás	
3			Nem megfelelő minőségű faapríték miatti műszaki meghibásodás			Kivitelezői mulasztás vagy gyári hiba miatti műszaki meghibásodások
2						
1						
0	1	2	3	4	5	
Bekövetkezési valószínűség						

2. ábra: A vizsgált kockázati tényezők valószínűségi-hatás mátrixba foglalva, pornóapáti falufűtőmű.

Két kritikus kockázati tényező áll fenn (2. ábra). Az egyik a kivitelezői mulasztás vagy gyári hiba miatti műszaki meghibásodások okozta károk, a másik a hődíjak kifizetésének elmaradása és az alacsony energiasűrűség miatti fizetésképtelenné válás. Utóbbi is könnyen előfordulhat – több évben is volt arra példa, hogy az önkormányzat kénytelen volt elengedni a bérleti díjat.

Következtetések, javaslatok

Nagypáli és Pornóapáti is nagy lehetőséget kapott, amikor támogatást nyertek megújuló energiaforrásfelhasználásra irányuló beruházásra. Szinte ugyanolyan esélyekkel indultak – amit a SWOT analízis eredményei is alátámasztanak – mégis más utat választottak, aminek hatására eltérő a jelenlegi helyzetük. Nagypáli az önkormányzati épületeket látta el villamos és hőenergiával, Pornóapáti pedig a lakosságot. Nagypáliiban mégis többet „nyertek” a településen megvalósuló beruházásokkal, mint a pornóapáti lakosok. Az alternatív energiaforrásokat hasznosító beruházások esetében első sorban a megfelelő energia megválasztása a fontos. Emellett azonban az is bebizonyosodott, hogy milyen fontos a szakszerű és precíz munka a megvalósítás és az üzemeltetés során – nap, mint nap.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

Államadósság Kezelő Központ ZRt. (2017). Nyilvános ajánlattétel Magyar Államkötvények forgalomba hozataláról, Budapest.
 Bartholy, J., Breuer, H., Pieczka, I., Pongrácz, R., Radics, K. (2013). Megújuló energiaforrások, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1–9.

- Belügyminisztérium (2011). Településfejlesztési füzetek 29. Települések az energiaönellátás útján, Patkós Stúdió, Budapest.
- Farsang, L. (1992): Kispáli is, Nagypáli is fiatalodni akar, Zalai Új Hírek, 12.
- Központi Statisztikai Hivatal (2008). Tájékoztató a kiemelten támogatott kistérségekről, Budapest, 8–9.
- Jordan, D.C., Wohlgemuth, J.H., Kurtz, S.R. (2012). Technology and Climate Trends in PV Module Degradation, Conference Paper, Presented at the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Frankfurt, Germany.
- Lukács, G.S. (2009). Megújuló energia és vidékfejlesztés. Szaktudás Kiadó, Budapest, 100–102.
- Lukács, G.S. (2011). Települési megújuló energia modellek. Szaktudás Kiadó, Budapest, 13., 279–280.
- Magyar, L. (2015). A magyarországi lakossági villamosenergia-árak növekedésének okai az elmúlt két évtizedben, Energiaklub.
- Nagypáli Község Önkormányzata (2006). Nagypáli múltja, jelene és jövője, 25.
- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv 2010–2020.
- Németh, K. (2011). Dendromassza-hasznosításon alapuló decentralizált hőenergia-termelés és felhasználás komplex elemzése, Keszthely.
- Országos Atomenergia Hivatal (2011). Az atomenergia részesedése a villamosenergia-termelésben Magyarországon 2009-ben.
- Ökorégió Alapítvány (2009). Best Practice, Ökorégió füzetek XI. 5–8.
- Pornóapáti Község Német Települési Kisebbségi Önkormányzata (2005). Biomassza falufűtőmű Pornóapátiban. 23.
- Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet (2007). A Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet 2007. évi közgyűlésének jegyzőkönyve.
- Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet (2008). Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet 2008. évi közgyűlésének jegyzőkönyve.
- Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet (2009). Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet 2009. évi közgyűlésének jegyzőkönyve.
- Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet (2007). Pornóapáti Távhő- és Közműszolgáltató Szövetkezet 2010. évi közgyűlésének jegyzőkönyve.
- Sass, E. (2012). Leitfaden Photovoltaik, Das große Betreiber-Handbuch. 312.
- Sembery, P., Tóth, L. (2004). Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó, Budapest, 235., 239., 240–246.
- Szűcsné, K.A., Szűcs I. (2007). Településföldrajz. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen.
- Wohlgemuth, J.H. (2003). Long Term Photovoltaic Module Reliability. NREL/CD-520-33586, 179–182.
- Zala Megyei Fejlesztési Kht (2007). Best Practice – A megújuló energiaforrások legjobb gyakorlatainak gyűjteménye. 5–6.
- Zsiborács, H., Pályi, B., Pintér, G., Popp, J., Balogh, P., Gabnai, Z., Pető, K., Farkas, I., Baranyai, N., Bai, A. (2016). Technical-economic study of cooled crystalline solar modules. Solar Energy, 140., 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.11.009>

A vas megyei határmenti járások és járásközpontok fejlettségének vizsgálata

Erdős Zsuzsanna Benigna^{1*}, Hegedűsné Baranyai Nóra²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

²Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

* *erdos.benigna@gmail.com*

Összefoglalás

A területi fejlődés és fejlettség mindenütt az egyik legsokoldalúbban kutatott kérdésköre a regionális tudománynak. Több évtizede folyik a regionális egyenlőtlenségek statisztikai alapokon való vizsgálata. Vizsgálatunkban Vas megye 4 határmenti járásának járásközpontjait tekintjük át, különös tekintettel a fejlettségbeli különbségeikre.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarországon a Közép-Magyarországi régió kivételével az összes régió konvergencia régió, így nagyon fontos, hogy vizsgáljuk fejlődésüket és fejlettségüket. Hazánk térségei jól körvonalazható területi mintázatot mutatnak az egyenlőtlenség iránya és nagysága szerint (Kiss–Németh, 2006). A hazai társadalmi – gazdasági térszerkezetét markáns különbségek jellemzik. Az elemzések többnyire a térszerkezet kettős osztására hívták fel a figyelmet, amely átszövi a „hagyományos” főváros–vidék, illetve nyugat–kelet dichotómiákat (Nemes Nagy, 1995.).

Ahhoz, hogy a területi egységek (az országok, régiók, megyék mellett a települések) között rangsort lehessen felállítani többféle módszertant, és modellt használnak a kutatók és a szakemberek. A területi fejlettség a természeti, társadalmi, gazdasági és infrastrukturális tényezők fejlettségének összességét jelenti, mérését több tényező együttesen befolyásolja ilyen például a vizsgált időszak, a térség, a választott területi szint, a különböző dimenziók és mutatók léte, valamint ezek szerepének megítélése (Szabó & Farkas, 2012).

Munkánkban megvizsgáljuk Vas-megye határmenti járásainak fejlettséget, valamint azt, hogy milyen változások történtek a 2004-2017 között.

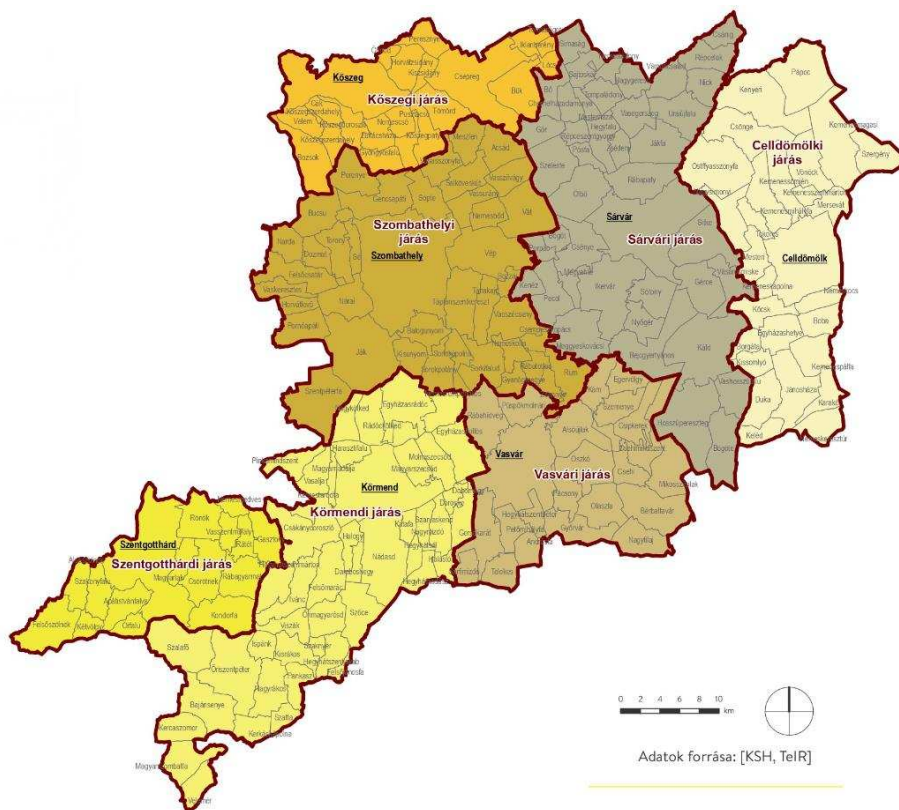
Anyag és módszer

Munkánk során a KSH Tájékoztatási adatbázisát, illetve a TeIR adatbázisait használtuk. Vas megye határmenti járásainak (Szentgotthárdi járás, Kőszegi járás, Szombathelyi járás és Körmendi járás) központjait vizsgáltuk Gazdasági, Infrastrukturális, Társadalmi, Szociális és Foglalkoztatási mutatók alapján.

Az adatok segítségével a KSH Tájékoztató a kiemelten hátrányos kistérségekről című kiadványban bemutatott mutatók módszertanával mutatókat képeztünk.

Eredmények és értékelésük

Társadalmi mutatók:



1. ábra: Vas megye járásai. (forrás: http://www.terport.hu/webfm_send/4802)

Népsűrűség (fő/km²)

Kőrmenden 2004-ben 234 fő/km², míg 2017-ben 213 fő/km² volt a népsűrűség, tehát csökkent. A lakónépesség 2004-ről 2017-re 12379 főről 11236 főre csökkent. Területe az évek során nem változott (52,79 km²). Az élve születettek száma 2004-ben 103 fő, 2017-ben 92 fő volt. A településen a halálozások a következő képpen alakultak 2004-ben 121 fő, míg 2017-ben 154 fő volt.

Kőszegen 2004-től 2017-ig 219 fő/km²-ről 215 fő/km²-re változott a népsűrűség, tehát csökkent. A lakónépesség 2004-ről 2017-re 11992 főről 11805 főre csökkent. Területe a vizsgált időszakban nem változott (54,66 km²). Az élve születettek száma 2004-ben 96 fő, 2017-ben 68 fő volt. A településen a halálozások a következő képpen alakultak 2004-ben 158 fő, míg 2017-ben 140 fő volt.

Szentgotthárdon 2004-től 2017-ig 135 fő/km²-ről 131 fő/km²-re változott a népsűrűség, mely azt jelenti, hogy csökkent. A lakónépesség 2004-ről 2017-re 9140 főről 8864 főre csökkent. Területe a vizsgált időszakban nem változott (67,73 km²). Az élve születettek száma 2004-ben 91 fő, 2017-ben 52 fő volt. A településen a halálozások a következőképpen alakultak 2004-ben 133 fő, míg 2017-ben 144 fő volt.

Szombathelyen 2004-től 2017-ig 822 fő/km²-ről 800 fő/km²-re csökkent a népsűrűség. A lakónépesség 2004-ről 2017-re 80154 főről 77984 főre csökkent. Területe a vizsgált időszakban nem változott (97,5 km²). Az élve születettek száma 2004-ben 91 fő, 2017-ben 52 fő volt. A településen a halálozások a következő képpen alakultak 2004-ben 929 fő, míg 2017-ben 979 fő volt.

Összeségében elmondható, hogy mindegyik településen csökkent a népsűrűség, és Szombathely népsűrűsége kiemelkedik a többi település közül. A népsűrűség csökkenése valószínűleg a születések számának csökkenése, illetve a halálozások számának növekedése miatt alakult így.

Vándorlási egyenleg (fő)

Körmenten a 2004- ben -6 fő, míg 2017-ben 0 volt a vándorlási egyenleg. Ez azt jelenti, hogy csökkent az elvándorlók száma.

Kőszegen 2004-ben 12 fő, míg 2017-ben 10 fő volt a vándorlási egyenleg, mely azt jelenti, hogy kis mértékben csökkent az idevándorlók száma.

Szentgotthárdon 2004-ben 5 fő, míg 2017-ben 8 fő volt a vándorlási egyenleg. Ez azt jelenti, hogy növekedett az ide költözők száma.

Szombathelyen 2004-ben -3 fő, míg 2017-ben 1 fő volt a vándorlási egyenleg, tehát növekedett az ide költözők száma.

Megállapítható, hogy Kőszegen kívül mindegyik településen növekedett az „odaköltözési hajlandóság”. Érdekes, hogy a vándorlási egyenleg növekedése ellenére nem növekedett a népsűrűség, mint azt már korábban említettük ez az élve születettek és az elhalálozottak számának változása miatt lehetséges.

Gazdasági mutatók:

Regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma (db):

Körmenten 2004-ben 93 db, 2017-ben 133,2 db volt a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma. Körmenten 2004-2017-ig folyamatos növekedés figyelhető meg-e téren. A vizsgált időszak alatt az emelkedés mértéke 43 %-ot tett ki

Kőszegen 2004-ben 92 db, 2017-ben 113,3 db volt a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma. Folyamatos növekedés figyelhető meg a mutató terén. A vizsgált időszak alatt az emelkedés mértéke 23 %-ot tett ki

Szentgotthárdon 2004- ben 99 db, míg 2017-ben 130,1 volt a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma. Itt is folyamatos növekedés figyelhető meg. A vizsgált időszak alatt az emelkedés mértéke 31 %-ot tett ki

Szombathelyen a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma 2004-ben 160 db és 2017-ben 175,5 db volt. A vizsgált időszak alatt az emelkedés mértéke 9 %-ot tett ki. Ebben a városban sokkal magasabb volt a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma, mint a több vizsgált területen. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy Szombathely nem csak járás központ, hanem megye központ is, ezenkívül lakossága is jóval meghaladja a vizsgált településeket. Itt is egy kisebb mértékű növekedés figyelhető meg.

Összeségében elmondható, hogy mind a négy településen növekedett a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma.

A kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma (éj):

Ezt a mutatót 2004-2014 időszakban vizsgáltuk, mivel ezekben az években állnak rendelkezésünkre adatok.

Körmenten a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma 2004-ben 520 éj, míg 2014-en 616 éj volt, tehát növekedés történt.

Kőszegen a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma 2004-ben 3513éj, 2014-ben 2155 éj volt. Ez egy jelentős csökkenést jelent.

Szentgotthárdon 2004-be 2004 éj, míg 2014-ben 2405 éj volt a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma, tehát növekedés történt e téren.

Szombathelyen 2004-ben 1292 éj, míg 2014-ben 1438 éj volt a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma, tehát egy kis mértékű növekedés történt.

Összeségében elmondható, hogy Kőszegen kívül az összes településen növekedés történt a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó számát tekintve. Kőszegen jelentősen csökkent a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma, viszont Szentgotthárddal együtt még így is kiemelkedik a vizsgált területek közül.

A kereskedelmi szálláshelyek száma a következőként alakult, Körmenden 142 db, Kőszegen 295 db Szentgotthárdon 117 db és Szombathelyen 410db. (booking.com) Kőszeg és Szentgotthárd valószínűleg a természeti adottságai miatt fejlettebb e téren.

Infrastrukturális mutatók:

Az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza (km)

Körmenden az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza 2004-ben 0,43 km, míg 2017-ben 1,04 km volt. Ez egy jelentős növekedést jelent.

Kőszegen 2004-ben 0,99 km míg 2017-ben 0,57 km volt az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza, tehát jelenős csökkenés történt

Szentgotthárdon 2004-től 2017-ig 0,66 km-ről 0,88 km-re növekedett az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza.

Szombathelyen 2004-től 2017-ig 0,55 km-ről 0,71 km-re növekedett az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza.

A vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában (%)

Körmenden a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 2004-ben 50.14 %, míg 2017-ben 48.44 % volt, ez egy kismértékű csökkenést jelent.

Kőszegen a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 49.07%, míg 2017-ben 55,48 % volt, tehát növekedett.

Szentgotthárdon a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 2004-től 2017-ig 53.71 %-ról 54,2 %-ra növekedett.

Szombathelyen a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 2004-től 2017-ig 87,24 %-ról 84,27 %-ra csökkent.

Szociális mutató:

Fiatalodási index (a 15 évesnél fiatalabbak a 60 éves és idősebb népesség százalékában)

Ezt a mutatót 2014-2017 között elemeztük.

Körmenden 2014-ben 74,2 % volt, míg 2017-ben 62,5 % volt a fiatalodási index.

Kőszegen 2014-ben 91.5%, míg 2017-ben 79,8 % volt a fiatalodási index.

Szentgotthárdon 2014-ben 67,7%, míg 2017-ben 62% volt a fiatalodási index.

Szombathelyen 2014-től 2017-ig 72%-ról 68 %-ra csökkent a fiatalodási index.

Foglalkoztatási mutató:

Nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből (%)

Körmenden 2004-től 2017-ig 3,86%-ról 1,7 %-ra csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből.

Kőszegen 2004-től 2017-ig 2,86%-ról 1,58 %-ra csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből.

Szentgotthárdon 2004-től 2017-ig 3.37%-ról 1.65%-ra csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből.

Szombathelyen 2004-től 2017-ig 2,52%-ról 1,46 %-ra csökkent nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből.

Helyi fontosabb fejlesztések:

Körmenden több területen is történt az évek során fejlesztés. Rengeteg közösségfejlesztést elősegítő (CLLD fejlesztés), infrastrukturális (pl. szennyvíz hálózat, vízvezeték hálózat, kerékpárutak kiépítésére irányuló fejlesztések, vasútállomás rekonstrukciója), gazdaság fellendítését segítő (helyi piac létrehozás) projekt indult. A projektek java része az Európai Unió támogatásával valósult meg.

Kőszegen gazdaságfejlesztést elősegítő, infrastrukturális (szennyvíz hálózat, csapadék-víz elvezetés, közösi közlekedés), szociális (gyermekellátást segítő) projektek valósultak meg az elmúlt

években. Ezen kívül több határon átnyúló projektben vesz részt a település (ATHU020, ATHU064).

Szentgotthárdon jelentős számú „zöld fejlesztés” (napelemes rendszerek kiépítése, energetikai korszerűsítések, energiaváros projekt) történt az elmúlt években. Ezen kívül számos infrastruktúrát javító (kerékpárutak építése, ipari park alpinfrastruktúra fejlesztése, ivóvíz- minőség javítása,) társadalmi fejlődést elősegítő (hátrányos helyzetűek integrációja) projektben vesz részt a település.

Szombathelyen lényegesen több projekt valósult meg, mint a többi vizsgált településen. Az eddig említett összes területen történt fejlesztés a városban. Számptalan TOP-os fejlesztés, ill. nagyberuházás történt, ezenkívül városrehabilitációs és intézményi fejlesztések történtek. Ebben a városban is több határon átnyúló projekt valósult meg.

Mindegyik város részt vett az ASP rendszerhez való csatlakozásban. A városok fejlesztésében nagyon sok közös pont van. Több település is rész vesz határon túlnyúló projektekben. Mindegyik város nagy hangsúlyt fektet vonzerejének növelésére.

Következtetések, javaslatok

Megállapítást nyert, hogy mindegyik vizsgált terület hasonló intenzitással fejlődött a vizsgált időszakban (pl. regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma (db), nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből (%), az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza (km). Továbbá Szombathely városa fejlettebb a többi területtől, ez annak köszönhető, hogy Szombathely a régióban centrális elhelyezkedésű megyeszékhely. Sokkal nagyobb népességgel és sokkal több regisztrált vállalkozással rendelkezik, mint a többi terület. A járárok fejlődését nagyban befolyásolja a határ közelsége, ezt a határon átnyúló projektek is megerősítik. A megvalósult projektek nagyrészt Európai Unió támogatással valósították meg. Ez azért fontos, ugyanis 2004-ben csatlakoztunk az Európai Unióhoz, így ez a kooperáció is nagyban hozzájárult a térségek fejlődéséhez.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

Kiss, J.P., Németh, N. (2006). Fejlettség és egyenlőtlenségek: Magyarország megyéinek és kistérségeinek esete. MTA Közgazdaságtudományi Intézete, Budapest.

Nemes Nagy, J. (1995). A GDP regionális számbavétele. Pro Geographia Humana. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Szabó, P., Farkas, M. (2012). A fejlettség különböző felfogásai és mérései Európában és Magyarországon. Közép-Európai Közlemények 1.

Bíró, P., Molnár, L. n.d. "A Kistérségi Szintű Relatív Fejlettség Meghatározása *." Accessed May 3, 2019. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2004/06/wbiro.pdf>.

A Körmendi járás településeinek fejlettségvizsgálata

Erdős Zsuzsanna Benigna^{1*}, Csányi Szilvia², Hegedűsné Baranyai Nóra²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

²Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

* *erdos.benigna@gmail.com*

Összefoglalás

Vizsgálatunk egy nagyobb kutatás részét képezi, amelynek során Vas megye határmenti járásainak fejlettségét vizsgáljuk. Jelen tanulmányban a Körmendi járás gazdasági, infrastrukturális, társadalmi, szociális és foglalkoztatási fejlettségi mutatóit elemezzük, különös tekintettel a járásközpontokra. Továbbá vizsgálatunk fókuszába helyezzük a megvalósult településszintű fejlesztéseket, és azok finanszírozási struktúráját. A Körmendi járás egy határmenti térség, ezért érdemesnek találtuk megvizsgálni a határon túli együttműködések is, mivel ezek is jelentősen hozzájárulnak a járás fejlődéséhez.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarországon és Európában évtizedek óta nagy figyelmet kap a regionális tudományokat elemzők körében a területi fejlődés és fejlettség vizsgálata (Tóth, 2013). Az egyenlőtlenség iránya és nagysága szerint jól körvonalazható mintázatot mutatnak hazánk térségei. (Kiss–Németh, 2006) Az elemzések felhívták a figyelmet a térszerkezet kettős osztására, amely a főváros-vidék és a nyugatkelet dichotómiákat szövi át. (Nemes Nagy, 1995.) A területi fejlettség vizsgálatához többféle módszer alkalmazhatunk. A területi fejlettség több tényező fejlettségének összességét jelenti (természeti, társadalmi, gazdasági, szociális és infrastrukturális tényezők). Ezek mérését több összetevő is befolyásolja, ilyen például a vizsgált időszak, a területi szint, a térség, a mutatók léte és a különböző dimenziók, továbbá ezen tényezők szerepének megítélése (Szabó & Farkas, 2012).

A Körmendi járást Vas megye részeként tartjuk számon. Vas megye négy határmenti járásából a Körmendi járás lakónépessége 25 991 fő, területe pedig 615 km². Járásközpontja Körmend, melynek területe 53 km², lakónépessége pedig 11 305 fő. A Körmendi járáshoz 46 település tartozik. A járást nem sorolják sem a kedvezményezett, sem a fejlesztendő, sem a komplex programmal fejlesztendő járások közé a [290/2014. (XI. 26.) Kormányrendelet alapján. Települései közül 4 db kedvezményezett társadalmi, gazdasági és infrastrukturális szempontból 105/2015. (IV. 23.) Kormányrendelet alapján és 1 település sújtott jelentős munkanélküliséggel a 105/2015. (IV. 23.) Kormányrendelet alapján (Internet 1).

Körmendnek gazdasági-társadalmi kapcsolatrendszerét elsősorban kistérsége jelenti. Vonzáskörzete azonban kiterjed az Őrség szinte teljes területére. Korábban átnyúlt a szentgotthárdi térségre is, de Szentgotthárd jelentős gazdasági fejlődése miatt folyamatosan átvesz a saját térségére kiterjedő funkciókat Körmendtől. Ipara versenyképességét elsősorban a rendelkezésre álló munkaerő hiánya korlátozza. A lakosság jelentős része burgenlandi (Ausztria) foglalkoztatókat, illetve a szentgotthárdi Opel-gyárat választja munkahelyéül. Az oktatást illetően Körmenden több óvoda is üzemel, illetve általános iskola is, melyeknek kihasználtsága romló tendenciát mutat. A városban megtalálható ezen kívül 3 középfokú oktatási intézmény is. Körmenden a kultúra mozzgatórugója a Körmendi Kulturális Központ, Múzeum és Könyvtár, amely a körmendi lakosok számos korosztálya számára kínál színes tevékenységpalettát. A járásközpont nem rendelkezik nagy turisztikai vonzerővel, látványosságokban szegény, legfontosabb turisztikai értéke a Batthyány kastély. Infrastrukturális szempontból jó elhelyezkedéssel rendelkezik, hiszen a 8-as sz. főút, illetve 76-os és 86-os számú főútról is elérhető (Internet 2).

A fent említettek tükrében vizsgálatunk célja, hogy egy átfogó képet kapjunk a Körmenti járás fejlettségéről, különös tekintettel Körmentre.

Anyag és módszer

Munkánk során a KSH Tájékoztatási adatbázisát, illetve a TeIR adatbázisait használtuk. A Körmenti járás településeit vizsgáltuk gazdasági, infrastrukturális, társadalmi, szociális és foglalkoztatási mutatók alapján.

Az adatok segítségével a KSH Tájékoztató a kiemelten hátrányos kistérségekről című kiadványban bemutatott mutatók módszertanát használva indikátorokat képeztünk:

Társadalmi mutatók: Népsűrűség (fő/km²), Vándorlási egyenleg (fő),

Gazdasági mutatók: Regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma (db), A kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma (éj),

Infrastrukturális mutatók: Az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza (km), A vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában (%)

Szociális mutató: Fiatalodási index (a 15 évesnél fiatalabbak a 60 éves és idősebb népesség százalékában)

Foglalkoztatási mutató: Nyilvántartott álláskereső aránya a lakónépességből (%)

A mutatókat 2004-től 2017-ig terjedő időszakban vizsgáltuk. Hiányos adatok esetén kizárólag az adatbázisok által feltüntetett adatok lettek figyelembe véve. A hiányos adatok feltehető okai lehetnek: módszertani változások, megváltozott jogcímek, illetve jogszabály módosulások.

Eredmények és értékelésük

Az alábbi fejezetben különböző mutatószámok segítségével a Körmenti járás településeit fogjuk bemutatni gazdasági-társadalmi helyzetük alapján. A fejezetben minden mutató tekintetében bemutatásra kerül, a járások értéke, a járásközpontok értékei és a 2017-ben legjobban teljesítő települések értékei, valamint ezek változási intenzitása 2017-es évet vizsgálva a bázis év tükrében.

Társadalmi mutatók:

Népsűrűség (fő/ km²)

A járás átlagát tekintve a népsűrűség 2017-ben 42, 1 fő/ km² volt, amely egy 10%-os csökkenést jelent a vizsgált időszakban. Körmenten 2004-ben 234 fő/km², míg 2017-ben 213 fő/km² volt a népsűrűség, tehát a járás tendenciáját követve csökkent. A mutató tekintetében 2017-ben Katafa (68.8 fő/ km²) követte Körmentet. Katafán egy 13%-os csökkenés figyelhető meg a vizsgált időszakban, így elmondható, hogy ez a település is a járás átlagát követi. Csákánydoroszlóba csupán 1%-kal csökkent a népsűrűség a bázis évhez képest.

Megállapítást nyert, hogy Körment magasán kiemelkedik a mutató tekintetében a járás átlagából. Ez járás központ jellegének köszönhető. Összességében elmondható, hogy szinte mindegyik településen csökkent a népsűrűség, ennek a negatív tendenciának oka valószínűleg a születések számának mérséklődése, illetve a halálozások számának növekedése volt.

Vándorlási egyenleg (fő)

A járás átlagát tekintve a vándorlási egyenleg 2017-ben 1 fő volt, míg 2004-ben -2,5 fő, tehát csökkent az elvándorlók száma. Körmenten a 2004-ben -6 fő, míg 2017-ben 0 fő volt a vándorlási egyenleg. Ez azt jelenti, hogy itt is csökkent az elvándorlók száma. A mutató tekintetében 2017-ben Szaknyér, Velemér, Döröske teljesítettek a legjobban. Mindhárom településen nagymértékben növekedett az odavándorlók száma. Szaknyéren 2004-ben 0 fő, míg 2017-ben 89 fő volt a vándorlási egyenleg. Veleméren 2004-ben 32-en vándoroltak el a településről, 2017-ben pedig 57-fő volt

az odavándorlók száma. Döröskén 2004-ben 26 fő elvándorló, 2017-ben pedig 51 fő odavándorló volt.

A 2004-2017-ig tartó időszakot vizsgálva az összes településről elmondható, hogy a vándorlási egyenleg nagyon ingadozó értékek mutat.

Gazdasági mutatók:

Regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma (db):

A körmendi járásban a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma 2004-ben 93 db, míg 2017-ben 169 db volt. Ez a változás egy 80% -os növekedést jelent. Körmenden 2004-ben 84 db, 2017-ben 133,2 db volt a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra vetített száma, tehát 50%-os növekedés történt az időszakban. 2017-ben Viszák, Halastó és Szalafő településeken volt a legtöbb a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma. Viszák településen 55,3 db-ról 428,6 db-ra, Halastó esetében 33,3 db-ról 376,8 db-ra, míg Szalafőn 102,1 db-ról 368,7 db-ra növekedett a vizsgált időszakban a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma.

A regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma a vizsgált területen mindenhol növekedett. Körmend a járás átlaga alatt teljesített. A legnagyobb mértékű növekedést Halastón volt megfigyelhető, ahol 10-szeresére növekedett a regisztrált vállalkozások 1000 lakosra jutó száma. Ezt a kiugró növekedést egyrészt a lakónépesség csökkenése okozta. 2008-ban történt egy nagy lépés a vállalkozások számának növekedésében a településen, ez a növekedés több településen is megfigyelhető volt. A növekedést továbbá a helyi iparüzési adó csökkenése okozta.

A kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma (éj):

A mutatót csupán csak a járásközpontban vizsgáltam 2008-2017 között, mivel nagyon sok település esetén titkosítva vannak az adatok.

A körmendi járásban 2008-ban 921,5 éj, míg 2017-ben 2764 éj volt a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma. Körmenden a kereskedelmi szálláshelyeken eltöltött vendégéjszakák 1000 lakosra jutó száma 2008-ban 603,3 éj, míg 2017-ben 3844 éj volt, tehát egy nagymértékű növekedés történt. Az időszakban Körmenden nem volt számottevő az új szálláshelyek létre jötte, viszont jól látszik, hogy a növekedés nem csak Körmenden, hanem az egész járásban megfigyelhető volt. Ez a növekedés valószínűleg a 2010 óta tartó turizmusfejlesztési programnak köszönhető.

Körmend a járás átlagához hasonló ütemben fejlődött a mutató tekintetében.

Infrastrukturális mutatók:

Az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza (km)

A Körmendi járásban átlagosan 2004-ben 0,28km volt az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza. 2017-re ez 0,71 km-re növekedett. Körmenden az egy km vízvezeték-hálózatra jutó zárt csatornahálózat hossza 2004-ben 0,43 km, míg 2017-ben 1,04 km volt, köszönhetően a csatornázási támogatásoknak

2017-ben a települések 50%-án egyáltalán nem került szennyvízhálózat kiépítésre. 2004-ben a vizsgált települések 78 %-án nem volt szennyvízhálózat. A növekedés jelentős az időszakban. Megfigyelhető, hogy a legtöbb település esetén 2006-2008-as időszakban volt a legnagyobb növekedés a mutató tekintetében. Ez valószínűleg azoknak az Európai Unió támogatásainak köszönhető, melyek a települések infrastrukturális fejlesztését célozták meg (jelen esetben szennyvíz-hálózat kiépítése és ivóvíz hálózat fejlesztése).

A vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában (%)

A körmendi járásban vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 2004-ről 2017-re 37,4% -ról 41,2% -ra változott, amely egy 10% -os növekedést jelent Körmenden a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában 2004-ben 50.14 %, míg 2017-ben 48.44 % volt, ez egy kismértékű csökkenést jelent. 2017-ben Magyarnádalján, Vasalján és

Hegyhátszentjakab területén volt a legmagasabb a vezetékes gázfogyasztók száma a lakásállományból. Magyaránadalján 2004-ben 60%, míg 2017-ben 68,2%, Vasalján 2004-ben 57,2%, 2017-ben pedig 62,6%, Hegyhátszentjakabon pedig 2004-ről 2017-re 48,1%-ról 55,1%-ra emelkedett a vezetékes gázt fogyasztó háztartások száma a lakásállomány százalékában.

Szociális mutató:

Fiatalodási index (a 15 évesnél fiatalabbak a 60 éves és idősebb népesség százalékában)

Ezt a mutatót 2014-2017 között elemeztük. A körmendi járásban a fiatalodási index 2014-ben 67,1%, míg 2017-ben 61,3% volt. Körmenden 2014-ben 74,2 % volt, míg 2017-ben 62,5 % -os értéket mutatott a mutató. A legmagasabb értékkel Hegyhátszentmárton, Pinkaminszent, Nagykölked rendelkezett 2017-ben. 2017-ben Hegyhátszentmártonban 200% (2004-ben 63,3%), Pinkaminszinten 120%(2004-ben 96,4%) és Nagykölkeden 108% (2004-ben 150%) volt.

A települések nagyrésznél csökken a fiatalodási index, ez a legtöbb esetben a fiatalok számának csökkenéséből adódik. Körmend a járás átlag tendenciáját követi.

Foglalkoztatási mutató:

Nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből (%)

A körmendi járásban 2004-ről 2017-re 4% -ról 1,8% -ra csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből Körmenden 2004-től 2017-ig 3,9% -ról 1,7 % -ra csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből. 2017-ben Kerkáskápolna, Pinkaminszent, Szalafő, Szatta településeken nem volt nyilvántartott álláskereső. Ezekben a településeken 2004-ben 4,8%, 2%, 3,4%, 7,2% volt a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből, tehát az évek folyamán csökkent.

A vizsgált települések mindegyikén csökkent a nyilvántartott álláskeresők aránya a lakónépességből. Körmenden a járásátlagnak megfelelően történt a változás.

Helyi fontosabb fejlesztések (Körmend):

Körmenden több területen is történt az évek során fejlesztés. Nagyszámú infrastrukturális (pl. szennyvíz hálózat, vízvezeték hálózat, kerékpárutak kiépítésére irányuló fejlesztések, vasútállomás rekonstrukciója), közösségfejlesztést elősegítő (CLLD fejlesztés), gazdaság fellendítését segítő (helyi piac létrehozás) projekt indult. A város a település fejlesztési tervében több alap prioritást fogalmazott meg. A prioritások között szerepelnek a gazdaság fellendítését segítő projektek, infrastrukturális fejlesztések, a humán erőforrás fejlesztése és a környezetállapot megőrzése. A projektek döntő többsége Európai Unió források segítségével jött létre (Internet 3).

Következtetések, javaslatok

A térség aprófalvas, a települések között szoros a társadalmi - gazdasági kapcsolat. A vizsgált településekről elmondható, hogy közel azonos ütemben fejlődtek a különböző területeken, amely annak köszönhető, hogy területfejlesztési koncepciójuk nagyon hasonló. Körmend, mint járásközpont bizonyos területeken kiemelkedő a vizsgált települések között, viszont összeségében nem kiugró a fejlettsége.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Tóth, B.I. (2013). Időszerű áttekintés: területi fejlettségi vizsgálatok Magyarországon az ezredforduló után. Sopron. <https://doi.org/10.17836/EC.2013.1.076>
- Kiss, J.P., Németh, N. (2006). Fejlettség és egyenlőtlenségek: Magyarország megyéinek és kistérségeinek esete. MTA Közgazdaságtudományi Intézete, Budapest.
- Nemes Nagy, J. (1995). A GDP regionális számbavétele. Pro Geographia Humana. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Szabó, P., Farkas, M. (2012). A fejlettség különböző felfogásai és mérései Európában és Magyarországon. Közép-Európai Közlemények 1.
- Bíró, P., Molnár, L. n.d. "A Kistérségi Szintű Relatív Fejlettség Meghatározása *." Accessed May 3, 2019. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2004/06/wbiro.pdf>.
- Internet 1: <https://www.teir.hu/helyzet-ter-kep/>
- Internet 2: http://www.kx.hu/kepek/partnerseg/its/vegleges/ITS_Helyzetfelt_Kormend_201507.29._allig_atv.pdf
- Internet 3: <http://www.kormend.hu/oNKORMaNYZAT/Projektek.html>

A talajdegradáció fizikai módjaival kapcsolatos talajvédelmi szabályok kritikai elemzése

Stankovics Petra^{1*}, Tóth Zoltán²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* *stankovics.petra@gmail.com*

Összefoglalás

A természeti erőforrások, így a talaj védelme mindennapi feladatunkká vált, amely a védelem szabályozási és intézményi rendszerének időről időre történő értékelését, újra gondolását követeli meg. Ez indokolja, hogy ismételten foglalkozunk a talajok minőségét veszélyeztető hatásokkal, éppen azok kivédése, a káros hatások lehetőség szerinti megelőzése és a talajok jó minőségének megőrzése, valamint az ezt szolgáló környezetvédelmi szabályozás javítása, pontosítása érdekében. A dolgozat a talajvédelem kapcsán a mezőgazdasági földhasználat talajminőséget érintő hatásaival foglalkozik, különös tekintettel a vonatkozó szabályozásokra és azok fejlesztésére. A földhasználó talajvédelmi kötelezettségeit a fizikai talajpusztulási folyamatok közül az erózió és tömörödés példáján keresztül mutatjuk be. Áttekintjük az érvényben lévő szabályozás jelenlegi helyzetét, a fejlesztés igényeit és lehetőségeit, konklúzióinkban javaslatokat téve a szabályozás pontosítására, illetve kiegészítésére.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az általános védő jellegű jogszabályi kötelezettségek ellenére, a talaj folyamatosan pusztul (Németh et al., 2016), a talaj-degradációs folyamatok következtében a Földről évente 75 milliárd tonna termőföld tűnik el (Kertész, 2014), amelynek mértéke jelentősen függ a talajhasználati módoktól (Tóth et al., 2016). A szakszerűtlen talajhasználat, illetve agrotechnika, a monokultúrás gazdálkodás a nagyüzemi mezőgazdaságban alkalmazott nehézgépek kiváltotta talajtömörödés és szerkezetromlás, továbbá a növényvédő szerek és műtrágyák túlzott használata erózióhoz, talajpusztuláshoz vagy talajszennyezéshez vezet (Ángyán et al., 2018; Dömsödi, 2006). A talaj tehát a levegőhöz és vízhez hasonlóan védelmet igényel a szennyezés, erózió, pusztulás ellen.

A termőföld-védelem szabályozásnak két oldala, vonatkozása van: a mennyiségi és a minőségi aspektust jelentő „talajvédelem”. Környezetvédelmi szempontból előbbi a természeti erőforrások pazarlását (igénybevételét), utóbbi a környezet szennyezését, illetve minőségromlását (terhelését) igyekszik visszafogni. Az állam a talajvédelmi feladatait elsősorban a hatósági intézményrendszer fenntartása és működtetése révén látja el. A talajvédelmi szabályok közvetlen kötelezettje a földhasználó és a földtulajdonos. A tanulmányban a földhasználó talaj-degradációs jelenségekhez kapcsolódó EU-s és hazai talajvédelmi kötelezettségei átfogóan kerülnek bemutatásra. A kutatás célja, hogy rámutasson a talajvédelmi szabályozás azon feszültségpontjaira, amelyek hozzájárulhatnak a különböző talajromlási folyamatokhoz. A földhasználó talajvédelmi kötelezettségeit a fizikai talajpusztulási folyamatok közül az erózió és tömörödés példáján keresztül mutatjuk be.

Anyag és módszer

A talaj védelme az állam és a földhasználó, illetve a beruházó és üzemeltető közös feladata. A törvény meghatározza a felelősségi viszonyokat és az ellenőrzés intézményrendszerét. A következőkben áttekintést nyújtunk a legjelentősebb szabályokról. A hazai talajokat érintő legfontosabb degradáció folyamatokat a nemzetközi irodalomban a különböző szerzők gyakran eltérő módon cso-

portosítják. Munkánk során a talajdegradációs folyamatok Stefanovits & Michéli (2005) (1. táblázat) csoportosítását vettük alapul. A fizikai degradáció két jellemző típusát elemezzük: az eróziót és a tömörödést.

1. táblázat: *A talajdegradáció típusai és következményei (Stefanovits & Michéli, 2005).*

Ha- tás	Mód	Következmény
Fizi- kai	Talajelhordás (víz; és szélerózió), talajlefedés, talajtömörítés, talajlazítás, talajvízszint változása	Művelhetőség, vízgazdálkodás, levegőzöttség, növényfejlődés romlása, vízerózió és szélerózió veszélye
Ké- miai	Légköri savas ülepedés, Savanyító hatású műtrágyák, Szikesedés, Tápanyagmérleg torzulás, Elárasztás, Nehézfém szennyezés, Növényvédőszer, kőolaj származékok, sugárzó anyagok talajba juttatása	Savasodás, szikesedés, mocsarasodás, tápanyagterhelés, tápanyaghiány, nitrátosodás, talajmérgezés
Bio- ló- giai	Erdőirtás, idegen növény- és állatfajok betelepítése, őshonos növény és állatfajok kipusztítása, beavatkozás a táplálékláncba	Humuszminőség romlása, víz-, szélerózió, a célállapottal ellentétes növényállomány, állatvilág degradációja, génkészletpusztulás, biodiverzitás csökkenés

A kapcsolódó szabályozás bemutatásához a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény (Tfvt.) 35-42.§; a 4/2004. (I. 13.) FVM rendelet az egyszerűsített területalapú támogatások és a vidékfejlesztési támogatások igényléséhez teljesítendő „Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot”, illetve a „Helyes Gazdálkodási Gyakorlat” feltételrendszerének meghatározásáról; a megyei kormányhivatalok talajerózió elleni védekezési kötelezettséggel kapcsolatos tájékoztatásait tekintettük át.

Eredmények és értékelésük

A talaj fizikai tulajdonságai és változó állapotának jellemzői nagymértékben befolyásolják a talaj sokoldalú funkcióképességét (Várallyay, 2002, 2016). A legfontosabb talajfizikai tulajdonságok - így a szemcseösszetétel, szerkezet, víz- és hógazdálkodási jellemzők - a talaj típusára jellemző, többnyire állandó értékek, amelyek a talajban lejátszódó kémiai és biológiai folyamatokat határozzák meg (Szalai, 2011). A talajállapot jellemzői azonban elsősorban a művelés hatására változó paraméterek. A talajműveléssel közvetlenül avatkozunk be a talaj fizikai állapotába, melynek hatása lehet kedvező, de kedvezőtlen is (Bidló, 2011). Az Országgyűlés által 2015–2020 közötti időszakra elfogadott Nemzeti Környezetvédelmi Program szerint a talajdegradációs folyamatok számos esetben a helytelen földhasználat, a talajvédelmi szempontokat figyelmen kívül hagyó gazdálkodás miatt alakulnak ki és a talajtermékenység csökkenése mellett a mezőgazdasági termelés költségeinek növekedését, az ökológiai, vízháztartási körfolyamatok felbomlását, a kockázatos anyagok felhalmozódását eredményezik. A helyszíni ellenőrzéseket, az elsőfokú hatósági feladatokat a megyei kormányhivatalok Élelmiszerlánc-biztonsági és Földhivatali Főosztályok növény- illetve talajvédelmi felügyelői látják el, míg másodfokon az talajvédelmével kapcsolatos hatósági és egyéb állami szakfeladatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) Talaj és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóságának (NTAI) Talajvédelmi Hatósági Osztálya (THO) látja el. A termőföld védel-

méről szóló 2007. évi CXXIX. törvény kiterjed a termőföldek hasznosítására, a földvédelem, földminősítés és a talajvédelem szabályozására. A Tfv. 35.§ alapján a földhasználó a termőhely ökológiai adottságaihoz igazodó talajvédő gazdálkodást vagy tevékenységet köteles folytatni. A termőföld ökológiai adottságaihoz nem igazodó helytelen művelési ág, művelésmód vagy technológia megválasztásával tartósan károsodhat a talaj termékenysége, biológiai aktivitása. „A föld megművelésének kötelezettsége feltétlen, és a föld mindenkorai használóját terheli.” Ez az általános tétel, amely kiindulópontként szolgál az esetleges mulasztások megállapítása, valamint a jogkövetkezmények alkalmazása esetén. Az általános szankció a földvédelmi bírság, amely a Tfv.-ben foglalt kötelezettségek, bejelentések és az engedélyek beszerzésének elmulasztásakor fizetendő. Ahogy arra Csirszki (2018) rámutat a Tfv. rögzíti, hogy az ingatlanügyi hatóság a földvédelmi eljárás, illetve a földvédelmi szakkérdés vizsgálata során minden esetben helyszíni szemlét tart, azonban célszerű lenne a rendszerváltozás előtti szabályozásból átvenni az ún. határszemléket, amelyeket a járási hivatalok földhivatali osztályának munkatársai bonyolíthatnának le, s azokról jegyzőkönyvet készítenének. A rendszeres ellenőrzéseket olyan időben kellene elvégezni, hogy az időszzerű mezőgazdasági munkák pótlásáról még gondoskodni lehessen.

Az erózió

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) becslése szerint 115 millió hektár, azaz Európa teljes földterületének 12%-a van kitéve a vízerózióknak, és 42 millió hektárt érint a szélerózió, ebből 2% súlyosan veszélyeztetett. Várallyay (2002) szerint az erózió hazánk összterületének 15,6 százalékát érintheti. A talajképződés szempontjából vizsgáljuk az eróziós folyamatokat - tekintve, hogy 10 cm vastagságú talaj képződéséhez 1.000 év is kellhet -, akkor megállapíthatjuk, hogy minden talaj erózió veszélyeztetett, azaz minden földhasználó kötelezettsége az erózió elleni védelem. Ennek ellenére az erózió elleni védekezés a Tfv. 36. §-a alapján csak azt a földhasználót terheli, akinek földje talaj erózióval veszélyeztetett területen van, ebből az következik, hogy a jogalkotó szerint van olyan terület, ahol sem a szél, sem a víz nem tud eltávolítani 1 mm vastagságú talajtakarót a felszínről. Az Tfv. 36. § (1) szerint a földhasználó a víz- és/vagy szélerózió erózióval veszélyeztetett területen az erózió megakadályozása érdekében köteles a szántó művelési ágú földrészleten a talajfedettséget szolgáló növényeket természetni, és olyan művelési módot alkalmazni, amely a talaj szerkezettségének megóvásával, megszüntetésével elősegíti a csapadékvizek talajba jutását. A vízerózióknak kitett (12% feletti lejtő vagy 5% feletti, de hosszú, megszakítás nélküli lejtő) szántó művelési ágú földrészleten a vízerózió megakadályozása érdekében a földhasználó köteles jó talajfedettséget biztosító növényeket természetni. A 17% feletti lejtésű földterületeken a szántó művelési ág felhagyása javasolt, tekintettel arra a körülményre is, hogy az 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet 4-10.§ szerinti Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat szabályai alapján, e területeken se szervestrágya, se N-műtrágya nem juttatható ki. A Tfv. előírja a szintvonalas művelés folytatását. Ültetvény területen szintvonalakkal párhuzamos irányú telepítést kell végezni, vagy a sorközök fedettségét gyepesítéssel, talajtakarással biztosítani. Rét, legelő (gyep) művelési ágú földrészleten fokozott gondot kell fordítani a talajt kímélő legeltetésre, tekintettel kell lenni a legelőterületen egy időben tartózkodó állatok számára, a legelőre való fel- és lehajtás során alkalmazott útvonal változtatására, az állatok itató-, etető- és delelőhelyeinek, valamint a téli karám helyének optimális megválasztására. Amennyiben ezek teljesítése nem alkalmas az erózió megakadályozására, úgy a földhasználó köteles a művelési ágot megváltoztatni, vagy gyep-, cserje- és erdősávot létesíteni, vagy talajvédelmi műszaki beavatkozásokat, valamint létesítményeket alkalmazni. Az erózió elleni védelmet nyújtó terepalkulatokat, gyep-, cserje- és erdősávokat meg kell őrizni. Ahol a gyepalkotó a talajvédelem követelményeinek nem felel meg, azt felújítással helyre kell állítani. A Tfv. szabályait a 4/2004. (I. 13.) FVM rendelet a „Helyes Gazdálkodási Gyakorlat” azzal egészíti ki, hogy a 12%-nál nagyobb lejtésű területen kapás kultúrák termesztését megtiltja, illetve a talaj megnyitását eredményező művelést követően talajlezáró művelet alkalmazása írja elő. Nagy mennyiségű és intenzív esőzések esetén, ha

a gazdálkodó a szükséges megelőző intézkedéseket megtette, akkor a talajvédelmi hatóság a kialakult káreseményt vis maiorként értékeli, és szükség esetén a gazdálkodót a hatóság rendelkezésére álló eszközökkel próbálja segíteni. A Tfv. 48.§ (3) bekezdése szerint bejelentési kötelezettség alá esik: „a termőföld minőségét veszélyeztető tevékenységet és eseményt a talajvédelmi hatóság részére haladéktalanul be kell jelenteni”, erre azért van szükség, hogy az eróziós kár helyreállítását a talajvédelmi hatósággal egyeztetett módon kezdjék meg a gazdálkodók. Ültetvényekben, gyepterületeken és át nem művelhető árkok esetében a víz által elhordott termőföldet vissza kell hordani, vissza kell tölteni az eróziós árkokba. Az elhordott talaj táblán belüli mozgatása nem feltétlenül engedélyköteles tevékenység. A talajvédelmi hatóság engedélye (mezőgazdasági célú tereprendezési engedély) abban az esetben válhat szükségessé, ha az erózió nem csak a humuszos termőréteget érintette (jelentős mélységű és nagyobb volumenű földmunkával járó beavatkozás szükséges), vagy táblán belül a helyzet nem kezelhető, és külső forrásból származó talajanyagokkal kell az anyagszükségletet megoldani. Káresemény bekövetkezése és a jogkövető magatartás bizonyítható hiánya esetén a talajvédelmi hatóság a gazdálkodót felelősségre vonhatja.

A tömörödés

A talaj (és különösen a nedves talaj) szerkezeti stabilitása nem eléggé erős ahhoz, hogy ellenálljon a nagyobb terhelésnek. A talaj olyan tulajdonságait, mint a porozitás és az áteresztőképesség a ránehezedő nyomás megváltoztatja, ami pedig tömörödéshez vezet. Az összes pórustér térfogatának csökkenése mellett, a pórusrendszer funkcionálisan is átalakul, aminek következtében a pórusok átjárhatósága megszűnik. A talajban a gáz és a víz mozgása akadályozottá válik, emiatt kevesebb víz és oxigén áll rendelkezésre. A talaj alsóbb rétegében bekövetkezett tömörödés hatására a talajok vízgazdálkodása leromlik, mely száraz időszakban a talaj mélyebb rétegeiben tárolt nedvesség növényhez jutását és a csapadékvíz talajba szivárgását egyaránt meggátolja. A gyökerek növekedése korlátozottá válik, ami pedig komoly termés-csökkenést eredményezhet. A tömörödés fő oka a nem megfelelő talajhasználat (Rásó et al., 2014): ha adott méretű területen túl nagy állatállományt tartanak, a nehéz gépeket nem megfelelően használják, illetve, ha túl nedves állapotban végzik a művelést. A Tfv. 40 § a földhasználót kötelezi, hogy a talaj tömörödésének megelőzésével és/vagy megszüntetésével akadályozza meg a káros vízbőség vagy belvíz kialakulását. Szántó területen a földhasználó köteles olyan művelési módot alkalmazni, amely a talaj szerkezetességének megóvásával, a talajtömörödés megakadályozásával, megszüntetésével elősegíti a csapadékvizek talajba jutását, és/vagy szintvonalas művelést folytatni. Az erózióvédelem szempontjai szerint kialakított parcellák talajának tömörödöttségét rendszeresen ellenőrizni kell, és szükség esetén a megfelelő mélységű talajlazításról gondoskodni kell. A talaj szerkezetességének megóvása, a már leromlott szerkezetű, elporosodott talaj javítása érdekében szerves anyagok rendszeres talajba dolgozása szükséges. A talajok termékenységének hosszú távú fenntartása érdekében a melléktermékek energetikai célú hasznosítása kerülendő. A melléktermék (kalászos szalma, kukorica-, napraforgó-, repceszár) értékesítéséből származó jövedelem mellett figyelembe kell venni a kiesésével okozott kárt is, ami a későbbiekben kiadásként jelentkezik: jelentős tápanyagtartalom; bálázás-szállítás során jelentkező talajtömörödés; a talaj csökkenő szervesanyag-tartalma folytán bekövetkező minőségromlás terméscsökkenés. A 4/2004. (I. 13.) FVM rendelet az egyszerűsített területalapú támogatások és a vidékfejlesztési támogatások igényléséhez teljesítendő „Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot”, illetve a „Helyes Gazdálkodási Gyakorlat” feltételrendszerének meghatározásáról a talajtömörödés elkerülése érdekében előírja, hogy a termőföld hasznosításának megfelelő gépeket kell alkalmazni, a nedvességtartalomnak megfelelő művelés- és menetszámmal, illetve ötévente egyszer mélyművelést kell alkalmazni.

Következtetések, javaslatok

A talajt a társadalom és a jelenlegi jogszabályaink nem fontosságához és sokoldalú jelentőségéhez méltó körültekintéssel kezelik és nem kellő szigorral védik. Az intenzív földhasználat jelentős mértékben károsan befolyásolhatja a talajt és annak funkcióit, miközben világszerte felértékelődnek a gazdasági fejlődés és népességnövekedés következtében egyre csökkenő talajkészletek. Az előttünk álló nagy feladat az, hogy a földhasználat valamennyi területén érvényt szerezzünk annak a célnak, hogy a többféle funkciót betöltő talajkészleteink további területi és minőségi kárt ne szenvedjenek. Az állam feladata ebben a kritikus helyzetben a nemzeti és helyi érdekeknek megfelelő törvénykezés, hogy a talajhasználat ellenőrzötté váljon, és ne vezethessen pusztuláshoz vagy szennyezéshez. A földhasználatot úgy kell végezni és szabályozni, hogy az a lehető legkisebb mérvű terhelést és igénybevételt idézze elő.

A mezőgazdasági területeken a talaj szempontjából az agrárjog a mérvadó, azonban rendkívül nehéz olyan szankciórendszert kidolgozni a tömörödés és a szikesedés esetére, amely preventív és hatékony. A Tftv. minden földhasználót kötelezettségévé teszi a talaj szervesanyag-tartalmának megőrzését, a talaj savanyodásának, szikesedésének megakadályozását. A talajdegradációs folyamatok azonban arra utalnak, hogy a talajművelési tevékenység megfelelő elvégzésének ellenőrzése és számonkérése nélkül ezeket a kötelezettségeket a földhasználók nem tartják be. A talajvédelemhez kapcsolódó legfontosabb javasolt intézkedés az ellenőrzések számának és hatékonyságának a növelése lehetne.

Szükséges lenne a területalapú támogatásban egyértelműen jelezni, hogy a támogatás megvonásával jár, ha a törvény adta kötelezettségeket a földhasználó nem teljesíti. A területeken a hatósági jelenlét, valamint az ellenőrzések gyakoriságának növelése, a kötelezettségek szigorú számonkérése kedvező irányú változást eredményezhetne ezen a téren. A talajerózió elleni védekezést általános földhasználati kötelezettséggé kell tenni a gazdálkodók számára, ez áll összhangban a gazdák érdekével is.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Ángyán, J., Menyhért, Z. (1997). Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Bp., 414.
- Bidló, A., Bíró, B., Füleky, Gy., Farsang, A. (2011). Talajvédelem, talajtan. Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 10–13.
- Dömsödi, J. (2006). Földhasználat. Dialóg – Campus Kiadó. Pécs, 408.
- Kertész, Á. (2014). A talajerózió mint globális probléma. 18-31 In: Jakab, G., Szalai, Z. (ed). Talajpusztulás Térben és Időben. MTA CSFK FTI, Bp.
- Németh, T., Tóth, G., Berényi Üveges, J. (2016). A talajvédelem jelentősége és szabályozása. Magyar Tudomány, 10, 1184–1192.
- Rásó, J., Csiha, I., Keserű, Zs., Kamandiné Végh, Á., Kovács, Cs. (2014). Talajtömörödöttség mérésére alapozott termőhely-értékelés tapasztalatai a Nyírségben. 79. In: Lipák, L. (ed). Alföldi Erdőkért Egyesület KUTATÓI NAP XXII. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK A GYAKORLATBAN, Alföldi Erdőkért Egyesület.
- Stefanovits, P. (1975). Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szalai, Z. (2011). Bevezetés a talajtanba környezet-tanosoknak. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Bp, 8–9.
- Szinay, M. (1979). A szikesedés és a talajfizikai jellemzők kapcsolatának vizsgálata, különös tekintettel a vízháztartásra. Vízügyi közlemények, 61(2), 220–233.
- Tóth, G., Hermann, T., Tóth, B., Németh, T. (2016). A talajok minősége. Magyar Tudomány 10, 1175–1184.

- Várallyay, Gy. (2016). A talaj multifunkcionalitása és korlátozó tényezői. *Magyar Tudomány*, 10.
- Várallyay, Gy. (2002). A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. In: „A növénytermelés szerepe a jövő multifunkcionális mezőgazdaságában) Ötven éves az Acta Agronomica Hungarica. Jubileumi tudományos ülés, 2002. XI. 19. Martonvásár, 13–25.
- Csirszki, M.M. (2018). Zártkertek a mezőgazdaság periferiáin. *Agrár- és Környezetjog*, 25, 41.
<https://doi.org/10.21029/JAEL.2018.25.22>

Az éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatok támogatásának szabályozása itthon és az Európai Unióban

Stankovics Petra^{1*}, Tóth Zoltán²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* *stankovics.petra@gmail.com*

Összefoglalás

Az EU mezőgazdasági szakpolitikája a Közös Agrárpolitika (KAP) olyan dinamikus támogatási rendszer, melynek fő célkitűzése, hogy lehetővé tegye a fenntartható élelmiszertermelést és a stabil élelmiszerellátást, társadalmi és a környezetvédelmi szempontokat is szem előtt tartva. Ezeket az alapvető társadalmi és környezeti célokat közvetlenül a mezőgazdasági termelők valósítják meg, mivel ők gondoskodnak a földhasználat során a talaj, a víz, a levegő, mint természeti erőforrások fenntartható használatáról és a biodiverzitásról. Kutatásunkban az agrár- és vidékfejlesztési támogatások rendszerének ismertetése után a zöldítéssel foglalkozunk bővebben. A jelenlegi KAP ciklus 2014-től 2020-ig tart, ezért különösen aktuális kérdés, hogy milyen változások várhatóak a 2021 utáni támogatási rendszerben. A zöldítési szabályokat mindenképpen egyszerűsíteni kell annak érdekében, hogy biztosítható legyen, a mezőgazdasági hasznosítás alá vont uniós földterületek fenntartható, de egyben jövedelmező művelése.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Kutatásunkban az agrár- és vidékfejlesztési támogatások rendszerét ismertetjük és a zöldítési (értsd: éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatok) támogatással foglalkozunk bővebben. A különböző agrártámogatási rendszerek jellemzői alapvetően határozzák meg egy ország földhasználatának jellegét. A hazai mezőgazdaságban a Közös Agrárpolitika (KAP) támogatási rendszere tölt be központi szerepet, hiszen a magyar gazdálkodók termelésének jövedelmezősége erősen függ az uniós agrár- és vidékfejlesztési támogatásoktól. (A búzatermés öttonnás termésátlag körül nullszaldós, így egy átlagos évjáratban, ebben a kultúrában egy „átlagos” gazda jövedelme tisztán támogatásból származik (Stefanics, 2017)). Jelenleg a KAP költségvetése a 2014 - 2020 közötti időszakra terjed ki, ennek keretében 408,31 milliárd eurónyi kiadásra van lehetőség. Az agrártámogatások az EU összköltségvetésének körülbelül 38%-át teszik ki, ez az uniós mezőgazdasági termelői közösség bevételeinek 46 %-át fedezi (Az Európai Unió hivatalos honlapja, 2014).

A jelenlegi költségvetést megelőző tárgyalások kezdetén komoly viták folytak a KAP szerkezetét, valamint korábbi forrásainak nagyságrendjét illetően. Az Állam- és Kormányfők Európai Tanácsa végül megőrizte a kétpilléres agrárpolitikát és benne a közvetlen kifizetéseket, de a zöldítés bevezetésével 2015-től a közvetlen támogatások 30 százalékát az éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatok bevezetéséhez kötötte. A zöldítést Európa szerte számos kritika érte, a gazdák részéről a bürokratikusága, illetve az esetleges termeléskorlátozó hatása miatt, míg a környezetvédők állásfoglalása szerint az intézkedések kevésbé járulnak hozzá a kitűzött célokhoz, így a biodiverzitás növeléséhez (Pánovics et al., 2012).

Az Európai Bizottság jelenleg folyamatosan felülvizsgálja a KAP több elemét, köztük a zöldítést is, ugyanis az agrárium szereplőit már most foglalkoztatja, hogy miként változik a támogatási rendszer az új, 2020-tól érvényes költségvetés kialakítása után. Az európai mezőgazdaságnak növelnie kell majd az uniós környezetvédelmi célkitűzésekhez való hozzájárulását is (Európai Bizottság, Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Főigazgatóság, 2017). Az éghajlatváltozás, a bizonytalan gazdasági környezet és a globális kereskedelem változásai és elvárásai mind befolyásolják a mezőgazdasági

termelők mindennapi tevékenységét. A jogalkotók feladata, hogy segítsék őket e hatások kezelésében, valamint, hogy jogi egyértelműséget és átláthatóságot biztosítsanak. Ezt elősegítendő, célkitűzésünk, hogy átfogó képet adjunk a hazai agrártámogatások szabályozásának rendszeréről, illetve bemutassuk a zöldítéssel kapcsolatos szükséges változtatásokat ahhoz, hogy elérhetőek legyenek az Unió környezetvédelemre és az éghajlatváltozás (káros hatásainak) csökkentésére irányuló céljai.

Anyag és módszer

Munkánk alapját jogszabáylelemzés és az EU Bizottság a 2020 utáni KAP-ra vonatkozó konzultációs eredményeinek vizsgálata képezik. A jogszabáylelemzés kiterjed a 67/2016. (X. 13.) FM rendelet a 2016. évi egységes területalapú támogatás, valamint az egyéb közvetlen támogatások összegeinek megállapításáról, a 2007. évi XVII. törvény a mezőgazdasági, agrár-vidékfejlesztési, valamint halászati támogatásokhoz és egyéb intézkedésekhez kapcsolódó eljárás egyes kérdéseiről és a 0/2015. (III. 13.) FM rendelet, valamint a jelenlegi KAP ciklus négy alaprendeletének vizsgálatára.

Az összehasonlító elemzés módszerével elemezzük a fent említett jogszabályokat összevetve a hazai és EU-s gyakorlatot bemutató szakirodalmakkal, így különösen a MAGYARORSZÁG KORMÁNYA B/. számú jelentésével az agrárgazdaság 2016. évi helyzetéről.

Eredmények és értékelésük

A támogatási rendszer alapját többéves pénzügyi keretről szóló rendeletek képezik, melyeket az Európai Parlament egyetértését követően a Tanács fogad el. Ezek rögzítik jogilag kötelező erejű kötelezettségvállalások alapján az éves általános költségvetés felső határait az EU összességében, illetve a különböző tevékenységi területekre külön-külön. (Európai Tanács és Az Európai Unió Tanácsa, 2014.) Az uniós mezőgazdasági politikáért a tagországok kormányai közös megegyezés alapján, együttesen felelnek, a mezőgazdaságra fordítandó közpénzeket összevonják, így a tagországoknak célzottan nyújtott szakpolitikai és pénzügyi támogatás helyett a mezőgazdaság támogatása az EU egészének szintjén valósul meg (EUMSz, 2012). A 2020 utáni agrár- és vidékfejlesztési támogatások szabályozására vonatkozó hivatalos jogalkotási javaslatokat az Európai Bizottság várhatóan 2018 nyarán a többéves pénzügyi keretről szóló javaslat kihirdetését követően terjeszti elő (Európai Bizottság, 2018).

Az uniós agrártámogatási rendszer hosszú reformfolyamat eredményeként alakult át: a termeléshez és a termékhez kötődő, a termelés mennyiségi növelését díjazó támogatás helyébe a termeléstől és terméktől egyre inkább elválasztott, a termelő megélhetését biztosító közvetlen támogatás lépett (Somai, 2014). A KAP legújabb reformja 2013-ban került az Európai Parlament, illetve az Agrárminiszterek Tanácsa által hivatalosan elfogadásra a Mezőgazdasági és Halászati Tanácsulésen, a 2020-ig tartó KAP kereteit meghatározó négy alaprendeletet meghozatalával. Ezek a közvetlen támogatásokról szóló 1307/2013/EU rendelet, az egységes piacszervezésről szóló 1308/2013/EU rendelet, a vidékfejlesztésről szóló 1305/2013/EU rendelet, illetve az ún. horizontális, pénzügyi alapoktól szóló 1303/2013/EU rendelet. A kifejezetten bürokratikus rendszer (jelenleg 44 jogcímmel lehet támogatási és kifizetési kérelmet benyújtani) átláthatóságát a Magyar Államkincstár által fenntartott egységes kérelmek beadására szolgáló felület segíti. A támogatás igényléséhez a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara falugazdászai nyújtanak segítséget a gazdálkodóknak (agrotrend.hu, 2018).

A támogatási rendszer elemei feloszthatók kötelező és a tagállamok által önkéntesen vállalható elemekre, a kötelező elemek az alaptámogatás (SAPS), fiatal gazdálkodóknak juttatott támogatás és a „zöld” komponens (zöldítés). A továbbiakban a zöldítés szabályozását vizsgáljuk, melynek bemutatása mellett a kialakult gyakorlatot is elemezzük.

A zöldítésre a tagállamoknak az éves bruttó közvetlen támogatási keretük 30%-át kell fordítaniuk (Agrárgazdasági jelentés, 2016). 2015 óta minden gazdálkodó számára kötelező betartani ezeket az éghajlat és környezet szempontjából fontos mezőgazdasági gyakorlatokat, amelynek követelményrendszerét a 1307/2013/EU rendelet mellett, a 10/2015. FM rendelet fekteti le. A támogatás feltétele a kölcsönös megfeleltetés intézkedéseinek betartása (809/2014/EU). A támogatás összege ~81 euró, azaz mintegy 25.000 Ft hektáronként, amely éves kifizetésű, vissza nem térítendő támogatás. A zöldítés éves keretösszege mintegy 125,0 milliárd forint, 2016-ban ezen a jogcímen 154,4 milliárd forint került kifizetésre (Weisz, 2017).

A zöldítés három különböző gyakorlat összessége, ezek az állandó gyepterületek fenntartása, a terménydiverzifikáció és az ökológiai jelentőségű területek fenntartása, a következőkben ezt a három gyakorlatot ismertetjük:

1. Az állandó gyepterületek fenntartása arra ösztönzi a gazdákat, hogy a gyepterületeknek minősülő területeket őrizzék meg. Az 1307/2013/EU rendelet alapján, az országban meglévő állandó gyepek összterületének méretét kell Magyarországnak évről évre megőriznie. Minden évben a 2015-ben megállapított induló értékhez kell viszonyítani az adott évi magyarországi állandó gyepek méretét, a 2016. évi országos állandó gyepterület arány 12,39% (Agrárgazdasági jelentés, 2016).
2. A terménydiverzifikáció választása esetén a 10 ha fölötti szántóterületen gazdálkodóknak adott évben a szántóterületeken legalább két különböző növénykultúrát kell termesztetni, míg a 30 ha feletti szántóterülettel rendelkezőknek legalább három féle növénykultúrát. Két kultúra esetén a legnagyobb területen termesztett növénykultúra a szántóterületnek legfeljebb 75%-át foglalhatja el, három növény esetén pedig a legnagyobb területen termesztett növénykultúra a szántóterületnek legfeljebb 75%-át foglalhatja el, a két legnagyobb területen termesztett növénykultúra együttesen nem haladhatja meg a szántóterület 95%-át (7.§. 10/2015. FM rendelet).
3. Az ökológiai jelentőségű területek kijelölése (EFA): a 15 ha fölötti szántóterületen gazdálkodóknak a szántóterületük legalább 5%-ának megfelelő kiterjedésű ökológiai jelentőségű területet kell kijelölniük. (Ilyenek lehetnek például: a parlagon hagyott területek, az ökológiai jelentőségű másodvetés, a fásor, vagy a nitrogénmegkötő növényekkel bevetett területek.) A terménydiverzifikációt ebben az esetben nem kell érvényesíteni a fennmaradó területen.

A zöldítés eredményeit értékelő EU Bizottsági jelentés szerint a legtöbb elem beazonosítása, értelmezése is nehéz volt a gazdáknak, ezért nem a tájelemek, inkább a biztosabban mérhető, táblaszintű elemeket (minden tagállamban 89 százalékban ökológiai másodvetést, parlagoltatást, és nitrogén megkötő növények vetését) választották a követelmény teljesítéséhez (Európai Bizottsági Jelentés, 2017). Így a biodiverzitás növekedésére vonatkozó elvárások kevésbé teljesültek. A zöldítési szabályok végrehajtását és ellenőrizhetőségét a KAP legnagyobb terheket jelentő és legösszetettebb elemeként határozta meg a jelentés, amely korlátozza, a KAP hatékonyságát. A zöldítés bevezetése az elmúlt három évben a gazdálkodóktól folyamatos tájékozódást követelt meg és a tagállami intézményrendszert is jelentős kihívások elé állította. Az elmúlt két évben a Bizottság nagy energiákat fordított az uniós szabályozási hiányosságok feltárására és módosítására, melyeket a hazai jogszabályokba is át kellett vezetni (Európai Bizottság, 2014). A hazai gyakorlatban az általában kukorica-búza váltogatására berendezkedett gazdaságok számára gondot okozott a minimum 3 különböző kultúra termesztésére való átállás. A zöldítésnek enyhe termeléskorlátozó hatása volt, mivel a magyar gazdák gyakran a legolcsóbb megoldást, az ugarosítást választották, így több százezer hektárnyi földterület veszett el a mezőgazdasági termelés számára (Agrárgazdasági jelentés, 2016). A termelésből kieső földterületek egy része minden bizonnyal környezeti szempontból (pl. talaj-, víz, élővilág védelem) érzékenynek tekinthető, így a zöldítés ezeken a területeken vélhetőleg elérte célját, ugyanakkor más, mezőgazdasági alkalmasságuk szempontjából kitűnő minőségű termőföldet is érintett a szabályozás hatása.

A Bizottság egy javaslatcsomagot fogalmazott meg arra vonatkozóan, mely pontok esetében van szükség az uniós szabályozás felülvizsgálatára, amely változásokat 2018-tól kell teljesíteni a gazdáknak. Az EU célja az előírások átdolgozásával, hogy javítsa a zöldítés környezeti hatékonyságát és ezen belül maximalizálja az EFA-területek biológiai sokféleségre gyakorolt hatását (Földművelésügyi Minisztérium, 2018). Az alábbiakban részletezzük, hogy ez évtől a zöldítéssel kapcsolatos szabályozás mely főbb irányok mentén valósul meg:

- Az EFA-elemek igénylése során a Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszerben, (MEPAR) az EFA-tájképi elemeket fedvénnel kell ellátnia a gazdáknak.
- Az EFA-parlagterületeken legalább 6 hónapos pihentetési időszak követelménye került meghatározásra.
- Az egyik legjelentősebb novum a szántóterületekkel szomszédos EFA-területtel határos EFA-elem elszámolhatóságának lehetősége.
- Ökológiai másodvetés esetén 8 hetes fenntartási időszakot írtak elő, ezzel egyidejűleg eltörölték a vetési időszak kezdetét. (A gazdálkodónak csak azt kell figyelnie, hogy tárgyév október 1-jéig elvesse az ökológiai másodvetésnek szánt, legalább két faj keverékét és azt a vetéstől számított 60 napig ne forgassa be.)
- Nitrogénmegkötő növények esetében engedélyezett a más növényekkel való keverékek termesztése, úgy, hogy a keverékben a nitrogénmegkötő növények csíraszamaránya meg kell, hogy haladja az 50%-ot.
- További módosítás, hogy az EFA-ként elszámolni kívánt nitrogénmegkötő növényvel bevetett területeken, parlagon hagyott területeken, ökológiai jelentőségű másodvetésen és a mezőgazdasági termelés alatt álló erdőszélek mentén fekvő támogatható hektársávokon tilos növényvédő szert használni.

Következtetések, javaslatok

A 2020 utáni az agrár- és vidékfejlesztési támogatásokkal kapcsolatos fő kérdés, hogy milyen pénzügyi keretek között valósul meg. Valószínűtlen a támogatások teljes megszüntetése, de akár a teljes területalapú támogatást zöldítési szabályokhoz köthetik. Az éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatokra nagy szükség van azonban, a fenntarthatóságot nem csak környezeti, hanem gazdasági, társadalmi szempontból is szükséges érteni. A jelenleg tartó hétéves ciklusban a támogatások célját leginkább akadályozó tényező a bürokrácia túlzott mértéke volt és az éghajlatváltozás a mezőgazdasági termelők közösség számára a jövőben még több terhet fog jelenteni. Fontos, hogy olyan támogatási rendszert alakítson ki az EU 2020 után, amivel a termelőket a feltételek betartására ösztönzi és nem a megkerülésére. Törekedni kell arra, hogy ne a túlzott adminisztrációs kötelezettségből fakadó papíron teljesítés legyen a változásokból, hanem valóban a termőtalaj állapotát javítsuk, és a kultúrák megmaradását segítsük elő a támogatásokkal. A zöldítésre vonatkozó uniós jogból ezért ki kell iktatni néhány megterhelő részletszabályt, hogy képes legyen annak eredeti céljait úgy szolgálni, hogy a mezőgazdasági termelést többletköltségek ne terheljék és az ágazat versenyképessége fennmaradhasson.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Agrárgazdasági jelentés (2016). Magyarország Kormánya B/. számú jelentés az agrárgazdaság 2016. évi helyzetéről I-II. kötet. I. kötet Előadó: Dr. Fazekas Sándor földművelésügyi miniszter Budapest, 2017. 244–252. Online: <http://www.efosz.hu/wp-content/uploads/2017/12/Az-agr%C3%A1rgazdas%C3%A1g-2016.-%C3%A9vi-helyzet%C3%A9r%C5%91-sz%C3%B3l%C3%B3-jelent%C3%A9s.pdf> (2021.04.05.)
- Agrotrend.hu (2018). Agrotrend: Agrárpénzek. Online: <https://www.agrotrend.hu/piac/agrarpenzek/szamithat-a-falugazdasokra-iden-is> (2021.04.16.)
- Az Európai Parlament és a Tanács (2013). 1307/2013/EU rendelete a közös agrárpolitika keretébe tartozó támogatási rendszerek alapján a mezőgazdasági termelők részére nyújtott közvetlen kifizetésekre vonatkozó szabályok megállapításáról, valamint a 637/2008/EK és a 73/2009/EK tanácsi rendelet hatályaon kívül helyezéséről. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 347/608.
- Az Európai Unió hivatalos honlapja (2014). Európai Bizottság: Uniós finanszírozás. online: <https://europa.eu/european-union/about-eu/funding-grants.hu> (2021.04.05.)
- EUMSZ (2012). Az Európai Unió működéséről szóló szerződés egységes szerkezetbe foglalt változata. III. CÍM 38. cikk (1) Hivatalos Lap C 326, 26/10/2012 o. 0001 – 0390.
- Európai Bizottság (2014). A BIZOTTSÁG 809/2014/EU VÉGREHAJTÁSI RENDELETE az 1306/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet alkalmazási szabályainak az integrált igazgatási és kontrollrendszer, a vidékfejlesztési intézkedések és a kölcsönös megfeleltetés tekintetében történő megállapításáról. 1. cikk (1).
- Európai Bizottság (2017). Jelentés. Online: https://ec.europa.eu/agriculture/consultations/cap-modernising/2017_en (2021.05.03.)
- Európai Bizottság, Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Főigazgatóság (2017): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Az élelmiszer-ágazat és a mezőgazdaság jövője. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX:52017DC0713> (2021.04.18.)
- Európai Bizottság (2014). A Bizottság 639/2014/EU felhatalmazáson alapuló rendelete a közös agrárpolitika keretébe tartozó támogatási rendszerek alapján a mezőgazdasági termelők részére nyújtott közvetlen kifizetésekre vonatkozó szabályok megállapításáról szóló 1307/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet kiegészítéséről és X. mellékletének módosításáról. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0639> (2021.04.05)
- Európai Bizottság (2018). Javaslat a Tanács rendelete a 2021–2027-es időszakra vonatkozó többéves pénzügyi keretről. Brüsszel, 2018.5.2. COM(2018) 322 final 2018/0132 (APP) Online: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/.../090166e5ba843f66> (2021. 05. 18.)
- Földművelésügyi Minisztérium (2015). 10/2015. (III. 13.) FM rendelet az éghajlat és környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatokra nyújtandó támogatás igénybevételének szabályairól, valamint a szántóterület, az állandó gyepterület és az állandó kultúrával fedett földterület növénytermesztésre vagy legeltetésre alkalmas állapotban tartásának feltételeiről.
- Földművelésügyi Minisztérium (2016). 67/2016. (X. 13.) FM rendelet a 2016. évi egységes területalapú támogatás, valamint az egyéb közvetlen támogatások összegeinek megállapításáról, a 2007. évi XVII. törvény a mezőgazdasági, agrár-vidékfejlesztési, valamint halászati támogatásokhoz és egyéb intézkedésekhez kapcsolódó eljárás egyes kérdéseiről és a 0/2015. (III. 13.) FM rendelet az éghajlat és környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatokra nyújtandó támogatás igénybevételének szabályairól, valamint a szántóterület, az állandó gyepterület és az állandó kultúrával fedett földterület növénytermesztésre vagy legeltetésre alkalmas állapotban tartásának feltételeiről.
- Földművelésügyi Minisztérium (2018). A zöldítés aktualitásai, 2018-tólalkalmazandó változásai. Online: http://www.kormany.hu/download/8/87/21000/OMEK_FM_fuzet%20A5_8o_2017_07_11_v2.pdf (2021.04.04)
- Pánovics, A., Glied, V. (2012). Cselekedj lokálisan! Társadalmi részvétel környezeti ügyekben, PTE ÁJK – IDRResearch Kft. / Publikon Kiadó, Pécs, 3.
- Somai, M. (2014). Agrártámogatások az Európai Unióban. In: Fejlesztési stratégiák – finanszírozási alternatívák. Heller Farkas Könyvek 1. Pázmány Press, Budapest, 225-246.
- Stefánits, Cs. (2017). Remek őszi búza hozamok az Alföld közepén. Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja, (28. évf.) 9. sz. 51.
- Weisz, M. (2015). Agrár- és vidékfejlesztési támogatások 2015-2020. AGRION Vállalkozásfejlesztő Iroda, online: www.alpokalja-fertotaj.hu/upload/news/141/weisz_m_llnc.pdf (2021.05.10.)

Környezeti tudatosság ismereti komponensének vizsgálata iskolai végzettség szempontjából

Szanati Angéla¹, Lukács Gábor^{1*}

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Agrár-és Élelmiszergazdasági Intézet

* lukacs.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

A környezettudatosság, a fenntartható fejlődés elméleti és gyakorlati alapjai, a jövő generációk igényeinek kielégítése napjaink egyik meghatározó nevelési célja. A környezetszemléletű értékrend, a természeti erőforrások túlhasználata rendszeres, napi problémaként merül fel az emberek és az emberiség kollektív tudatában is. Vizsgálatunkban összesen 99 fő, legmagasabb iskolai végzettségét tekintve középiskolai és főiskolai végzettségű célcsoport környezettudatosságát, ezzel kapcsolatos elméleti ismereteit, napi gyakorlatát és véleményét mutatjuk be.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Tóth (2016) szerint a fenntarthatóság, környezetkímélő megoldások az élet minden területén központi szerepet játszanak. A legtöbb ember elkötelezi ugyan magát a környezet védelmének érdekében, gondolataiban fontos szerepet kap a környezettudatosság, ugyanakkor cselekvései nem erre utalnak. Mindemellett Bacsí és társai (2014) szerint a környezeti tényezők, a fenntarthatóság és a versenyképesség viszonya hosszabb távon az érdekeltek (stakeholders) együttműködését feltételezi, érdekkonfliktusai feloldása érdekében.

A környezettudatosság több összetevőből épül fel, az emocionális érintettségén túl kell hozzá környezeti tudás is. Ezen felül az aktív környezeti cselekvéseket megelőzi a cselekvésre való hajlam vagy hajlandóság. Lukács Pál (2011) a környezettudatosság fogalmának definiálásakor az egyén és társadalom értékrendjének szerepét, illetve az erről megszerzett tudás és morális meggyőződés fontosságát emeli ki. Megállapítása szerint a környezettudatosság szemléletmódot és az emberi környezet megértéséhez szükséges ismereteket is integrálja, és ezáltal körvonalazhatóak a fenntarthatóság különböző dimenziói (ökológiai, társadalmi és gazdasági).

Kovács (2008) szerint a környezettudatosságnak különböző egyéni és társadalmi szintjei vannak. Ezek közül megkülönbözteti az ismereti, tudati komponens, amely a kognitívitás egyéni és társadalmi dimenzióját jelenti. Ez alatt a konkrét, környezeti tudást érti, amely a gyermekkortól idős korig bővíthető.

Berényi (2009) megállapítása szerint nagyon fontos a környezettudatosság vizsgálata során, hogy az egyénekre „fókuszáljunk”, értsük meg működésüket, ezáltal is feltárni befolyásolási lehetőségeiket. Ugyanakkor a probléma komplex, mivel az ember - társas lény (Aronson, 1998), tehát az egyéni vizsgálatok mellett fontos kontextusban is elemezni.

A környezeti nevelés lényegét, célját Jakusch és társai (2012) a következőképpen foglalják össze: *„elősegítse minden korosztály környezettudatos szemléletének, magatartásának, életvitelének kialakulását. Ezzel érhető el, hogy a felnövekvő nemzedék képes legyen majd tevékenységében, döntéseiben alkalmazni, érvényesíteni ezt a szemléletet és ismeretanyagot.”* Kiemelik ugyanakkor, hogy a környezeti nevelés során nemcsak a környezet-, illetve természettudományi, vagy a földtudományi ismeretek használhatóak fel, hanem a társadalomtudományi és történelmi ismeretek is többek között, ezzel is színesebbé téve a környezeti tényezők megismerését.

Kovács (2006) szerint a környezettudatosságnak különböző egyéni és társadalmi szintjei vannak. Ezek közül megkülönbözteti az ismereti, tudati komponens, amely a kognitívitás egyéni és társadalmi dimenzióját jelenti - utóbbi alatt a konkrét, környezeti tudást érti, amely a gyermekkortól idős korig bővíthetőek. Tóth-Poór (2019) szerint a hagyományos oktatási struktúra átalakítása során

nagyobb szerepnek kellene jutnia a fenntarthatóságra nevelésnek. Felmérésünkben – mellyel egy szélesebb körű felmérést alapozunk meg – a környezeti tudással kapcsolatos tényezők vizsgálatát tűztük ki célul.

Anyag és módszer

A vizsgálatainkat online kérdőíven, véletlenszerű mintán végeztük. A megkérdezettek közül alapszakot (BSc) és felsőfokú szakképzést végzettek közül 40 fő válaszolt, 26 nő és 14 férfi, 1958-1998 között születtek. Közülük önbevallásuk szerint 18 fő végzett öko- vagy környezettudatos képzést nyújtó iskolai tanulmányokat. A középfokú iskolai végzettséggel rendelkező válaszadók 59 fős csoportjából 31 nő és 28 férfi, 1950-1999 között születtek, közülük 25 fő vett részt környezettudatos vagy ökoiskolai képzésben.

Eredmények és értékelésük

Az egyik kérdésünk arra vonatkozott, hogy környezettudatossági szempontból rangsorolják a zöldfelületek, fák kedvező hatásait. A „Rangsorolja a zöld felületek, fák kedvező hatásait” kérdésnél a következő öt válaszlehetőség közül választhattak: (1) ipari alapanyagok lehetnek, (2) csökkentik a levegőben a port, (3) kellemes környezetet teremtenek, (4) oxigént termelnek, (5) csökkentik a zajt. A válaszadók – legmagasabb iskolai végzettségüktől függetlenül – ugyanúgy ítélték meg a fenti hatások fontosságát, az oxigén termelés az első helyre, a por mennyiségének csökkentése a második helyre, a kellemes környezet teremtése a harmadikra, a zajcsökkentés a negyedikre, míg az ipari alapanyaggá válás lehetősége az ötödikre került a felmérés alapján.

1. táblázat: Zöldfelületek kedvező hatásainak rangsorolása.

Válaszlehetőség	Középfokú végzettségű válaszadók		FSZ, BSc végzettségű válaszadók	
	Összes rangszám	Helyezés	Összes rangszám	Helyezés
Oxigént termelnek.	67	1	45	1
Csökkentik a levegőben a port.	134	2	96	2
Kellemes környezetet teremtenek.	200	3	127	3
Csökkentik a zajt.	215	4	143	4
Ipari alapanyagok lehetnek.	269	5	189	5

A „Rangsorolja a legfőbb globális problémákat” kérdésnél a túlnépesedés, az élelmiszerhiány, az energiaválság, a környezet romlása és a háború volt rangsorolható. Iskolai végzettségtől függetlenül mindkét válaszadó csoport a túlnépesedés problémáját sorolta előre, ugyanakkor második helyre a környezet gyors ütemű romlása került. A középfokú végzettségűek esetében a harmadik az élelmiszerhiány, míg negyedik az anyag- és energiaválság lett, míg a felsőfokú végzettségűeknél ez éppen fordítva volt. A háború és béke kérdését utolsó, ötödik helyre rangsorolták egyaránt.

2. táblázat: Globális problémák rangsorolásának eredményei.

Válaszlehetőség	Középfokú végzettségű válaszadók		FSZ, BSc végzettségű válaszadók	
	Összes rangszám	Helyezés	Összes rangszám	Helyezés
A Föld túlnépesedése.	115	1	86	1
Anyag- és energiaválság.	212	4	139	3
Állandósuló élelmiszerhiány.	194	3	140	4
A környezet gyors ütemű romlása.	145	2	87	2
Háború és béke kérdése.	219	5	148	5

A következő kérdésnél állításokat tettünk, amelyekkel egyet lehetett érteni, vagy el lehetett őket utasítani (Egytért Ön az alábbi állításokkal? volt a kérdés).

3. táblázat: Helyes válaszarány, %.

	Középfokú végzettségű	FSZ, BSc végzettségű
Hazai hulladéktermelés volumene	78	55
Földön éhező emberek száma	85	93
Mezőgazdaság vízfelhasználása	85	49
Föld kőolajkészletének megítélése	47	37
Klíímaváltozás volumene, az átlaghőmérséklet változása	94	60
Emberiség túlhasználja erőforrás	98	95
Háztartási hulladék komposztálással történő csökkentésének volumene	88	97

A hazai hulladéktermelés volumenére vonatkozó kérdés esetében a középfokú végzettségű csoport 78 százaléka, míg a másik csoport 55 százaléka adott helyes választ.

A Földön éhező emberek számára vonatkozó kérdés esetén a diplomások 93, míg a középfokú végzettségűek 85 százaléka adott helyes választ.

A mezőgazdaság vízfelhasználására vonatkozó kérdésünkre ugyancsak a középfokú végzettségűek adtak több helyes választ (85% illetve 49%).

A Föld kőolajkészletének megítélésekor mindkét csoportban a helytelen állítás választása volt a gyakoribb, a helyes válaszok a diplomásoknál 37, a másik csoportnál 47 százalék volt.

A klímaváltozás volumenének, az átlaghőmérséklet változásának megítélésére ugyanakkor a középfokú csoportban 94%, míg a diplomás csoportban 60 százaléknál helyes választ kaptunk.

Mindkét csoport döntő többsége úgy ítélte meg, hogy az emberiség túlhasználja erőforrásait (középfokúak 98%, diplomások 95%).

A háztartási hulladék komposztálással történő csökkentésének volumenére ugyanakkor a diplomások 97 százaléka, míg a középfokú végzettségűek 88 százaléka adott helyes választ.

Következtetések

Nagyobb volumenű, kérdőíves kutatásunkat megalapozó felmérésünkből megállapítható, hogy a mintánkban a kérdőívet kitöltők körében mind a középfokú, mind a felsőoktatási szakképzésben vagy alapszakon, főiskolán diplomát szerettek körében homogén a környezeti tényezők állapotának a megítélése. A globális problémák rangsorolásában két különbség volt, míg a környezettudati tudást mérő állítások esetében a középfokú legmagasabb végzettséggel rendelkezők adtak több helyes választ, ezzel némiképp alátámasztva, hogy a környezettudatossággal kapcsolatos ismeretek megszerzése nem kötődik feltétlenül és szükségszerűen a felsőfokú tanulmányokhoz.

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalomjegyzék

- Aronson, E. (1998): A társas lény. Budapest: Közgazd. és Jogi Könyvkiadó
- Bacsi, Zs., Kovács, E., Lőke, Zs., Horváth, K. (2014). What can tourism destination management do in health tourism destinations? - an empirical analysis. *Gazdaság és Társadalom*, 4, 48–67. <https://doi.org/10.21637/GT.2014.4.04>.
- Berényi, L. (2009). A környezettudatosság fejlesztésének alapjai. *Vezetéstudomány*, 60(10), 44–54. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2009.10.04>.
- Jakusch, P., Jakuschné Kocsis, T., Kardis, E. (2012). Környezeti nevelés hatékonyságának mérése a CELODIN Zalai Alapítvány öko-táboraiban. *Természetvédelmi Közlemények*, 18, 234–238.
- Kovács, A.D. (2008). A környezeti tudatosság fogalmköre és vizsgálata alföldi példákon. Doktori (PhD) értekezés, Földtudományok Doktori Iskola, Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Lukács, P. (2011). A jövő nemzedékének környezettudatos oktatás-nevelése a fenntarthatóság szolgálatában. Nemzetközi Energiatakarékosági Világnap, Kecskemét, 2011. március 4.
- Tóth, É., Poór, J. (2019). Az ökoturizmus kifejezés értelmezése: Hogy fogalmaz a szakma és a fiatal generáció? *Lépések a fenntarthatóság felé*, 24, 18–19.
- Tóth, É. (2016). Az ökoturizmus keresletének elemzése a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság területén. *Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Pannon Egyetem, Keszthely*.

Kertészeti és növénytudományok

AM gomba oltás és műtrágyázás hatása őszi búza (*Triticum aestivum*) mikorrhizáltságára és terméshozamára üzemi körülmények között

Bakonyi István¹, Csitári Gábor^{2*}

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

* csitari.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

Arbuskuláris mikorrhiza (AM) gomba oltóanyag hatását vizsgáltuk egy őszi búza fajtára (*Triticum aestivum* 'Mv Nádor') módosított üzemi körülmények között Nagyhörcsök mellett, 2016-ban és 2017-ben. A kísérlet talaja mészlepedékes csernozjom (WBR besorolás: Calcic Chernozem) volt, az átlagos humusztartalom 2,73%, az AL-oldható P₂O₅ és K₂O értékek 181 mg/kg és 149 mg/kg, a pH (KCl) 7,27. Az AM gomba oltóanyag *Rhizophagus irregularis* és *Glomus mossa* szaporítóegységeket tartalmazott. A talajoltás mellett a kezelések egy részében műtrágya vagy hígtrágya kezelést is alkalmaztunk, műtrágya esetén 130 kg N/ha, 78 P₂O₅ kg/ha, 60 K₂O kg/ha, hígtrágya esetén pedig 130 kg N/ha, 27 P₂O₅ kg/ha, 82 K₂O kg/ha adagban. Eredményeink szerint a mikorrhiza oltásnak és a trágya kezelésnek egyaránt szignifikáns hatása volt a termés mennyiségére (p<0,05 szinten). A mikorrhiza oltást kapott kezelések termésátlaga 8,91 t/ha volt, míg az oltatlan kezeléseké 8,50 t/ha. A műtrágyakezelést kapott parcellák termésátlaga 9,23 t/ha, a műtrágyát nem kapott kezeléseké 7,75 t/ha volt. A mikorrhiza oltás termésmenvelő hatása csak a tápanyagutánpótlás nélküli parcellákban érvényesült. A növényvédelmi kezelések egyformák voltak minden kezelésnél.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban a növénytermesztésben a mikrobiális oltóanyagok használatának jelentős növekedését tapasztaljuk. A NÉBIH honlapján jelenleg (2021. június 21.) 162 növénytermesztésben engedélyezett, mikroorganizmusokat tartalmazó készítmény található (Internet 1.). A talajoltóanyagok között kiemelt figyelmet érdemelnek az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombát tartalmazó oltóanyagok.

A zárwatermő növényfajok 85-90%-a képez szimbiózist gombákkal (Smith és Read, 2008). A fosszilis maradványok vizsgálata alapján megállapítható, hogy ez a típusú szimbiózis több mint 400 millió éve, a korai Devon időszak óta létezik a szárazföldi növényeknél (Taylor, 1995). A fossziliák és filogenetikai analízisek (Simon et al., 1993) arra utalnak, hogy a szárazföldi növények gyökérszete és az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák együtt fejlődtek és tartották fenn a szimbiózist, amelyben a gombák a korai időkben fontos szerepet játszottak a növények szárazföldi elterjedésében és foszfor felvételében (Morris et al., 2015). Az arbuskuláris mikorrhizát képző gombák természetes körülmények között ma is fontos szerepet játszanak a növények víz és tápanyagfelvételében (Smith & Read, 2008; Suriyagoda et al., 2014).

Az agro-ökoszisztémákban az AM gombák szerepe háttérbe szorult, sokféleségük és szaporítóképleteik mennyisége is lecsökkent (Douds & Millner, 1999; Posta, 2013). A csökkenés fő okai a talaj rendszeres bolygatása, a műtrágyahasználat, a fungicidek alkalmazása és a mono- és dikultúrák elterjedése. A termesztett növény megváltozott igényei mellett a talajban levő AM gombák kis mennyisége az oka a gyökerek alacsony mikorrhizáltságának. Kézenfekvő lehetőség a talajból hiányzó AM gomba mennyiséget oltással pótolni. Az AM gombákkal végzett talajoltás hosszú múltra tekint vissza, bár alkalmazásával kapcsolatban eltérőek az eredmények és megoszlanak a vélemények. Számos szántóföldi növényvel végeztek üvegházi és szántóföldi kísérleteket, amelyek eredményeit meta-analízissel is értékelték. Búza növény AM gomba oltását is tartalmazó meta-analíziseket McGonigle (1988), Lekberg & Koide (2005), Hoeksema et al. (2010) és Pellegrino et al. (2015)

is közöltek. Ezekben a meta-analízisekben általában az AM gomba oltás kedvező hatásairól számolnak be. A kutatók más része az AM gomba oltások kedvező hatásait kevésbé látja igazoltnak, sőt ökológiai veszélynek tekinti azt (Hart et al., 2017). Fő ellenvetéseik: az üvegházi és szántóföldi kísérleteket általában együtt értékelik; a legtöbb esetben a termésnövekedés nem igazolt, csak biomasszát mértek; nem követik nyomon a talajba került oltóanyag túlélését; a gyökér megnövekedett mikorrhizáltsága nem tulajdonítható egyértelműen az oltóanyagoknak; számos esetben az AM gomba oltás termésnövekedést okozott. Az AM gomba oltás általános alkalmazásával kapcsolatos kételyeket megfogalmazó kutatók is hasznosnak találták az oltást (üvegházi) kertészeti kultúrákban és leromlott talajokon (Hart et al., 2017). A leromlott talaj definiálására, meghatározására azonban nem közöltek adatokat. A szántóföldi kísérletek kisparcellás kísérletek voltak.

Pellegrino et al. (2015) 38 szántóföldi kísérlet eredményeit értékelve megállapították, hogy az AM gomba oltás őszi búzában átlagosan 20%-os termésnövekedést okoz. Megállapításaik átvételét azonban nehezíti, hogy a meta-analízisbe bevont kísérleti helyek közül mindössze három volt Európában, és azokban is csak a természetes gombaközösség hatását vizsgálták. További eltérés, hogy a pozitív eredményeket elsősorban a hazaihoz képest kevésbé intenzív termesztési körülmények között, alacsony termésátlagokkal kapták.

Az AM gomba oltás Magyarországon is az érdeklődés, kipróbálás tárgya a szántóföldi növénytermelésben. Vizsgálataink során üzemi körülmények között elvégzett (nagyparcellás) kísérletek alapján kerestünk választ az AM gomba oltás hazai körülmények közötti hasznosságára. Kísérleteinket egy széles körben használt, intenzív őszi búza fajtával, az Mv Nádorral végeztük üzemi körülmények között, két egymást követő évben. Kutatásunk célja annak vizsgálata volt, hogy üzemi körülmények között az AM gombával történő oltásnak van-e hatása az őszi búza terméshozamára.

Anyag és módszer

A szántóföldi kísérlet Nagyhorcsók (GPS koordináták: 46.891286, 18.519395) közelében lett beállítva, mészlepedékes csernozjom (WBR besorolás: Calcic Chernozem) talajon. A kísérlet talajának jellemzői: Arany-féle kötöttségi szám 43, az átlagos humusztartalom 2,73 %, az AL-oldható K₂O és P₂O₅ értékek 149 mg/kg és 181 mg/kg, CaCO₃ 5,05 m/m%, a pH (KCl) 7,27. A talajvizsgálato- kat a Velencei Talajvédelmi Laboratórium végezte 2014-ben. A kísérleti területen az elővetemények korábban napraforgó (2015), kukorica (2014), és borsó (2013) voltak. Az időjárási viszonyok 2016-ban a búza termesztéséhez ideálisnak voltak (418,7 mm csapadék tenyészidőben). 2017. év időjárása aszályos volt (241,5 mm csapadék a tenyészidőben) (saját állomás adatai).

A mikorrhiza oltóanyag az Aegis Sym Irriga mikrogranulátum (gyártó: Italtollina) volt. Többféle AM gombát tartalmaz, legnagyobb mennyiségben a *Rhizophagus irregularis* (korábban *Glomus intraradices*) és a *Glomus mosseae* fajokat. Az oltóanyag koncentrációja 1.400 spóra/g, ajánlott kijuttatási adagja 1-2 kg/ha (Internet 2.).

A kísérletben használt Mv Nádor őszi búza fajtát a martonvásári kutatóintézet munkatársai nemesítették és 2012-ben szerzett állami elismerést. Üzemi viszonyok között 8-10 t/ha termés elérésére képes, jó minőségű, keményszemű malmi búza. Szálkás kalásztípusú fajta. Növénymagassága 60-80 cm (alacsony), szára rugalmas, nagyon jó állóképesség jellemzi. Közepesen korai kalászosulású és érésű. Betegségekkel szemben ellenálló vagy mérsékelten ellenálló (Internet 3).

A kísérletben kétféle trágyakezelést (M = műtrágya, H = hígtrágya) és AM gomba oltást alkalmaztunk, összesen hatféle kombinációban: M-AM-, M-AM+, M+AM-, M+AM+, H+AM-, H+AM+. A kezeléseket három ismétlésben végeztük. A kísérlet során alkalmazott parcellaméret 10.000 m² (40x250 m) volt. A parcellákat sáv-osztott (strip-split-plot) elv szerint rendeztük el. A kísérletben a parcellák talajelőkészítése és növényvédelme megegyezett, az üzemi technológiának megfelelően történt.

Az előző (2015.) évi napraforgó betakarítása 2015. 08.31-én fejeződött be, melyet 09.01-én tárcsázás, majd 09.14-én (trágyázott parcellák esetén) kálium alapműtrágyázás követett. A magágy előkészítése kombinátorral történt 10.20-án. Az AM gomba oltóanyag kijuttatása 10.21-én történt. A vetés 10.26-án történt. A magágyba az inokulálást követő 7 napon belül megtörtént a gabona vetése. A műtrágyázott parcellákra 2016. 03.11-én. Ammónium-nitrátot (34%), 03.22-én Nitrosolt (30%) juttattunk ki. 2016.07.12. napján megtörtént a kísérlet betakarítása, melyet 2016.08.03-án egy tárcsázás, majd 08.26-án egy tarlókezelés, ezt követően pedig 09.05-én (műtrágyázott parcellák esetén) alaptrágyázás követett, melyet 300 kg/ha mennyiségben juttattunk ki N-P-K (9-25-25) műtrágyával, melynek leforgatása 09.06-07-én szántással történt. A kevés csapadék indokolta a talaj lezárását, melyet 09.08-09-én hengerrel végeztünk. Szeptember végén (9.29.) újabb adag nitrogén műtrágya került kijuttatásra Pétisó formájában, 100 kg/ha mennyiségben. Ezt követően a magágy előkészítése és a mikorrhiza oltóanyag kijuttatása 10.01-03. között történt a gyártó ajánlásának megfelelően, növényvédő géppel. A vetés 10.19-én történt, az inokulálást követő 7 napon belül. A műtrágyázott parcellákra 2017. 03.03-án 250 kg/ha; 03.25-én pedig 300 kg/ha Nitrosolt (30%) juttattunk ki.

A műtrágyakezelés során évente kiadott hatóanyagok mennyisége: 130 N kg/ha, 114 P₂O₅ kg/ha és 120 K₂O kg/ha.

A hígtrágyázott területeken mindkét évben évente egy alkalommal történt a sertés hígtrágya kijuttatása, melyet szórással, tartálykocsi segítségével végeztünk. A kijuttatott mennyiség mindkét évben a jogszabályi maximum 130 kg N/ha volt, mellette pedig 27 P₂O₅ kg/ha, 82 K₂O kg/ha került kiszórásra, mely 2 280 kg/ha sertés hígtrágyának a kijuttatását igényelte hektáronként (Csaba et al., 1978).

Az őszi búza növények gyökereiből mindkét évben mintát vettünk (2016.05.05. és 2017.05.05.). A parcellánként három véletlenszerű ponton vett minta mindegyikéhez 10-10 növényt ástunk ki, melyeknek gyökereit kimostuk, a gyökereket mosás után pedig 70 %-os alkoholban tároltuk. A mikorrhiza-kolonizáció mértékének meghatározásához – Giovanetti & Mosse (1980) módszere alapján – a gyökérszövetet tripánkéssel festettük.

A statisztikai értékelés során többtényezős varianciaanalízist, Duncan-tesztet és SzD5% érték számítását végeztünk. A szignifikancia minimumértékének a p<0,05 szintet tekintettük.

Eredmények és értékelésük

A 2016. évben a búzatermesztéshez kedvező időjárás volt, a tenyészidőben lehullott csapadék mennyisége 417,8 mm volt. Növényvédelmi problémák nem voltak, emiatt a kísérleti területen szokásos magas termésátlagokat mértünk. Ezek a termésátlagok a kísérleti területen 6,78-9,73 t/ha értékek között voltak.

A 2017. év erősen aszályos volt. A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége 241,5 mm volt. Növényvédelmi problémák nem voltak. Az egyes kezelések között azonban jóval nagyobb különbségek alakultak, mint az előző évben. A termésátlagok a kísérleti területen 4,19-12,67 t/ha értékek között voltak.

A két évben mért termésadatokkal három tényező varianciaanalízist végeztünk. A vizsgált tényezők az évjárathatás, az AM gomba oltás és a trágyázás voltak. Mindhárom tényező hatása szignifikáns volt a termés hozamokra. Az átlagtermés 2016. évben 8,57 t/ha (szórás: 0,90), 2017-ben 8,00 t/ha (2,69) volt. A tényezők kölcsönhatásai közül szignifikáns hatású volt az évjárt*trágyázás és az évjárt*trágyázás*AM oltás kölcsönhatás, szignifikáns hatást nem mutatott az évjárt*AM oltás és az AM oltás*trágyázás kölcsönhatás.

Az évjárt és kölcsönhatásainak szignifikáns volta miatt adatainkat éves bontásban is elemeztük. A termésátlagokat szórásukkal együtt az évek és kezelések szerint bontva az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat: Őszi búza (*Triticum aestivum* 'Mv Nádor') termésátlagok (\pm szórás) összesítve, évenként és kezelések szerint. (A szignifikáns különbségeket a felső indexben lévő betűk jelzik).

Kezelés	termésátlag (szórás) (t/ha)		
	2016. év	2017. év	összesen
M- AM-	6,95 ($\pm 0,27$) ^a	4,54 ($\pm 0,37$) ^a	5,46 ($\pm 1,37$) ^a
M- AM+	8,55 ($\pm 0,20$) ^b	5,57 ($\pm 0,11$) ^b	7,06 ($\pm 1,64$) ^b
M+ AM-	9,16 ($\pm 0,43$) ^b	7,50 ($\pm 0,21$) ^c	8,33 ($\pm 0,65$) ^c
M+ AM+	9,27 ($\pm 0,29$) ^b	7,84 ($\pm 0,19$) ^c	8,56 ($\pm 0,81$) ^c
H+ AM-	8,56 ($\pm 0,82$) ^b	11,56 ($\pm 0,96$) ^d	10,21 ($\pm 1,68$) ^d
H+ AM+	8,61 ($\pm 0,75$) ^b	10,98 ($\pm 0,73$) ^d	9,80 ($\pm 1,45$) ^d
SzD5%	0,653	0,665	0,441
Összesen	8,57 ($\pm 0,90$)	8,00 ($\pm 2,69$)	8,28 ($\pm 2,00$)

Jelmagyarázat: M = műtrágya kezelés; AM = AM gomba oltás; H = hígtrágya kezelés.

A kísérletben mért gyökér mikorrhizáltsági százalék vagy fertőzési százalék adatokkal szintén elvégeztük a három tényezős (évhatás, AM gomba oltás, trágyázás) varianciaanalízist. Mindhárom tényező hatása szignifikáns volt a gyökerek mikorrhizáltságára. Az átlagos mikorrhizáltság a kezelésekben a 2016. évben 9,8% ($\pm 0,90$), 2017-ben 13,9% ($\pm 2,69$) volt. Az AM gomba oltás nélküli mikorrhizáltság 2,8% ($\pm 2,12$), az oltott kezelések átlaga 20,9% ($\pm 1,88$) volt. A trágyázatlan kezelések átlaga 34,8% ($\pm 28,5$), a műtrágyát kapott kezeléseké 0,6% ($\pm 1,2$), a hígtrágyát kapott kezeléseké 0,2% ($\pm 0,6$) volt. A tényezők kölcsönhatásai közül szignifikáns hatású volt az évjárat*trágyázás és az AM oltás*trágyázás kölcsönhatás, szignifikáns hatást nem mutatott az évjárat*AM oltás és az évjárat*trágyázás*AM oltás kölcsönhatás. A mikorrhizáltság átlagértékeket a szórásukkal együtt az évek és kezelések szerint bontva az 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: Őszi búza (*Triticum aestivum* 'Mv Nádor') gyökér mikorrhizáltságának átlagai (\pm szórás) összesítve, évenként és kezelések szerint. (A szignifikáns különbségeket a felső indexben lévő betűk jelzik).

Kezelés	gyökerek mikorrhizáltsága (%)		
	2016. év	2017. év	Összesen
M- AM-	3,0 ($\pm 2,0$) ^a	14,0 ($\pm 1,7$) ^b	8,5 ($\pm 6,3$) ^b
M- AM+	55,3 ($\pm 7,6$) ^b	67,0 ($\pm 7,2$) ^c	61,2 ($\pm 9,2$) ^c
M+ AM-	0 ^a	0 ^a	0 ^a
M+ AM+	0 ^a	2,3 ($\pm 1,2$) ^a	1,2 ($\pm 1,5$) ^a
H+ AM-	0 ^a	0 ^a	0 ^a
H+ AM+	0,7 ($\pm 1,2$) ^a	0 ^a	0,3 ($\pm 0,8$) ^a
SzD5%	4,10	7,71	3,98
Összesen	9,8 ($\pm 21,1$)	13,9 ($\pm 25,1$)	11,9 ($\pm 23,0$)

Jelmagyarázat: M: műtrágya kezelés; AM: AM gomba oltás; H: hígtrágya kezelés.

A műtrágya és hígtrágya kezelések tapasztalatok alapján várt hatásait jól mutatják a 2016. évi terméseredmények, mind a műtrágya, mind a hígtrágya növelte a termés mennyiségét. A 2017. évben az őszi búzának kedvezőtlen időjárás miatt szignifikánsan csökkent a termés mennyisége az előző

évhez képest. A csökkenés nagyobb mértékű volt a műtrágyát nem kapott kezelésekben. A műtrágyakezelés hatását az AM gomba oltás nem tudta pótolni, de a kontrollhoz képest szignifikáns növekedést mutatott a termés mennyisége. A hígtrágya kezelés hatására a vártnál jóval nagyobb mértékben növekedett a termésmennyiség a száraz (2017.) évben, de az AM gomba oltás nem okozott többlet termést.

A gyökerek mikorrhizáltsága és a termésnövekedés csak a 2016., jó időjárású évben mutatott összefüggést és csak a trágyázatlan kezelésekben. A talajban az AM gomba propagulumok kis mennyisége okozhatta, hogy egy AM gomba oltásnak is mérhető hatása volt a termés mennyiségére. A trágyázott kezelésekben a gyökerek mikorrhizáltsága nagyon alacsony volt. A száraz 2017. évben szintén a trágyázatlan kezelésekben volt a legmagasabb a mikorrhizáltság, ez azonban nem mutatott összefüggést a termés mennyiségével. Ez ellentétben áll a szakirodalomban közölt általános megállapításokkal arról, hogy az AM gombák javítják a növények szárazságtűrését (Smith & Read, 2008). Kísérletünk területén több évtizedre visszamenőleg intenzív növénytermesztés folyt, melynek során feltöltő műtrágyázást is alkalmaztak. Az oltatlan kezelések gyökereiben alacsony mikorrhizáltságot mértünk. A talajból AM gomba spóraszámot, mikrobiális biomasszatömeget vagy más talajbiológiai jellemzőt nem határoztunk meg. Mindezek alapján és pontos definíció hiányában a kísérleti talajt nem minősíthetjük biológiai szempontból leromlott talajnak.

Terjedelmi és tematikai okokból jelen közleményünkben a mű- és hígtrágyázás termésmennyiségre gyakorolt hatását nem elemezzük.

Következtetések, javaslatok

Az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gomba oltás jó termőtalajon, intenzív termelési körülmények közötti nagyparcellás, tápanyagutánpótlás nélküli körülmények között is hatékonyan bizonyult. Hatékonyság alatt a szignifikánsan növekedett őszi búza szemtermés mennyiségét értjük. A gazdaságilag is előnyös hatékonyság vizsgálatához további számítások szükségesek. Adataink alapján azonban nehéz előre jelezni, milyen körülmények között számíthatunk termésnövekedésre. Az átlagos időjárású 2016. évben a műtrágyázás és hígtrágyázás mellett nem volt szignifikáns termésnövelő hatása az AM gomba oltásnak az adott őszi búza fajtánál. A száraz 2017. évben csökkent a termés, amit a műtrágyázás és az AM gomba oltás eltérő mértékben növelt. A termelő számára is használható ajánlások kidolgozásához még több (eltérő időjárású) évben, több búzafajtával elvégzett kísérletre van szükség. Az AM gombák nagyobb mértékű hasznosításához a növénytermesztésben szükséges a mikorrhizát képző gombák növekedését gátló tényezők (bolygatás, műtrágyázás) csökkentése, és az AM gomba oltás beillesztése az alkalmazott technológiába.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Csaba, L., Kiss, O., Szinay, M., Vermes, L. (1978). Hígtrágya-hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Douds, D.D., Millner, P.D. (1999). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 77–93. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00031-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00031-6)
- Giovanetti, M., Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of roots. *New Phytologist*, 84(3), 489–500. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- Hart, M.M., Antunes, P.M., Chaudhary, V.B., Abbott, L.K. (2017). Fungal inoculants in the field: Is the reward greater than the risk? *Functional Ecology*, 32, 126–135. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12976>

- Hoeksema, J.D., Chaudhary, C.V., Gehring, C.A., Johnson, N.C., Karst, J., Koide, R.T., et al. (2010). A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecology Letters*, 13, 394–407. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01430.x>.
- Internet 1. (2021. 06. 21.): <https://termesnovelo.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>
- Internet 2. (2021. 04. 26.): <http://www.mezogazdasagibolt.hu/termek/ITALPOI.2151/aegis-sym-irriga-05-kg-mikrogranulatum>
- Internet 3. (2021. 04. 26.): <https://elitmag.hu/buza/my-nador/>
- Lekberg, Y., Koide, R.T. (2005). Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. *New Phytologist*, 168, 189–204. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01490.x>
- McGonigle, T.P. (1988). A numerical analysis on published field trials with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Functional Ecology*, 2, 473–478. <https://doi.org/10.2307/2389390>
- Morris, J.L., Leake, J.R., Stein, W.E., Berry, C.M., Marshall, J.E.A., et. al. (2015). Investigating Devonian trees as geo-engineers of past climates: linking paleosols to paleobotany and experimental geobiology. *Palaeontology*, 58(5), 787–801. <https://doi.org/10.1111/pala.12185>
- Pellegrino, E., Öpik, M., Bonari, E., Ercoli, L. (2015). Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: A meta-analysis of field studies from 1975 to 2013. *Soil Biology & Biochemistry*, 84, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.020>
- Posta, K. (2013). Termesztés-technológiai beavatkozások hatása arbuszkuláris mikorrhiza gombaközösségekre szántóföldi és kertészeti kultúrákban. Akadémiai doktori értekezés, Gödöllő.
- Simon, L., Bousquet, J., Lévesque, R.C., Lalonde, M. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363, 67–69. <https://doi.org/10.1038/363067a0>
- Smith, S.E., Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- Suriyagoda, L.D.B., Ryan, M.H., Renton, M., Lambers, H. (2014). Plant responses to limited moisture and phosphorus availability: a meta-analysis. *Advances in Agronomy*, 124, 143–200. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00004-8>
- Taylor, T.N. (1995). Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian. *Mycologia*, 87(4), 560–573. <https://doi.org/10.1080/00275514.1995.12026569>

Szőlőoltványok tápanyag-ellátási kísérleteinek értékelése talajnélküli- és konvencionális technológia esetén

Bognár Enikő^{1*}, Sárdi Katalin², Poór Judit³, Szabó Péter⁴

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, hallgató

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, professzor emeritus

³Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet

⁴Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet

* bogie9803@gmail.com

Összefoglalás

Kísérleteinkben tápanyag-ellátási vizsgálatokat végeztünk talajnélküli technológiával és szabadföldön nevelt szőlőoltványokon, különböző összetételű termékek alkalmazásával. A szőlő szaporítóanyag számára legmegfelelőbb tápanyag-összetételt kerestük, a kontroll és 3 gyártótól származó eltérő összetételű készítmények hatásának összehasonlításával. Sikert elérni a megfelelő gyökeresedést, a vesszők beérését és az oltványok eredését mind a talajnélküli, mind a konvencionális technológia esetén más-más arányban, amely jól jelzi a két módszer közti különbségeket. A vegetatív paraméterek kontrolltól való eltérése a szabadföldi kísérletnél a hajtásátmérők tekintetében az I-es gyártó termékeinél, a II-es gyártó készítményeinél pedig a levélszám alakulásban mutatkozott meg. Megfigyelhető volt az is, hogy konvencionális technológia esetén a gyökerek vastagsága, beérése intenzívebb volt, míg a talajnélküli technológiánál sokkal sűrűbb, több, azonban kissé vékonyabb gyökérszövet alakult ki. A növényházi kísérlet során magasabb minőségű oltványok fejlődtek ki, mint szabadföldön. Eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a jövő az oltványok növényházi előállításában látható, így kiküszöbölhető számos, a konvencionális technológia során fellépő probléma.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A XIX. században kontinensünkön, majd később a század végén hazánkban megjelenő filoxéra jelentős károkat okozott a szőlőtermesztésben. Az oltványkészítés ekkor vált döntő fontosságúvá. A kártevő az európai fajták számára veszélyes, ezért a tengerentúli fajták immunitása miatt az oltványkészítés tette lehetővé a szőlőgyökértetű (*Daktulosphaira vitifoliae*, FITCH) elleni hatékony védekezést, így a szőlő újra telepíthetővé vált.

Az eredményes szőlőtermesztésben a szaporítóanyag-előállítás egyre nagyobb figyelmet kap, mivel ez teremti meg az ültetvény hosszú távú produktivitásához és kondíciójához szükséges alapokat. Az optimális tápanyagellátás ehhez elengedhetetlen. A megfelelő hatékonysághoz korszerű ismeretek szükségesek, mivel az ültetvények telepítése változatos adottságú termőhelyeken és különböző alany-nemes kombinációknál hozza a legideálisabb eredményt. A jövőbeli ültetvény kondícióját és gazdaságos fenntarthatóságát az életképes és patogénmentes szaporítóanyag alapozza meg, ezért egyre inkább előtérbe kerül az oltványok ellenálló képességének fokozása és a minél magasabb minőségi kritériumoknak való megfelelés. Ez a legalkalmasabb módja az ültetvények idő előtti leromlásának megakadályozására (Bognár et al., 2019).

A talajnélküli szaporítóanyag-előállítási technológia a közelmúltban került egyre inkább előtérbe, mivel lehetővé teszi a növények kedvezőbb fejlődését és produktivitását. A minőségi mutatók javulnak, mentes a talajlakó kórokozóktól és kártevőktől, és ezzel egyidejűleg kisebb a munkaerő-igénye (Buttaro et al., 2012).

Az ültetvények telepítése változatos adottságú termőhelyeken és különböző alany-nemes kombinációknál hozza a legideálisabb eredményt (Bognár et al., 2019), kísérleteinket ez indokolta. Több vizsgálati eredményben a fajta, a terhelés és a szőlőlevelek tápelem-koncentrációja között jelentős összefüggéseket találtak (Szőke et al., 1991).

A szőlő tápanyag-felvételi dinamikáját, már az 1980-as évektől tanulmányozták (Fregoni, 1984). Ebben az időben Magyarországon 1982-ben André János tenyészedényes tápanyag-ellátási kísérletet állított be a fajták eltérő tápanyagszükségletének és –hasznosító képességének megállapítására. André (1991) azt a következtetést vonta le, hogy a tápanyag adagok emelése jelentős tápanyag-felvételi különbségeket váltott ki és a fajta szerepe meghatározó volt, ugyanakkor a fajták átlagában a vesszőtömeg alakulásában a kezelések között nem volt kimutatható különbség.

A hazai szaktanácsadás már az 1980-as évektől magas szintű műtrágya igényt javasolt, amely szerint 13 kg N, 5-8 kg P₂O₅ és 15-20 kg K₂O hatóanyagra van szükség 1 tonna terméshez. Későbbiek folyamán a szükségesnek vélt tápanyag mennyiséget redukálták (HORINKA, 2010), 6-8 kg N, 2-3 kg P₂O₅ és 8-10 kg K₂O hatóanyagot javasoltak 1 tonna termés eléréséhez. A nemzetközileg elfogadott szakmai javaslat a terméskorlátozás nélküli ültetvénynél jelenleg 1 tonna termésre: 3-6 kg N, 1,4-2,5 kg P₂O₅ és 6-10 kg K₂O (Bognár et al., 2019).

Az 1980-as évek széleskörű kutatásai rámutattak arra is, hogy az egyes fajták optimális tápanyag-igénye között eltérések vannak, ezeket pedig a genetikai tulajdonságok határozzák meg. A megfelelő fejlődéshez és a jó minőség eléréséhez elengedhetetlen a létfontosságú, más elemmel nem helyettesíthető (esszenciális) makro- és mikroelemek ismerete.

Napjainkban a gyártók a fajta sajátos igényeit és a termőhelyi adottságokat figyelembe véve egyre szélesebb körben tudnak e célok elérése érdekében megfelelő terméket előállítani.

Kísérletem célja, hogy a kontroll készítményhez képest, a másik 3 gyártótól származó termékek fontos vegetatív paraméterekben és a tápláltsági állapotot jól jelző relatív klorofill-tartalomban (SPAD érték) megjelenő hatása közötti különbségeket tanulmányozzam.

Anyag és módszer

Növényházi kísérletünkben alanyfajtának a *Teleki 5C*-t választottuk, amely az egyik legelterjedtebb fajta a világon. Bakonyi & Kocsis (2004) szerint Teleki Sándor 1924-ben szelektálta Villányban a *Vitis Berlandieri* x *Vitis Riparia* T. 5A fajtacsoportból. Magyarországon a legnagyobb területen termesztett fajta. A növényházi kísérlethez nemes fajtának hazánkban területileg a legelterjedtebb vörösbor adó szőlőfajtát (Hegyközségek Nemzeti Tanácsa, 2016), a Kékfrankost választottuk.

A szabadföldi kísérlet egyik alapja a *Georgikon 28*-as alanyfajta. 1981-ben Bakonyi Károly és munkatársai állították elő a *Teleki-Kober 5BB* x *Vinifera* fajták pollenkeverékének keresztezésével (Bakonyi & Kocsis, 2004). Hajtásai egy időben érnek a *Teleki 5C*-vel. A konvencionális technológiánál a vizsgált nemes fajta az Olasz rizling volt. Kísérletünkben az Olasz rizling G.K. 33-as klónnal dolgoztunk.

Tápanyag-ellátási kísérlet sikeres végrehajtásához négy cég bocsátotta rendelkezésre termékeit, vizsgálataink során ezek eredményességét tanulmányoztuk. A gyártók neve nincs feltüntetve, a termékeket római számmal, illetve az általános tápelem-tartalmú műtrágyát - mint viszonyítási alapot -, a „kontroll” címkével jelöltük. Volt olyan gyártó, mely több készítményének kombinációjával kívánta biztosítani a megfelelő tápanyag-összetételt, ezt a római számok utáni arab számok jelzik.

A kontrollnak tekintett termék a szaktanácsadásban is népszerű, általánosan ismert, kifejezetten a szőlő számára kifejlesztett műtrágya. Összetett öntözőműtrágya tápoldatozásra és lombtrágyázásra. Érésgyorsító és minőségjavító hatású, növekedést serkentő szer, folyamatosan érő kultúrák számára (Bognár et al., 2019).

Az I-es számú gyártó 1-es készítménye alaptrágyázáshoz ajánlott készítmény, magas alkatartalma révén erős a gyökeresítő hatása. E gyártó 2-es terméke gyengíti a csírákori fertőzést okozó gombafajok fertőzőképességét. A gyártó 3-as terméke gyökértömeg növekedést serkentő, összetett folyékony műtrágya (Bognár et al., 2019).

A II-es számú gyártó 1-es készítménye általános összetételű műtrágya zöldtömeg-növelés céljából. Klórmentes termék, pozitív hatása a szőlőre, nem okoz idő előtti levélöregedést, a levélszélék

nem perzselődnek (Füleky & Sárdi, 2014). A gyártó 2-es terméke starter 100%-ban vízdoldható öntözőműtrágya a gyökérszet ideális növekedéséért.

A III-as számú készítmény holland termék, Magyarországon még engedélyeztetésre vár. Kedvező hatású a száraztömegre, szárátmérőre és az abszolút növekedési rátára. Növeli a levél klorofill tartalmát és pozitívan befolyásolja a fiziológiai folyamatokat is. Savakat, növényi kivonatokat, növényi olajokat tartalmaz (Bognár et al., 2019).

2019. február 20-án, majd 27-én történt az alanyfajta és a nemes fajta megszedése, és ezt követően hűtőtárolóban kerültek elhelyezésre. Az oltáshoz 2019. április 11-én készítettük elő őket az oldalképletek eltávolításával, méretre vágással, majd megtörtént az alanyvesszők vakítása. Az alanyfajta 5 napig, míg a nemes csapok csupán 2-3 órával az oltást megelőzően kerültek áztatásra a szakirodalom ajánlásai szerint (Czáka et al., 2011). Az oltásra 2019. április 15-én került sor „Omega - Uno” típusú oltógéppel (Bognár et al., 2019).

Az oltványok 2019. április 17-én kerültek a MATE Georgikon Campus cserszegtomaji hajtató helyiségébe. Az optimális tömörödést és a sterilitást kertészeti perlittel biztosítottuk. A hajtás első 5 napján állandó páratartalom mellett, 28-32 °C-on tartottuk a szaporítóanyagokat, majd ezt követően a helyiség hőmérsékletét folyamatosan csökkentettük. Az oltványok 21 nap előhajtás után (Bauer, 1966) a MATE Georgikon Campus növényházába kerültek kiiskolázásra talajnélküli közegbe (Bognár et al., 2019).

A Kékfrankos oltványok kiültetése két részben történt. Az első ültetés 2019.05.22-én volt, ekkor 186 db oltvány került a növényházba, ezekből 35 db, illetve a későbbiekben 3 egyed maradt értékelhető állapotban. 2019.06.07-én sor került a szaporítóanyagok pótlására 100 darab oltvánnyal. A hőmérséklet és a páratartalom szabályozására nem volt lehetőség, így a 286 db kiültetett szaporítóanyagból 14 db maradt meg. A növényházi tápanyagkísérletet 2019.10.07-én bontottam le, a BBCH skála szerinti 91-es fejlettségi stádiumban (Lorenz et al., 1994).

Az ültetéstől a felszedésig (májustól szeptemberig) a növényházban mért legalacsonyabb hőmérséklet 13,4 °C volt, míg a legmagasabb 55 °C. Az átlaghőmérséklet júniusban tetőzött 33 °C-kal. Az adatokat „Grow Observatory” szenzorral, a Flower Power applikáció segítségével gyűjtöttük be. Az öntözést egy vezérlő biztosította, melyet napi háromszori öntözésre állítottunk be.

A szabadföldi tápanyagkísérleteket Keszthelyen, a MATE Georgikon Campus szőlőiskolájában folytattuk. 2019.05.08-án került sor az Olasz rizling G.K. 33-as prebázis szaporítóanyagok oltványiskolában történő kihelyezésére, melyek kezelését 2019.08.07-én kezdtük meg. A vizsgálatba 69 növényegyedet vontunk be, így lett a kontroll készítménynél, az I-es és II-es gyártónál 17-17 darab, míg a III-as gyártónál 18 darab. Az oltványiskolában a szaporítóanyagok teljes elkülönítését nem lehetett megoldani, de a szerek növényegyedenkénti pontos kiadagolása lehetséges volt. A kísérletet 2019.10.22-én ért véget, a 69 darab oltványiskolába kiültetett szaporítóanyagból 50 darab eredt meg.

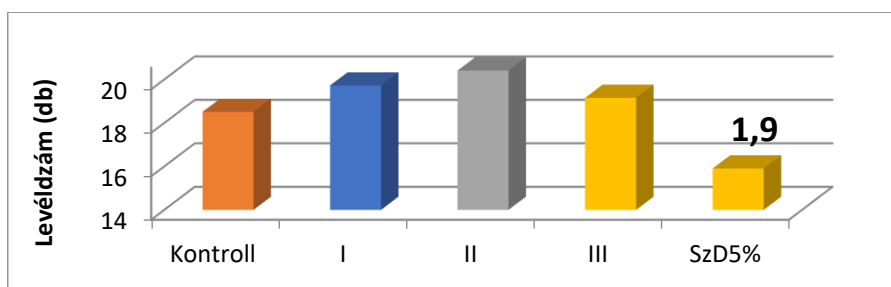
A levelek relatív klorofill-tartalmának meghatározásához a Konica Minolta SPAD 502 Plus készüléket alkalmaztunk, mely lehetővé teszi az élő növényi levelek relatív klorofill-tartalmának gyors és egyszerű meghatározását (Sárdi, 2016). A kísérletben a bonitálásnál a hajtáshosszúságot mérőszalaggal, a vitorlától a hajtás aljáig; a hajtásátmérőt pedig ügyelve arra, hogy a hajtás átmérője nem szabályos, digitális tolómérővel mértem le. Ezekon kívül végeztem még egyedenkénti levélszámlálást.

A kísérleti adatok statisztikai kiértékelését az SPSS 22.0 statisztikai programcsomaggal és a Microsoft Office Excel 2010-es programokkal végeztük. A szignifikáns differencia kimutatását független mintás t-próbával végeztük (Szűcs, 2002).

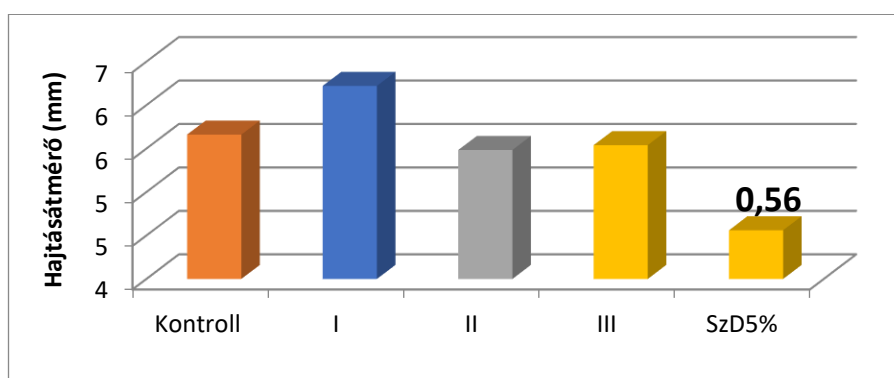
Eredmények és értékelésük

Mind a talajnélküli technológiával, mind a konvencionális technológiával nevelt oltványok gyökeresedését egyben értékeltük ki. A növényházban megmaradt kevés darabszámú szaporítóanyagok gyökérfejltsége a környezeti viszontagságok ellenére is meglepően jól alakult. Az 1-es fejlettségi értékkel mindössze 2 db (16,7%) oltvány rendelkezett, a további 10 (83,3%) szaporítóanyag gyökérkézete pedig a legmagasabb, 3-as fejlettségi értéket képviselte. 0-s és 2-es gyökérfejlettségi-értékű egyed nem volt. A szabadföldi kísérletből sem kerül ki 0-s értékű oltvány. Itt 1-es fejlettségi értékkel 10 db (20%), 2-es fejlettségi értékkel 34 db (68%), míg 3-as fejlettségi értékkel csak 6 db (12%) oltvány rendelkezett.

Korábbi vizsgálatok eredményeihez hasonlóan (Szabó et al., 2017) a talajnélküli technológiával nevelt oltványoknál a vegetatív paraméterek (levélszám, hajtáshossz, hajtásátmérő), és a SPAD értékek vonatkozásában a II-es gyártó és a kontroll készítmény között nem volt kimutatható szignifikáns eltérés. A szabadföldi kísérletnél viszont 5%-os szignifikancia szinten, az I-es gyártó termékcsoportjánál a hajtásátmérőknél, a II-es gyártó készítményeinél pedig a levélszám alakulásánál kimutatható volt a kontroll készítménytől való eltérés. Statisztikailag igazolható volt, így bizonyosságot nyert a gyártó által jelzett zöldtömeg-növelő hatás, ez a levélszám alakulásában kimutatható volt. Az I-es gyártó készítménycsoportjánál a hajtásátmérők alakulásában volt kimutatható a kontroll terméktől való szignifikáns eltérés (Bognár et al, 2019). A kezelésenkénti átlagokat, valamint a szignifikáns differencia értékét az 1. és 2. számú ábra szemlélteti.



1. ábra: Levélszám átlagok alakulása szabadföldön.



2. ábra: Hajtásátmérő átlagok alakulása szabadföldön.

Az időjárás jelentős befolyással volt mindkét technológia sikerességére. Összességében viszont az eredmények alapján a talajnélküli technológiával nevelt szaporítóanyagok gyökerének fejlődése kedvezőbben alakult, mint szabadföldi társaiké. A növényházban tíz fölötti darabszámú, kevésbé zömök gyökér képződött a szaporítóanyagokon, de még így is 3-as fejlettségi értékkel rendelkeztek. Szabadföldön kevesebb darabszámú, viszont a növényházi egyedeknél erőteljesebb gyökér képződött az oltványokon.

A SPAD értékeknél (levelek relatív klorofill-tartalma) az egyes készítménycsoportok kontrolltól való eltérése nem volt statisztikailag bizonyítható, viszont a SPAD értékek időbeli alakulása jól

modellezhető. A kezeléstől függetlenül, időben csökkenő tendenciát írnak le a lineáris trendfüggvények R^2 értékei.

Következtetések, javaslatok

A vegetatív paraméterek kontrolltól való eltérése a szabadföldi kísérletnél az I-es és II-es gyártó készítményeinél volt megfigyelhető. Az I-es gyártó termékeinek hatása a hajtásátmérő alakulásánál, a II-es gyártó készítményeinek hatása pedig a levélszám alakulásában nyilvánult meg, a relatív klorofill-tartalom (SPAD értékek) kontrolltól való szignifikáns eltérése viszont ezeknél a gyártóknál sem volt bizonyítható.

A gyökeresedés mértékét figyelembe véve, a talajnélküli technológiával nevelt oltványok értékei voltak kedvezőbbek. Egészséges, jól fejlett gyökérzet alakult ki a növényházi egyedek többségénél, feltételezhetően a talaj sterilitása és a tápanyag megfelelő hasznosulása miatt is, mivel itt nem volt hátráltató ok a kimosódás vagy a lombtrágya lemosódása. Megfigyelhető volt az is, hogy a konvencionális technológiával nevelt szőlőoltványok esetén a gyökerek vastagsága, beérése intenzívebb volt, míg a talajnélküli technológia esetén sokkal sűrűbb, azonban kissé vékonyabb gyökérzet alakult ki.

Eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a jövő az oltványok növényházi előállításában látható, mivel nem kell számolni a talajban lakó kórokozók és kártevők által okozott problémákkal (steril közeget biztosít a perlit), sem a szélsőséges időjárással és vadkárokkal. Kisebb helyen megvalósítható a technológia, és az oltványok egyedenkénti elkülönítése is megoldható tálcákban vagy konténerekben. Kisebb lenne a környezet-terhelés, ezzel nagyobb figyelmet kapna a fajták eltérő tápanyag szükségletéhez igazodó precíz és harmonikus tápanyag-ellátás.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- André, J. (1991). Készlettrágyázás hatása a szőlő tápanyagfelvételére a termés és a vesszőtömeg alakulására, homoktalajon tenyészedenyes tartamkísérletben. XXXIII. GEORGIKON NAPOK. A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei. II. KÖTET, Keszthely, 14–16.
- Bakonyi, K., Kocsis, L. (2004). Teleki Zsigmond élete és munkássága. VE GMK Központi Könyvtár és Levéltár Nyomdája, Keszthely, 19-20, 45–46.
- Bauer, K. (1966). Szőlősgazdák könyve. Integrált szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 70–73, 75–79, 164–166.
- Bognár, E., Sárdi, K., Szabó, P. (2019). Tápanyag - gazdálkodás vizsgálatok szőlőoltványokon. XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely, CD kiadvány.
- Bognár, E., Sárdi, K., Szabó, P. (2019). Tápanyag-ellátási vizsgálatok értékelése talajnélküli technológiával és szabadföldön nevelt szőlőoltványokon. Intézményi Tudományos Diákköri Konferencia, Keszthely.
- Buttaro, D., Serio, F., Santamaria, P. (2012). Soilless greenhouse production of table grape under Mediterranean conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 641–645. <https://doi.org/10.1234/4.2012.3071>
- Czáka, S., Füstös, Zs., Hrotkó, K. (2011). A növényzaporítás ábcéje. Oltás, vetés, dugványozás. Hetedik, átdolgozott kiadás; Mezőgazda Kiadó, Budapest, 85, 91–94, 118.
- Fregoni, M. (1984). Esigenze di elementi nutritivi in viticoltura Vignevini. 11, 7–13.
- Fülek Gy., Sárdi K. (2014). Tápanyag-gazdálkodás mezőgazdasági mérnököknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 5–16, 34–39, 182–183.
- Hegyközségek Nemzeti Tanácsa (2016). Magyarország szőlészetének és borászatának helyzete. Háttér tanulmány az ágazati stratégiához, 9, 44, 49–50, 52.

- Horinka, T. (2010). Kertészeti növények komplett tápanyagellátása. Kertészek kis/Nagy Áruháza Kft, Mórahalom, 70–111, 139–155, 425–450.
- Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Blei-Holder, H., Klose, R., Meier, U., Weber, E. (1994). Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Vitic. Enol. Sci., 49, 66–70.
- Sárdi, K. (2016). Agrokémia és tápanyag-gazdálkodás laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok. BSc szakok és Agrármérnöki szak hallgatói számára. Pannon Egyetem nyomdája, Keszthely, 45.
- Szabó, P., Baranyai, N., Kocsis, L. (2017). Zárt térben, talajnélküli technológiával, illetve szabadföldön nevelt szőlőoltványok klorofill-tartalmának összehasonlító elemzése. Tavasz Szel 2017. I. KÖTET. Miskolc, 103–110.
- Szőke, L., Vanek, G., Szabó T. (1991). Az öntözés módosító hatása a szőlő tápelem felvételi dinamikájára. XXXIII. GEORGIKON NAPOK, Kemenes Ernő és Láng Géza emlékülés, A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei, II. KÖTET. Keszthely, 187–189.
- Szűcs, I. (2002). Alkalmazott statisztika. AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 110, 217, 230.

Bistep növénykondicionáló készítménnyel végzett magkezelések hatása őszi búza csírázóképeségére és kezdeti gyökérfejlődésére

Faragó Nikolett^{1*}, Lepossa Anita²

¹ConsultAgro Agrár-Tanácsadás

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* farago.nikolett.66@gmail.com

Összefoglalás

A talajtermékenység javítására, termés hozam növelésére számos talaj- és növénykondicionáló készítményt kínál a piac. E készítmények hatásáról azonban csak kevés megbízható kutatási eredmény áll rendelkezésre. Kísérletünkben a gilisztahumusz kivonatot tartalmazó Bistep növénykondicionáló készítmény különböző koncentrációinak hatását vizsgáltuk őszi búza csírázóképeségére, valamint a csíranövények hajtás- és gyökértömeg fejlődésére. Hat kezelést állítottunk be négy ismétlésben, szabvány szerinti 100-100 szem vizsgálatával. A kezelések csávázatlan és fungiciddel csávázott szemeket tartalmazó kontrollok mellett növekvő koncentrációban (2, 10, 33 V/V%) tartalmazták a vizsgált növénykondicionáló készítményt. Értékeljük a csírázási erélyt, csírázóképeséget, valamint a csíranövények hajtás- és gyökértömegét. Az adatok egytényezős variancia-analízissel (R Commander szoftver), P = 5%-os valószínűségi szinten történő értékelése során csupán a gyökértömeg fejlődésben tudunk igazolni szignifikáns eltérést a kezelések között. A csíranövények gyökértömegét a nagy (33 V/V%) koncentrációjú kezelés – fungiciddel csávázott magok esetében – szignifikánsan növelte mind a kontrollokhöz, mind pedig a Bistep készítményt alacsonyabb koncentrációban tartalmazó kezelésekhez képest. A kísérlet eredményei ugyanakkor igazolták, hogy a növénykondicionáló készítmény magkezeléshez ajánlott koncentrációt (2-10 V/V%) jelentősen meghaladó (33 V/V%) koncentrációban sem gátolta a csírázási erélyt, sem a csírázóképeséget.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az emberiség számára nagy kihívás, hogy a folyamatosan gyarapodó népességnek egyre csökkenő termőterületen kell élelmiszert előállítani. John Crawford professzor kutatása alapján arra a megállapításra jutott, hogy a Földről évente 75 milliárd tonna termőföld tűnik el (Vince, 2012). A termőtalajok mintegy 80 százaléka többé-kevésbé károsodott: Európában jelenleg 17-szer gyorsabban pusztul a talaj, mint ahogy képződik vagy helyre áll (Vince, 2012), Amerikában ez az érték tízszeres, Ausztráliában ötszörös. A legrosszabb a helyzet Kínában, ahol a talajpusztulás értéke 87-szeres (Vince, 2012). Ezért várhatóan növekszik a talaj- és növénykondicionáló készítmények szerepe a talajtermékenység javításában és a termés hozam növelésében. A természetes termékenység a talajnál tulajdonképpen a potenciális termékenység (Győri, 1984), melyet jelentősen befolyásol azok szerkezeti tulajdonsága. A morzsás talajszerkezet kialakítása és fenntartása rendkívül fontos a talajok művelése során. A talajmorzsákon mm-es rögöcskéket értünk, melyek között található szabad tér, melynek egy részét víz, másik részét pedig levegő tölti ki (Holopovics, 2018). A talajkondíció, fitnesz és talajerő az a képesség és tulajdonság, hogy a talajban a hasznos élőlények teljes táplálék-háló-rendszere jelen van és együttműködésük eredményeként a talaj elvárható ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújt (Bíró, 2018). A hasznos mikroorganizmusok mennyiségét lehet és kell is befolyásolnunk megfelelő agrotechnológiai rendszerekkel, növényzettel, tápanyagpótlással, talajoltással (Holopovics, 2018). Magyarországon élén jár a mikrobiális készítmények kutatása, fejlesztése területén. Évtizedekre nyúlik vissza az ezzel kapcsolatos kutatási-fejlesztési munka, mely alatt számos minőségi mikrobiológiai készítményt hoztak létre, melyekkel célirányosan válogatott, a talaj és növény szempontjából is hasznosnak bizonyult baktérium- és gombatorzseket juttathatunk ki a termőtalajba (Magyar Talajbaktérium-gyártók és Forgalmazók Szakmai Szervezete, 2018). A Magyar Talajbaktérium-gyártók és -forgalmazók Szakmai Szervezetének egyik legfőbb célja, hogy a mikrobiális talajoltással, mely mind az intenzív, mind pedig az ökológiai vagy precíziós növénytermesztési

technológiába beilleszthető, biztonságosan magas szinten tartásuk a termés mennyiségét és minőségét, mindezt úgy, hogy a termőföld tápanyag szolgáltató képességét is megőrizhessük a jövő nemzedéke számára (Magyar Talajbaktérium-gyártók és Forgalmazók Szakmai Szervezete, 2018).

Kísérletünkben a Bistep növénykondicionáló készítményt különböző koncentrációkban tartalmazó magkezelések hatását vizsgáltuk őszi búza csírázási erélyére, csírázóképeségére, valamint a csíranövények hajtás- és gyökérfejlődésére.

Anyag és módszer

A vizsgálatban felhasznált, litvániai gyártóval rendelkező készítmény küllemre sötétbarna színű, jellegzetes szagú, semleges kémhatású (pH~7,4) folyadék. Hazánkban 2011-től forgalmazható és felhasználható. A készítmény fő összetevői: gilisztahumusz kivonat, mikroorganizmusok, makro- és mikroelemek, víz (Internet 1).

A csírázásvizsgálathoz használt őszi búza GK-Szala fajta, ezerszemtömege 47 g, a vetőmag egy része fungicid csávázást kapott. A csírázásvizsgálatot a MSZ 6354-3:2008 szabvány szerint végeztük, BP-R (papír között, tekercsben) csíráztatási módot alkalmazva. A könnyebb értékelhetőség miatt a desztillált vízzel előnedvesített csíráztató papírra 50 db magot helyeztünk egymástól egyenlő távolságra, maglerakó tálca segítségével. A kísérlet előtt a búzaszemek felületére - befőttes üvegben felszívódásig folyamatosan rázogatta - a kezeléseknél megfelelő koncentrációjú (2, 10 ill. 33 V/V%) desztillált vízben hígított Bistep-oldatot vittünk fel 5 ml/100g mennyiségben. A kísérletben hat kezelést állítottunk be 100-100 db búzaszemmél négy ismétlésben, az 1. táblázat szerint. A csíráztatást Memmert gyártmányú, HPP750 típusú klímakamrában végeztük váltott hő- és fényviszonyok között (14h/10h órás fény és sötét periódus, 18°C/25°C hőmérsékleti periódus), 80% relatív páratartalom mellett.

1. táblázat: Őszi búza csírázásvizsgálat kezelései.

Kezelés	Anyag
1.	Desztillált vizes kontroll - csávázatlan szemekkel
2.	Desztillált vizes kontroll - fungiciddal csávázott szemekkel
3.	Bistep 2% - csávázatlan szemekkel
4.	Bistep 10% - csávázatlan szemekkel
5.	Bistep 33% - csávázatlan szemekkel
6.	Bistep 33% - fungiciddal csávázott szemekkel

Csírázási erélyt a szabvány szerint a 4. napon, csírázóképeség meghatározást és a hajtás- ill. gyökértömeg mérését a 8. napon végeztük. Az adatok értékelését egytényezős variancia-analízissel végeztük R Commander szoftver segítségével (Version 2.5-1), P = 5%-os valószínűségi szinten.

Eredmények és értékelésük

Csírázási erély

A 4. napon feljegyeztük a csíráztatópapír-tekercecsekben csírázott szemek számát, majd a vizsgálat végén óvatosan visszatekertük a papírokat. Legkevesebb 83, legtöbb pedig 96 csírázott szemet számoltunk (2. táblázat); a vetőmag tehát megfelelő, jó csírázási erélyű volt a kísérlethez (1. ábra). 90% feletti átlagos csírázási erélyt kaptunk a 2, 3, 4 és 5. kezelések esetében, míg az 1. és 6. kezelések átlagosan 87%-os értéket mutattak. Szignifikáns eltérés a kezelések között nem volt kimutatható.



1. ábra: Csírázási erély értékelése búzaszemeken

Csírázóképesség

A 8. napon értékeltük a csírázott és nem csírázott ép szemek, a nem csírázott rothadt szemek, valamint az abnormalis csíranövények számát (2. ábra). A legtöbb, kezelésként átlagosan 3,5 szem abnormalis csíranövényt a fungicides kontroll esetében kaptuk, a többi kezelésben 1-2 db abnormalis csíranövény fejlődött. A nem csírázott ép szemek száma átlagosan 2 db volt. Kezelésként átlagosan 0-2,5 db rothadt szemet számoltunk (2. táblázat). A csírázóképesség 92 és 98% között alakult, a kezelések között szignifikáns eltérés nem volt igazolható.



2. ábra: 5. kezelés III-as ismétlés csírázóképesség-vizsgálata.

2. táblázat: Csírázásvizsgálati eredmények.

Kezelés	Ismétlés	csírázási erély a 4. napon (%)	csírázóképes- ség a 8. napon (%)	Hajtástömeg / 30 növény (g)	Gyökértömeg / 30 növény (g)
1.	I.	88	92	2,316	2,286
	II.	88	92	2,444	2,640
	III.	83	96	0,332	2,065
	IV.	88	94	2,242	2,033
2.	I.	95	94	1,873	1,901
	II.	92	93	2,033	2,621
	III.	84	95	1,883	2,227
	IV.	96	96	1,989	2,692
3.	I.	91	94	2,169	2,670
	II.	93	95	2,439	3,135
	III.	91	95	2,193	2,495
	IV.	87	96	2,264	2,815
4.	I.	91	94	2,006	2,176
	II.	93	98	2,253	2,151
	III.	93	96	2,141	2,240
	IV.	96	97	2,155	2,202
5.	I.	96	96	1,849	2,176
	II.	92	97	2,116	2,516
	III.	93	97	2,091	2,335
	IV.	89	93	2,076	2,579
6.	I.	86	92	2,029	3,163
	II.	88	96	2,044	2,836
	III.	85	96	1,988	2,713
	IV.	88	98	2,023	3,309

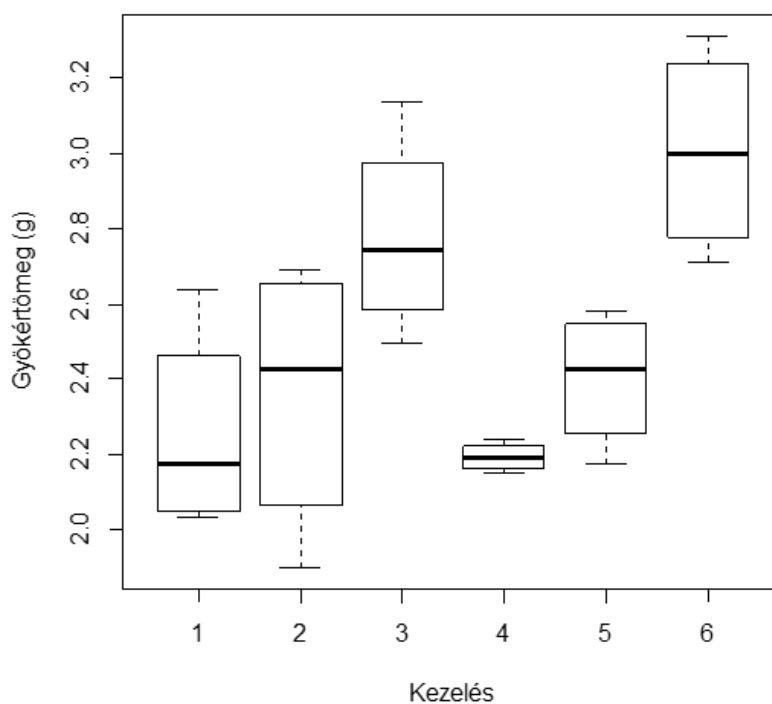
Csíránövények hajtás- és gyökértömege

A papírtekercekről véletlenszerűen kiemelt, ismétlésenként 30 db csíránövényről szikével leválasztottuk, és külön főzőpoharakba helyeztük a hajtás és a gyökér részeket, majd ezred gramm pontossággal mértük a friss tömegüket (3. ábra). A vizsgálat során ügyeltünk arra, hogy a később sorra kerülő tekercek ne veszítsenek eredeti nedvességtartalmukból.



3. ábra: Csíránövények hajtás- és gyökértömegének mérése.

A 30 db csíranövény hajtástömege 0,3 és 2,4 g között, a gyökértömegek 1,9 és 3,3 g között változtak. Megfigyeltük, hogy a 8. napi értékelésig átlagosan 5 gyökérág és egy lomblevél fejlődött a csíranövényeken. A legnagyobb átlagos gyökértömeg értékeket a 6. és a 3. kezelések esetében kaptuk. Szignifikáns különbséget a 6. kezelésnél, a fungiciddel csávázott búzaszemre felvitt legnagyobb (33 V/V%) Bistep-koncentráció esetében igazoltunk az 1,2,4 és 5. kezelésekhez képest. A második legnagyobb gyökértömeget adó 3. kezelés csak a 4. kezeléshez képest volt szignifikáns, de ez valószínűleg csak az utóbbi kezelés adatai közötti kisebb szórásértéknek tudható be (4. ábra).



4. ábra: Bistep-kezelések hatása csíranövények gyökértömegére.

Következtetések, javaslatok

A kísérlet eredményei igazolták, hogy a növénykondicionáló készítmény magkezelés során a gyártói ajánlást (2-10 V/V%) jelentősen meghaladó (33 V/V%) koncentrációban sem gátolta a csírázási erélyt, sem a csírázóképeséget. A csíranövények gyökértömeget a nagy koncentrációjú (33 V/V%) magkezelés – fungiciddel csávázott magok esetében - szignifikánsan növelte mind a kontrollhoz, mind pedig a Bistep készítményt alacsonyabb koncentrációban tartalmazó kezelésekhez képest.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Biró, B. (2018). TALAJEGYETEM GYAKORLÓ GAZDÁKNAK avagy hogyan ismerjük meg a talajainkat? Talajbiológia II. A talajélet napi, szezonális és évjárat ritmusa. A talaj egészsége, regenerálása. Mit tehetünk alacsony vagy rossz talajerő értékénél? Agro Napló, 7, 71–74.
- Vince, G. (2012). Mud, mud, glorious vanishing mud.
- Győri, D. (1984). A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 7–11.
- Holopovics, Z. (2018). Baktériumok, gombák és egyéb parányok talajaink termékenységének szolgálatában. Agro Napló, 10, 75.
- Magyar Talajbaktérium-Gyártók És Forgalmazók- Szakmai Szervezete (2018). Új irányok a talajoltó mikrobiológiai készítményeknél. Agroforum, 29, 166–167.
- MSZ 6354-3:2008 (2008). Vetőmag-vizsgálati módszerek. A csírázóképeség meghatározása.
- Internet 1. (<http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/287690/bistep.pdf/ff3c2ad6-ba80-4c5d-93ab-adaf32f65f19>) 2018.02.17.

Szójafajták levélfelületének és termésmennyiségnek alakulása eltérő tenyészidőszakokban

Simon-Gáspár Brigitta^{1*}, Soós Gábor¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* *simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu*

Összefoglalás

A klímaváltozás számos akadállyal szembesíti a jövő mezőgazdaságát, hiszen az egyre növekvő népesség számára elegendő és biztonságos élelmiszer előállítás a cél, mindeközben a szélsőséges időjárási események egyre gyakoribbak hazánkban. A csapadék szélsőséges mennyiségi és területi eloszlása a tenyészidőszakban egyre gyakoribb jelenség Magyarországon is. Vizsgálatunk során két szójafajta (*Sinara* és *Sigalia*) levélfelületének és termésmennyiségének alakulását kísértük figyelemmel a 2017. és 2018. tenyészidőszakban. A kísérletet a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusának Agrometeorológiai kutatóállomásán (Keszthely) állítottuk be. A levélfelület mérését a tenyészidőszakban hetente végeztük, melynek során a minta növények leveleit piros kartonon fotóztuk, majd az SGDIP 0.1 szegmentáló program segítségével meghatároztuk a zöld levelek pontos területét. A két év időjárása, különösen a csapadékoság tekintetében eltérő volt, 2017 szárazabb, míg 2018 humidabb évnél tekinthető. Ennek ellenére nem mutatkozott különbség a levélfelület alakulásában sem a fajták, sem a vizsgálati évek között. A termésmennyiség esetében 2018-ban a fajták között találtunk szignifikáns különbséget.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban a szélsőséges időjárási események száma érezhetően megnövekedett, amelyek korábban ritkán fordultak elő. A klímaváltozás megjelenése miatt kiemelten fontos hatásterület a mezőgazdaság. A léghőmérséklet mellett a csapadék mennyisége és eloszlása komoly hatással bír a növények fejlődése szempontjából (Harnos, 2005).

A világ egyik legfontosabb olaj- és fehérjeforrása a szója, felhasználása az emberi ételekben is ajánlott a magas Omega 6 és Omega 3 zsírsavtartalma miatt (Proházka et al., 2017). A mérsékelt éghajlati viszonyok között, így Magyarországon is, a szárazabb időjárású években szükség van a szója öntözésére a sikeres termelés eléréséhez. Szükséges kielégítenünk az élelmiszer és takarmány igényünket helyi termeléssel, a drága szója importtal szemben.

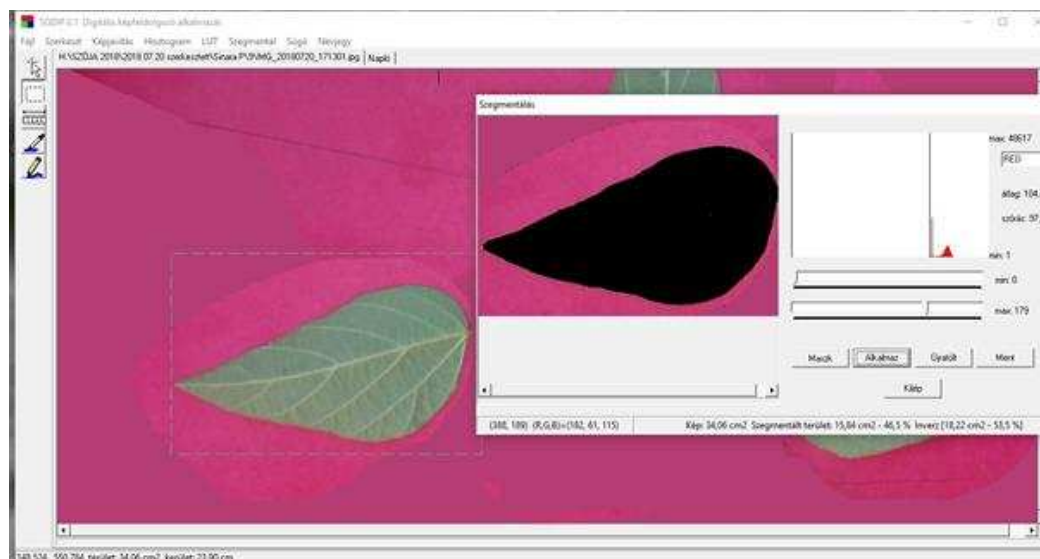
A szója fejlődésének reprodukív fázisában, virágzáskor és a hüvelykötés idején érzékeny a vízhiányra, (Karam et al., 2005). Tenyészidőszak alatt átlagos vízigénye 300-350 mm, azonban, ha a június-augusztus első fele közötti időszakban a csapadék eloszlása egyenletes, illetve 160-180 mm-t meghaladja, akkor rendkívül jól terem (Radics et al., 1994). A szója termesztési területe várhatóan tovább fog növekedni Európában és Magyarországon, így a jövőben csökkenő mennyiségű csapadék és az egyenetlen csapadékeloszlás (Anda & Soós, 2016) miatt a szója sikeres termesztése vízpótlás nélkül nehezen elképzelhető.

A szójának, mint a világelelmiszerben és takarmányozásban kiemelkedő szerepet játszó növénynek szükséges megismernünk a klímaváltozás során egyre inkább megszaporodó időjárási szélsőségekre adott válaszait. Ezért vizsgálatunk során célul tűztük ki két szójafajta, a *Sinara* és a *Sigalia* levélfelületének és termésmennyiségének meghatározását szabadföldi körülmények között, a 2017. és 2018. tenyészidőszakban.

Anyag és módszer

Vizsgálatunkat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Agrometeorológiai kutatóállomásán (Keszthely) állítottuk be. A megfigyelést a RAGT két szójafajtájának (*Sinara* és *Sigalia*) bevonásával végeztük, melyeket Karintia Kereskedelmi, Mezőgazdasági és Szolgáltató Kft. bocsájtotta a rendelkezésünkre. A két fajta közös jellemzői a kiváló ellenálló képesség vírusos, baktériumos és a gombás betegségekkel szemben, valamint a szárazságtűrés. A vetésre 2017-ben május 10-én, 2018-ban április 26-án került sor, a technológiában javasolt csíraszámmal ($600\ 000$ csíra ha^{-1}), duplagabona sorközzel. A terület meteorológiai paramétereit (léghőmérséklet, csapadékmennyiség) az állomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás műszerei segítségével határoztuk meg. A kísérleti terület mindkét fajta esetében $\frac{1}{4}$ ha-t öltelt fel, jellemző talajtípusa a barnaerdő talaj, az elővetemény mindkét vizsgálati évben kukorica volt. 2017-ben és 2018-ban is a szójaállomány kizárólag természetes csapadékelátásban részesült, tehát a területen öntözés nem történt. A növényvédelmi kezeléseket illetően a vetéssel egy menetben talajfertőtlenítés történt (Force 1,5 G), a vetés után, a kelést megelőzően pedig preemergens gyomirtást végeztünk (Pledge 50 WP + Dual Gold 960 EC). A növény kelését követően növényvédelmi kezelés nem történt.

A levélterületet az első loblevél kifejlődését követően hetente mértük szójafajtánként 10-10 db állományra jellemző (átlagos) mintanövényen. A heti mérések során ugyan azon növényeket mértük, a növényeken madzaggal jelöltük a mérésen átesett levélemeleteket, s minden héten az újan kifejllett (végleges nagyságát elérő) leveleket mértük. A mérés során a szója összetett hármass levelét piros karton előtt fotóztuk (1. ábra), majd a fotózást követően minden levél területét szegmentálással (értékes terület kiválasztása) meghatároztuk (SGDIP 0.1 program, Soós 2010).

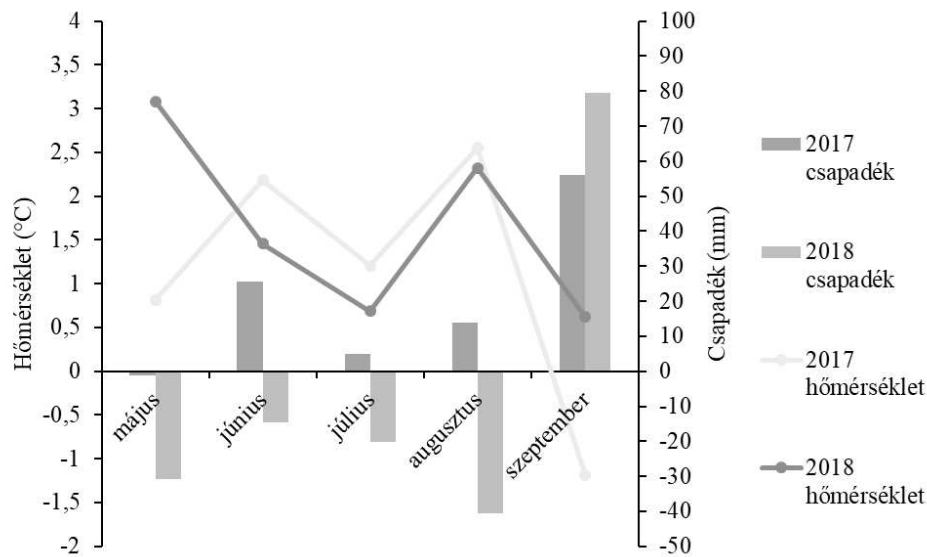


1. ábra: A szójalevél szegmentálása SGDIP 0.1 programmal.

A vizsgálati időszakok végén (2017. szeptember 18. ill. 2018. szeptember 17.) meghatároztuk az átlagos növényenkénti termés mennyiségét is (15-15 mintanövény bevonásával).

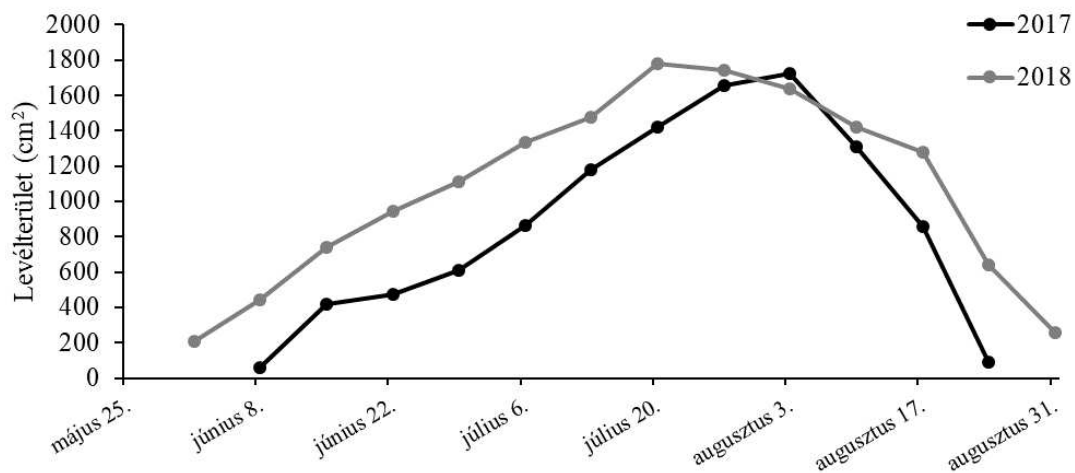
Eredmények és értékelésük

A vizsgálati időszakok átlaghőmérsékletének és csapadékmennyiségének klímanormától való eltéréseit a 2. ábra mutatja. Általánosságban elmondható, hogy mindkét év tenyészidőszakában (májustól szeptemberig) magasabb hőmérséklet volt megfigyelhető. A csapadékmennyiséget tekintve 2017 szárazabb (326 mm csapadék), míg 2018 nedvesebb időjárású év volt (452 mm csapadék).



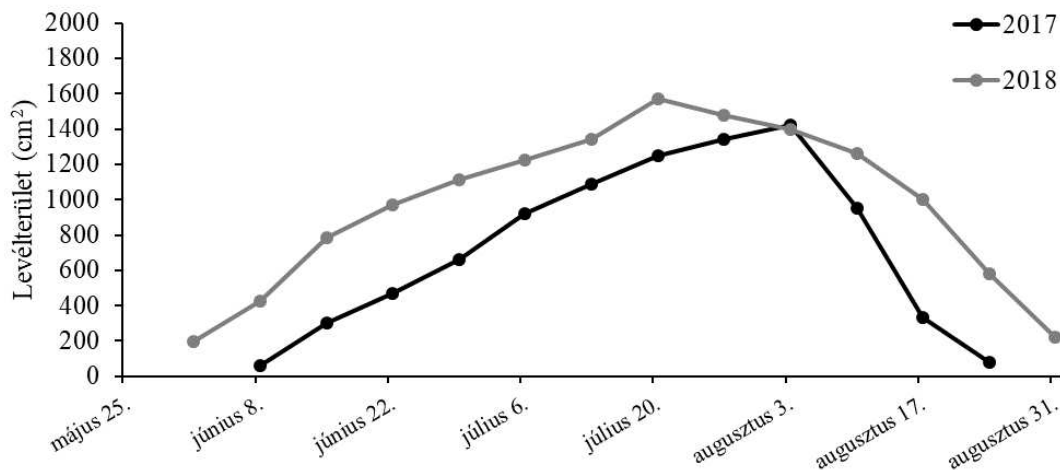
2. ábra: A meteorológiai változók (léghőmérséklet, csapadék) eltérései a klímanormától 2017-ben és 2018-ban.

A 3. ábrán a *Sinara* fajta levélterületének alakulása látható a különböző mérési időpontokban, a két vizsgálati évben. A maximális levélterületet 2017-ben augusztus 3-án (1725,4 cm²), míg 2018-ban július 20-án (1778,4 cm²) érte el a fajta. Méréseink alapján nem találtunk szignifikáns eltérést a *Sinara* fajta levélterületének alakulásában a két vizsgálati év között ($p = 0,407$).



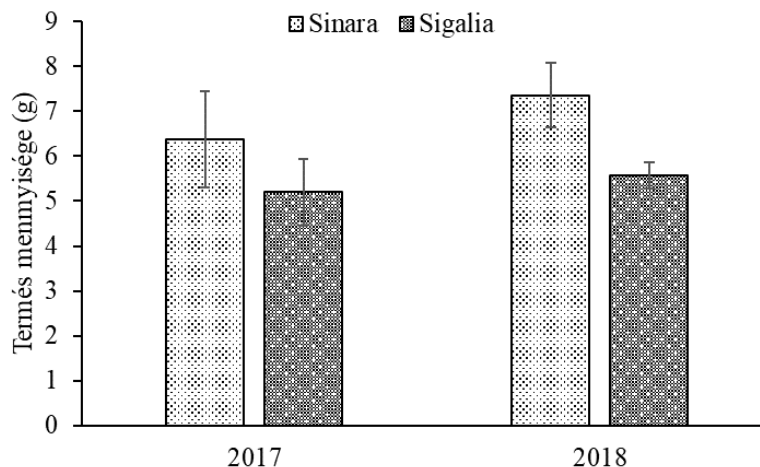
3. ábra: A *Sinara* fajta átlagos levélterületének alakulása 2017 és 2018 tenyészidőszakában.

A *Sigalia* fajta levélterületének alakulása a két tenyészidőszakban a 4. ábrán követhető figyelemmel. A *Sinara*-hoz hasonlóan ennél a fajtánál is a 2018-as évben előbb érték el a maximális levélterületüket a növények (2017. augusztus 3-án 1422,6 cm², 2018. július 20-án 1571,1 cm²), illetve magasabb volt a levélterület, azonban szignifikáns eltérést ebben az esetben sem mutattunk ki ($p = 0,229$). Az eltéréseknek elsősorban a vetésidők különbözősége, illetve két év időjárásában (elsősorban csapadék eloszlásában) mutatkozó különbségek lehetnek az okai.



4. ábra: A *Sigalia* fajta átlagos levélterületének alakulása 2017 és 2018 tenyészidőszakában.

A két fajta összehasonlításánál sem figyeltünk meg szignifikáns különbséget sem 2017-ben ($p = 0,501$), sem pedig 2018-ban ($p = 0,590$). Ez azt jelenti, hogy a két év különböző csapadékossága nem volt jelentős hatással a két fajta levélterületére.



5. ábra: A termésmennyiség alakulása a mintanövényeken a két fajta esetében a két vizsgálati időszakban.

Betakarításkor mértük a két fajta növényenkénti termésmennyiségét (5. ábra). A 2017-es évben kisebb értékeket kaptunk 2018-hoz viszonyítva mindkét fajtára (*Sinara*: 6,38 g, *Sigalia* 7,36 g), azonban itt sem találtunk szignifikáns különbségeket ($p = 0,129$ és $p = 0,328$). A fajták között 2017-ben nem ($p = 0,079$), azonban 2018-ban találtunk szignifikáns eltérést ($p < 0,001$), a *Sinara* fajta 24,7%-kal magasabb termést produkált a csapadékosabb évben a *Sigalia*hoz képest. Ez azt jelenti, hogy bár mindkét fajta jól tűri a szárazabb időjárást, a *Sinara* fajta a rendelkezésre álló csapadék növekedésével magasabb termés hozamot produkál.

Zhang et al. (2018) tanulmányukban igazolták, hogy a szója termésmennyisége és a rendelkezésre álló vízmennyiség közötti összefüggés egy harmadfokú függvénnyel írható le, azonban ez változhat eltérő talajtípus és éghajlati körülmények függvényében. A vízellátás öntözéssel javítható, azonban az öntözött területek növekedésével az élelmiszer- és a környezetminőség romlása valószínűsíthető (Kang, 2009).

Következtetések, javaslatok

A szója, mint kiemelkedően fontos szántóföldi növény a világelelméletben és takarmánynövényként is kulcsszerepet tölt be, ezért lényeges annak vizsgálata, hogy várhatóan milyen mértékben változhatnak egyes tulajdonságai a klímaváltozás során. Vizsgálatunkban két szárazságtűrő fajta levélfelületét és termésmennyiségét mértük két, eltérő csapadékosságú tenyészidőszakban, s a két fajta vízre adott válaszreakciói a vártak megfelelően alakultak. Nem találtunk szignifikáns eltérést sem a két fajta levélfelületének, sem termésmennyiségének alakulásában 2017-ben és 2018-ban, csupán a 2018-as tenyészidőszakban mutattunk ki különbséget a két fajta termésmennyisége között. Ebből arra következtettünk, hogy bár mindkét fajta szárazságtűrő, a Sinara jobban felhasználja a rendelkezésre álló vízkészletet.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Anda, A., Soós, G. (2016). Some physiological responses of agricultural crops to global warming. *Időjárás*, 120(1), 85–101.
- Harnos, Zs. (2005). A klímaváltozás és lehetséges hatásai a világ mezőgazdaságára. *Magyar Tudomány*, 2005/7, 826–832.
- Kang, Y., Khan, S., Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19(12), 1665–1674. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2009.08.001>
- Karam, F., Maasad, R., Sfeir, T., Mounzer, O., Rouphael, Y. (2005). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agric. Water Manage*, 75, 226–244. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.12.015>
- Proházká, P., Stranc, P., Pazderu, K., Stranc, J., Vostrel, J. (2017). Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds. *Plant Soil Environ*, 63(12), 564–568. <https://doi.org/10.17221/702/2017-PSE>
- Radics, L., Borsos, J., Pusztai, P., Radics, L., Szemán, L., Tomposné, L.V. (1994). Szántóföldi növénytermesztés. Szója. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar, Budapest.
- Soós, G. (2010). Digitális képfeldolgozás alapú alkalmazás fejlesztése mezőgazdasági kísérletek értékeléséhez, Szakdolgozat, Gábor Dénes Főiskola.
- Zhang, B., Feng, G., Ahuja, L.R., Kong, X., Ouyang, Y., Adeli, A., Jenkins, J.N. (2018). Soybean crop-water production functions in a humid region across years and soils determined with APEX model. *Agricultural Water Management*, 204, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.024>

Az eltérő vízellátás hatása a szója termésmennyiségére és a termés belső tulajdonságaira

Kozma-Bognár Kristóf^{*}, Simon-Gáspár Brigitta¹, Soós Gábor¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* *kristof025@gmail.com*

Összefoglalás

Kísérletünkben evapotranszpirációs kádokban vizsgáltuk a vízstressz, a szója esetleges terméskiesését okozó legfőbb abiotikus tényező hatását a növények magasságára, szártömegére és a termés egyes paramétereire vonatkoztatva. Vizsgálatainkat a 2019-es tenyészidőszakban a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson végeztük. Az állomáson található 8 db Thornthwaite-Matter-féle evapotranszpirációs kádba, valamint a kádak közelében levő területre szójanövényeket vetettünk. A 8 kádból 4 kád optimális vízellátást kapott, 4 kád 50%-os vízmegvonásban részesült, a parcellán található növények pedig kizárólag a természetes csapadékban részesültek. A vizsgálatban két szójafajtát, a *Sinara*-t és a *Sigalia*-t alkalmaztuk. Kísérleti eredményeink igazolták a korlátozott vízellátás negatív hatását a növénymagasságra, a termés mennyiségére és minőségére. A vízzel optimálisan ellátott kezelések termésmennyisége jóval meghaladta az 50%-os vízmegvonásban részesítettek értékeit. A parcellán található állományok értékei a két másik vízellátásban részesült növények értékei között helyezkedtek el, a viszonylag jó tenyészidőszaki feltételek miatt inkább az optimális vízellátottságú kezelésekhöz közelítettek. A vízzel optimálisan ellátott és a parcellán található növények fehérjertartalma magasabb volt, a vízmegvonásnak kitett kezeléseknél az olaj százalékos értéke volt magasabb.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarországon az utóbbi évtizedekben nőtt az aszályra való hajlam. Az ország egyes részeit tekintve ez a változás eltérő mértékű. Matyasovszky et al. 1999-es ECHAM modell szerinti előrejelzése 1,5°C félgömbi átlaghőmérséklet növekedés esetén, a Magyarországon, az Alföldön tapasztalható változás lényegesen kisebb értékeket vesz fel. A csapadék értékekben is eltérő értékeket kaptak akár az évszakokat, akár az ország egyes területeit tekintjük. A rendelkezésre álló édesvízkészletek fokozatos csökkenése globális probléma, melynek a jelen kor embere még nem tulajdonít kellő jelentőséget. A jövőbeni hatásokkal szembeni sérülékenység csökkentése a mainál kiterjedtebb alkalmazkodást igényel. Ennek kapcsán különféle korlátok, korlátozások és nem utolsósorban költségek merülnek fel, melyeket még nem teljesen sikerül megértenünk, még nincs egyértelmű képünk róluk, mivel nagyban függenek a földrajzi és éghajlati tényezőktől, valamint politikai, intézményi és pénzügyi kényszerektől. Emellett az alkalmazkodás megvalósulásának hozzáállási, viselkedési, környezeti, közigazgatási és információs gátjai is vannak (IPCC, 2007). A szója termését egyre szélesebb körben használják és gazdasági szerepe folyamatosan nő. Az ipar számtalan célra használja nedvesítő, antioxidáns és stabilizáló szerként (margarin, szószok, tészták, csokoládé). Állataink takarmányozására is használjuk. Beltartalmi mutatói miatt értékes tápanyagforrás, melynek köszönhetően a mindennapi étrendünk szerves részét képezi (Gazdag, 2018).

A növény vízigényében jelentős különbségeket találunk az egyes fenofázisokban. A bimbósodástól, a virágzáson át a hüvely- és magtelítődésig jóval magasabb a napi vízfelhasználás. Szeptemberben, az érés folyamán a vízigény ismét lecsökken (Ivány et al., 1994). Megfelelő vízellátottság esetén a terméstartalom a 30-50% -ot is elérheti évjárattól függően, melynek hiányában jelentős bevételről eshet el az adott termelő. Vízstressz esetén a növény hüvelymennyisége és a hüvelyekben levő szemek száma is csökkent Omid & Samira (2012) kísérlete alapján. Láthatjuk tehát, hogy a víz nagyon rövid időn belül képes negatívan befolyásolni a növényi produkciót, ezáltal a termés eredményességét. Ezért is fontos, hogy a szója esetleges terméskiesését okozó legfőbb abiotikus tényező, a vízhiány növényekre gyakorolt hatását jobban megismerjük.

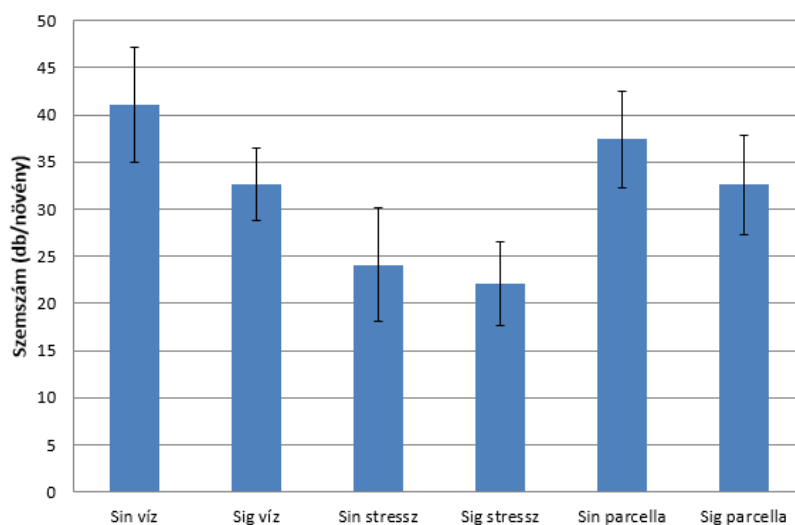
Anyag és módszer

Kísérletünket a 2019-es tenyészidőszakban a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson állítottuk be. A kutatóállomáson található Thornthwaite–Matter-féle kompenzációs evapotranspirométerek közül 4 tenyészedeny esetében folyamatos vízellátást biztosítottuk, 4 tenyészedenyt pedig úgy alakítottunk át, hogy az ezekben található növények az optimális vízellátás 50%-ának megfelelő mennyiségű vizet kaptak. Utóbbi kezelés során a külső csapadékot is megvontuk a növényektől a kádak fölé telepített, levehető esővédő fólia segítségével. A tenyészedenyeket körülvevő szántóföldön elvetett állomány egyfajta „átmenetet” jelentett a két vízellátás közt, ezek az egyedek a vízigényüket csak a természetes csapadékból fedezhették.

Vizsgálataink során a *Sinara* és a *Sigalia* fajta esetében hasonlítottuk össze a szemszám és szemtömeg adatokat. A kifejtett és szennyeződésektől, valamint károsodott szemektől megtisztított termést ezután fehérje és olajtartalom vizsgálatnak is alávetettük, melyet Inframatic 9200 NIR Grain Analyzer-rel végeztünk. Eredményeinket kétmintás t próbával elemeztük.

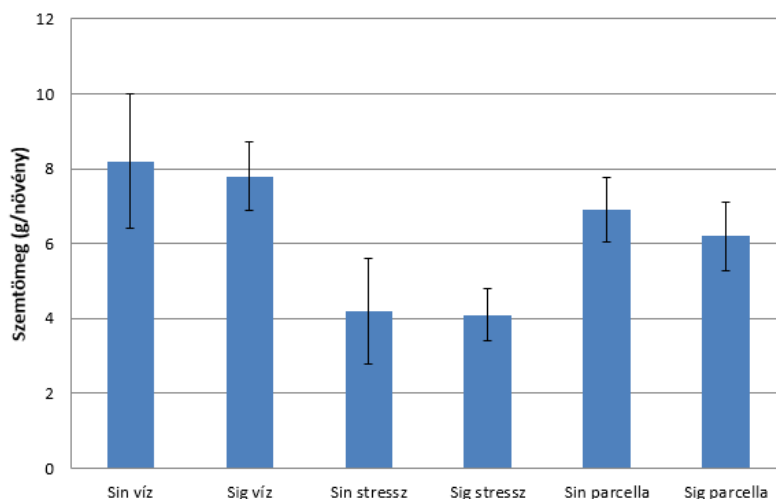
Eredmények és értékelésük

A növényenkénti átlagos szemszám értékeket a 1. ábrán láthatjuk. Az egyes kezelésekhöz tartozó értékek a *Sinara* esetében magasabbak voltak. A legmagasabb növényenkénti átlagos szemszámot, mely $41,1 \pm 6,08$ db volt az optimális vízellátottságú *Sinara* fajtánál kaptuk, ezt követte a parcellán található *Sinara* $37,4 \pm 5,15$ értékkel. Az optimális vízellátottságú és a parcellán található *Sigalia* egyedek azonos átlagot produkáltak, kissé eltérő szórással ($32,6 \pm 3,83$ db és $32,6 \pm 5,28$ db). A stresszelt *Sinara* kezelés $24,1 \pm 6,05$ db, míg a stresszelt *Sigalia* a legalacsonyabb, $22,1 \pm 4,47$ db értéket produkálta. A különbségek a vízzel optimálisan ellátott és a stresszelt növények közt szignifikánsak voltak mind a *Sinara* ($P < 0,001$), mind a *Sigalia* ($P < 0,001$) fajta esetében. Ebből következtethetünk arra, hogy a vízmegvonásnak szignifikáns hatása volt a *Sinara* és *Sigalia* fajta átlagos szemszámára. A vízzel optimálisan ellátott és a parcellán található kezeléseket közti különbségek nem voltak szignifikánsak sem a *Sinara* ($P = 0,214$), sem pedig a *Sigalia* ($P = 0,984$) fajta esetében. A stresszelt és a parcellán található kezeléseket közti eltérések is szignifikánsak voltak mind a *Sinara* ($P < 0,001$), mind a *Sigalia* ($P < 0,001$) fajta esetében. A fajták közti különbség szignifikáns az optimális vízellátottságú ($P = 0,005$), nem szignifikáns viszont a stresszelt ($P = 0,454$) és a parcellán található ($P = 0,087$) kezeléseket esetében.



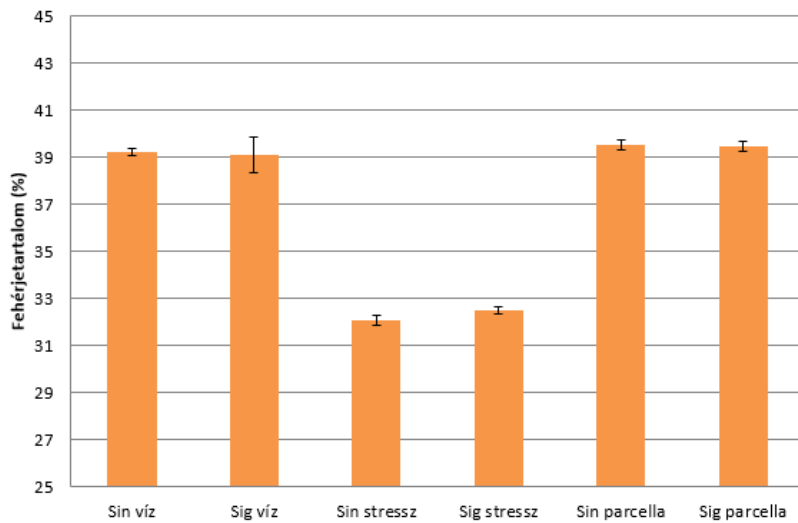
1. ábra: Növényenkénti átlagos szemszám az egyes kezelésekre lebontva.

A növényenkénti szemtömeg értékeket (2. ábra) vizsgálva is azt tapasztaltuk, hogy a *Sinara* fajta mindhárom kezelés esetében kissé jobban teljesített, mint a *Sigalia*, viszont a *Sinara* esetében az optimális vízellátottságú, valamint a stresszelt kezelések szórása jóval nagyobb volt, mint a *Sigalia* esetében. Az optimális vízellátottságú *Sinara* és *Sigalia* fajta esetében mértük a két legmagasabb átlagos szemtömeget, $8,2 \pm 1,81\text{g}$ és $7,8 \pm 0,90\text{g}$ értékeket. Ezeket követték a két fajta parcellán található állományai, $6,9 \pm 0,87\text{g}$ és $6,2 \pm 0,92\text{g}$ -os átlag értékekkel. A két legalacsonyabb értéket a stresszelt kezelések esetében mértük, ahol a $4,2 \pm 1,42\text{g}$ és $4,1 \pm 0,69\text{g}$ átlagos értékek mutatják, hogy az 50%-os vízmegvonás közel ekkora mértékű átlagos szemtömeg csökkenést eredményezett. A vízzel optimálisan ellátott és a vízmegvonásnak kitett növények közt szignifikánsnak találtuk a különbségeket a *Sinara* ($P < 0,001$) és a *Sigalia* ($P < 0,001$) fajta esetében is, melyből következtethetünk arra, hogy a vízmegvonásnak szignifikáns hatása volt a *Sinara* és *Sigalia* fajta átlagos szemtömegére. A vízzel optimálisan ellátott és a parcellán található kezelések közti különbségek nem voltak szignifikánsak a *Sinara* ($P = 0,103$), viszont szignifikánsak voltak a *Sigalia* ($P = 0,002$) fajta esetében. A parcellán található és a stresszelt kezelés esetében az eltérés szignifikáns a *Sinara* ($P < 0,001$) és a *Sigalia* ($P < 0,001$) fajta esetében is. A fajták közti különbség nem szignifikáns sem az optimális vízellátottságú ($P = 0,665$), sem a stresszelt ($P = 0,954$), sem pedig a parcellán található ($P = 0,111$) kezelések esetében.



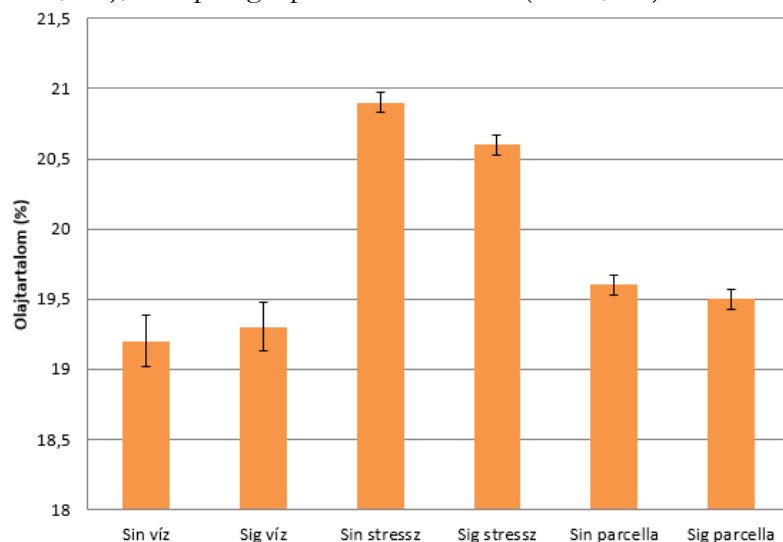
2. ábra: Növényenkénti átlagos szemtömeg az egyes kezelésekre lebontva.

A termés beltartalmi értékeire vonatkozó méréseket is végeztünk. Az 3. ábrán a szemek átlagos fehérjetartalom adatait figyelhetjük meg. A parcellán található kezelések esetében kaptuk a legjobb eredményeket. A *Sinara* fajtánál ez $39,5 \pm 0,21\%$, a *Sigalia* esetében $39,45 \pm 0,21\%$. Nem sokkal adott kisebb értéket a két optimális vízellátottságú kezelés. *Sinara* fajtánál $39,2 \pm 0,15\%$ volt, a *Sigalia* esetében pedig $39,1 \pm 0,78\%$ az átlagos fehérjetartalom. A korlátozott vízellátásban részesült kezelések az előzőeknél jóval alacsonyabb fehérjetartalommal rendelkeztek. *Sinara* $32,1 \pm 0,21\%$ -os, a *Sigalia* $32,5 \pm 0,14\%$ -os átlagos fehérjetartalmat produkált 50%-os vízmegvonás esetén. A különbségek a vízzel optimálisan ellátott és a stresszelt növények közt szignifikánsak voltak a *Sinara* ($P = 0,005$), és a *Sigalia* ($P = 0,009$) fajta esetében is. A vízzel optimálisan ellátott és a parcellán található kezelések közti különbségek nem voltak szignifikánsak sem a *Sinara* ($P = 0,152$), sem a *Sigalia* ($P = 0,674$) fajta esetében. A parcellán található és a stresszelt kezelés esetében az eltérés szignifikáns a *Sinara* ($P < 0,001$) és a *Sigalia* ($P < 0,001$) fajta esetében is. A fajták közti különbség nem szignifikáns sem az optimális vízellátottságú ($P = 0,741$), sem a stresszelt ($P = 0,157$), sem pedig a parcellán található ($P = 0,836$) kezelések esetében.



3. ábra: A termés átlagos fehérjertartalma az egyes kezelésekre lebontva.

Az olajtartalom (4. ábra) esetében pont fordított volt a helyzet. A stresszelt kezelések olajtartalma jóval magasabb volt az optimális vízellátottságban részesült és parcellán található kezelések olajtartalmánál. Ebben az esetben a legmagasabb értéket, mely $20,9 \pm 0,07\%$ volt, az 50%-os vízmegvonásban részesített *Sinara* állomány produkálta. Ezt követte a stresszelt *Sigalia*, melynek olajtartalma $20,6 \pm 0,07\%$ volt. A parcellán található *Sinara* esetében $19,6 \pm 0,07\%$ -os értékeket kaptunk, a *Sigalia* esetében $19,51 \pm 0,07\%$ volt a parcellán található állomány átlagos fehérjertartalma. Az optimális vízellátottságú kezelésekben mértük a legkevesebb olajat, mely a *Sinara* esetében $19,2 \pm 0,18\%$, a *Sigalia* fajtánál $19,3 \pm 0,17\%$ -os értéket volt. A különbségek a vízzel optimálisan ellátott és a stresszelt növények közt szignifikánsak voltak mind a *Sinara* ($P = 0,014$), mind a *Sigalia* ($P = 0,014$) fajta esetében. A vízzel optimálisan ellátott és a parcellán található kezelések közti különbségek nem voltak szignifikánsak sem a *Sinara* ($P = 0,192$), sem a *Sigalia* ($P = 0,315$) fajta esetében. A parcellán található és a stresszelt kezelés esetében az eltérés szignifikáns a *Sinara* ($P < 0,001$) és a *Sigalia* ($P = 0,004$) fajta esetében is. A fajták közti különbség nem szignifikáns sem az optimális vízellátottságú ($P = 0,728$), sem a stresszelt ($P = 0,051$), sem pedig a parcellán található ($P = 0,331$) kezelések esetében.



4. ábra: A termés átlagos olajtartalma az egyes kezelésekre lebontva.

Következtetések, javaslatok

Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy a vízmegvonás negatívan befolyásolja a termés mennyiségének és minőségének alakulását. Az általunk vizsgált szójafajták (Sinara és Sigalia) a vízmegvonás hatására némiképp eltérően reagáltak. Legtöbb esetben a Sinara fajta produkált jobb eredményeket. A szemtermés száma a Sinaránál volt magasabb, a szemtermés tömegét tekintve a két fajtánál hasonló eredményeket kaptunk. A fehérje, illetve olajtartalom a két fajta esetében nem különbözött nagymértékben, azonban szembetűnő, hogy vízmegvonás hatására csökken a fehérje, illetve nő az olajtartalom. Mivel a 2019-es év csapadékban gazdag volt, a parcellán található növények eredményei mindkét fajta esetében az optimális vízellátást felé hajlottak. A kapott eredmények a szójatermesztők segítségére válhatnak a mindennapi gyakorlatban.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Gazdag, L. (2018). Környezet-gazdaságtan, környezetgazdálkodás. Kossuth Kiadó, 208.
- IPCC (2007). Climate Change 2007. Synthesis report, 32-51.
- Ivány, K., Kismányoki, T., Ragasits, I. (1994). Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, 222-227.
- Matyasovszky, I., Weidinger, T., Bathory, J., Barcza, Z. (1999). Current Regional Climate Change Studies in Hungary: a Review. Geographica Helvetica, 142-143. <https://doi.org/10.5194/gh-54-138-1999>
- Omid, S., Samira, A. (2012). Soybean Response to Drought and Seed Inoculation. World Applied Sciences Journal, 17(1), 55-60.

Sugárzáshasznosítás vizsgálata szójaállományban

Soós Gábor^{1*}, Simon-Gáspár Brigitta¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* soos.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

Magyarországon jelenleg a szója termesztése egyre nagyobb területekre terjed ki. Célunk az volt, hogy új információkkal szolgáljunk a gazdálkodók és a döntéshozók számára regionális és helyi szinten azért, hogy kísérletünkben megállapítottuk két szójafajta sugárzáshasznosítását (RUE), az extinkciós koefficiens (k) és a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) behatolását a különböző vízellátottságú szójaállomány lombkoronájába. Az eltérő vízellátást Thornthwaite-Matter típusú kompenzációs evapotranszpirométerek segítségével biztosítottuk, illetve a tenyészvények melletti szántón a növények természetes vízellátásban részesültek. A RUE a vizsgálat három évében enyhe eltérést mutatott.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szója (*Glycine max* L.) az egyik legsokoldalúbban hasznosítható hüvelyes növényünk. Vetésterülete világszerte nő. A sugárzáshasznosítás (RUE) a biomassza és a növények által elnyelt napsugárzás aránya. A növények biomassza-gyarapodása szorosan összefügg a hasznosított sugárzás értékével. A RUE a szójában olyan meteorológiai elemektől függ, mint a telítési hiány (VPD), a léghőmérséklet (T_a) és a vízellátás (Muchow et al., 1993).

A napsugárzás eloszlása a lombkoronán belül befolyásolja az olyan fiziológiai folyamatokat, mint a transzspiráció, a növekedés és a fejlődés (Gao et al., 2010). A tényleges sugárzásfelfogás a növény lombkorona általános geometriai alakjától függ, amelyet a levélfelület-index (LAI) és a levélszögek, valamint a beérkező sugárzás geometriai eloszlása befolyásol (Campbell & Norman, 1998). Az aszsimilációs felület mérete jellemzi a lombkoronának a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) felfogására való képességét, amely a fotoszintézis hatékonyságának, a növény növekedésének és fejlődésének mutatójaként szolgál. Kross et al. (2015) szerint a szója maximális terméshozamához legalább 3,5 - 4-es LAI szükséges a generatív szakaszban.

A szója párolgását (ET-jét) számos tényező befolyásolhatja, például a növényfajta, a vízháztartás, az éghajlat, a növényvédelem (gyomirtás), amelyek mind közvetlenül befolyásolják a termést (Mbangiwa et al., 2019).

Egy adott növény vízstressztűrése nemcsak az adott fajta fiziológiai tulajdonságaitól függ, hanem a vízstressz időtartamától és attól is, hogy a szója milyen stádiumban van kitéve a vízstressznek. Kumagai et al. (2020) arról számoltak be, hogy a virágzás alatti és a hüvelybővülés szakaszában fellépő szárazság jelentősen, 29%-kal csökkentette a szója terméshozamát. Payero & Irmak (2013) megállapította, hogy a legjobb stratégia az öntözés megkezdése a virágzási szakaszban, ha az ültetéskor teljes a talaj vízprofilja.

Bár számos, a termés és a víz közötti kapcsolatra és/vagy a termés és a sugárzás közötti összefüggésre vonatkozó szója-vizsgálatot végeztek külön-külön, a szója termésjellemzőinek elemzése különböző öntözési és sugárzási tulajdonságok mellett kontinentális éghajlaton nem elterjedt. A globális klímaváltozás negatív hatásainak ezen a területen való elterjedése miatt (Kocsis et al., 2019) elengedhetetlen a megfelelő, helyben termesztett, vízstresszel szemben toleráns szójafajták azonosítása a jobb termesztés és a termésnövekedés elkerülése vagy megelőzése érdekében.

Anyag és módszer

A szántóföldi kísérletet a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson (északi szélesség: 46°44', keleti hosszúság: 17° 14', tengerszint feletti magasság: 124 m) végeztük 2017-2019-ben. Két, víz-igényükben eltérő szójafajtát (*Sinara*, Sin: vízstressztűrő; *Sigalia*, Sig: átlagos időjárási körülményekre nemesített fajta) termesztettünk korlátlan (WW), csak a virágzási szakaszban vízstressznek kitett (RO) és természetes csapadékellátottságú (P) körülmények között.

Az evapotranszspirométerek tenyészedényeivel szomszédos, mintegy 0,5 hektárnyi természetes vízellátottságú területet két részre osztottuk, ahol a két szójafajtát külön-külön vetettük, fajtánként 50 m (szélesség) × 60 m (hosszúság) területen.

Az ET mérése Thornthwaite-Matter típusú kompenzációs evapotranszspirométerrel történt (az ET-kádak felülete: 4 m²; mélységük: 1 m). A RO kezelésben a vízstresszt az evapotranszspirométer csapjának minden második napon történő elzárásával értük el a virágzás és a szemfeltöltődés közötti időszakban. A vízstresszt a virágzási stádiumtól kezdve a csapadék megvonásával (Anda et al., 2020) is előidéztek.

A beérkező napsugárzást (R_s) az állomás VAISALA QLC-50 típusú éghajlati állomásához felszerelt CM-3 piranométerrel mértük. A szabványos meteorológiai állomás az Országos Meteorológiai Szolgálat által üzemeltetett meteorológiai megfigyelőhálózathoz tartozik. A tanulmányban a T_a , T_{max} , PR, relatív páratartalom (RH), VPD és R_s meteorológiai alapadatokat használtuk fel.

A PAR behatolás részletes becslését a növényzet magasságának több (0,2 m vastagságú) rétegre történő osztásával kaptuk. A lombkoronába való PAR behatolást LI-COR sugárzás érzékelővel mértük, amelyeket három mérési ponton, a sorok irányával párhuzamosan (a beérkező fénysugárral szemben északra) mobil állványzatra szerelt kartont helyeztünk el július folyamán (napos és árnyékos foltok). Júliusban a PAR mintákat két tiszta égboltú, szélcsendes napon mértük.

A szegmentálás (értékes területek elkülönítése) megkönnyítése érdekében piros kartont használtunk. A PAR penetrációs méréseket a déltől számított 2 órán belül végeztük, 55-60°-os beesési szögben, a teljes időszak alatt.

A mintavételi magasságokban a PAR-értékeket 2 perc alatt, minden egyes szintre vonatkozóan rögzítettük 1 másodperces időközönként. A mintákat 1,5 órán belül gyűjtöttük, és fényképeket készítettünk.

A PAR (I_n) [Wm⁻²] értéket a napos területre beérkező sugárzás (I_s) [Wm⁻²], napos terület aránya (f) és az árnyékos területre beérkező sugárzás (I_h) [Wm⁻²] értékek alapján számoltuk ki. Minden réteghez 2 perces integrált sugárzási értékeket használtunk:

$$I_n = f I_s + (1-f) I_h \quad (1)$$

A napos és árnyékos foltok méretét a különböző növénymagasságokról az egyes növények aljától a tetejéig 20 cm-es közönként készített digitális fényképek alapján számítottuk ki, amelyekhez egyenes színű piros kartont és egy 17,9 megapixeles Canon EOS 7D digitális fényképezőgépet (Canon Inc., Tokió, Japán) használtunk. A képeket nyers formátumban tároltuk, majd elemzés céljából átvittük egy számítógépre. Az árnyékos és napos foltok szabálytalan elhelyezkedése miatt a szegmentálást az SGMW 0.1 képfeldolgozó alkalmazásban alkalmazott területnövesztő algoritmus-sal elemeztük (1. ábra). Különböző típusú pixeleket különböztetünk meg, és ezeket a Magic Wand technikával maszkoltuk, majd megszámoztuk.



1. ábra: Árnyékos (kék) és napos (sárga) foltok szegmentálása.

Öt kiválasztott mintanövény heti levélfelület-meghatározásán túl (Anda et al., 2019) a sor ugyanazon szakaszán, ahol a PAR penetráció vizsgáltuk, roncsolásos levélfelület-méréseket is végeztünk.

A lombkoronába való sugárzásbehatolás meghatározásához a szója leveleket rétegenként vágtuk le alulról felfelé haladva (20 cm-enként), a PAR-mérések szintjeinek megfelelően. Minden egyes levél egy egyenletes színű, piros kartonlapból készült sima felületre helyeztünk, amelynek oldalán skála volt, közvetlenül egy függőlegesen rögzített Canon EOS 7D digitális fényképezőgép alá. Az SGDIP 0.1 képfeldolgozó programban hisztogram, valamint küszöbérték-alapú szegmentálást alkalmaztunk (Anda et al., 2019). Minden kezelésből (WW, RO és P) öt teljesen kifejtett növényt mintáztunk.

A beeső sugárzásnak a lombkoronán áthatoló részét a Beer-törvény (Monsi & Saeki 1953) írta le:

$$I_n = I_0 \exp(-kLAI) \quad (2)$$

ahol I_0 és I_n a bejövő napsugárzás vízszintes felületre beérkező sűrűsége a lombkorona felett és alatt, egy adott magasságban. A k a növényállományra vonatkozó extinkciós együttható. A helyszínen mért k -t a 2. egyenlet segítségével számoltuk ki.

Az elméleti extinkciós együttható (k_{sim}) kiszámításához Campbell & Norman (1998) ellipszis alakú levélszög-eloszlási függvényét alkalmaztuk:

$$k_{sim} = \sqrt{x^2 + \tan^2 \varphi} x + 1.774(x + 1.182) - 0.733 \quad (3)$$

Az ellipszis alakú x paraméter, a lombkoronaelemek függőleges és vízszintes vetületeinek aránya (levélszög-eloszlás) 0,81 volt a szója esetében (Campbell & van Evert, 1994). A nap zenitszöge ψ volt, amelyet a szélességi és hosszúsági fokból, valamint a becslés időpontjából számítottunk ki.

A RUE-t a következőképpen számítottuk ki:

$$RUE = TDMI_0 \times F \quad (4)$$

ahol az összes száraz biomasz (TDM) $g\ m^{-2}$ -ben volt megadva, F pedig a lombkorona által felfogott PAR-mennyiség hányadát jelentette:

$$F = 1 - \exp(-k LAI) \quad (5)$$

Eredmények és értékelésük

A RUE a három évben enyhe eltérést mutatva (1. táblázat) 0,81 (Sig RO 2019-ben) és 1,48 (Sin ET 2017- ben) között mozgott. Az elemzés azt mutatta, hogy a kezelés ($p < 0,001$) és az évszak ($p < 0,001$) szignifikáns hatással volt a RUE-ra. Az összes többi kölcsönhatás nem volt szignifikáns,

ami azt jelzi, hogy a víz hatása a RUE-ra mindkét fajta esetében hasonló volt a három vizsgálati évben.

A RUE a növény TDM-termelését jelzi a levélfelület egységnyi területére jutó fotoszintézis révén, amelyet a napsugárzás is befolyásol. A vízstressz a fotoszintézis csökkenését okozta, ami valószínűleg csökkentette a levelek maximális méretét (LAI_{max}), ami az RO végső TDM és RUE értékét is csökkentette, fajtától függetlenül. Az 1,31 (Sig WW) és 1,32 g MJ PAR⁻¹ (Sin WW) RUE a teljes hároméves időszak alatt a Sinclair & Muchow (1999) által hat különböző vizsgálatból származó, felülvizsgált és bejelentett szójabab RUE-értékek (1,32-2,52 g MJ PAR⁻¹) alsó tartományába esett.

1. táblázat: *A szója sugárzáshasználási hatékonysága (RUE; g MJ m⁻²) a 2017 és 2019 közötti három tenyészidőszakban.*

RUE	2017	2018	2019	Átlag±Szórás
Sin WW	1,48	1,45	1,04	1,32 ±0,25
Sin RO	1,01	1,02	0,81	0,95±0,12
Sin P	1,16	1,26	1,02	1,14±0,12
Sig WW	1,39	1,37	1,17	1,31±0,12
Sig RO	1,14	1,09	0,81	1,01±0,18
Sig P	1,27	1,23	0,99	1,16±0,15

A WW, RO és P a *Sinara* (Sin) és *Sigalia* (Sig) szójafajták esetében a korlátlan, a vízstressz és a természetes csapadékellátottságú körülményeket jelöli.

Következtetések, javaslatok

A virágzás során vízstressznek kitett szójabab a csökkent TDM miatt alacsonyabb termésmennyiséget produkált, nemcsak a vízstresszben lévő növények alacsonyabb asszimilációs felületének kisebb PAR-transzmissziója miatt, hanem a RUE csökkenése miatt is, a korlátlan vízellátottságú szójaállományhoz képest. A természetes csapadékellátás bizonyos mértékig javította az RO-hoz képest a termésnövekedést, valószínűleg a csapadék egyenletes eloszlásának köszönhetően, a három tenyészidőszakban elvégzett vizsgálat során.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Anda, A., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T., Simon, B. (2020). Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field Crops Res.*, 245, 107673. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>
- Anda, A., Simon, B., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T. (2019). Investigation of soybean leaf area influenced by water supply. *Időjárás*, 123(1), 73–87. <http://doi.org/10.28974/idojaras.2019.1.5>
- Campbell, G.S., Norman, J.M. (1998). An introduction to environmental biophysics. 2nd edition Springer, Berlin, 247–278. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1626-1_15
- Campbell, G.S., Norman, J.M. (1989). The description and measurement of plant canopy structure. In: *Plant canopies: their growth, form and function* 31 Cambridge: Cambridge University Press, 1–19.
- Campbell, G.S., van Evert, F.K. (1994). Light interception by plant canopies: efficiency and architecture. In: Monteith, J.L., Scott, R.K., Unsworth, M.H. (Eds), *Resource Capture by Crops* Nottingham University Press, UK Sinclair TR, Muchow RC (1999). Radiation use efficiency. *Adv Agron*, 65, 215–265.

- Gao, Y., Duan, A., Qiu, X., Sun, J., Zhang, J., Liu, H., Wang, H. (2010). Distribution and use efficiency of photosynthetically active radiation in strip intercropping of maize and soybean. *Agron J*, 102(4), 1149–1157. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0409>
- Kocsis, T., Kovács-Székely, I., Anda, A. (2019). Homogeneity tests and non-parametric analyses of tendencies in precipitation time series in Keszthely, Western Hungary. *Theor Appl Climatol*, 139, 849. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03014-4>
- Kross, A., Lapen, D.R., McNairn, H., Sunohara, M., Champagne, C., Wilkes, G. (2015). Satellite and in situ derived corn and soybean biomass and leaf area index: Response to controlled tile drainage under varying weather conditions. *Agric Water Manage*, 160, 118–13. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.007>
- Kumagai, E., Takahashi, T. (2020). Soybean (*Glycine max* (L) Merr) yield reduction due to late sowing as a function of radiation interception and use in a cool region of northern. *Japan Agronomy*, 10, 66. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010066>
- Mbangiwa, N.C., Savage, M.J., Mabhaudhi, T. (2019). Modelling and measurement of water productivity and total evaporation in a dryland soybean crop. *Agric Forest Meteorol*, 266-267, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.005>
- Monsi, M., Saeki, T. (1953). Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn J Bot*, 14, 22–52.
- Muchow, R.C., Robertson, M.J., Pengelly, B.C. (1993). Radiation-use efficiency of soybean, mugbean and cowpea under different environmental conditions. *Field Crops Res*, 32(1–2), 116.
- Payero, J.O., Irmak, S. (2013). Daily energy fluxes, evapotranspiration and crop coefficient of soybean. *Agric Water Manage*, 129, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.018>

Különböző szőlőfajták oltáskombinációjának oltásforradási vizsgálata

Szabó Péter^{1*}, Jenei Botond¹, Kun Ágnes², Soós Adrienn³

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet

²Kunszőlő Családi Gazdaság

³Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti Doktori Iskola

* *szabo.peter@uni-mate.hu*

Összefoglalás

Tanulmányunkban hazánk két népszerű fehérbort adó szőlőfajtájából (Olasz Rizling, Zöld veltelini), illetve a hazai és nemzetközi szaporítóanyag-előállításban is egyaránt elterjedt alanyfajtákból (5BB, SO4) létrehozott oltáskombinációk oltásforradási eredményeit mutatjuk be. Összesen mintegy 1612 növény adatait dolgoztuk fel. Vizsgálatunk során az előhajtatott oltványokon hat különböző paramétert értékeltünk: a szőlőoltvány talpi kallusz-fejlődésének minőségét, az alanyvessző bazális végén megjelenő gyökerek számát, a nemes csap rügycsúcs kihajtását, a nemes csap rügycsúcs hosszát, a szőlőoltvány kalluszosodásának minőségét, és a szőlőoltvány kalluszának átmérőjét. A kísérleti adatok statisztikai kiértékelését az SPSS 22.0 statisztikai programcsomaggal és a Microsoft Office Excel 2010-es programokkal végeztük. A kutatás módszerét leíró statisztikák kombinációnkénti (alany – nemes) összehasonlítása képezi, valamint kapcsolatvizsgálatok (Cramer-mutató, Éta) a kombináció és az előhajtást követően vizsgált hat paraméter között. Utóbbi elemzést 5%-os szignifikancia-szinten (95%-os megbízhatósági szinten) értelmezzük. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy mind az oltásforradás minőségének, a kallusz átmérők, a talpi kallusz, a gyökérszám, tekintetében az 5BB-Zöld veltelini kombinációival értük el a legjobb eredményt. A hajtáshossz és a rügycsúcs kihajtását illetően az SO4-Olasz rizling kombináció bizonyult a legjobbnak.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Hivatal adatai szerint a világ szőlőterülete 7,4 millió hektár (OIV, 2019). A terület legnagyobb részén szőlőoltványokkal történik a telepítés. Szőlőoltványok előállítására, az 1800-as évek végétől – a szőlőgyökértetű (*Daktulosphaira vitifoliae*, FITCH) nagymértékű pusztítása miatt – kényszerültek a szőlőtermelők (Read & Gu, 2003). Laliman francia szőlész ismerte fel azt a módot, hogy a *Vitis* fajokra oltva az európai *Vitis vinifera* fajtákat, az oltványok ellenállóvá tehetőek a szőlő gyökértetűvel szemben. Európában nagy erővel kezdtek el ezek után az alanynemesítést, amibe számos szőlőfajt bevontak (Shaffer et al., 2004). A Nemzetközi Szőlő Szaporítóanyag Termelők Szövetségének adatai szerint (IAN – International Association of Grapevine Nurseries) 2018-ban 629.228 ezer darab szőlőoltvány került előállításra a főbb európai országokban. Az átlagos kihozatali százalék 63% volt, így mintegy 396.246 ezer darab szőlőoltvány állt rendelkezésre 2019-ben (Szabó, 2019).

Az oltással – az alany és nemes között – tartós biológiai kapcsolatot, együttélést biztosítunk. Az alany szerepe a taljból történő víz-, és tápanyagfelvétel és továbbítás, a nemes pedig az asszimiláták előállítása, a termés kinevelése. Szőlőoltványt leggyorsabban, legbiztonságosabban, illetve nagy mennyiségben kézben, fásra fásoltással, és az ezt követő előhajtással és iskolázással állíthatunk elő. Ennél függetleníthetjük legjobban az időjárástól az oltási műveletek végzését, és biztosíthatjuk leginkább a megeredés feltételeit. Kézben oltással az oltványkészítés már „iparszerűen” végezhető (Bényei et al., 1999). A nemes az alany látja el vízzel és ásványi anyagokkal, az alany pedig asszimilátákat a nemesről kap (Kocsis et al., 2002). Oltáskor kiemelten fontos az affinitás. Az oltási affinitás az alany kalluszképző és gyökerező képessége és a nemes kalluszfejlődési képessége; az együtt élő képesség az alany és a nemes kölcsönös alkalmazkodóképességén alapul, meghatározza, hogy gazdaságilag milyen értékű lesz az oltványból felnevelt tőke (Hegedűs, 1960; Kocsis, 1996).

Ez függ a két komponens tápanyagfelvételének, -szintézisének és -felhasználásának módjától, a tápanyagszállítás képességétől, a szövetekben lévő szabályozó anyagok típusától és mennyiségétől (Rogers & Beakbane, 1957; Kocsis, 1996). Az oltásforradás előfeltétele a vessző-kambium mentén létrejövő sebhegesztő szövet, a kallusz. A kallusz intenzív sejtosztódással jön létre, amihez szükség van a szénhidrátok ellégzése során keletkező energiára. Ez inaktív szövet, de benne differenciálódó kambium hozza létre a nemest és az alanyt összekötő szállítószöveteket. A sejtosztódási folyamatokat növényi növekedési hormonok indukálják (auxin, gibberellinek, citokininek). A kallusz képződésben kiemelt szerepe van a β -indol-ecetsavnak (IES) (Rakonczás, 2014). Az előhajtás során indul meg a szőlő kallusz fejlődése a vessző apokális és a vessző bazális részén egyaránt (Szabó, 2019). a különböző alanyfajtákra oltott nemes szőlővesszők oltásforradását nagyban befolyásolják a szőlő oltvány előállítás során alkalmazott előhajtási technológiák. A technológiai változatoknak különböző előnyei, illetve hátrányai is lehetnek (Szabó et al., 2017). Az előhajtási közegek, az oltócsap és az oltási helynél alkalmazott paraffin öntő mértékben meghatározzák a talpi kallusz fejlődésének mértékét (Kun, 2020). A kallusz képződésnek endogén ritmusa van, ennek maximuma márciusban van. A *V. vinifera* fajták esetében a ritmus nem jelentős, mert bármikor képes kallusz-képzésre, az alanyfajok esetében jelentősebb. Nyár végén csökken, októbertől februárig szünetel a kalluszképződés. Februártól aktivitás fokozódik, maximuma március-áprilisban van. Ez fajta-tulajdonság, aminek nagy jelentősége van a szaporítóanyag-termelésben. Az inaktív szakaszokban az auxin-gibberellin-kinetin arány a kinetin irányába tolódik el (Rakonczás, 2014).

Kísérletünk célja volt, hogy két-két alany és nemesfajta oltásforradási jellemzőit vizsgáljuk.

Anyag és módszer

A vizsgálatba hazánk két népszerű főbb fehérbort adó szőlőfajtáját, az Olasz Rizlinget és a Zöld veltelinit, illetve a hazai és nemzetközi szaporítóanyag-előállításban népszerű alanyfajtákat (5BB, SO4) vontuk be. Összesen mintegy 1612 növény adatait dolgoztuk fel. A felhasznált növényi anyagok mindegyike azonos termőhelyről, a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus csereszégtomaji Szőlészeti-Borászati kísérleti telepéről származtak. A szőlőterület dél-délkeleti fekvésű, lejtése 5-30 % között változik. Tengerszint feletti magassága 140-200m, a legmélyebb és legmagasabb pontjai közötti különbség 60 m. Klimatikus adottságok tekintetében a nyugat-magyarországi területhez tartozik. Az országos átlagnál valamivel hűvösebb (éves átlag 9-10 °C) és csapadékosabb (évi 700 mm) (Bakonyi & Kocsis, 2006).

Vizsgálataink során az SO4, illetve az 5BB alanyfajtákból, továbbá az Olasz rizling és a Zöld veltelini nemes fajtákban hoztunk létre oltáskombinációkat. A vizsgálatba vont 'Olasz rizling G.K. 37' ültetvényt 1990-ben telepítették Georgikon 28 alanyra. A vizsgálatba vont 'Zöld veltelini' ültetvényt 2001 áprilisában 'Georgikon 28' alanyra telepítették. Művelésmódjuk: közép magas kordon. A vizsgálatba vont alanyfajták, a 'Teleki-Kober 5BB' a 'Teleki-Fuhr SO4' mind 1998-as telepítések, művelésmódjuk fejművelés.

A vizsgálatot megelőző évben (2019-ben) a csereszégtomaji kísérleti ültetvények művelésében nem volt különbség. A tőkék művelésmódja módosított Royat cordon, a tőkék metszésére február első felében került sor, tőkénként 10 ± 2 rügyet meghagyva rövid metszési elemeket, 1-2 rügyes rövid csapokat alkalmazva. Az ültetvényben a növényvédelem és a tápanyag-utánpótlás egységesen, a Georgikon Tanüzem terve szerint történt.

A kísérlet kivitelezésének technológiai folyamata a következőképp zajlott. Első lépésben 2020. február 17-22-ig a szőlő alany- és termőfajták vesszőinek megszedésére, megtisztítására, méretre vágására, kötegelésére, vastagság szerinti minősítésére került sor, amelyek az oltásig hűtőtárolóban kerültek elhelyezésre 1-4 °C közötti hőmérsékleten. A kiszáradástól fólia takarással védtük. Az alanyfajták rügyeit eltávolítottuk (vakítottuk), majd oltást megelőzően talpaltuk, és azt követően az áztatásra került sor. A nemes fajtákat szintén megtisztítottuk, méretre vágtuk, osztályoztuk, majd

zsákoltuk az oltócsapokat, és szintén tároltuk az oltásig az alanyvesszőkkel azonos módon. Az oltást megelőzően az alanyfajták 5 napig, míg a nemes csapok csupán 2-3 órával az oltást megelőzően kerültek áztatásra a szakirodalmi ajánlásoknak és a gyakorlatban alkalmazott módszernek megfelelően (Jeszenszky, 1975; Czákai et al., 2011).

A kutatás során felhasznált alany és nemes komponenseket 2020. április 15-17. között kézbenoltással, Omega típusú oltógéppel (Wagner Pflanzentechnik) oltottuk össze. A kész oltványokat „Proagriwax G-Mediterranean” oltóviaszba mártottuk. E lépés fő célja a kiszáradás elleni védelem, de a kalluszosodás serkentésében (hormontartalmú paraffinok) és a növényegészségügyi-védelemben is nagy szerepük van (Szabó, 2019). Az alanyvesszők bazális végét gyökeresedést serkentő anyaggal (INCIT-8) kezeltük.

Az oltást követően a szaporítóanyagok 2020. április 20-án fából készült ládába kerültek, előhajtás céljából. Az előhajtás célja a növények kezdeti fejlődésének, az oltásforradásnak az elősegítése, kallusz kialakulása az oltáshelyen (Szabó, 2019). Az oltványok hajtásához sűrű, nyitott pórusú vulkanikus kőzetet, a kertészetben szaporító és nevelő közegként gyakran használt – 1-5 mm szemcseméretű perlitet használtunk. Az oltványok 2020. április 21-én kerültek a Pannon Egyetem Georgikon Karának Cserszegtomajon található Szőlészeti-Borászati kísérleti telepén található hajtató helyiségbe. A hajtások első 5 napján változatlanul 28-32 °C-os hőmérsékleten és állandó páratartalom mellett tartottuk az oltványokat, majd ezt követően a helyiség hőmérsékletét folyamatosan csökkentettük a gyakorlatban alkalmazott és a szakirodalom ajánlásainak megfelelően (Hege-düs et al., 1966, Rakonczás, 2014). A növények számára igyekeztünk megfelelő (85-90 %-os) relatív páratartalmat is biztosítani, hisz ezek a körülmények kedvező feltételeket biztosítanak mind a kalluszosodáshoz, mind a hajtásnövekedéshez. A hajtást – a kalluszképződés intenzitását folyamatosan monitorozva – 2020. május 4-én fejeztük be, amikor a kallusz körkörösre megjelent, a rügyek 80-90 %-a kihajtott (Rakonczás, 2014). Ezt követően az oltványok edzésére került sor, mely 2020. május 11-ig tartott. Az oltványok kiládázását 2020. május 12-én végeztük el, majd az előhajtást és edzést követően, 2020. május 12-13. között értékeltük ki.

Vizsgálatunk során az előhajtott oltványokon hat különböző paramétert értékeltünk (Kocsis, 2010):

1. a szőlőoltvány kalluszosodásának minőségi kódolása (0-5) az alábbiak szerint:
 - 0: teljesen hiányos kallusz képződés,
 - 1: kicsi, 1-2 mm-es kallusz az oltási pont egy helyén,
 - 2: kicsi, 1-2 mm-es kallusz az oltási pont több helyén,
 - 3: folytonos, 5-6 mm-es kallusz szakasz,
 - 4: körkörös kallusz 1-2 mm-es megszakítással,
2. kallusz átmérő (mm);
3. a szőlőoltvány talpi kallusz-fejlődésének minőségi kódolása (0-5) az alábbiak szerint:
 - 0: teljesen hiányos kallusz képződés
 - 1: kicsi, 1-2 mm-es kallusz az oltási pont egy helyén,
 - 2: kicsi, 1-2 mm-es kallusz az oltási pont több helyén,
 - 3: folytonos, 5-6 mm-es kallusz szakasz,
 - 4: körkörös kallusz 1-2 mm-es megszakítással,
 - 5: körkörös – azonos vastagságú kallusz;
4. az alanyvessző bazális végén megjelenő gyökerek száma (db);
5. a nemes csap rügy hajtásának hossza (mm);
6. a nemes csap rügyének kihajtásának kódolása (0, illetve 1 dummy változókkal, 0 = nem hajtott ki; 1: kihajtott);
 - 5: körkörös – azonos vastagságú kallusz;
7. a szőlőoltvány kalluszának átmérője (mm).

A kísérleti adatok statisztikai kiértékelését az SPSS 22.0 statisztikai programcsomaggal és a Microsoft Office Excel 2010-es programokkal végeztük. A kutatás módszerét leíró statisztikák kombinációkénti (alany – nemes) összehasonlítási képezi, valamint kapcsolatvizsgálatok (Cramer-mutató, Éta) a kombináció és az előhajtást követően vizsgált hat paraméter között. Utóbbi elemzést 5%-os szignifikancia-szinten (95%-os megbízhatósági szinten) értelmezzük. A kapcsolatvizsgálatok értékei a kapcsolat szorosságát, előjele a kapcsolat irányát mutatja. Minél erősebb két változó között a kapcsolat, az abszolút értéke annál közelebb esik az 1-hez. A kapcsolatvizsgálatok lehetséges értékeit Sajtos & Mitev (2007) alapján határoztuk meg az 1. táblázat szerint:

1. táblázat: *A változók, mutatók közötti kapcsolatok erősségét kifejező értékek (Sajtos & Mitev, 2007 alapján, saját szerkesztés).*

Ha a kapcsolat erősségét mérő mutató abszolút értéke	A kapcsolat erőssége
0	nincs lineáris kapcsolat
]0; 0,2]	gyenge pozitív kapcsolat
[0,2; 0,7[közepesen pozitív kapcsolat
[0,7; 1[erős pozitív kapcsolat
1	tökéletes pozitív kapcsolat

Eredmények és értékelésük

Az eredmények alapján (2. táblázat) megállapítható, hogy mind az oltásforradás minőségének, mind a kallusz átmérők, mind a talpi kallusz, mind a gyökérszám, tekintetében az 5BB-Zöld veltelini kombinációival értük el a legjobb eredményt. A hajtáshossz vonatkozásában az SO4-Olasz rizling kombináció mutatta a legjobb eredményt. A rügyek kihajtását illetően szintén az SO4-Olasz rizling kombináció esetében figyelhettük meg a legmagasabb értékeket.

2. táblázat: *Az előhajtást követően vizsgált paraméterek leíró statisztikai a kombinációk függvényében.*

Kombináció	Leírók	Kallusz 0-5	Kallusz- átmérő mm	Talpi kallusz 0-5	Gyökér- szám db	Hajtás- hossz mm	Rügy ki- hajtás 0-1
5BB – Olasz rizling	Átlag	3,69	34,23	2,77	0,91	17,19	0,74
	Szórás	1,50	14,67	1,52	1,58	16,69	0,44
5BB – Zöld veltelini	Átlag	4,27	39,40	3,83	0,97	12,41	0,78
	Szórás	0,93	8,62	1,40	1,30	17,74	0,41
SO4 – Olasz rizling	Átlag	4,05	37,38	1,24	0,17	26,13	0,84
	Szórás	1,24	11,18	1,45	0,68	19,31	0,37
SO4 – Zöld veltelini	Átlag	3,74	31,46	3,28	0,66	12,93	0,74
	Szórás	1,49	13,56	1,50	1,08	15,92	0,44

A kapcsolatvizsgálatok eredményei alapján a következő megállapítások tehetők:

- az előhajtást követően vizsgált mind a hat paraméter szignifikáns kapcsolatban áll a kombinációval, mégpedig

- közepesen erős kapcsolatban a gyökérszámmal ($\hat{E}ta = 0,201$), a kalluszátmérővel ($\hat{E}ta = 0,246$), a hajtáshosszal ($\hat{E}ta = 0,253$) és a talpi kallusszal (Cramer = 0,310),
- gyenge kapcsolatban a rügykihajtással (Cramer = 0,079) és a kallusszal (Cramer = 0,117).

Következtetések, javaslatok

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy mind az oltásforradás minőségének, mind a kallusz átmérők, mind a talpi kallusz, mind a gyökérszám, tekintetében az 5BB-Zöld veltelini kombinációval értük el a legjobb eredményt. A hajtáshossz és a rügyek kihajtását illetően az SO4-Olasz rizling kombináció bizonyult a legjobbnak.

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy az oltásforradást a szaporítóanyag minősége, az előhajtás körülményei (hőmérséklet, nedvességtartalom, relatív páratartalom) és az oltási komponensek egészségi állapota is befolyásolja. Vizsgálatainkban a környezeti állapot azonos volt. Különbség a különböző kombinációk, illetve azok együttes hatása miatt alakulhatott ki.

Mindezek alapján javasoljuk, ezen eredmények figyelembevételét az alanyfajták és a kombinációk kiválasztásánál. Bízunk benne, hogy eredményeink a gyakorlat számára is hasznosak lehetnek.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bakonyi, K., Kocsis, L. (2006). Két évszázad az oktatás és kutatás szolgálatában. PE Georgikon. Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 36.
- Bényei, F., Lőrincz, A., Szendrődy, Gy.Sz., Nagy, L., Zanathy, G. (1999). Szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 506, 459–462.
- Czáka, S., Füstös, Zs., Hrotkó, K. (2011). A növény szaporítás ábécéje. Oltás, vetés, dugványozás. Hetedik, átdolgozott kiadás; Mezőgazda Kiadó, Budapest. 85, 91–94, 118.
- Hegedűs, Á., Kozma, P., Németh, Á. (1966). A szőlő. Akadémiai Kiadó, Budapest, 100-103.
- Hegedűs, Á. (1960). A szőlő vízforgalmára vonatkozó vizsgálatok. Kísérletügyi Közlemények, 52/C(2), 3–27.
- Jeszenszki, Á. (1957). Oltás, szemzés, dugványozás. Kilencedik kiadás; Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 224.
- Kocsis, L., Lehoczky, É. (2002). The significance of yield production and sugar content of the grape juice with macro-nutrients in grape rootstock – scion combinations on dry climatic condition. Communications in soil science and plant analysis, 33(15–18), 3159–3166. <https://doi.org/10.1081/CSS-120014696>
- Kocsis, L. (1996). Szőlő alany- és nemesfajták kölcsönhatása az oltványkészítéstől a termőfordulásig. Kandidátusi értekezés, Keszthely.
- Kocsis, L. (2010). Szőlőalanyok egyes fiziológiai jellemzőinek és biotikus tényezőinek értékelése. MTA doktori értekezés.
- Kun, Á. (2020). A szőlőoltvány előállításának eredményességét befolyásoló előhajtató közegek és paraffinok értékelése. PhD Doktori disszertáció, Keszthely.
- OIV (2019). Statistical Report on World Vitiviniculture. International Organization of Vine and Wine (OIV) Intergovernmental Organization.
- Rakonczás, N. (2014). Szőlőtermesztés. Debreceni Egyetemi Kiadó, 195.
- Read, P., Gu, S. (2003). A century of American viticulture. HortScience, 38(5), 943–951.
- Rogers, W.S., Beakbane, A.B. (1957). Stock and scion relations. Annual Review of Plant Physiology, 8(1), 217–236. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.08.060157.001245>
- Sajtos, L., Mitev, A. (2007). SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. Alinea Kiadó, Budapest.
- Shaffer, R.G., Sampalo, T.L., Pinkerton, J., Vasconcelos, M.C. (2004). Grapevine rootstocks for Oregon vineyards. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University, 1–10.
- Szabó, P., Kocsis, L., Hegedűsné Baranyai, N., Kovács B. (2017). A szőlő oltvány előállítás során alkalmazott előhajtási technológiák összehasonlító vizsgálata, In: Borászati füzetek, 27(6), 29–33.
- Szabó, P. (2019). A szőlő szaporítóanyag-előállítás európai és hazai helyzete és technológiája, In: Szabó Péter: Innováció a Szőlőszaporításban, Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége, 32–45.

Takarmányozás

Effect of multiphase feeding on the production traits and nitrogen flow parameters of growing pigs

Ilona Anna Geicsnek-Koltay^{1*}, Zsuzsanna Benedek¹, Nóra Baranyai², Levente Farkas³, Ivett László¹, Nikoletta Amanda Such¹, László Wágner¹, Károly Dublicz¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Science

²University of Pannonia

³Lupus Family Farm

**ilcsu92@gmail.com*

Summary

The efficiency of protein nutrition is crucial for the production of animal products in many ways. Protein-rich feeds are the most expensive components of the diets that are not available in sufficient quantities in the countries of the European Union. Because only 70-80% of the protein content of feed is absorbed from the digestive tract and the utilization of the absorbed fraction is even less than the digestibility, a significant proportion of the feed protein consumed by farm animals is excreted via urine and faeces. Due to this, animal production is estimated to account for 80-90% of ammonia emissions in the European Union. The aim of this study was to investigate the effects of multiphase feeding on the production parameters and N excretion of pigs. Based on our results, the application of multi-phase feeding, without deterioration of production parameters, has a positive effect on the N-retention of pigs and thus reduces the rate of N-excretion and ammonia emission. Although the use of multi-phase feeding can generate additional transportation costs, due to the reduction in feed costs, it can even improve the profitability of production.

Introduction and literature review

The efficiency of protein feeding is crucial for the production of animal products in many ways. Protein-rich feeds are the most expensive components of nutrition that are not available in sufficient quantities in the European Union countries. Reducing the proportion of genetically modified (GM) soya bean from predominantly USA imports is a continuing challenge for member states. Because only 70-80% of the protein content of feed is absorbed from the digestive tract and the utilization of the absorbed fraction is even less than that of digestibility, a significant proportion of the feed protein consumed by farm animals is excreted in the urine and faeces. From urea and uric acid excreted in urine, urease producing bacteria in the manure liberate ammonia, which reduces the quality of the air in the stable, affecting negatively the health of animals and also the production traits. Significant amounts of ammonia can also be generated during manure storage and application outside the barn, contributing significantly to livestock-related ammonia emissions (Dublicz et al., 2018).

Ammonia emission is a major air quality concern at regional, national and global levels. Certain agricultural methods have different effect on the environment. However, animal production is estimated to account for 80-90% of ammonia emissions in the European Union. Recent studies of NH₃ emissions in Hungary show that the animal husbandry accounts for about 70 percent of NH₃ emissions, and pig farming is responsible for 21 percent of this (Lovas, 2015). In order to improve air quality in the EU, the Directive 2016/2284 has been developed to reduce the national emissions of certain atmospheric pollutants. According to this, after 2030, 32 percent reduction in ammonia emissions is expected in Hungary (NEC, 2016).

The most important concerns of animal husbandry on the environment are related to the nutrient utilisation of the animals (Figure 1.). During the metabolism, for example, pigs utilize only the 30-40% of the consumed nitrogen. The excreted part, mainly the urinary N, is the potential source of NH₃ emission.

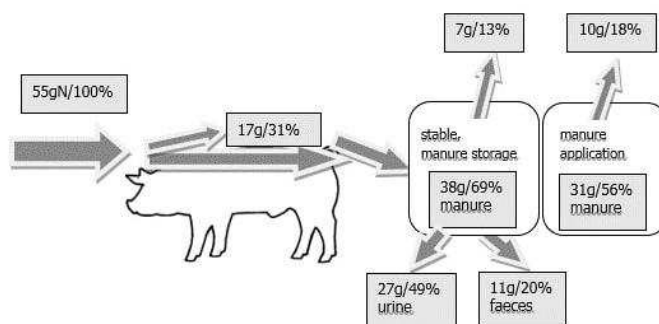


Figure 1.: Nitrogen balance in growing-finishing pigs (Aarnink, 2007).

There are several factors that have been shown to influence NH₃ emissions. According to the literature data the species, age and live weight of animals; the protein content and amino acid composition of the diet, the housing technology, the rate of ventilation, manure management, manure storing and manure application to the field are the main factors (Bittman et al., 2014).

The amount of ammonia excreted by the animals can be reduced if the diet contains less nitrogen. This can be achieved by supplying different diets for the different physiological or growth stages with a closer match between intake and requirement. This feeding strategy is called “phase-feeding”. Its essence is well illustrated in Figure 2. (Gay, 2008; FVM, 2008; Philippe et al., 2011). According to the literature, the transition from 2 phases to 5 phases during fattening causes a decrease in 0.45 kg N-excretion/animal/year (BAT, 2015).

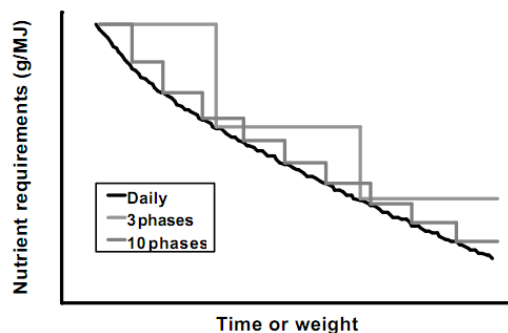


Figure 2.: Assign nutrient supply to current needs (Halas, 2017).

The aim of this study was to find out how multiphase feeding affects pig production parameters and ammonia emission performance.

Materials and methods

In the experiment, 35-35 male Topigs20 x DanBred duroc weaned piglets from genotype „A” were used in five replicate pens of 7 pigs per treatment. The animals were purchased from the ALM Ltd. Somogytarnóca and pre-selected on the basis of almost the same live weight. The trial was carried out in the experimental farm of the MATE Georgikon Campus, in Keszthely. In the pens straw bedding was used. The feed and water were available ad libitum. In the control group the most frequently used phases were applied (20-30kg; 30-40kg; 40-80kg; 80-110kg). The other treatment contained 6-phases (20-30kg; 30-40kg; 40-60kg; 60 -80kg; 80-100kg; 100kg-). The length of the

phases and the crude protein content of the diets are shown in Table 1. The composition and nutrient content of the experimental diets are shown in Table 2.

Table 1.: *The protein content of the experimental diets and the length of the phases.*

weeks	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
4 phase	1. phase	2. phase	3. phase					4. phase					
	18,8%	17%	17%					15%					
6 phase	1. phase	2. phase	3. phase	4. phase		5. phase	6. phase						
	18,8%	17%	17%	16%		15%	14%						

Table 2.: *Composition and nutrient content of experimental diets.*

Ingredients (%)	20-30 kg	30-40 kg	40-80 kg	40-60 kg	60-80 kg	80-110 kg	80-100 kg	100-kg
Maize	46.4	40	37.7	37	38.8	41.2	40.6	42.3
Soybean meals	25.3	21.9	24.1	23.8	21.2	18.8	18.5	15.8
Barley	20	0	31.5	31.9	33.2	34.1	34.5	35.9
Wheat	0	32.8	0	0	0	0	0	0
Sunflower oil	2.6	1.5	3.7	3.9	3.8	3.5	3.7	3.6
L-Lysine	0.4	0.7	0.3	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1
DL-Methionine	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0	0.05	0
L-Threonine	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0	0	0
L-Valin	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0
Limestone	1.3	1.3	1.1	1.2	1.1	0.9	1	0.9
MCP	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5
Haemoglobin	2	0	0	0	0	0	0	0
Salt	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Premix	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrient content								
DE (MJ/kg)	14.52	14.34	14.19	14.30	14.30	14.14	14.12	14.15
Crude protein (%)	18.80	17.04	17.16	17.19	16.40	15.43	15.04	13.90
Crude fat (%)	4.92	3.84	5.92	6.25	5.83	5.67	5.77	5.94
Crude fibre (%)	3.35	2.74	3.61	3.92	3.26	3.61	3.98	3.57
Lysine (%)	1.24	1.14	1.14	1.16	1.10	0.98	0.88	0.78
Methionine (%)	0.47	0.40	0.39	0.41	0.39	0.35	0.35	0.32
Methionine+cysteine (%)	0.79	0.71	0.68	0.72	0.67	0.62	0.60	0.55
Threonine (%)	0.82	0.77	0.78	0.81	0.75	0.69	0.66	0.58
Valin (%)	0.82	0.77	0.80	0.77	0.74	0.72	0.74	0.65
Arginin (%)	1.18	1.11	1.07	1.09	1.06	0.91	0.89	0.85
Ca (%)	0.70	0.67	0.68	0.68	0.67	0.60	0.64	0.72
P (%)	0.50	0.49	0.50	0.48	0.50	0.44	0.46	0.50

The feed consumption per pen and the live weight of animals were measured weekly and the feed conversion ratio calculated. The N retention of the animals was calculated from the N intake and weight gain values for that phase. The average N content of the pig body was taken into account as 2.56% according to the international literature (Dämmgen et al., 2013). In order to compare the results of the treatments, the results of the 6 phase group were combined to 4 phases too. The obtained data were evaluated by the SPSS 22 software, using the Independent Samples T test.

Results and Discussion

The four- and six-phase fattening did not significantly affect the feed intake of the animals. Although the animals of the 6-phase treatment consumed 2.2 kg more feed in the last phase, this difference was not significant. The reason for this could be that the protein content of the 6-phase diets was lower at the end of fattening, which was compensated by the increased feed intake. The number of phases did not affect the weight gain of the pigs either. The results for this parameter were very balanced. As a result, feed conversion ratio did not change significantly either. The results are shown in Table 3.

Table 3.: *Effect of multiphase feeding on the production parameters of pigs.*

		1. phase	2. phase	3. phase	4. phase	whole fattening
Feed intake (kg)	4-phase	20.20	9.91	92.09	142.57	264.77
	6-phase	20.06	9.80	92.06	144.82	266.74
Weight gain (kg)	4-phase	10.99	4.77	39.34	46.24	101.35
	6-phase	10.53	5.01	39.23	46.41	101.18
Feed conversion ratio (kg/kg)	4-phase	1.85	2.12	2.34	3.08	2.61
	6-phase	1.92	2.00	2.35	3.13	2.64

In addition to the production parameters, the N retention of animals was also calculated (Table 4). Due to the lower protein content of the diets of the 6-phase treatment, the N intake of these animals was significantly lower in phases 3 and 4, as well as for the entire fattening period. Due to the similarity of the weight gain data, there was no significant difference in the amount of nitrogen incorporated. The N-retention calculated from the ratio of the two indicators was significantly higher in the last phase of fattening in the 6-phase group. The difference in N-retention remained also significant for the entire fattening period. Overall, the animals in the 6-phase treatment groups utilized the protein content of the feeds about 1.4% better.

Table 4.: *Effect of multiphase feeding on the N-flow parameters.*

		1. phase	2. phase	3. phase	4. phase	whole fattening
N intake (kg)	4-phase treatment	0.61	0.27	2.53 ^a	3.52 ^a	6.93 ^a
	6-phase treatment	0.60	0.27	2.48 ^b	3.31 ^b	6.66 ^b
N incorporation (kg)	4-phase treatment	0.28	0.12	1.01	1.18	2.59
	6-phase treatment	0.27	0.13	1.00	1.19	2.59
N retention (%)	4-phase treatment	46.36	45.09	39.84	33.64 ^b	37.46 ^b

^{a, b}: different letters show significant differences ($p < 0,05$)

Beside the production traits and N-retention results, the feeding costs were also compared. From the data of Table 5 it can be seen that the price of the 6-phase diets were lower, due to their lower protein content. In the fattening phase 3, pigs of the 6 phase group consumed more feed. This is the reason why at the end of fattening the feed cost per animal was more favourable for the 4 phase treatment. However, when the feed cost of one kilogram of live weight production is compared, the cost of the 6 phase group was by almost 6 HUF less.

Table 5.: *Economic evaluation of 4- and 6-phase fattening.*

	4-phase treatment	6-phase treatment
piglets feed unit price, HUF/kg	91.7	91.7
fattening I feed unit price, HUF/kg	73.8	73.8
fattening II feed unit price, HUF/kg	79,2	78,5
fattening III feed unit price, HUF/kg	73,3	72,3
feed consumption in the piglets phase, kg/animal	20,2	20,1
feed consumption in the fattening I phase, kg/animal	9,9	9,8
feed consumption in the fattening II phase, kg/animal	92,1	92,1
feed consumption in the fattening III phase, kg/animal	142,6	144,8
feed consumption, kg/animal	264,8	266,7
feed conversation ratio (kg/kg)	2,9	3,0
feed cost in the piglets phase. HUF/animal	1853.1	1840.3
feed cost in the fattening I phase. HUF/animal	730.9	722.8
feed cost in the fattening II phase. HUF/animal	7290.1	7225.9
feed cost in the fattening III phase. HUF/animal	10445.8	10475.5
feed cost/animal. HUF	20319.9	20264.4
finishing weight. kg	90.0	90.0
feed cost/kg weight gain HUF	225.8	220.0

Conclusions and recommendations

Based on our results. the application of multi-phase feeding. in line with the literature data. can increase the N-retention and this way decrease the N-excretion of pigs. without significant effect on the production traits. Multi-phase feeding can also decrease the feed prices. Using more diets can generate additional logistical costs. however. it is compensated by the lower feed prices.

Acknowledgements

The publication is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

References

Aarnink. A.J.A.. Verstegen. M.W.A. (2007). Nutrition. key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*. 109. 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.112>

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs (2015): Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control) JOINT RESEARCH CENTRE Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau. Bittman. S.M., Dedina. C.M., Howard. O., Oenema. M., Sutton A. (2014). Options for Ammonia Mitigation Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. CEH.

Dämmgen. U., Berk. A., Otten. C., Brade. W., Hutchings. N.J., Haenel. H.D., Rösemann. C., Dänicke. S., Schwerin. M. (2013). Anticipated changes in the emissions of greenhouse gases and ammonia from pork production due to shifts from fattening of barrows towards fattening of boars. *Landbauforschung Volkenrode*. 63(1). 47-60. https://doi.org/10.3220/LBF_2013_47-60

Dublecz. K., Koltay. I., Such. N., Dublec. F., Husvéth. F., Wágner. L., Farkas. E., Márton. A., Farkas. V., Pál. L. (2018). Lehetőségek a takarmányok nyersfehérje tartalmának csökkentésére monogasztrikus állatokban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 67(4). 273-286.

FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet megbízásából (2008). Az állattartás környezeti hatásai, helyzete és viszonya a hazai és EU szabályozáshoz. Szerződésszám: VKSZI/188/2008. GreenCapital-4/2008. http://www.greenflow.hu/wpcontent/uploads/2012/03/FVM_GREEN_%C3%A1llattart%C3%A1s-kv-ihat%C3%A1sai.pdf

Gay. S.W. (2008). Ammonia Emissions and Animal Agriculture. Virginia Cooperative Extension.

Halasm V. (2017). Precíziós takarmányozás (tananyag).

Lovas. K. (2015). Agricultural emission is the official inventory. Emission workshop. Ministry of Agriculture. Budapest.

National Emission Ceilings (NEC) Directive (2016). EU 2016/2284.

Philippe. F.X., Cabarau. J.F., Nicks. B. (2011). Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 141. 245–260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.012>

Bacterial community composition of duck caecal content through high-throughput amplicon sequencing of 16S rRNA

Valéria Farkas^{1*}, László Menyhárt¹, Nikoletta Amanda Such¹, Mohamed Ali Rawash¹, Károly Dublicz¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Science

*farkas.valeria@uni-mate.hu

Abstract

So far, a few studies focused on the gut microbiome of the duck, although global duck meat production is steadily rising. The aim of the present study was to compare the composition of caecal microbiota of Cherry Valley ducks with the results of a previous experiment. In total, 120 one-day-old ducks were purchased from a commercial hatchery and randomly as-sorted into 12 pens which had wheat straw litter as bedding material. On day 42, caecal chymus samples were collected from 12 pens including 2 ducks per pen. Samples in each pen were pooled after DNA extraction and analyzed by 16S rRNA gene targeted Illumina MiSeq sequencing. *Bacteroidetes* (59.36%), *Firmicutes* (30.70%), *Proteobacteria* (5.45%) were the dominant phyla in the caecum. At the genus level, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Megamonas*, *Barnesiella*, *Helicobacter* were most abundant (31.35%, 17.20%, 6.78%, 3.79% and 2.49% respectively).

Introduction

Over the last decades, breeding programs have improved the efficiency of poultry production tremendously. Global production of poultry meat more than doubled, increasing by 110% between 1996 and 2016. Total production of poultry meat (chicken, turkey, duck, and goose) rose from 57.1 million metric tons in 1996 to 120.2 million metric tons in 2016 (Scanes & Christensen, 2019).

The breeding programs, however, not only improved body weight gain and feed conversion ratio, but affected also intestinal physiology (Uni et al., 1996) and the immune function (Simon et al., 2014) of animals. Beside the production traits, the gut associated immune system has also changed and due to the continuous pressure to use less antibiotics in animal nutrition gut health became one of the most important issues. Different sections of the gastrointestinal tract (GIT) of chickens are densely populated with complex microbial communities (bacteria, fungi, Archaea, protozoa, and virus) dominated by bacteria (Wei et al., 2013). High-throughput sequencing (HTS) technology has allowed deeper insights into complete bacterial communities and to discover novel relationships over the biological and eco-logical roles of the gastro-intestinal (GI) microbiota (Shang et al., 2018).

Previous studies have also been identified host-related factors, such as age, sex, breed and various environmental factors, which can predominantly affect intestinal microbiota composition (Kers et al., 2018).

Firmicutes, *Bacteroidetes* and *Proteobacteria* are the dominant phyla in the intestinal ecosystem of poultry. However, the bacterial community structure changes dynamically at different growth phases (Wang et al., 2018). *Proteobacteria* were dominant during the first three days of age, and *Firmicutes* started to increase and dominate from day 4 until day 8 in a Pekin duck study (Best et al., 2017). Recent studies showed that the compositions of *Bacteroidetes* phylum within the caecum of 12-14 week old Pekin (*Anas platyrhynchos*) and Muscovy (*Cairina moschata*) ducks were similar to turkey data sampled at 18 weeks (Vasai et al., 2014; Best et al., 2017). Generally, most of the gut health studies focus on the impact of different feed additives in broilers (Wang et al., 2018). To date, very little is known about the gut microbiota composition of ducks. This study aimed to investigate the composition of intestinal microbes in *Cherry Valley* ducks, and compare the results with previous researches.

Deeper insights of duck caecal microbiome could lead to a better understanding of the effects of management practices which can help in nutritional strategies targeting optimization of the duck gut microbiota and health.

Materials and methods

All work in this study was reviewed and approved by the Experiment and Animal Welfare Committee, Georgikon Campus (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences). A total of 120 one-day old Cherry Valley ducks were obtained from a local commercial hatchery and raised in wheat straw litter pens. Housing conditions adhered to industry standards for light-dark cycle, temperature, humidity, ad libitum access to commercial feed and water. Twenty-four ducks were selected on day 42 and euthanized by bleeding out the jugular vein under general carbon dioxide anesthesia induction. Samples were collected immediately after euthanasia from the left caecal sack content. All samples were homogenized (two sample were pooled) and stored at -80°C until further processing.

Bacterial DNA was extracted from 15 mg samples using the AquaGenomic Kit (Mo-BiTec GmbH, Göttingen, Germany) and further purified using KAPA PureBeads (Roche, Basel, Switzerland) according to the manufacturer's protocols. The concentration of genomic DNA was measured using a Qubit 3.0 Fluorometer with Qubit dsDNA HS Assay Kit (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA). Bacterial DNA was amplified with tagged primers (forward, 5'TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAG AGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG and reverse, 5'GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC) covering the V3–V4 region of the bacterial 16S rRNA gene (Klindworth et al., 2013). Equimolar concentrations of libraries were pooled and sequenced on Illumina MiSeq platform using a MiSeq Reagent Kit v3 (600 cycle, Illumina Inc., San Diego, CA, USA) 300-bp read length paired-end protocol.

Microbiome bioinformatics were performed with QIIME 2 2019.7.0 (Bolyen et al., 2019). Raw sequence data were demultiplexed and quality filtered using quality-filter q-score and deblur denoise-16S plugins (Amir et al., 2017). Thereafter high-quality sequences clustered together using the feature-classifier plugin with the GreenGenes 13.8 reference database (McDonald et al., 2012; Bokulich et al., 2018). MicrobiomeAnalyst web-based tool was used to analyze the microbial composition of samples at different taxonomic levels (Chong et al. 2020). In MicrobiomeAnalyst samples were filtered for low abundance sequences (<4) based on the mean abundance of OTUs (operational taxonomic unit), and for low variability ($<20\%$) using the inter-quantile range assessment.

Results

In total, 122,888 quality-controlled sequences were generated with a mean of 10,240 reads per sample. After filtering, sequences were classified into 179 OTUs remained which were assigned into 10 phyla, 17 classes, 20 orders, 30 families and 27 genera. At phylum level, *Bacteroidetes* (59.36%), *Firmicutes* (30.70%), *Proteobacteria* (5.45%) were found to dominate the microbial community (Figure 1). The listed three phyla represented more than 95% of the examined bacterial populations in caecal contents.

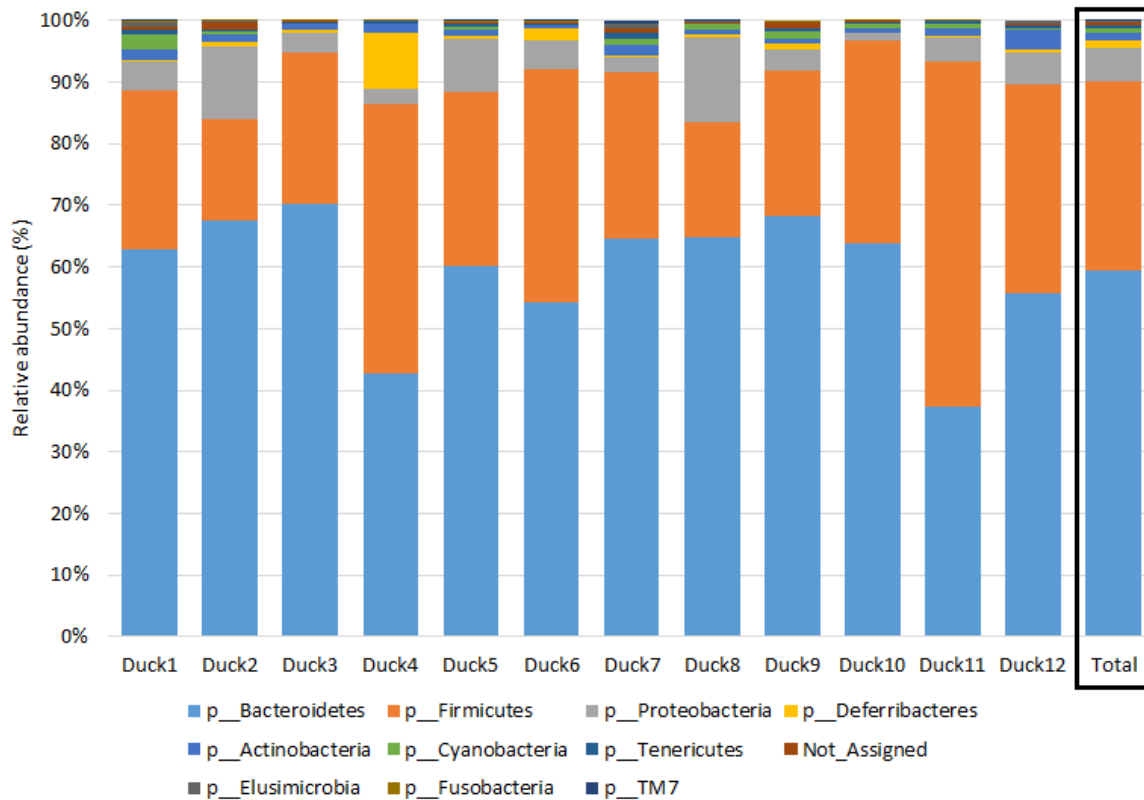


Figure 1.: *The microbial community structure of duck caecum at phylum level.*

At the genus level, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Megamonas*, *Barnesiella* and *Helicobacter* were most abundant (31.35%, 17.20%, 6.78%, 3.79% and 2.49% respectively; Figure 2.).

At the genus level, 27 genera were identified in the 12 samples and 11 had relative more than 1% relative abundance in either of the groups. These 11 genera represented 72% of the total bacterial population in the caecal contents.

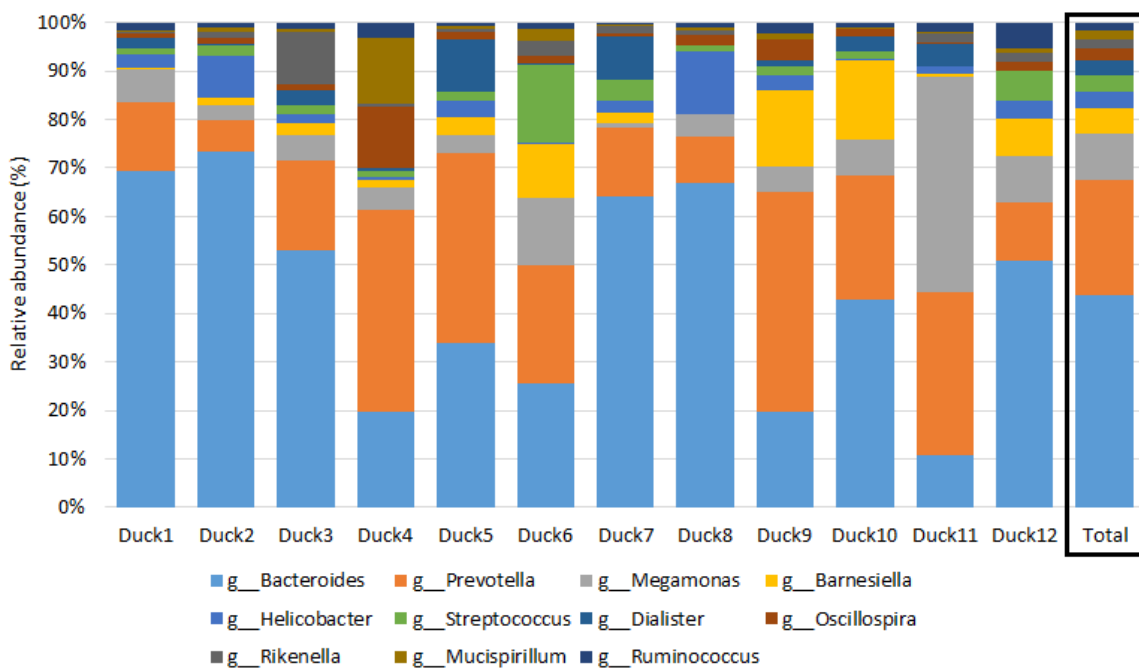


Figure 2.: *The microbial community structure of duck caecum at genus level.*

Discussion

Commercial farming of ducks is a multibillion-dollar industry worldwide. In Hungary, duck farming contributes over 4.9 million of duck each year mark a great contribution to the economic and food supply of the country (KSH, 2018). In the recent years thorough investigations have been made to unravel chicken gut microbiota using high-throughput sequencing (HTS) technologies (Shaafi et al., 2015). To date, very little is known about the gut microbiota composition of the ducks. This study aimed to investigate the composition of intestinal microbes in Cherry Valley ducks and compare the results with previous studies.

The findings of the present study demonstrated, that *Bacteroidetes*, *Firmicutes* and *Proteobacteria* were the major bacterial phyla in the duck caecum, which is in agreement with previous studies of other animals (Yang et al., 2016). Vasai et al. (2014) showed that, *Bacteroidetes* was the dominant phylum in the caecal contents of 12–14-week-old Pekin ducks (Vasai et al., 2014). With decreased oxygen levels, caeca becomes ideal for increased bacterial loads, aiding in microbial digestion and uptake of crucial nutrients. These changes coincide with drastic changes in the microbiome of the caecum from dominance by *Proteobacteria* to *Firmicutes* observed in this study. Best et al. (2017) reported, that caecal contents of ducklings showed high levels of *Proteobacteria* that decreased with age, but it was maintained at a higher proportion of the population than seen in chickens or turkeys.

In this study, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Barnesiella* were most abundants at genus level in the *Bacteroidetes* phylum, whereas *Megamonas* had highest prevalence in the *Firmicutes* phylum and *Helicobacter* in *Proteobacteria* phylum (31.35%, 17.20%, 6.78%, 3.79% and 2.49% respectively).

Vasai et al. (2014) listed several bacteria families which showed high diversity in Muscovy and Pekin ducks: *Lachnospiraceae*, *Porphyromonadaceae*, *Rikenellaceae*, *Prevotellaceae*, *Ruminococcaceae*, and *Bacteroidaceae*.

In the caecal content higher abundances of *Bacteroides* can play an important role in breaking down complex molecules to simpler compounds. *Bacteroides* are involved in many metabolic activities including fermentation of carbohydrates, utilization of nitrogenous substances, and biotransformation of bile acids and other steroids; their major fermentation products are succinate and acetate (Lan et al., 2006).

Wang et al. (2018) observed that genera *Megamonas* and *Aerosphaera* were significantly enriched in the plastic mesh floor raised ducks. Previous reports showed that *Megamonas* were mainly present in the caecal microbiota of adult hens (Kubasova et al., 2019). Furthermore, Polansky et al. (2016) demonstrated *Megamonas* as one of the major propionate producers in the phylum *Firmicutes* which encodes enzymes involved in melibiose and alanine metabolism (Polansky et al., 2016).

In conclusion, the caecal samples of Cherry Valley ducks at 42 days of age showed higher levels of *Proteobacteria*, than that seen in chickens or turkeys. Along with these results, further investigations are necessary to understand the functional microbiota in ducks.

Acknowledgement

The publication is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

References

Amir, A., McDonald, D., Navas-Molina, J.A., Kopylova, E., Morton, J.T., Zech Xu, Z., Kightley, E.P., Thompson, L.R., Hyde, E.R., Gonzalez, A., Knight, R. (2017). Deblur Rapidly Resolves Single-Nucleotide Community Sequence Patterns. *American Society for Microbiology*, 2(2) e00191-16. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00191-16>

- Best, A.A., Porter, A.L., Fraley, S.M., Fraley, G.S. (2017). Characterization of gut microbiome dynamics in developing pekin ducks and impact of management system. *Front. Microbiology* 7, 2125. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02125>
- Bokulich, N.A., Kaehler, B.D., Rideout, J.R., Dillon, M., Bolyen, E., Knight, R., Huttley, G.A., Caporaso, J.G. (2018). Optimizing taxonomic classification of marker-gene amplicon sequences with QIIME 2's q2-feature-classifier plugin. *Microbiome*, 6, 90. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0470-z>
- Bolyen, E., Rideout, J.R., et al. (2019). Reproducible - interactive - scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology*, 37, 852–857. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>
- Chong, J., Liu, P., Zhou, G., Xia, J. (2020). Using Microbiome Analyst for comprehensive statistical - functional - and meta-analysis of microbiome data. *Nature Protocols*, 15,799–821. <https://doi.org/10.1038/s41596-019-0264-1>
- Kers, J.G., Velkers, F.C., Fischer, E.A.J., Hermes, G.D.A., Stegeman, J.A., Smidt H. (2018). Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chick-ens. *Front Microbiol.*, 9,235. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., Glöckner, F.O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids. Res.*, 41(1):e1. <https://doi.org/10.1093/nar/gks808>
- Kubasova, T., Kollarcikova, M., Crhanova, M., Karasova, D., Cejkova, D., Sebkova, A., Ma-tiasovicova, J., Faldynova, M., Sisak, F., Babak, V., Pokorna, A., Cizek, A., Rychlik, I. (2019). Gut Anaerobes Capable of Chicken Caecum Colonisation. *Microorganisms*, 7(125), 97. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120597>
- Központi Statisztikai Hivatal (2018): Statisztikai tükör, Állatállomány.
- Lan, P.T.N., Sakamoto, M., Sakata, S., Benno, Y. (2006). *Bacteroides barnesiae* sp. nov. - *Bacteroides salanitronis* sp. nov. and *Bacteroides gallinarum* sp. nov. - isolated from chicken caecum. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 56, 2853–9. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.64517-0>
- McDonald, D., Price, M.N., Goodrich, J., Nawrocki, E.P., Desantis, T.Z., Probst, A., Andersen, G.L., Knight, R., Hugenholtz, P. (2012). An improved Greengenes taxonomy with explicit ranks for ecological and evolutionary analyses of bacteria and archaea. *ISME*, 6, 610–618. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.139>
- Polansky, O., Sekelova, Z., Faldynova, M., Sebkova, A., Sisak, F., Rychlik, I. (2016). Important metabolic pathways and biological processes expressed by chicken cecal microbiota. *Appl. Environ. Microbiol.*, 82, 1569–1576. <https://doi.org/10.1128/AEM.03473-15>
- Scanes, C.G., Christensen, K.D. (2019). *Poultry Science*. Waveland Press - Inc., 5 edition.
- Shang, Y., Kumar, S., Oakley, B., Kim, W.K. (2018). Chicken Gut Microbiota: Importance and Detection Technology. *Front. Vet. Sci.*, 5, 254. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00254>
- Mohd Shaufi, M.A., Sieo, C.C., Chong, C.W., Gan, H.M., Ho, Y.W. (2015). Deciphering chicken gut microbial dynamics based on high-throughput 16S rRNA meta-genomics analyses. *Gut pathogens*, 7, 4. <https://doi.org/10.3382/ps/pew372>
- Simon, K., De Vries Reilingh, G., Kemp, B., Lammers, A. (2014). Development of Ileal cytokine and immunoglobulin expression levels in response to early feeding in broilers and layers. *Poult. Sci.*, 93, 3017–3027. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04225>
- Uni, Z., Noy, Y., Sklan, D. (1996). Development of the small intestine in heavy and light strain chicks before and after hatching. *Br. Poult. Sci.*, 37, 63–71. <https://doi.org/10.1080/00071669608417837>
- Vasai, F., Brugirard Ricaud, K., Bernadet, M.D., Cauquil, L., Bouchez, O., Combes, S., Davail, S. (2014). Overfeeding and genetics affect the composition of intestinal microbiota in *Anas platyrhynchos* (Pekin) and *Cairina moschata* (Muscovy) ducks. *FEMS, Microbiol. Ecol.*, 87,204–216. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12217>
- Wang, S., Chen, L., He, M., Shen, J., Li, G., Tao, Z., Wu, R., Lu, L. (2018). Different rearing conditions alter gut microbiota composition and host physiology in Shaoxing ducks. *Sci. Rep.*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25760-7>
- Wei, S., Morrison, M., Yu, Z. (2013). Bacterial census of poultry intestinal microbiome. *Poult. Sci.*, 92, 671–683. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02822>
- Yang, H., Huang, X., Fang, S., Xin, W., Huang, L., Chen, C. (2016). Uncovering the composition of microbial community structure and metagenomics among three gut locations in pigs with distinct fatness. *Sci. Rep.*, 6(1), 27427. <https://doi.org/10.1038/srep27427>

A hazai sertéstenyésztés takarmányozási aspektusai az ammónia emisszió tükrében

Geicsnek-Koltay Ilona Anna^{1*}, Benedek Zsuzsanna², Hegedűsné Baranyai Nóra³, Wágner László⁴,
Such Nikoletta Amanda⁴, Dublec Károly⁴

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztéstudományok Intézet

³Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

**ilcsu92@gmail.com*

Összefoglalás

Becslések szerint az Európai Unióban az ammónia (és nitrogén) emisszió 80-90%-áért az állattenyésztés a felelős. Az állatfajonként kibocsátott ammónia mennyisége eltérő az adott gazdasági állatfaj populációméretétől és korcsoport megoszlásától függően az egyes országokban, de elmondható, hogy az elsődleges ammónia kibocsátók a szarvasmarha, a sertés és a baromfi ágazatok. Kutatásunk a magyarországi sertéságazat nitrogén és ammónia emissziójának pontos meghatározásához igyekezett megbízható adatokat szolgáltatni a sertésállomány korcsoportonként, tartási és takarmányozási fázisonként való felméréssel, valamint a trágyakezelés –tárolás és –kijuttatás módozatainak feltérképezésével. Reprezentatív mintavétellel a teljes magyarországi sertésállomány 10 %-áról nyertünk adatokat az ammónia emisszió bázisáévére, 2005-re, míg 19,2%-áról 2015-re vonatkozóan. A kapott adatokból végzett takarmányozási gyakorlatra vonatkozó vizsgálataink eredményeként, pontosabb képet kaptunk a sertéstakarmányozás jelenlegi hazai színvonaláról és az ammónia emissziót befolyásoló legfontosabb paraméterekről.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az EU direktívák az üvegház hatású és a környezetre káros gázok kibocsátására vonatkozóan egyre szigorodnak. A karon, a Földművelésügyi Minisztérium megbízásából jelenleg is folyó tudományos kutatással megalapozottan szeretnénk bizonyítani, hogy az ammónia kibocsátás csökkentésére vonatkozó Magyarországgal szemben támasztott közösségi elvárások és előírások túlzóak.

Ezen kutatás részeként valósult meg a Sertéságazati kutatási feladatok elvégzése című projekt, melynek célja volt, hogy a hazai sertéstartó telepekre vonatkozóan reprezentatív adatgyűjtést végezzünk a jelenleg alkalmazott tartási, takarmányozási, trágyatárolási és trágyakihelyezési technológiákról, azok számszerűsíthető megoszlásáról. Továbbá, hogy a sertéstelepeken gyűjtött takarmány és trágyaminták laboratóriumi elemzése során nyert N-tartalmak, mint alapadatok és kérdőíves adatszolgáltatás felhasználásával, a jelenlegi magyarországi nitrogén és ammónia emissziós helyzetképet pontosítsuk a sertés vonatkozásában.

Az állattartó telepek potenciálisan számos káros környezeti hatás kialakulásához járulnak hozzá. Ilyenek többek között a környezeti levegő összetételének megváltozása (NH₃, SO₂, NO_x); az eutrofizáció (N, P); az üvegházhatás fokozódása (CO₂, CH₄, N₂O); az ózon réteg károsodása (CH₃, Br); vízkivétel (felszín alatti víz használata); helyi zavaró hatások (bűz, zaj); diffúz peszticid-kibocsátás; a felszíni és felszín alatti víz, a földtani közeg szennyezése. Az állattartás legfőbb környezeti vonatkozásai az állat anyagcseréjéhez kapcsolódnak, melynek során az állat az elfogyasztott takarmányt hasznosítva a felesleget üríti, s ennek következményeként tápanyagokban gazdag trágya keletkezik. Az állattartás vonatkozásában tehát a legfőbb gondot a trágyakezelés okozza, ami jelentős környezeti kockázatot hordoz. A keletkező kibocsátások azonban gyakran diffúz jellegűek, így mérésük nehézségekbe ütközik. Néhány tényező, az emissziós folyamatokban betöltött szerepét csak nemrég azonosították, a figyelem középpontjában továbbra is az ammónia, a N és a P kibocsátások állnak (FVM, 2008; Babcsány et al., 2004; környezetvedelem.ektf.hu).

Bár a legtöbb környezetvédelmi aggály, ami az állattartással kapcsolatos, az elmúlt két évtizedben a vízminőségre összpontosult, napjainkban a levegő minőségének kérdése is egyre nagyobb figyelmet kap. Ugyanis azokon a területeken, ahol intenzív állattenyésztés zajlik, a légköri ammónia-kibocsátás nagymértékű emelkedése volt megfigyelhető az elmúlt évek során. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynökségének (EPA) becslése szerint az állati mezőgazdasági ammónia kibocsátás 50-85%-át teszi ki a teljes ember-okozta ammónia kibocsátásnak az USA-ban (marha: 43.4%, baromfiak:26.7%, sertés:10.1%, trágyázás:9.5%). Egy nemrégiben készült tanulmány az ammónia-kibocsátást azonosította a levegő-minőség romlás legfontosabb tényezőjeként regionális, nemzeti és nemzetközi szinten is.

Általánosan elfogadott becslések és a fenti ábra adatai szerint a sertéstartás során a nitrogén fogyasztása, hasznosulása, illetve vesztesége a következők szerint alakul:

- 30% az állat szövetébe épül be,
- 50% vizelettel távozik,
- 20% pedig bélsárral távozik.

A keletkezett ürülék (vizelet+bélsár) összes nitrogéntartalma tehát 70%, melyből:

- 31% távozik a levegőbe ammónia formájában,
- 38% távozik a földekre kijutott trágya formájában.

A keletkező trágya N-tartalmak közel 50%-a nem hasznosul a mezőgazdaságban, hanem a környezetet terheli, az elavult és nem megfelelő tartástechnológiai, trágyakezelési és trágyakijuttatási technológiák következtében (Novotniné, 2015; http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/irpp_bref_0703.pdf).

Az ammónia kibocsátás az állattenyésztés több szintjén jelentkezik, amely során a veszteségek jelentősen eltérőek lehetnek. Ebből következően több fronton lehet beavatkozni annak érdekében, hogy csökkentsük az ammónia-kibocsátást az állattenyésztés vonatkozásában. A csökkentési eljárások öt fő területen valósíthatók meg: átfogó nitrogén menedzsment; nitrogén és TAN (total ammoniacal-N) ürítés csökkentése megfelelő takarmányozási stratégiákkal; emisszió csökkentés megfelelő tartástechnológia alkalmazásával; emisszió csökkentés a trágyatárolás és trágyakezelés során; emisszió csökkentés a trágya kijuttatás során.

Anyag és módszer

Munkánk során a Földművelésügyi Minisztérium, a Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézet (ATK TAKI), a Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ Mezőgazdasági Gépesítési Intézet (NAIK MGI), az Magyar Fajtatiszta Sertést Tenyésztők Egyesülete (MFSE) és a Magyarországi Sertésenyésztők és Sertéstartók Szövetsége (MSTSZ) segítségével összeállított magyarországi sertésletelek teljes körű címlistájából dolgoztunk. Sorsolással végzett egyszerű mintavételt alkalmaztunk, amelynél Magyarország minden egyes sertésletelepének egyforma volt az esélye arra, hogy a mintába bekerüljön. A vizsgálat során 100 telepről gyűjtöttünk mintákat és kérdőívet. Sajnos az elemzés során ki kellett zárni az értékelésből néhány telepet, a nem megfelelően kitöltött kérdőíve miatt. Végül soron tehát 87 telep mintáit és kérdőíveit vizsgáltuk, melyeknek segítségével a 2015-ös állomány közel egyötödét sikerült felmérnünk. Üzemméretet tekintve mind a 4 telepméretéről (háztáji gazdaság, kis-, közepes-, nagyüzem) lettek releváns információink, így kimondható, hogy a mintánk reprezentatív volt. Továbbiakban a kutatás takarmányozási kérdésekben végzett vizsgálatának eredményeit szeretném ismertetni.

A fentiek alapján kapott minta adataiból végzett takarmányozási gyakorlatra vonatkozó vizsgálatunk során elemeztük a Magyarországon jellemző fehérje és energia szinteket, fontosabb aminosav összetevőket, enzimeket és rosttartalmakat. Így pontosabb képet kaptunk a sertés takarmányozás jelenlegi színvonaláról, az ammónia emissziót befolyásoló legfontosabb paramétereiről. A ka-

pott adatokat Microsoft Office Excel program segítségével értékeltük, az állatlétszámokkal súlyozott takarmány beltartalmi értékekre vonatkozó átlagokat és szórást kiszámítottuk. Az így kapott eredményeinket korcsoportonként és genotípusonként értékeltük, majd egy mintás z-próba segítségével összevetettük a Magyar Takarmánykódex ajánlásaival.

Eredmények és értékelésük

A tápok nyersrosttartalma fontos szerepet játszik az emésztőtraktus működésében. A bél perisztaltika fenntartása mellett a rostok felelősek a rendszeres bélsárürítésért, a főleg kocákra jellemző bélsárpangás elkerüléséért. Egy szint felett a takarmányok rost anyagai azonban rontják a táplálóanyagok emészthetőségét. A sertésre nincsenek jól definiált alsó és felső rost határértékek. A túl magas rost inkább a fiatal malacok és hízók teljesítményét ronthatja, az elégtelen rost pedig az idősebb tenyészállatoknál okozhat metabolikus betegségeket. A projektünkben vizsgált rosttartalmi értékek közel állnak a Magyar Takarmánykódex ajánlásaihoz. A malac és hízó tápok esetében előfordul az ajánlottat meghaladó érték. Ezek nagyságrendje azonban nincs abban az intervallumban, ami az emésztési folyamatokat érdemben rontaná. A rosttartalom emészthetőséget befolyásoló hatása leginkább a fehérje emésztésen keresztül befolyásolja a sertések N-ürítését és a trágya nitrogéntartalmát. Az ammónia emissziót nagyrészt meghatározó karbamid ürítésre nincs jelentős hatása.

A tápok nyersfehérje tartalma alapvető meghatározó tényező a gazdasági állatok termelési paraméterei szempontjából. A sertésnél az energiaellátás mellett a fehérje mennyisége és minősége határozza meg leginkább az állatok növekedési ütemét, a húsbeépülést. Eredményeink alapján elmondható, hogy ebből a szempontból a hazai tápok nyersfehérje tartalma kiegyenlített, az egyes átlagokra kis szórás értékek jellemzőek. A tápok fehérjetartalma ugyanakkor statisztikailag igazoltan elmarad a szükségleti értékektől. A legnagyobb eltéréseket a malactápok vizsgálatánál kaptuk. A fiatal malacoknál tapasztalt, a szükségletnél 3-4%-al alacsonyabb fehérjetartalmú tápok etetése minden bizonnyal nem fedezte az állatok szükségletét. Ez gyengébb növekedési erélyt és rosszabb fajlagos takarmányértékesítést eredményezhet. Az ammónia emisszió szempontjából azonban az alacsony fehérjetartalom kisebb N-ürítést és ez által kisebb emissziót jelenthet. A tápok alacsony fehérje szintje részben azzal állhat összefüggésben, hogy a fehérjehordozók a tápok legdrágább komponensei a sertés ágazat jövedelmezősége azonban az utóbbi időben alacsony, több periódusban ráfizetéses volt. Ilyen körülmények között a sertéstartók a tápok árát is igyekeztek csökkenteni. A tápok fehérjetartalma olyan módon is csökkenthető, hogy a fehérjét kristályos aminosavakkal egészítik ki. Ez a megoldás nem befolyásolja az állatok teljesítményét, ugyanakkor a táp ára és a N-ürítés csökkenthető az alkalmazásával. Ugyancsak csökkenthető a tápok fehérjetartalma, ha a tápok a fehérjeemésztést segítő enzim-kiegészítőket (fitáz, NSP-bontó enzimek, proteázok) tartalmaznak.

A vizsgált telepek átlagában a tápok emészthető energiatartalma jól illeszkedett az ajánlásokban található értékekhez. A mért energia szintek több esetben meghaladták a szükségleteket. A takarmány energiatartalma fontos paraméter a fehérjeszintézis és a testösszetétel szempontjából egyaránt. Emellett befolyásolja a sertések önkéntes takarmányfelvételét. Ez azt jelenti, hogy a magasabb energiatartalmú tápból az állatok kevesebbet, az alacsonyabb energiaszintű tápokból többet esznek. Ez az oka annak, hogy a tápok energia és fehérje, valamint az energia és az aminosavak arányát igyekszünk konstansnak tekinteni. Annak ellenére, hogy néhány korcsoport esetében negatív irányú szignifikáns eltérést tapasztaltunk, szakmailag a hazai sertéstápok nem tekinthetők energiahiányosnak a jelenlegi felmérések és vizsgálatok eredményei alapján. Ez azt jelenti, hogy az energia nem limitálja az állatok fehérjeszintézisét és nem okozza a fehérje egy részének energetikai célú felhasználását, ezáltal pedig nem növeli a karbamid ürítést és az ammónia emissziót.

A lizin a sertések esetében az elsődlegesen limitáló aminosav, amelynek a kiegészítése évtizedek óta kristályos aminosavval is lehetséges. Az ideális fehérje elv alkalmazásakor a többi aminosav szintjét is a lizin szintjéhez viszonyítva próbáljuk meg beállítani. Eredményeink alapján a nyersfehérje szintekhez hasonlóan, a fiatal malacok lizinellátottsága statisztikailag igazoltan nem megfelelő.

A többi korcsoport esetében azonban kielégítő ennek az aminosavnak a szintje, eléri vagy meghaladja a takarmánykódexben szereplő értéket. Miután a fiatal malacok bélsárürítése a telepi trágya képződésének csupán kis hányadát teszi ki, megállapítható, hogy az elsődlegesen limitáló aminosav a hazai sertés korcsoportok részére biztosított. A lizin nem limitálja a sertések termelését és hiánya nem okoz fokozott karbamid ürítést.

A metionin ellátottság értékelésekor azt tapasztaltuk, hogy ennek az aminosavnak a szintjei korcsoportonként eltérő módon alakulnak. A fiatal malacoknál és az intenzíven termelő, „A” genotípusba tartozó fiatal hízóknál statisztikailag igazoltan elégtelen a tápok metionin szintje. Ez azért meglepő, mert ez az aminosav is rendelkezésre áll kristályos formában. A hiány a legmagasabb fehérjeigényű korcsoportoknál mutatkozott, ami arra utal, hogy a fehérjetartalomhoz hasonlóan a termelők a költségcsökkentés miatt feladták az aminosav szintek biztosítását. Ez az aminosav egyensúly megbomlását és metabolikus szinten a fehérje egy részének energetikai célú felhasználását eredményezi. Ezáltal megnő a nem hasznosuló aminosavak mennyisége, amelyek aminosav csoportja karbamid formájában hagyja el az állatok szervezetét. Ez tehát egyértelműen ammónia emisszió növelő tényező.

A sertésnél a tápok összetételének függvényében a treonin is a potenciálisan limitáló aminosav kategóriába tartozik. Ennek az aminosavnak a szintje a vizsgált tápok átlagában kiegyensúlyozottnak mondható. A szükségletektől lényegesen kisebb eltéréseket és kisebb szórás értékeket tapasztaltunk, mint a metionin esetében. Eredményeink alapján tehát, a treonin nem limitálja a sertések növekedését, nem befolyásolja a fajlagos mutatókat és az ammónia emissziót.

A takarmányipar több évtizede rutinszerűen használ különféle exogén enzim-kiegészítőket a gazdasági állatok takarmányozása során. (Az enzim-kiegészítő tartalmakat a kérdőívek ide vonatkozó adatainak összegzése és kiértékelése alapján vizsgáltuk.) Ezek közül a legrégebben használt enzim a fitáz, ami elsősorban a gabona magvakban található fitinsavakat és a fitinsavak sóit képes bontani. Használatával javítható az állatok foszfor, kalcium, aminosav és keményítő emésztése. A kérdőíves adatok kiértékelését követően elmondható, hogy a hazai sertésállomány esetében is általános ennek az enzimnek az alkalmazása. A legnagyobb arányban a fiatal malacok, a fiatalabb hízók és a kocák tápjai tartalmaznak fitázt. Ez kedvezően befolyásolja az állatok takarmányértékesítését és kis mértékben javítja az aminosav hozzáférhetőségét is. A korábban említett metionin hiányt azonban ez az enzim nem képes kompenzálni, miután a metionin a legjobban emészthető aminosavak közé tartozik, amelynek hozzáférhetőségét a fitáz csupán kis mértékben képes tovább javítani. A nem keményítő típusú összetett szénhidrátok a növényi sejtfalalkotók, a rostok közé tartoznak. Nemzetközi terminológia szerint NSP-nek is nevezik őket, ami a „none starch polysaccharides” szavak rövidítéséből adódik. Az NSP-bontó enzimek egyrészt képesek lebontani a növényi sejtfalalkotók közül a cellulózt, a hemicellulózt vagy a mannánokat (celluláz, hemicelluláz, mannanáz). Az enzimek egy másik csoportja elsősorban a gabonamagvakban lévő oldható rostfrakciók bontását végzi. Ide tartozik a xilanáz és a glükánáz enzim, amelyek képesek csökkenteni a beltartalom viszkozitását akkor, ha a tápok nagyobb arányú búzát, árpát, tritikálét vagy zabot tartalmaznak.

Az NSP-bontók is emészthetőséget javítanak, de a fitáztól eltérően legmarkánsabban a zsírok esetében. Ezeket az enzimeket kisebb arányban alkalmazzák, mint a fitázt és a különböző korcsoportok között sokkal nagyobbak az eltérések. Nehezen magyarázható, hogy miért éppen a szoptató kocák, a legidősebb malacok és a legfiatalabb hízók esetében legnagyobb arányú a felhasználásuk. Ezek az enzimek ugyanis valamennyi sertéskategóriában eredményesen használhatók, ha a tápjaik nagyobb mennyiségben tartalmazzák az említett gabonákat. A kisebb arányú és hektikus felhasználást részben magyarázhatja, hogy hazánkban a meghatározó gabona a kukorica, amelyben kevés az oldható xilánok és glükánok mennyisége. A hízolás második szakaszában azonban a szalonna-minőség javítása érdekében gyakori a kalászos gabonák nagyobb arányú használata. Ebben a kategóriában azonban a legkisebb az enzimhasználat. A proteázok a fehérje emészthetőségét javító exogén enzimek. Elsősorban a magas fehérjetartalmú tápok esetében és a fiatal malacoknál lehet indokolt

a használatuk. A proteázok fitázzal és NSP-bontókkal közös alkalmazásának együttes hatásáról kevés a megbízható tudományos eredmény. Annyi bizonyos, hogy a különböző enzimek pozitív hatása nem additív. Fentiek miatt a proteáz használat ammónia emissziót csökkentő hatásáról nincs egyértelmű álláspont. Vizsgálataink alapján hazánkban a proteáz enzim-kiegészítők használata marginális a sertéseknél.

Következtetések, javaslatok

Vizsgálataink alapján a hazai sertéstakarmányok táplálóanyag-tartalmáról elmondható, hogy azok rost- és emészthető energia-tartalma megfelel az állatok szükségletének.

A takarmányok nyersfehérje, lizin és metionin szintje azonban, elsősorban a malacoknál nem fedezi teljes egészében az intenzíven növekvő állományok igényeit. Az adatokból arra lehet következtetni, hogy a sertéstartás alacsony jövedelmezősége és a felvásárlási árak nagymértékű ingadozása miatt a sertéstartók a termelési költségeiket részben az olcsóbb, alacsonyabb fehérjetartalmú tápok etetésével próbálják csökkenteni. Az idősebb korcsoportok számára szükséges lizin szintek a tápokban szója hozzáadásával megközelíthetőek. A metionin hiány arra utal, hogy a kristályos aminosav kiegészítés lehetőségével sem mindig élnék a termelők.

A táplálóanyagok emészthetőségét javító exogén enzimek közül a fitáz használata dominál (40-80%). Ez az enzim elsősorban a takarmány ásványi anyagainak - foszfor és kalcium - hozzáférhetőségét javítja, tehát a foszforkibocsátás szempontjából lényeges leginkább. Az oldható rostfrakciókat bontó xilanáz és glükánáz enzimek használata korcsoportonként nagy eltéréseket mutat. Elsősorban a malacok, a fiatal hízók és a szoptató kocák tápjai tartalmazzak nagyobb arányban NSP-bontó enzimeket. Miután ezen enzimek használata nem elsősorban korcsoport, hanem táp összetétel függő, a jelenlegi gyakorlat szakmai szempontból nem tekinthető korrektnek. Az NSP-bontó enzimek a fehérjék emészthetőségét is javítják, így az ammónia emisszió szempontjából jelentős takarmánykiegészítőről van szó. A takarmányfehérjék emészthetőségét javító proteázok használata a hazai sertéstápokban nem jellemző.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

Babcsány, I., Nyári, E., Warning, S., Lynott, D., Csizmazia, L., Kutas, B., Csáki, Zs., Mayer, A., Demeter, J., Ács, P., Nyíri, A., Gundel, J., Nám, A., Székely, B., Eke, I., Németh, A. (2004). Útmutató az elérhető legjobbtechnika meghatározásához a nagy létszámú sertéstelepek esetébe. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Integrált Szenyezés-megelőzési és Környezet-egészségügyi Főosztály, Budapest.

FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet megbízásából (2008). Az állattartás környezeti hatásai, helyzete és viszonya a hazai és EU szabályozáshoz; Szerződésszám: VKSZI/188/2008, GreenCapital-4/2008, http://www.greenflow.hu/wp-content/uploads/2012/03/FVM_GREEN_%C3%A1llattart%C3%A1s-kvihat%C3%A1sai1.pdf

Dankó, G. (2015). Sertéstenyésztés; Szaktudás Kiadó Ház.

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/irpp_bref_0703.pdf

http://kornyeztvedelem.ektf.hu/hu/html_files/kornyeztvedelem/mezogazdasag.html

NIR készülékkel és laboratóriumi módszerekkel mért extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának összehasonlító értékelése

Mezőlaki Ákos^{1,3*}, Such Nikoletta Amanda², Pál László², Mohamed Ali Rawash³, Márton Alíz⁴, Horváth Boglárka^{3,5}, Strifler Patrik², Dublec Károly²

¹Agrofeed Kereskedelmi Kft.

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

⁴Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet

⁵UBM FEED Zrt.

**akos.mezolaki@agrofeed.hu*

Összefoglalás

A szerzők összesen húsz hazai forgalomban lévő extrahált napraforgó darát gyűjtöttek össze. Ezt követően megmérték a minták táplálóanyag-tartalmát NIR készülékkel és nedveskémiaili módszerekkel. A kapott eredményeket lineáris regresszióanalízissel hasonlították össze annak megállapítására, hogy a két mérés eredményei megfeleltethetők egymásnak. Ezt követően korreláció analízissel a táplálóanyagok egymással való kapcsolatát is vizsgálták, aminek alapján regressziós egyenletet írtak fel. A bruttó energia kivételével valamennyi vizsgált paraméter esetén statisztikailag igazolható különbségeket találtak a két mérés eredményei között. Az táplálóanyagok és az aminosavak szórás értékei 0,136-6,836, valamint 0,058-17,011 között, cv% értékei pedig 0,378 – 33,245% valamint 7,740-17,011% között változtak. A metabolizálható energiára vonatkoztatott regressziós egyenlet alapján a lexikális adatok csupán kismértékű különbséget mutatnak a mért adatokhoz képest. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hazánkban forgalomban lévő extrahált napraforgódarék NIR készülékkel és nedves kémiai módszerekkel mért adatai táplálóanyag tartalom esetében kis mértékben különböznek, míg aminosav tekintetében megbízhatóak. Az egyes táplálóanyagok egymáshoz viszonyított arányában az energia viszonyulása az egyes paraméterekhez az irodalmi adatoknak megfelel.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A közeljövő egyik legnagyobb kihívása a Föld népességének elegendő mennyiségű élelmiszerral történő ellátása, a fenntarthatóság szempontjait is figyelembe vevő módon. Ebben kiemelt szerepe van az állattenyésztésnek, különösen a baromfiágazatnak, hiszen gazdasági és környezeti szempontból a baromfiágazatban a leghatékonyabb az állati fehérje előállítás (Horn & Sütő, 2014). Hazánk 2013-ban indította útjára a Nemzeti Fehérjetakarmány Programját, amelynek az a célja, hogy az állattenyésztők minél nagyobb arányban tiszta, genetikai módosítástól mentes magyar takarmány-alapanyaggal váltsák fel a jelenleg 95%-ban génmódosított import szóját. A magyar állattenyésztés fehérjeigénye jelentős, az ágazat egy év alatt csaknem 840 ezer tonna szójababnak megfelelő fehérjeforrást használ, amit ma jórészt import szójadarával elégítenek ki (NKFI, 2019).

Számos alternatív fehérjeforrás áll az állattenyésztők rendelkezésére (Van Krimpen, 2013), melyek közül az extrahált darák jelentős nagyságrendet képviselnek (Manamperi et al., 2011). A napraforgó Európa második legjelentősebb olajnövénye (Van Krimpen et al., 2013). Az extrahált napraforgódara olajipari melléktermék, ami általánosan 30–50% fehérjét tartalmaz az extrakciós eljárásoktól függően (Dorrell & Vick, 1997), a folyamat következtében ezen értékek nagymértékben változhatnak (Slabi et al., 2020).

A NIR készülékeket széles körben használja a takarmányipar az alapanyagok és a tápok táplálóanyag-tartalmának gyors tisztázására. Használatuk, elsősorban mérési gyorsaságuknak és költséghatékonyságuknak köszönhetően, egyre elterjedtebb. A nedveskémiaili mérések és a NIR becslések között azonban adott esetben kisebb-nagyobb eltérések lehetnek (Yasar et al., 2019).

Vizsgálatunk célja az volt, hogy összehasonlítsuk a hazánkban 2019-ben forgalmazott extrahált napraforgódarák táplálóanyagainak szórását, az egyes táplálóanyagok közötti korrelációt és meghatározzuk a NIR készülék pontosságát az egyes táplálóanyagokra vonatkozóan. Célunk volt továbbá, hogy az eredményekből becslő egyenletet hozzunk létre, amely alkalmas az extrahált napraforgó-dara metabolizálható energiatartalmának becslésére.

Anyag és módszer

Munkánk során a hazánkban forgalmazott extrahált napraforgó darákból reprezentatív mennyiséget gyűjtöttünk. Összesen 20 minta vizsgálatára került sor, amelyek esetében az Agrofeed Kft. szalkszentmártoni üzemében elvégeztük a NIR készülékkel történő méréseket, majd a Pannon Egyetem Georgikon Kar Állattudományi Tanszékének Élelmiszer- és Takarmányanalitikai Laboratóriumában a szabványos módszerekkel megmértük ugyanazokat a táplálóanyag kategóriákat, amelyek a NIR becslésnél is szerepeltek. A weendei kategóriák mellett meghatároztuk a napraforgó darák ADF, NDF, összes cukor, összes és fitin foszfor, aminosav és bruttó energia (BE) tartalmát. Meghatároztuk a vizsgált termékek átlagos táplálóanyag szintjét, az egyes táplálóanyagok változékonyságát, a táplálóanyagok közötti összefüggéseket, valamint a NIR becslés pontosságát. Az energiaszolgáltató táplálóanyagokból többváltozós lineáris regressziós egyenletet hoztunk létre a napraforgó dara metabolizálható energiatartalmának becslésére.

A táplálóanyagok változékonyságát a variációs koefficienssekkel (CV) jellemeztük. A táplálóanyagok közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs együtthatóval írtuk le, a két mérési módszer összehasonlítását pedig párosított t-próbával vizsgáltuk. Az adatok kiértékelését SPSS 23.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények és értékelésük

Az 1. és 2. táblázatban az extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának, valamint aminosav összetételének NIR készülékkel, valamint nedveskémi módszerekkel mért értékeit mutatjuk be. Az 1. táblázat adataiból látható, hogy legnagyobb szórás és CV% a nyerszsír, a nyersrost, az ADF és NDF esetében volt. A vizsgált termékek átlagosan 38,5% nyersfehérjét, 1% nyerszsírt és 16,6% nyersrostot tartalmaztak. A NIR mérés mindhárom táplálóanyag szintjét felül értékelte. A két mérési módszert összehasonlítva a bruttó energia esetében nem volt szignifikáns az összefüggés. Ennek magyarázata az lehet, hogy a NIR készülék a táplálóanyagok égéshőjéből szoftveresen számítja az energia értékét, így a szerves anyag kategóriák bármelyikének becslési hibája kihat a BE pontosságára. NIR készülékkel jól becsülhető a napraforgó dara nyersfehérje tartalma, a rostfrakciók és a foszfor. Kevésbé pontos a nyerszsír, a nyershamu és cukortartalom becslése. A mért és becsült aminosavtartalmak között minden esetben szignifikáns volt a kapcsolat magas korrelációs együtthatóval (2. táblázat), ami azt jelenti, hogy NIR készülékkel a napraforgó dara aminosavtartalma pontosan becsülhető.

1. táblázat: *Az extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának NIR készülékkel és nedveskémiai módszerekkel meghatározott értékei.*

	Száranyag	Nyersfehérje	Nyerszsír	Nyersrost	Nyershamu	ADF	NDF	Cukor	Foszfor	Fitin Foszfor	BE
NIR átlag	91,424	41,219	1,810	17,405	7,005	20,355	28,190	5,700	1,194	1,015	17,58
minimum	90,03	37,28	1,30	10,50	6,10	12,40	18,10	5,10	1,03	0,87	17,36
maximum	92,65	48,10	2,40	21,00	8,10	24,40	33,80	6,60	1,45	1,23	18,14
szórás	0,736	3,304	0,308	3,573	0,607	3,800	5,541	0,514	0,126	0,107	0,167
CV%	0,805	8,015	16,999	20,527	8,670	18,666	19,656	9,015	10,586	10,586	0,950
Mért átlag	92,232	38,492	1,084	16,569	7,620	20,248	28,380	6,044	1,389	1,004	17,94
minimum	91,09	34,32	0,61	6,96	6,70	10,42	16,09	4,59	1,21	0,83	17,02
maximum	92,79	46,50	1,78	23,02	8,84	26,20	38,29	7,38	1,73	1,28	18,23
szórás	0,349	4,522	0,26	5,51	0,69	5,25	6,84	0,81	0,18	0,14	2,863
CV%	0,378	11,749	23,532	33,245	9,022	25,917	24,087	13,469	12,854	13,535	1,595
Párosított t-próba eredménye											
r érték	0,757	0,965	0,457	0,935	0,849	0,934	0,904	0,735	0,911	0,797	0,282
p érték	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,229

Az egymással szorosnak ítélt kapcsolatokat $r \geq \pm 0,900$ -nak határoztuk meg. A szorosnak ítélt kapcsolatok dőlt betűvel vannak megjelölve.

2. táblázat: *Az extrahált napraforgó darák aminosav összetételének NIR készülékkel és nedveskémiai módszerekkel mért értékei.*

	MET	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	GLY	SER	PRO	ALA	ASP	GLU
NIR átlag	0,932	0,652	1,456	1,498	0,523	3,341	1,664	2,579	2,014	0,977	1,841	2,435	1,720	1,747	1,735	3,647	7,749
minimum	0,86	0,60	1,34	1,36	0,47	3,04	1,51	2,34	1,83	0,89	1,70	2,25	1,56	1,58	1,58	3,32	7,11
maximum	1,09	0,76	1,71	1,75	0,64	4,02	1,98	3,04	2,38	1,16	2,17	2,85	2,02	2,06	2,04	4,32	9,28
szórás	0,075	0,053	0,119	0,119	0,050	0,295	0,144	0,215	0,172	0,086	0,144	0,188	0,145	0,144	0,145	0,315	0,672
CV%	8,075	8,087	8,161	7,920	9,534	8,838	8,641	8,346	8,535	8,847	7,804	7,740	8,440	8,258	8,334	8,629	8,675
Mért átlag	0,920	0,639	1,433	1,495	1,005	3,290	1,616	2,506	1,980	1,047	1,838	2,349	1,733	1,763	1,742	3,634	8,030
minimum	0,79	0,57	1,27	1,31	0,83	2,98	1,43	2,19	1,75	0,90	1,67	2,07	1,52	1,49	1,52	3,29	7,14
maximum	1,19	0,76	1,78	1,85	1,17	3,86	1,93	2,93	2,27	1,38	2,18	2,83	2,13	2,20	2,09	4,39	9,98
szórás	0,139	0,058	0,175	0,196	0,098	0,319	0,167	0,240	0,175	0,178	0,176	0,290	0,229	0,259	0,210	0,413	1,101
CV%	15,072	9,065	12,249	13,096	9,716	9,706	10,326	9,578	8,838	17,011	9,594	12,326	13,224	14,694	12,056	11,360	13,714
Párosított t-próba eredménye																	
r-érték	0,973	0,935	0,970	0,955	0,827	0,905	0,917	0,960	0,891	0,971	0,925	0,942	0,967	0,935	0,929	0,962	0,950
p-érték	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az egymással szorosnak ítélt kapcsolatokat $r \geq \pm 0,900$ -nak határoztuk meg. A szorosnak ítélt kapcsolatok dőlt betűvel vannak megjelölve.

3. táblázat: Az extrahált napraforgó dara táplálóanyagai közötti összefüggésvizsgálatok eredményei.

		Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF	NDF	Cukor	Foszfor	F. foszfor	BE	ME
Nyers-fehérje	r-érték	1										
	p-érték											
Nyerszsír	r-érték	0,338										
	p-érték	0,145										
Nyersrost	r-érték	-0,984	-0,326									
	p-érték	0,000	0,161									
Nyershamu	r-érték	0,92	0,335	-0,926								
	p-érték	0,000	0,149	0,000								
ADF	r-érték	-0,988	-0,367	0,984	-0,922							
	p-érték	0,000	0,111	0,000	0,000							
NDF	r-érték	-0,962	-0,315	0,964	-0,953	0,964						
	p-érték	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000						
Cukor	r-érték	0,698	0,174	-0,706	0,72	-0,645	-0,702					
	p-érték	0,001	0,462	0,001	0,000	0,002	0,001					
Foszfor	r-érték	0,973	0,319	-0,969	0,922	-0,985	-0,959	0,696				
	p-érték	0,000	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001				
Főfitin Foszfor	r-érték	0,848	0,332	-0,855	0,847	-0,862	-0,87	0,65	0,895			
	p-érték	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000			
BE	r-érték	0,244	0,06	-0,189	0,138	-0,204	-0,227	0,495	0,266	0,235		

Az egyes táplálóanyagok közötti összefüggésvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a napraforgó darák esetében szoros negatív korreláció áll fenn a nyersfehérje és a rostfrakciók között (3. táblázat). Ez nem meglepő, mivel a héj aránya határozza meg alapvetően a napraforgó termékek minőségét és a fehérje nagyságát. A nyershamu, a foszfor és cukortartalom ugyanakkor pozitív összefüggést mutatott a nyersfehérjével, ami azzal magyarázható, hogy az említett táplálóanyagok nagyrészt a héj nélküli maghoz köthetők. Az egyes rostkategóriák a nyersfehérjén túl szintén negatív korrelációban változtak a nyershamuval, a foszforral és a cukortartalommal. A nyerszsír minimális szintje miatt, ennek a paraméternek a változása nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a többi táplálóanyaggal.

A napraforgó darák táplálóanyag-tartalmából az Európai Unió országaiban használt becslő egyenlet segítségével (Fisher & McNab, 1986) kiszámítottuk a termékek baromfi fajokra vonatkozó metabolizálható energia tartalmát, ami átlagosan 7,53 MJ/kg volt. Ezt követően többváltozó lineáris regressziós módszerrel határoztuk meg, hogy a saját vizsgálatainkban mely táplálóanyagok mutatnak összefüggést az AME tartalommal és alkalmasak arra, hogy a becslő egyenlet változóiként szerepeljenek. Eredményeink szerint az extrahált napraforgó dara nyersfehérje-, nyerszsír-, cukor- és hamutartalmának figyelembevétele esetén kaptuk a legpontosabb becslést.

$$AME = -0,121 + 0,158 \times \text{ny. fehérje} + 0,294 \times \text{ny. zsír} + 0,086 \times \text{cukor} + 0,095 \times \text{ny. hamu}$$

Következtetések, javaslatok

A napraforgó fehérjét értékes alternatív fehérjeforrásnak tekintjük, amennyiben antinutritív hatásának és toxikus vegyületeinek mértéke megfelelő (González-Pérez, 2007). Felhasználhatóságát a monogasztrikusok takarmányozásában elsősorban rosttartalma limitálja. Az extrahált napraforgódarék táplálóanyagai közül a nyerszsír és a különböző rostfrakciók mutatják a legnagyobb szórást. A NIR készülékkel történő becslés megfelelő pontosságú a fehérje, az aminosavak, a rostfrakciók és a

foszfor esetében. Kisebbség a becslés pontossága a nyershamu és a cukortartalom esetében. A táplálóanyagok közötti összefüggésvizsgálatok alapján a nyersfehérje és a rost közötti negatív korreláció a legmarkánsabb. Az extrahált napraforgó dara AME szintjét a nyersfehérje, a nyerszsír, a nyershamu és a cukortartalomtól pontosan lehet becsülni.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Dorrell, D.G., Vick, B.A. (1997). Properties and processing of oilseed sunflower. In A.A. Schneiter (Ed.), *Sunflower: Technology and production*, 709–745. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr35.c15>
- Fisher, C., McNab, J.M. (1986). Techniques for determining the ME content of poultry feeds. In: Haresign W, Cole DJA (eds). *Recent Advances in Animal Nutrition* Butterworths, London, 3–17.
- González-Pérez, S., Vereijken, J.M. (2007). Sunflower proteins: Overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(12), 2173–2191. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2971>
- Horn, P., Sütő, Z. (2014). A világ baromfi-hús-termelése és az előállítás versenyképessége. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18(1), 14–29.
- Manamperi, W.A., Wiesenborn, D.P., Chang, S.K., Pryor, S.W. (2011). Effects of protein separation conditions on the functional and thermal properties of canola protein isolates. *Journal of Food Science*, 76(3), 266–273. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02087.x>
- Nemzeti Kutatás Fejlesztési Innovációs Hivatal (2019). *Agrárium*, 45–46. <https://nkfih.gov.hu/hivatalrol/nyomtatott-sajto/feherjetakarmany>
- Slabi, S.A., Mathe, C., Basselin, M., Framboisier, X., Ndiaye, M., Galet, O., Kapel, R. (2020). Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower proteins from cold press meal. *Food Chemistry*, 317, 126423. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126423>
- Van Krimpen, M.M., Bikker, P., van der Meer, I.M., van der Peet-Schwering, C.M.C., Vereijken, J.M. (2013). Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Wageningen UR Livestock Research, Report 662, Lelystad, 63.
- Yasar, S., Alma, M.H., Tosun, R., Salan, T. (2019). Improved by potassium chloride (KCl) dilution predictive ability of attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy to determine nutrient contents of sunflower meal. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28(3), 282–290. <https://doi.org/10.22358/jafs/110419/2019>

Különböző gazdasági állatok vastagbelének szerepe a mikroflóra tükrében

Such Nikoletta Amanda^{1*}, Geicsnek-Koltay Ilona Anna², Husvéth Ferenc¹, Dubleczy Károly¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

*such.nikoletta.amanda@uni-mate.hu

Összefoglalás

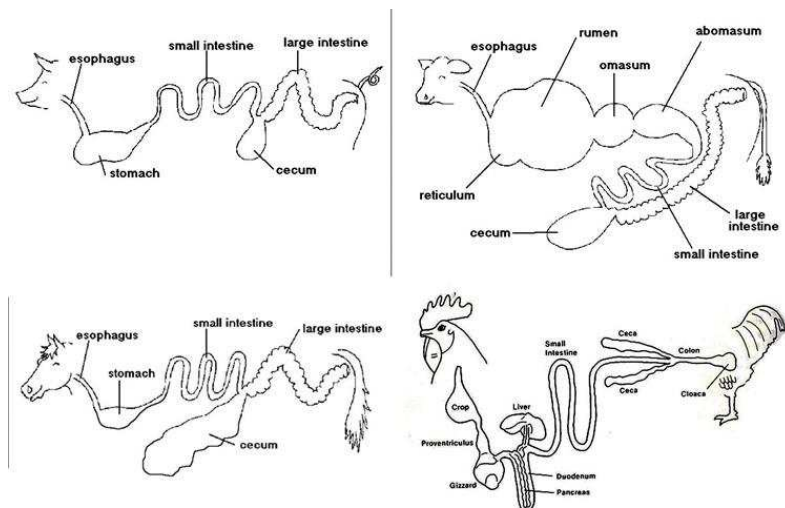
A gasztrointesztinális traktus (GIT) a test és a külső környezet közötti interfésként szolgál. Egy rendkívül speciális szervrendszer, amelynek legfontosabb feladata a szervezet tápanyagigényének kielégítése az emésztésen keresztül. A bélmikroflórát a szervezetre gyakorolt ismert hatása miatt az "elfelejtett szervnek" is nevezik. Valószínűleg a leginkább tanulmányozott szimbiotikus rendszer. A hosszú távú kölcsönhatások révén a gazdaszervezet és a mikroorganizmusok között egymástól való függés jött létre. Jelentősége gazdasági állataink esetében is nagy. A bélben lévő mikroflóra ökoszisztéma jellemzői befolyásolhatják a bél lumenének morfológiáját, metabolikusan módosíthatják a lumenben lévő exogén és endogén tápanyagokat, az immunrendszer működését, aktív szerepet játszhatnak a patogén kontrollban, és befolyásolhatják az állat takarmányigényeit. Ha egy állat mikroflóra ökoszisztémája instabil, a tápanyagforgalom veszélybe kerül. A tanulmány elsődleges célja a vastagbél, valamint a mikroflóra jelentőségének bemutatása.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A vastagbél élettani funkciója, jelentősége, morfológiája

Az emésztés a takarmányból felvett nagyobb táplálóanyag-molekulák bontásának folyamata, ami az állatok emésztőcsövében megy végbe. Az emésztőkészülék a szájnnyílással kezdődő és a végbélnyílással végződő, mirigyekkel ellátott, hosszú cső, amelynek három részét különböztetjük meg: elő-, közép- és utóbél. Tágassága szerint az ember bélcsövét vékony- és vastagbéltre osztják fel. Bizonyos háziállatokban azonban a bélcső egyes részeinek tágassága nem mutat feltűnő különbséget, ezért az összehasonlító anatómiában fejlődéstani és tájanatómiai alapon előbelet, középbélet (ami a vékonybélnak felel meg) és utóbelet (ami a vastagbélnak felel meg) szokás megkülönböztetni, ugyanakkor a gazdasági állatok esetében is gyakrabban használják a vékony- és vastagbél megnevezéseket (Bárdos, 2007).

A vastagbél szerepe a bélrendszerben állatfajonként különbözhet. Számottevő eltérés figyelhető meg a növényevő, húsevő és mindenevő háziállatfajok bélműködése között, mely főleg az eltérő feladatokból adódik. A növényevőkben és kis mértékben a kérődzőkben is, e bélszakaszban történik a takarmányok rostfrakciójának a feltárása és a szervezetben hasznosuló anyagainak felszívása. Mindez a szimbiota mikroorganizmusok tevékenységén alapul. A táplálóanyagok megemésztésének végső szakasza és a felszívódás tehát a bélben megy végbe (Bokori, 1982). Az enzimek által végzett hidrolízis az emésztési folyamat legfontosabb mechanizmusa, ez zajlik le a vékonybélben. Azonban ahogy azt már említettem, az emésztés fermentációval is végbe megy, amelynek helyszíne leginkább a vastagbél, így ennek a szakasznak a szerepe is jelentős, főként a növényevő állatoknál. Ennek oka főként a magas rosttartalmú táplálkozás, aminek bontását a mikrobák végzik. Húsevők-nél ennek kisebb a jelentősége (Williams, 2001; Bárdos, 2007), kérődzőkben ez a funkció az előgyomor működéséhez fűződik elsődlegesen (Bokori, 1982). A vastagbél (*Intestinum crassum*) felépítése szerepéhez hasonlóan is állatfajok szerint változik. Részei: a vakbél, a remesebél és a végbél.



1. ábra: Gazdasági állatok bélrendszerének bemutatása: 1. sertés, 2. szarvasmarha, 3. ló, 4. baromfi (Moore, 2010).

Láthatóan, a magas rosttartalmú takarmányt fogyasztó állatfajoknál a vakbél űrtartalma lényegesen nagyobb.

A vastagbél mikroflóra jellemzése

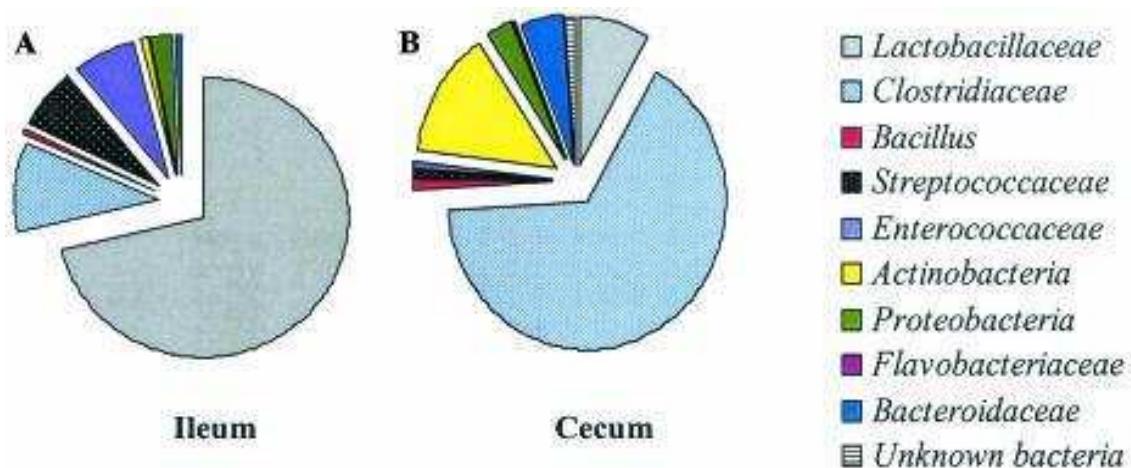
Valószínűleg a leginkább tanulmányozott szimbiotikus rendszer az ember és bélrendszerének mikroflórája. A mikroorganizmusok szervezetre gyakorolt ismert hatása miatt a bélflórát az "elfelejtett szervnek" is nevezik. A hosszú távú kölcsönhatások révén a gazdaszervezet és a mikroorganizmusok között egymástól való függés jött létre (Rosenberg, 2008). Jelentősége gazdasági állataink esetében is nagy. A vastagbél mikroflórája egy komplex ökoszisztéma, amely nagyrészt anaerob baktériumokat tartalmaz. A béltartalom teljes baktériumszáma 10^{10} - 10^{12} telepképző egységet tartalmaz milliliterenként. Egy egyed mikroflórája több mint 400 baktériumfajból is állhat. A gyomor-bél traktusban történő fermentáció fontos hatással van a bél és a gazdaállat egészségére (Eastwood, 1992; Williams, 2001). A fermentációs folyamatok a kérődzőknél a bendő mellett a vastagbéltre is jellemzőek, tehát esetükben kettős mikrobiális emésztésről beszélhetünk. Ezáltal a magas rosttartalmú takarmányok kihasználása esetükben tökéletesebb, mint monogasztrikus állatoknál (Bokori, 1982). A monogasztrikus állatoknál a fermentáció leginkább a vastagbélben zajlik, ez az oka az itt eltöltött hosszabb időnek. Ez a gyomor-bélrendszer leginkább baktériumok által kolonizált régiója. A baktériumok közötti kölcsönhatások jellege lehet akár antagonistista, akár szinergista is, ezáltal hatással lehetnek egy adott törzs populációméretére vagy metabolikus aktivitására. Azonban mind a gazdaszervezet (életkor, immunállapot, stressz), mind az étrend modulálhatja a bakteriális kölcsönhatásokat, és ez által az egész flóra változását eredményezheti (Raibaud, 1992; Williams, 2001), például a takarmányokban található rostot a szervezet nem tudja megemészteni, de a mikrobák képesek bontani őket. Az ebből képződő NSP (non-starch polysaccharides) anyagok a primer szubsztrátok a vastagbélben lévő mikroorganizmusok növekedéséhez, és hozzájárulnak a széklet kialakulásához és a lazításához (Schneeman, 2002). Az NSP anyagok egy része, pl. a β -glükánok, oligoszacharidok tehát prebiotikumként is hatnak. Kedvezően befolyásolják a bél mikroflóra összetételét a vastagbélszakaszokban, megakadályozzák a patogének bélhámhoz kötődését a vékonybélben (Dublecz, 2011). A GIT mikroorganizmusai befolyásolják a gazdaállat növekedési teljesítményét és takarmányhasznosítási hatékonyságát (Ferket, 2002). Egy kutatásban nagymértékű szignifikáns összefüggést tudtak kimutatni a vakbél mikrobiális összetétele és a madarak energiafelhasználásának hatékonysága között, ami alátámasztja, hogy a vakbél mikroflóra hatással van a termelőképesre (Apajalahti, 2012; Svihus, 2013).

A mikroflóra megbomlásának következményei

A test természetes védekező mechanizmusait, először Van der Waaij et al. (1987) nevezték "kolonizációs ellenállásának". Ez a mechanizmus a nem patogén baktériumok populációjához kapcsolódik, amelyek természetesen jelen vannak minden háziállat és madár bélrendszerében. A tápcsatorna újonnan elfogyasztott mikroorganizmusokkal szembeni ellenállását befolyásolják. A hasznos és patogén baktériumok között egyensúly van a gyomor-béltraktusban, és sok szimbiotikus és versengő kölcsönhatás alakul ki közöttük (Van der Waaij, 1987; Williams, 2001). A bélben lévő mikroflóra ökoszisztéma jellemzői befolyásolhatják a bél lumenének morfológiáját, metabolikusan módosíthatják a lumenben lévő exogén és endogén tápanyagokat, befolyásolhatják az immunrendszer működését, aktív szerepet játszhatnak a patogén kontrollban, és befolyásolhatják az állat táplálkozási igényeit. Ha egy állat mikroflóra ökoszisztémája instabil, a tápanyagforgalom veszélybe kerül, és az ásványianyag kibocsátás nő. A destabilizált enterális ökoszisztémához társuló hasmenés és nem megfelelő takarmány-emésztés növeli a káros gázok mennyiségét, a trágya és az alom kezelési problémáit (Ferket, 2002). Választásnál a fiatal állatokat veszélyeztetheti a potenciálisan patogén mikroorganizmusok jelenléte. Az újszülött állat kezdeti kolonizálása után a GIT bakteriális populációja meglehetősen stabil szoptatás alatt, majd a szilárd takarmány fogyasztása a flórában jelentős kvalitatív és kvantitatív változásokat okoz, mivel az anaerobok - mint például a *Bacteroides* - kapnak nagyobb teret, és ezzel együtt csökken a fakultatív aerob organizmusok mennyisége. Kimutatták, hogy a vastagbélbe jutó magasabb fehérje mennyiség ekkor fokozott NH_3 -koncentrációt eredményezhet a vastagbélben és ez hasmenést okoz választott malacoknál (Dong, 1996; Williams, 2001). Lovaknál a keményítőben gazdag étrend kiegyensúlyozatlanná teszi a gyomor-bél mikroflórát, ami gyakran kólikához, esetlegesen elhulláshoz vezethet. Esetükben normál körülmények között a takarmány akár 3 óra alatt eléri a vastagbelet, és 36-40 órán keresztül fermentálódik a vakbélben. Ez az időarány azonban csak akkor áll fenn, ha az etetett takarmányban a rost mennyisége optimális. (Dicks, 2013). Hirtelen abrakütetés esetén a vastagbélbe érkező túlzott szénhidrát mennyiség tejsavas erjedést indít el, ezáltal csökken a pH, ennek következtében ozmotikus hasmenés, erjedéses dyspepsia, savós patairhagyulladás, esetleg *clostridium endotoxaemia* is kialakulhat, ami halálos kimenetelű (Vladár, 2011). Rodriguez et al. egy kísérletben vizsgálták a hasmenésben szenvedő lovakban jelen lévő bakteriális populáció jellegét. A hasmenéses állatoknál a bakteriális diverzitás kisebb volt, mint az egészséges lovaknál. A *fusobaktériumok*at csak a hasmenéses lovak esetében találták meg, az egészséges lovaknál nem. Egy korábbi vizsgálatban a *Fusobacterium* spp. a kolitiszben szenvedő lovak magasabb százalékában is megfigyelhető volt, ami a bakteriális *dysbiosis* következménye lehet (Rodriguez, 2015). A vastagbélben a bakteriális fermentáció állandó gáztermeléssel jár. Különösen sok szabadul fel a monogasztrikus állatok szénhidrát emésztése közben. Az itt termelődött gázok elsősorban a végbélen keresztül távoznak. A gázok kóros mértékű felszaporodását a belekben meteorizmusnak hívjuk, ennek formái közül a primer meteorizmus létre jöhet egyéb okok mellett, a patogén vagy szaprofita baktériumok hatására a bélső bármelyik szakaszában. Ilyen például lovakban és nyulakban fordul elő zöldtakarmányok - elsősorban pillangósvirágúak - friss hajtásainak felvétele után, ami vakbél-felfúvódást eredményez. A bendőmeteorizmus kóroktanában hasonló folyamat játszódik le. Szekunder meteorizmus esetében a bélgázok nem tudnak eltávozni, így a belek felfúvódnak. Lovak vastagbél-csavarodása esetén a felfúvódott remesefekvetek légzési és vérkeringési zavarok előidézésével gyors pusztuláshoz is vezethetnek. A bélbaktériumok tevékenységével függ össze közvetetten vagy közvetlenül a diszpepszia vagyis emésztési rendellenesség kialakulása is. A vastagbélben lezajló bomlás természete szerint megkülönböztetünk erjedéses és rothadásos diszpepsziát. Erjedéses diszpepszia különösen sertéseknél fordul elő, a szénhidrátemésztés zavarán alapuló rendellenesség. A rothadásos diszpepszia a fehérjeemésztés zavarán alapuló, különösen húsevőkben, esetlegesen szopós állatokban előforduló bántalom. (Bokori, 1982). A korábban hozamfokozóként használt antibiotikumok csökkentették a patogén mikrobák aktivitását, stabilizálták a bélflórát (Dublecz, 2011). Kiváltásukra, valamint a kapcsolódó problémák kiküszöbölésére probiotikus készítmények kerültek kifejlesztésre (Ferket, 2002).

A vakbél mikrobiológiája – mikrobás fermentáció, táplálóanyag ellátás szempontjából

A legnépesebb baktériumpopuláció állatfajtól függetlenül, ahogy már korábban leírtam a vastagbélben található. E bélszakaszok működése - állatfaj szerint – kisebb vagy nagyobb mértékben kapcsolatban áll a bélbaktériumok normális élettevékenységével. A monogasztrikus növényevő állatok terjedelmes vastagbélében, főleg vakbélében, jellemző folyamat az emésztetlenül ide került növényi rostanyagok, elsősorban cellulóz bontása (Bokori, 1982). A vastagbél esetén a különböző régiók felszívó és szekréciós mechanizmusa, valamint szerkezete is fajok szerint változik. A jelentős regionális különbségek ellenére, a széles körű mikrobiális erjesztés a közös jellemzője az eddig vizsgált összes emlős vastagbélének, ami által nagy mennyiségű rövid láncú zsírsav (SCFA), - mint például az ecetsav, propionsav és vajsav - előállítására alkalmas (Engelhardt, 1989). Az SCFA-k a szervezet számára energiát biztosítanak, a keringésbe jutva a számos sejthez eljutnak. Tehát, bár a rostot a szervezet saját maga nem tudja emészteni, a mikrobák általi emésztés esetén energiát biztosíthatnak a szervezet számára. A jelenlegi kutatások középpontjában az SCFA potenciális hatása van a bélrendszer egészségére és annak lehetséges szerepére a gasztrointesztinális betegségek megelőzésében (Schneeman, 2002). A ló vakbél- és a kérődzők előgyomor-emésztése között több hasonlóság is fennáll: A bélflóra és a bendőflóra kvalitatív szempontból megegyezik. A bakteriális hatásra folyó cellulózemésztés végtermékei mindkét esetben az előbb említett illózsírsavak. A savtermelés következtében a ló vakbél tartalmának átlagos kémhatása hozzávetőlegesen 6,6, ez megegyezik a bendőfolyadék pH-értékével. A vakbélben és a bendőben egyaránt lejátszódik a takarmányfehérjék bontása és az aminosavak szintézise (Bokori, 1982). A madarak páros vakbélében emésztőenzimek nem termelődnek, a közel neutrális kémhatás (pH 6,7–6,9) mikrobás fermentációt tesz lehetővé (Bárdos, 2007). A természetesen tartott, egészséges baromfi emésztőcsövében a mikroorganizmusok számos fajából álló populáció található. Különösen nagy mennyiségű baktérium mutatható ki a vakbél tartalmából (Bokori, 1982). Egy vizsgálat során több mint 200 különböző baktériumfajt izoláltak, amik három csoportba sorolhatók: domináns, alárendelt és ideiglenesen jelen lévő csoport. Ezek a bakteriális populációk labilisak és számos tényező befolyása alatt állnak, mint például az étrend, az egészségi állapot és az életkor (Barnes, 1979; Józefiak, 2004). Új molekuláris eszközök alkalmazásával megállapításra került, hogy az életkor és a táplálkozás a brojlercsirkék esetében a mikroflórában változásokat indukálnak, de a kor úgy tűnik, nagyobb befolyással van az étrendi hatásnál a vakbél mikrobiomra (Svihus, 2013). Az egészséges csirke életének első napjaiban a domináns vakbél baktériumok az *Enterobacteriaceae* spp., az *Enterococcus* spp. a *Lactobacillus* spp., a *Bacteroides* spp. és az *Eubacterium* spp. Mead (1989) szerint a *Lactobacillus* spp. a csirkében elsősorban a *Lactobacillus acidophilus*, a *Lactobacillus salivarius* és a *Lactobacillus fermentum* törzsek, amelyek kezdetben hiányoznak és jelentős számban (10^8 - 10^{10} g⁻¹) jelennek meg az élet 4. napján (Józefiak, 2004). Rada et al. tanulmányában is olvashatjuk, hogy a *Lactobacillus*ok a bélflóra fontos összetevői az összes gazdasági haszonállatban, baromfinál számuk eléri a 10^9 /g mennyiséget a vakbélben. Ezért ezeket használják leggyakrabban probiotikumként (Rada, 1994).



2. ábra: *A broilerszirke ileum és cecum bakteriális flóráinak összetétele szekvenálással meghatározva (Lu, 2003).*

Lu et al. a baromfi bélrendszerének mikroflóráját szekvenálási módszerrel vizsgálták. Vizsgálataik szerint a vakbélben a *Lactobacillus* fajok a teljes szekvenciák egynegyedét képviselték 3 napos korban, később számuk nagymértékben csökkent, a teljes mennyiség 1-11%-ára. A *Clostridiaceae* volt a domináns baktériumfaj mindegyik életkorban. A flóra főként anaerob baktériumokból állt. Vizsgálataik alátámasztják, hogy a bélflóra a korrallal változik. Véleményük szerint a baromfinál az ürülék tükrözi a vakbél mikroflóra összetételét (Lu, 2003). Van der Wielen (2001) arra a következtetésre jutott, hogy a baromfiban a vakbél mikroflóra késleltetett fejlődését az anyaállattal való érintkezés hiánya okozhatja. Más állatfajok esetében az anyával való közvetlen kapcsolat, a szájon át bejutó aeroszolok (például köhögés útján) miatt úgy gondolják, hogy fontos közvetítői a baktériumflórának, a fiatal állatok beoltása így megy végbe (Van der Wielen, 2001; Józsefiak, 2004). Az obligát, nem patogén baktériumok szerepének megítélése ellentmondásos. Egyes mikroorganizmusok kapcsolata a gazdaszervezettel kedvezőnek tűnik, mivel aktív szerepet játszanak a bélcsővön áthaladó táplálóanyagok és endogén anyagok metabolizmusában. Ezek a baktériumok a takarmány felszívódásra alkalmas alkotóelemekre történő lebontására vagy értékes vegyületek, fehérjék, aminosavak, vitaminok felépítésére képesek (Bokori, 1982). Madarak esetében is a fermentációhoz azok a tápanyagok szolgálnak szubsztrátként, amelyek a gyomor- és a vékonybél-emésztést, illetve a felszívódást elkerülik. A folyamat során tehát esetünkben is lehetőség van a növényi rostok fermentálására. A vakbélemésztésnek madaraknál ugyanakkor a szervezet energiaellátása szempontjából csak kis jelentősége van, amelyet az is bizonyít, hogy a vakbélkiirtást esetünkben különösebb zavarok nem kísérik. A vakbélben folyó mikrobiális tevékenység egyes állatok esetében (pl. nyúl) bizonyos vitaminok szintézisét is lehetővé teszi, amelyeket a gazdaállat azonban csak koprofágia útján értékesíthet (Bárdos, 2007).

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Apajalathi, J., Rinttilä, T., Kettunen, A. (2012). Does the composition of intestinalmicrobiota determine or reflect feed conversion efficiency? Proceedings of the 23rd Australian PoultryScience Symposium, Sydney, 32-39.
- Bárdos, L., Husvéth, F., Kovács, M.: (2007) Gazdasági állatok anatómiájának és élettanának alapjai.
- Barnes, E.M. (1979). The intestinal microflora of poultry and game birds during life and after storage. Journal of Applied Bacteriology, 46, 407–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1979.tb00838.x>

- Bokori, J., Harrison, B., Haraszti, J., Horváth, Z., Kassai, T., Kutas, F., Tóth, B.L. (1982). Állatorvosi kórélettan. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Dicks, L.M.T., Botha, M., Dicks, E., Botes, M. (2014). The equine gastro-intestinal tract: An overview of the microbiota, disease and treatment. *Livestock Science*, 160, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.025>
- Dong, G., Zhou, A., Yang, F., Chen, K., Wang, K., Dao, D. (1996). Effect of dietary protein levels on the bacterial breakdown of protein in the large intestine, and diarrhoea in early weaned piglets. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 27, 293–302.
- Dublecz, K. (2011). Takarmányozás tan.
- Engelhardt, W., Von Ronnau, K., Reckhemmer, G., Sakata, T. (1989): Absorption of short-chain fatty acids and their role in the hindgut of monogastric animals. *Animal Feed Science and Technology*, 23, 1–3, 43–53. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90088-6)
- Eastwood, M.A. (1992). The physiological effect of dietary fibre: an update. *Annual Reviews in Nutrition*, 12, 19–35. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.12.070192.000315>
- Ferret, P.R., van Heugten, E., van Kempen, T.A.T.G., Angel, R. (2002). Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *J Anim. Sci.*, 80, E168–E182. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E168x
- Józefiak, D., Rutkowski, A., Martin, S.A. (2004). Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2003.09.007>
- Kemény, A. (1966). Élettan állatorvostanhallgatók és állatorvosok számára. Mezőgazdasági kiadó.
- Lu, J., Idris, U., Harmon, B., Hofacre, C., Maurer, J.J., Lee, M.D. (2003). Diversity and Succession of the Intestinal Bacterial Community of the Maturing Broiler Chicken. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (11), 6816–6824. <http://doi.org/10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003>
- Mead, G.C. (1989). Microbes of the avian cecum: types present and substrates utilized. *The Journal of Experimental Zoology*, 3, 48–55. <https://doi.org/10.1002/jez.1402520508>
- Rada, V., Rychl I., Vorusek, K. (1994). Susceptibility of chicken intestinal *Lactobacilli* to coccidiostats. *Acta vet. Brno*, 63, 9–12. <https://doi.org/10.2754/avb199463010009>
- Raibaud, P (1992). Bacterial interactions in the gut. In *Probiotics – The Scientific Basis*, 9–28.
- Rodríguez, C., Taminau, B., Brévers, B., Avesani, V., Broeck, J.V., Leroux, A., Gallot, M., Bruwier, A., Amory, A., Delmée, M., Daube, G. (2015). Faecal microbiota characterisation of horses using 16 rdna barcoded pyrosequencing, and carriage rate of *Clostridium difficile* at hospital admission. *BMC Microbiology*, 15, 181. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0514-5>
- Schneeman, B.O. (2002). Gastrointestinal physiology and functions. *British Journal of Nutrition*, 88(2), 159–163. <https://doi.org/10.1079/BJN2002681>
- Svihus, B., Choct, M., Classen, H.L. (2013). Function and nutritional roles of the avian caeca: A review. *World's Poultry Science Journal*, 69. <https://doi.org/10.1017/S0043933913000287>
- Van der Waaij, D. (1987). Colonization resistance of the digestive tract – mechanism and clinical consequence. *Die Nahrung*, 31, 507–517. <https://doi.org/10.1002/food.19870310551>
- Van der Wielen, P.W., Biesterveld, S., Lipman, L.J.A., van Knapen, F. (2001). Inhibition of a glucose-limited sequencing fed-batch culture of *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis by volatile fatty representative of the ceca of broiler chickens. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67, 1979–1982. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.4.1979-1982.2001>
- Vladár, D. (2011). Probiotikum tartalmú takarmány kiegészítők vizsgálata lovakon. Diplomadolgozat. Szent István Egyetem Állatorvos-Tudományi Kar, Budapest.
- Williams, B.A., Martin, W.A., Verstegen, S., Tamminga (2001). Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *CABI*, 14(2), 207–228 <https://doi.org/10.1079/NRR200127>

Búza és a kukorica alapú tápok etetésének hatása a fiatal brojlercsirkék vakbél bakterióta összetételére

Such Nikoletta Amanda^{1*}, Geicsnek-Koltay Ilona Anna², Menyhárt László³, Mohamed Ali Rawash², Molnár Andor, Mezőlaki Ákos⁴, Pál László¹, Dublec Károly¹, Farkas Valéria¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet

⁴Agrofeed Kereskedelmi Kft.

**such.nikoletta.amanda@uni-mate.hu*

Összefoglalás

Kísérletünkben egy kukorica alapú (K), továbbá egy búzát és búzakupát tartalmazó táp (B) hatását vizsgáltuk 7 és 14 napos brojlercsirkék bélbakterióta összetételére. A kísérlet során csoportonként 6-6 csirke vakbél béli tartalom minta került gyűjtésre. A minták mikrobiális összetétele 16S rRNS (V3-V4 régiók) gén alapú Illumina MiSeq szekvenálással került meghatározásra. A takarmány kezelések a vakbél béli tartalom minták diverzitását nem befolyásolták nagymértékben, azonban az életnapok (7 és 14) esetében több szignifikáns különbség volt megfigyelhető. A takarmány kezelések hatása a *Streptococcus* ($p = 0,006$) és *Enbacteria* ($p = 0,006$) nemzetségek esetén tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbségeket. Az idő múlásával a *Bacteroidetes* (0,02-7,11%) ($p = 0,006$) és *Cyanobacteria* (0,00-0,36%) ($p = 0,006$) törzs statisztikailag kimutatható módon felszaporodott a vakbélben. Nemzetség szinten az *Oscillospira* ($p = 0,001$), *Faecalibacterium* ($p = 0,001$) és *Lachnospira* ($p = 0,006$) gyakorisága nőtt, az *Anaerotruncus* ($p = 0,001$) és *Enterococcus* ($p = 0,004$) gyakorisága pedig csökkent. Az életkor előrehaladtával a baktérium összetétel diverzebb lett.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az emésztőcső bakteriális kolonizációja már a kelés után megkezdődik, amit a keltetési környezet jelentősen befolyásol (Stanley et al., 2014). A teljes bélmikrobióta kialakulása több hetet is igénybe vehet. Diverzitása az élet első heteiben növekszik a legintenzívebben és a vakbélben a legmagasabb (Rintilä et al., 2013; Farkas et al., 2019). Ezen felül takarmányozással is jelentősen befolyásolható ez, folyamat (Such et al., 2019). A búza általánosan használt takarmány a brojlercsirke takarmányozása során. Mivel nagy mennyiségben tartalmaz oldható NSP anyagokat, amik növelik a béli tartalom viszkozitását a vékonybélben, valamint csökkentik a tápanyagok felvehetőségét és ezáltal az állat teljesítményét, etetése során különböző exogén enzimek, mint például a xilanáz enzim használata az általános gyakorlat (Choct & Annison, 1992). Ez csökkenti a viszkozitást, a béli tartalom nedveségtartalmát és javítja az emészthetőséget (Bedford és Morgan, 1996). Az NSP anyagok mind az endospermiumban, mint a héjban (korpa) jelen vannak. Ezek az arabinoxilánok, β -glükánok, cellulóz és arabinogalaktán-peptidek (AGP). Ezek közül a vízben oldhatatlan és oldódó arabinoxilánok a búzában a leggyakoribb rostfrakciók (Parsaie et al., 2007). Marquardt et al. (1996) szerint a xilánzással kiegészített búza alapú táp hasonló vagy jobb termelési mutatókat eredményez, mint az enzim kiegészítés nélkül etetett kukorica alapú táp. Az arabinoxilán enzimatis bontása nem csak a viszkozitást befolyásolja, hanem olyan xilán-oligoszacharidokat eredményez, amelyek prebiotikus hatással rendelkeznek. Ezek befolyásolják mind az ileum, mind a caecum mikrobiomját, és fokozott vakbél-fermentációt eredményeznek (Bedford et al., 2018). Részben ez lehet az oka annak, hogy a búza alapú táp javíthatja a mikroflóra összetételt, növeli a vajsav termelést és a brojlercsirkék termelési tulajdonságait (Steenfeldt et al., 1998). Nian et al. (2011) vizsgálatuk során azt tapasztalták, hogy xilánzással kiegészített búza alapú táp hatására szignifikánsan nőtt a vakbéli tartalomban a coliform-, a bifido-, a laktobacillus valamint a szalmonella mennyisége.

A fentiek tükrében kísérletünk célja a kukorica alapú, valamint a búza alapú búzakorpával kiegészített tápok hatásnak vizsgálata volt brojlercsirkék bélbakterióta összetételére. A minták bakteriális összetételének összehasonlítása mellett kialakulásának dinamikáját is figyelemmel kísértük a keléstől számított 7. és 14. napokon.

Anyag és módszer

Összesen 192 db ROSS 308 típusú napos kakascсібét osztottunk 2 takarmányozási csoportba (kukorica alapú kontroll (K), és búza alapú, búzakorpa kiegészítést (B) fogyasztó csoport), kezelésenként 4 ismétlésben, fülkénként 24 állattal. A csoportos tartás szecs-kázott búzaszalma almon, 10 madár/m²-es telepítési sűrűséggel történt. A dercés formátumú kísérleti tápok azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkeztek, táplálóanyag-tartalmuk minden tekintetben fedezte a csirkék szükségletét (Aviagen, 2019) (1-2. táblázat). A tápokot kettő fázisban etettük: indító (1.-10. nap), nevelő (11-24. nap). A csirkéknek a kísérlet teljes ideje alatt ad libitum hozzáférést biztosítottunk a takarmányhoz és az ivóvízhez. A nevelés 7. és 14. napján kezelésenként 8 állat levágását követően vakbél tartalom mintavételezést végeztünk. A minták homogenizálását követően -80 C° kerültek tárolásra a genomikai vizsgálatokig.

A bakteriális DNS kivonása, tisztítása után az amplifikáláshoz bakteriális 16s rRNS gén V3-V4 régiójára tervezett primereket használtunk. Az elkészült, minőségellenőrzött és qPCR-rel kvantifikált könyvtárak szekvenálása Illumina Miseq platformon valósult meg. A szekvenálási adatok elemzését a QIIME2 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2, 2019.7 verzió) elemzési platformon végeztük (Bolyen et al., 2019). QIIME2 minőségszűrő plugineket (q-score és a deblur denoise-16S) használtuk a nyers adatok minőség-ellenőrzésének elvégzéséhez, beleértve pl. az alacsony minőségű szekvenciák szűrését, a kimérák eltávolítását (Amnon et al., 2017). A kiváló minőségű szekvenciákat ezt követően osztályozó plugin és a GreenGenes 13.8 referenciaadatbázis segítségével csoportosítottuk (Bokulich et al., 2018; McDonald et al., 2012).

A minták mikrobiális összetételének különböző taxonómiai szinteken történő elemzését, a mikrobiális diverzitást a minták között (alfa-diverzitás) és a mintacsoportok között (béta-diverzitás) MicrobiomeAnalyst web alapú elemző programmal értékeltük (Chong et al., 2020). A vizsgált minták taxonómiai analízise során az eredmények relatív gyakoriságban kerültek kifejezésre. Az alacsony gyakoriságú szekvenciákat tartalmazó OTU-k (operatív taxonómiai egység) szűrése a MicrobiomeAnalyst alap beállításai alapján történt.

A mintacsoportok rendszertani szintenként (pl. törzs, nemzetség) kiértékelt gyakorisági értékeinek összehasonlításához LEfSe analízist, lineáris diszkriminancia-analízis (LDA) pontszám küszöbértékkel > 2,0 használtunk. A LEfSe a Kruskal – Wallis tesztet használja annak meghatározására, hogy a hozzárendelt csoportok között van-e szignifikáns különbség, és LDA-val elvégzi az egyes jellemzők hatásméretének becslését. A szignifikancia értéket FDR (hamis felfedezési arány) korrekcióval $p < 0,1$ -re határoztuk meg, a program alapbeállítása szerint. Az eredményeket 5 taxonómiai szinten állapítottuk meg (törzs, osztály, rend, család, nemzetség).

1. táblázat: *Az indító és nevelő táp összetétele*

Összetétel (g/kg)	Indító		Nevelő	
	K	B	K	B
Kukorica	431	140	488	166
Búza	0	300	-	300
Búzakorpa	0	30	-	60
Extrahált szója	464	410	412	353
Napraforgó olaj	56	68	58	77
Takarmánymész	18	18	15	15
MCP	16	16	15	14
Takarmánysó	3	3	3	3
NaHCO ₃	1	1	1	1
L-Lizin (54%)	2	3	1	2
DL-Metionin	4	4	3	3
L-Treonin	-	1	1	1
L-Valin	-	1	-	0,5
Premix ¹	5	5	5	5
Fitáz (Quantum Blue)	0,1	0,1	0,1	0,1
Xilanáz (Econase XT)	0,1	0,1	0,1	0,1
Összes	1000	1000	1000	1000

¹Premix: UBM Kft. (Pilisvörösvár, Magyarország).

2. táblázat: *Az indító és nevelő tápok táplálóanyag-tartalma*

	Indító		Nevelő	
	K	B	K	B
nyersfehérje (%)	24,3	23,9	22,3	22,0
nyerszsír (%)	7,2	8,3	7,7	9,1
nyersrost (%)	3,8	4,2	3,2	3,9
nyershamu (%)	7,0	7,0	6,4	6,3
Ca (%)	1,0	1,1	1,0	1,0
P (%)	0,7	0,8	0,7	0,7
keményítő (%)	31,4	30,8	34,7	32,3
ME (MJ/kg)	12,1	12,3	12,4	12,4

Eredmények és értékelésük

Az átlagos, minőség-ellenőrzött szekvenciaszám 7 és 14 napos korban, 188.820 és 200.441 volt. Ezek a szekvenciák az alacsony gyakoriságúak szűrése után 276 OTU-ba (operational taxonomic unit) kerültek besorolásra. A vizsgált mintacsoportokban 6 törzs, 8 osztály, 10 rend, 15 család és 19 nemzetség volt azonosítható. Az alfa-diverzitást meghatározó ACE, Shannon és Simpson indexek hasonló fajgazdagságot jeleztek a két takarmányozási csoportban ($p > 0,05$). Az idő hatására azonban szignifikáns különbséget állapítottunk meg. A 14. életnapon a minták számottevően nagyobb fajtagazdagsága volt megfigyelhető ($p = 0,0001$). A béta-diverzitás elemzése során a mikrobiális közösség összetétele a két eltérő takarmánykezelés esetén nem különbözött egymástól sem a súlyozatlan ($p > 0,05$), sem a súlyozott ($p > 0,05$) UniFrac (Unique fraction metric) analízissel vizsgálva. Az idő hatására azonban szignifikáns különbség volt megfigyelhető ($p = 0,015$) az életnapok között.

A két kezelési csoportban, mind a két időpontban 7 baktériumtörzset azonosítottunk, amelyek közül a legnagyobb mennyiségben a Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria és Tenericutes jelentek meg. A felsorolt négy törzs a vizsgált baktériumpopuláció több mint 95%-át képviselte. A takarmány-kezelés hatására két kis arányban jelenlévő baktérium nemzetség esetén volt kimutatható különbség volt a két csoport között (3. táblázat). A 12 minta taxonómiai elemzése során 19 nemzetséget sikerült azonosítani. Azokat a nemzetségeket, amelyek relatív gyakorisága egy csoportban meghaladta a 0,1% -ot, az 2. táblázat mutatja be. A *Streptococcus* ($p = 0,006$) nemzetség a kontroll csoportban, míg az *Eubacterium* ($p = 0,006$) nemzetség a búza alapú tápot fogyasztó csoportban szignifikánsan magasabb arányban volt jelent.

Az idő múlásával a Bacteroidetes (0,02-7,11%) ($p = 0,006$) és Cyanobacteria (0,00-0,36%) ($p = 0,006$) törzs statisztikailag kimutatható módon felszaporodott a vakbélben. Nemzetség szinten az *Oscillospira* ($p = 0,001$), *Faecalibacterium* ($p = 0,001$) és *Lachnospira* ($p = 0,006$) mennyisége nőtt, az *Anaerotruncus* ($p = 0,001$) és *Enterococcus* ($p = 0,004$) pedig csökkent.

3. táblázat: Az 1%-ot meghaladó, valamint a kezelés és idő hatásra szignifikáns különbséget mutató baktérium nemzetségek relatív gyakorisága a pecsenyecsirkék vakbélartalmában.

Nemzetség	Kezelés (%)		Idő (%)		poolozott SEM	p-érték	
	C	BK	7 nap	14 nap		Kezelés	Nap
<i>Oscillospira</i>	11,80	11,35	6,96	16,19	1,22	0,938	0,006*
<i>Ruminococcus</i>	9,06	6,95	7,55	8,45	0,61	0,663	0,542
<i>Butyrivibrio</i>	4,35	4,04	5,23	3,16	0,51	0,953	0,156
<i>Anaeroplasm</i>	1,95	3,53	2,66	2,82	0,76	0,888	0,310
<i>Coprococcus</i>	3,55	1,85	3,02	2,38	0,69	0,805	0,300
<i>Faecalibacterium</i>	3,68	1,24	0,51	4,41	0,76	0,938	0,007*
<i>Clostridium</i>	2,23	2,19	2,50	1,91	0,20	0,953	0,229
<i>Lactobacillus</i>	2,42	1,23	1,31	2,34	0,37	0,805	0,143
<i>Anaerotruncus</i>	1,32	1,49	2,25	0,56	0,37	0,563	0,006*
<i>Lachnospira</i>	0,07	0,19	0,07	0,19	0,20	0,66	0,020*
<i>Enterococcus</i>	0,12	0,09	0,16	0,05	0,10	0,938	0,018*
<i>Streptococcus</i>	0,01	0,2	0,12	0,09	0,06	0,06*	0,259
<i>Eubacterium</i>	0,09	0,00	0,10	0,00	0,02	0,06*	0,146

* $p < 0.1$ szignifikáns különbséget jelölnek (lineáris diszkriminancia-analízis – FDR korrigált Kruskal – Wallis teszt)

A baromfi bélflórájának kialakulása során az életciklus előrehaladtával a bélrendszer bakteriota taxonómiai összetétele egyre komplexebbé válik (Van Der Wielen et al., 2002), a vakbél mikroflórája 6-7 hetes korra stabilizálódik (Coloe et al., 1984). Vizsgálatunk eredményei megegyeznek az irodalmakban olvasottakkal, hiszen az alfa-diverzitás és béta-diverzitás eredménye szerint a 14. napra a taxonómiai összetétel komplexebb lett, mint 7 napos korban volt. A Bacteroidetes törzs esetében Shaufi et al. (2015) hasonló növekedésről számolt be 7. és 14. napos korban vett mintákból. Ennek a törzsnek a gyakorisága 10-57% között változik vágási korban lévő egyedeknél (Such et al., 2019). Ma et al. (2017) munkájuk során leukózással fertőzött madaraknál tapasztalták a Cyanobaktérium törzs csökkenését. Ez a baktériumtörzs nagy biodiverzitással rendelkezik, számos metabolitot termel, amelyek antibakteriális, antivirális, rákellenes és proteázgátló tulajdonságokkal rendelkeznek. Mennyiségének csökkenése károsíthatja az egyed vírusokkal szembeni ellenállását. Vizsgálatunkban az életkor előrehaladtával megnőtt a gyakorisága, ami az immunitás fokozatos kialakulásával lehet összefüggésben. A növekvő gyakoriságú *Oscillospira*, *Faecalibacteria* és *Lachnospira* nemzetségek is számos jótékony tulajdonsággal rendelkeznek, elszaporodásuk előnyös a gazdaállat számára (Such et al., 2019). Az *Enterococcus* nemzetséget, amelynek aránya esetünkben az életkor előrehaladtával csökkent Cook et al. (2003) a tojásban, azon belül a tojássárgájában az egyik legnagyobb mennyiségben jelenlévő baktériumként izolálták, amely a tojócsőben képes átjutni a tojás héjon, nem kórokozók a

napos állatok számára. A másik csökkenő számban jelen lévő *Anaerotruncus* nemzetség egyes tagjai Lili et al. (2018) szerint enterális megbetegedésekhez társíthatók.

Jones et al. (2019) munkájuk során leírták, hogy az *Eubacterium* és a *Streptococcus* nemzetségek a szénhidrát anyagcserében játszanak szerepet, és kísérletük során a brojlertáp magas fruktóztartalmának hatására csökkent a számuk. Esetünkben a két nemzetség gyakorisága között negatív korreláció állt fenn. Míg az *Eubacterium* gyakorisága a búza alapú tápot fogyasztó csoportban nagyobb, addig a *Streptococcus* nemzetségé kisebb volt. Az *Eubacterium* nemzetség a Firmicutes törzs második legdominánsabb tagjának írják le, aminek tagjai butirátot termelnek, bontják a zöldségekből, gyümölcsökből, magyaktól származó flavonoidokat, valamint szerepet játszanak az epesavak és szteroidok transzformációjában. Diszbiózis esetén számuk lecsökken. (Kedia et al., 2016). A *Streptococcus* nemzetség a baktériumflóra állandó tagjaként van jelen az emberek és állatok bélrendszerében. Azonban számos tagja opportunista kórokozó, vagyis fertőzéseket okoznak a gazdaszervezet immunválaszának gyengülése esetén. A baktériumok egyik leginkább invazív csoportjának tartják (Krzyściak et al., 2013). Azonban van olyan tagja, mint például a *Streptococcus thermophilus*, amelyek fruktózt hasznosítanak, potenciális probiotikumok. Számuk szénhidrát túletetés esetén csökkenhet (Jones et al., 2019). Ez alapján, míg az *Eubacterium* nemzetség felszaporodását pozitív folyamatnak értékelhetjük, a *Streptococcus*oknál a nemzetség szintű ismeret kevés ahhoz, hogy meghatározzuk mennyiségi változásának hatását a bélflórára.

Következtetések, javaslatok

Az életkor előrehaladtával a bakterióta diverzebb lett, és számos jótékony baktérium jelent meg nagyobb számban, míg a potenciálisan diszbiózissal összefüggésbe hozható néhány baktérium nemzetség száma csökkent. A kísérletünk során vizsgált búza alapú táp csupán kis mértékben befolyásolta a baromfi bélbaktérióta összetételét.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Amnon, A., McDonald, D., Knight, R. et al. (2017). Deblur rapidly resolves single-nucleotide community sequence patterns. *mSystems*, 2. 2. e00191–16. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00191-16>
- Aviagen (2019). Nutrition Specifications for Ross 308 Broilers
- Bedford, M.R. (2018). The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. *British Poultry Science*, 59(5), 486–493. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1484074>
- Bedford, M.R., Morgan, A.J. (1996): The use of enzymes in poultry diets. *World Poult. Sci. J.* 52. 61–68. <https://doi.org/10.1079/WPS19960007>
- Bokulich, N.A., Kaehler, B.D., Rideout, J.R. et al. (2018). Optimizing taxonomic classification of marker-gene amplicon sequences with QIIME 2's q2-feature-classifier plugin. *Microbiome*, 6, 90. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0470-z>
- Bolyen, E., Rideout, J.R., Dillon, M.R., et al. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat. Biotechnol.*, 37, 852–857.
- Choct, M., Annon, G., Trimble, R.P. (1992). Soluble wheat pentosans exhibit different anti-nutritive activities in intact and cecectomised broiler chickens. *J. Nutr.*, 122, 2457–2465. <https://doi.org/10.1093/jn/122.12.2457>
- Chong, J., Liu, P., Zhou, G., Xia, J. (2020). Using MicrobiomeAnalyst for comprehensive statistical, functional, and meta-analysis of microbiome data. *Nature Protocols*, 15, 799–821. <https://doi.org/10.1038/s41596-019-0264-1>
- Coloe, P.J., Bagust, T.J., Ireland, L. (1984). Development of the normal gastrointestinal microflora of specific pathogen-free chickens. *J. Hygiene*, 92, 79–84. <https://doi.org/10.1017/s0022172400064056>

Cook, M.I., Beissinger, S.R., Toranzos, G.A., Rodriguez, R.A., Arendt, W.J. (2003). Trans-shell infection by pathogenic micro-organisms reduces the shelf life of non-incubated bird's eggs: a constraint on the onset of incubation? *Proc. Roy. Soc. London, Ser.*, 270(1530), 2233–2240. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2508>

Farkas, V., Molnár, A., Menyhárt, L., Dublec, K. et al. (2019). Új kutatási eredmények a házityúk emésztőtraktusának bakteriota összetételéről. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 141, 485–494.

Jones, R.B., Alderete, T.L., Kim, J.S., Millstein, J., Gilliland, F.D., Goran, M.I. (2019). High intake of dietary fructose in overweight/obese teenagers associated with depletion of *Enbacterium* and *Streptococcus* in gut microbiome. *Gut Microbes.*, 10(6), 712–719. <https://doi.org/10.1080/19490976.2019.1592420>

Krzyściak, W., Pluskwa, K.K., Jurczak, A. (2013). The pathogenicity of the *Streptococcus* genus. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 32, 1361–1376. <https://doi.org/10.1007/s10096-013-1914-9>

Lili, G., Deng, X., Minhong, Z., Changlong, S., Jinghai, F., Fuping, S., Fan, L., Jie, Z. (2018). High-throughput sequencing-based analysis of the intestinal microbiota of broiler chickens fed genetically modified rice expressing Cry1Ac/Cry1Ab chimeric *Bacillus thuringiensis* protein. *The Journ. of Poult. Sci.*, 55(1), 10–16. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170029>

Ma, X., Wang, Q., Li, H., Xu, C., Cui, N., Zhao, X. (2017). 16S rRNA genes Illumina sequencing revealed differential cecal microbiome in specific pathogen free chickens infected with different subgroup of avian leukosis viruses. *Vet. Microb.*, 207, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.05.016>

Marquardt, R.R., Brenes, A., Zhang, Z. (1996). Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 60(3), 321–330. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00987-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00987-X)

McDonald, D., Price, M.N., Goodrich, J. et al. (2012). An improved Greengenes taxonomy with explicit ranks for ecological and evolutionary analyses of bacteria and archaea. *ISME J.*, 6, 610–618. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.139>

Nian, F., Guo, Y.M., Ru1, Y.J., Li, F.D., Péron, A. (2011). Effect of exogenous xylanase supplementation on the performance, net energy and gut microflora of broiler chickens fed wheat-based diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 24(3), 400–406. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10273>

Parsaie, S., Shariatmadari, F., Zamiri, M.J., Khajeh, K. (2007). Influence of wheat-based diets supplemented with xylanase, bile acid and antibiotics on performance, digestive tract measurements and gut morphology of broilers compared with a maize-based diet. *British Poultry Science*, 48(5), 594–600. <https://doi.org/10.1080/00071660701615788>

Rinttilä, T., Apajalahti, J. (2013). Intestinal microbiota and metabolites – implications for broiler chicken health and performance. *J. App. Poult. Res.*, 22, 647–658. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.03.002>

Shaufi, M.M.A., Sieo, C.C., Chong, C.W. (2015). Deciphering chicken gut microbial dynamics based on high-throughput 16S rRNA metagenomics analyses. *Gut Pathog*, 7, 4. <https://doi.org/10.1186/s13099-015-0051-7>

Stanley, D., Hughes, R.J., Moore, R.J. (2014). Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health – productivity and disease. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 98, 4301–4310. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5646-2>

Steenfeldt, S., Müllertz, A., Fris Jensen, J. (1998). Enzyme supplementation of wheat-based diets for broilers. 1. Effect on growth performance and intestinal viscosity. *Animal Feed Science and Technology.*, 75, 27–43. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00189-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00189-8)

Such, N., Farkas, V., Dublec, K., Molnár, A. et al. (2019). The effect of wheat bran supplementation on the microflora of broiler chickens. 61th Geogr. Sci. Conf., Keszthely, Proceeding Book 397–406.

Van Der Wielen, P.W., Biesterveld, S. et al. (2002). Spatial and temporal variation of the intestinal bacterial community in commercially raised broiler chickens during growth. *Microbiology Ecol.*, 44, 286–293. <https://doi.org/10.1007/s00248-002-2015-y>

Búzakorpa etetésének hatása a broiler csirkék ürülékéből képződő ammónia felszabadulására

Such Nikoletta Amanda^{1*}, Geicsnek-Koltay Ilona Anna², Mohamed Ali Rawash², Mezölaki Ákos^{2,3}, Csitári Gábor¹, Wágner László¹, Péterné Farkas Eszter¹, Molnár Andor⁴, Dublicz Károly¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

³Agrofeed Kereskedelmi Kft.

⁴Állatorvosi szolgáltatás

**such.nikoletta.amanda@uni-mate.hu*

Összefoglalás

Az ammónia illékony vegyület, amely szennyezi a légkört és a környezetet. Termelődése az aerob és anaerob baktériumok tevékenységéből származik. A mezőgazdaság, pontosabban az állattartás és a terménytrágyázás az antropogén ammónia-kibocsátás legnagyobb elősegítői. Számos kutatás bizonyítja, hogy takarmányozással befolyásolni tudjuk az állati ürülék N- tartalmát és a felszabaduló ammónia mennyiségét. A korpa kiegészítés gazdaságos rostkiegészítés a takarmányozásban. A szervezet számára emészthetetlen összetevőit a bélflóra hasznosítja, xilán oligoszacharid tartalma révén prebiotikus hatással rendelkezik. Bélfőrárt pozitívan befolyásoló tulajdonságai miatt baromfinál kis mennyiségben alkalmazható a bélegészség megőrzése érdekében. A mikrobiótára gyakorolt hatása azonban befolyásolhatja a felszabaduló gázok mennyiségét is. Kísérletünk során megvizsgáltuk, hogy a korpa kiegészítés hogyan befolyásolja a baromfi ürülékéből felszabaduló ammónia mennyiségét, a különböző N formák arányát, pH értékét, valamint az ürülék baktériumflórájának ureáz enzim aktivitását. Eredményeink szerint a korpa kiegészítés szignifikánsan megnövelte a felszabaduló ammónia mennyiségét és tendenciálisan növelte a baktériumflóra ureázaktivitását, valamint csökkentette az ammónium nitrogén arányát. A kezelés hatására a húgysav-N, az össz-N, valamint a pH azonban nem változott. Eredményeink alapján további kutatások szükségesek, hogy ez a hasznos takarmánykomponens a környezetterhelés növelése nélkül alkalmazható legyen a bélflóra homeosztázisának és a bélegészség fenntartásának érdekében.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Brüsszelben 2013-ban az Európai Bizottság közleményt adott ki Tiszta levegőt Európának program néven. Ebben leírták, hogy Európában a levegő minősége számottevően javult az utóbbi évtizedekben, de a légszennyezettség, mint környezeti tényező még mindig főszerepet játszik számos megelőzhető betegség kialakulásában és az idő előtti elhalálozások bekövetkeztében, ezen kívül továbbra is jelentős károsító hatással van az európai természetes környezet nagy részére. Kitértek az ammóniára is, mint üvegházhatású szennyező gázra (T.L.E., 2013). Az ammónia-kibocsátás Európában az elmúlt 30 évben több mint 50%-kal emelkedett (Varel et al., 2006). A 2030-ra kitűzött értékek elérése további Uniós szintű kibocsátás-korlátozást fog megkövetelni a kibocsátási forrásoktól. A nemzeti kibocsátási határértékekről szóló javasolt irányelv a 2030-ra vonatkozó levegőpolitikai célok elérése érdekében az ammónia-kibocsátás 27%-os csökkentését követeli meg (T.L.E., 2013).

Az ammónia olyan illékony vegyület, amely szennyezi a légkört és a környezetet. A mezőgazdaság, pontosabban az állattartás és a terménytrágyázás az antropogén ammónia-kibocsátás legnagyobb elősegítői (Sigurdarson et al., 2018). Az állati trágya ammónia-kibocsátásának nagy része a karbamid hidrolíziséből származik (Varel et al., 2006). A nitrogén vegyületeket mikrobiális tevékenység alakítja át ammóniává (Santoso et al., 1999), tehát az ammónia kibocsátás az aerob vagy anaerob baktériumok tevékenységéből származik (Zhang et al., 1991). Számos tanulmány vizsgálatai szerint, az állati trágyában lévő karbamid hidrolízise lezajlik már 20 órával a bélsár és a vizelet keveredése után, és így a legtöbb vizeletből származó karbamid átalakul ammóniává, mielőtt az kikerülne a földekre (Sigurdarson et al., 2018; Dai & Karring, 2014). Az emlősállatoktól lényegesen

különbözik a baromfi endogén anyagcsereje a fehérje dezaminálási folyamatában, ugyanis a nitrogén anyagcsere végterméke nem karbamid, hanem húgysav. A húgysavval sokkal több maradékenergia távozik a szervezetből, mint az emlősöknél (Cook et al., 2011). Esetükben az ammónia, az ürülékben található nagy mennyiségű húgysav gyors mikrobiológiai lebomlásából ered (Santoso et al., 1999). Baromfinál nehézséget jelent, hogy kloákájuk lévén a bélsár és a vizelet keverten, együtt ürül ki a szervezetből, emiatt nehéz az ürülék és a vizelet nitrogén különválasztása. A vizelettel vegyes ürülékben a vizelet által megindított ammóniaképződést a szilárd ürülék a baktériumokat tápláló szénhidrátjaival siettetni (Kortisz, 1926). Shuler et al. szerint baromfi alomban megtalálható összes N körülbelül 70% -át a húgysav és a karbamid alkotja (Shuler et al., 1979; Koerkamp, 1994). Abból a tényből kiindulva, hogy a baromfi vizeletében a N-forgalom végtermékei közül a húgysav fordul elő a legnagyobb mennyiségben (70-80%), a kevert ürülék húgysav tartalmából következtetni lehet a vizelettel ürülő nitrogén mennyiségére (Juhász, 2002). Azonban a húgysav és az ammónia nitrogén tartalmának összege O'Dell et al. (1960), valamint Tasaki & Okumura (1964) szerint is állandóbb arányban áll a vizelet összes nitrogén tartalmával, mint egyedül a húgysav nitrogénje. A baromfi alomban a szerves N (húgysav és karbamid) átalakítása ammóniára tehát mikrobák által történik. Az ureáz enzim felelős a karbamid és húgysav ammóniává történő átalakításáért. Az ureáz számos különböző organizmus termelheti, beleértve a baktériumokat, gombákat és növényeket (Cook et al., 2011). Rothrock et al. (2008) munkájában részletesen beszámol egyes baktériumok ureáz enzim termeléséről. Bár az ureázaktivitást mérték (Tejada et al. 2006, 2007), az ureáz termelésért felelős szervezetekről nem állnak rendelkezésre adatok a baromfi alomban (Rothrock et al., 2010).

A bakteriális kölcsönhatásokat a gazdaszervezet (életkor, immunállapot, stressz) és a takarmány egyaránt befolyásolja és ez által az egész flóra változását eredményezheti (Williams & Martin, 2001). A takarmányokban található rost alapvetően a szervezet számára nem emészthető, de a mikrobák azonban képesek bontani őket. Az ebből képződő oligoszacharidok primer szubsztrátok a vastagbélben lévő mikroorganizmusok növekedéséhez (Schneeman, 2002). Továbbá, a vakbélben és vastagbélben bakteriális fermentációból képződő illózsírsavak, mint a butirát csökkentik a béltartalom pH-ját (Canani et al., 2011), és növelik a baktériumok biomasszáját, ami a széklet mennyiség növekedéséhez és a gázok termelődéséhez vezet (Raninen et al., 2011). A nyersrost lebontását baromfi-ban megnehezíti, hogy a takarmány rövid ideig tartózkodik a bélcsatornában. A takarmány nyersrost tartalmának növelése károsan befolyásolja a többi táplálóanyag, főleg a fehérje emészthetőségét. Ennek ellenére a baromfi fiatal korban 3-4%, kifejlett korban pedig 4-6% nyersrostot igényel a bél normális működéséhez és a perisztaltika fenntartásához (Duke, 1984). Számos kutatásban vizsgálták és bizonyították már hogy oligoszacharidokkal befolyásolhatjuk a baromfi vakbél mikroflóráját (Yusrizal & Chen, 2003; Mookiah et al., 2013; Chee, 2010). Kísérletünk során arra voltunk kíváncsiak, hogy a takarmányban a korpa kis mértékű emelése milyen hatással van a baromfi ürülék ammónia kibocsájtására. Látható, hogy az ammónia termelődésének folyamata számos tényezőtől függ. A bélben lezajló folyamatokat azonban takarmányozással sikeresen befolyásolhatjuk. Fő célunk annak tisztázása volt, hogy a napos kortól adagolt korpa-kiegészítésnek milyen hatása van brojlercsirke ürülékének ammónia kibocsájtására.

Anyag és módszer

A kísérlet során 48 db, 37 napos Ross 308 fajtájú kakast egyedi ketrecekbe helyeztük el ($n = 24$). A takarmányhoz és a vízhez az állatoknak *ad libitum* hozzáférést biztosítottunk. A dercés formátumú kísérleti tápok azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkeztek, táplálóanyag-tartalmuk minden tekintetben fedezte a csirkék szükségletét (Aviagen, 2019). Az indító, nevelő és befejező táp korpa tartalma 3, 6 és 6% volt a kezelt csoportban. A mintavételt 3 napos szoktatási szakasz után egy alkalommal végeztük el. Minden állattól 200 g (± 1 g) ürüléket gyűjtöttünk, amit megfelelő homo-

genizálás után -20 °C-on fagyasztva tároltuk a további vizsgálatokig. Kísérletünk során megvizsgáltuk az ürülék mikroflórájának ureázaktivitását, ammónia kibocsájtását, valamint a nitrogén formáinak mennyiségét.

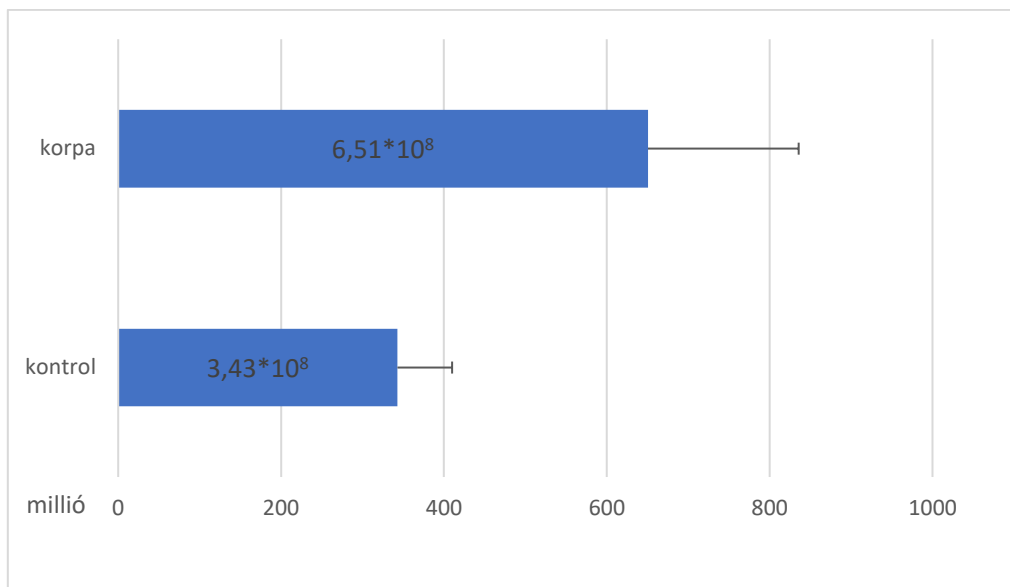
Az ureáz aktivitást határhígításos módszerrel vizsgáltuk platelapon 10x-es hígításig. A színváltozást spektrofotométerrel (Perkin Elmer Enspire 2300, PerkinElmer, Inc; Waltham, USA) rögzítettük. A színváltozásból 5 MPN (Most Portable Number) módszerrel határoztuk meg az ureáztermelő baktériumok számát.

Az ammónia mérési vizsgálatot Santoso et al. (1999) módszere alapján végeztük. A mintákat a fagyasztóból mérés előtt 19 órával elővettük, majd kiengedés után 1 liter űrtartalmú duplán záródó tartályokba helyeztük. 1 minta súlya 50 (\pm 0,5) g volt. A tartályokba 20,5 C° hőmérséklettel kerültek. 3 időpontban végeztünk méréseket: a tartályba kerülés után 5 perccel, 1,5 órával, majd 4 órával. Ezek során mind az ammónia kibocsájtási értékeket, mint a CO₂ kibocsájtási értékeket rögzítettük, amennyiben a műszer mérési határán belül voltak. A mérések között állandó, 25 C° hőmérsékleten inkubáltuk a mintákat. A gáz kibocsájtást Draeger X-am 5600 készülékkel mértük.

Meghatároztuk az ürülék minták össz-N tartalmát, ammónium-N, húgysav-N, valamint szárazanyag tartalmát. Az össz-N meghatározást magyar szabvány szerint (MSZ EN ISO 5983-2) blokkroncsolásos/vízgőz-desztillációs módszerrel végeztük. Az ammónium-N meghatározást Peters (2003) által leírt módszer alapján, a húgysav-N meghatározását Marquardt et al. (1982) módszere alapján végeztük. A statisztikai kiértékelést az SPSS 24.0 program segítségével végeztük, aminek során ANOVA teszttel hasonlítottuk össze a csoportokat ($p < 0,05$).

Eredmények és értékelésük

Az ureázaktivitásban nem találtunk szignifikáns különbséget az egyes csoportok között (1. ábra), azonban a korpát fogyasztó csoportban tendenciálisan magasabb értékeket kaptunk ($p < 0,05$). Az 5 perc, valamint a 1,5 óra elteltével történő ammónia és CO₂ mérések során kapott eredmények esetében nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A CO₂ kibocsájtást 1,5 óra után nem lehetett mérni a méréshatár feletti értékek miatt. 4 óra elteltével a korpát fogyasztó csoportnak statisztikailag kimutatható módon nőtt az ammónia kibocsájtása ($p < 0,01$) (1. táblázat). Az ürülék szárazanyag, össz-N, valamint húgysav-N tartalma nem különbözött a csoportok között, azonban az ammónium-N mennyisége (2. ábra) szignifikánsan alacsonyabb volt ($p < 0,019$) a korpát fogyasztó csoportban. A pH mérési eredményeknél (3. ábra) nem találtunk statisztikailag kimutatható különbséget a csoportok között.



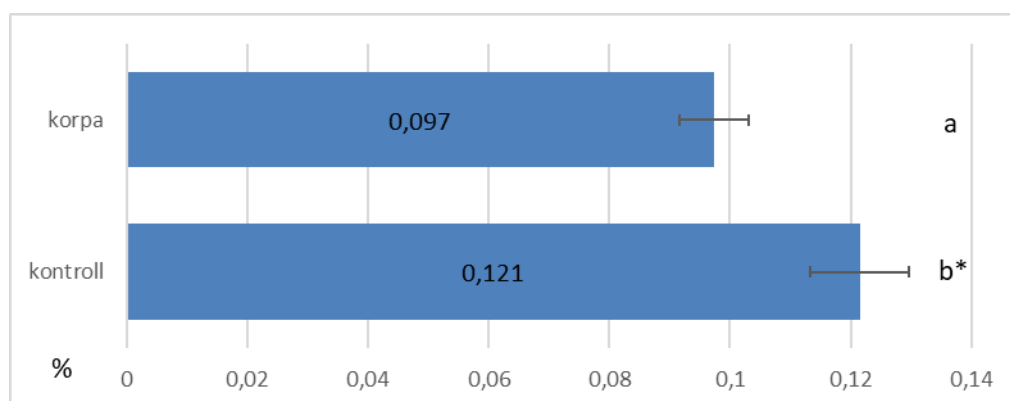
($\text{átlag} \pm \text{SEM}$)

1. ábra: Az ürülék ureázaktivitásának alakulása a kísérleti tápok etetése esetén.

1. táblázat: Az ürüleminták ammónia kibocsajtásának átlagértékei 4 órás inkubálási időt követően.

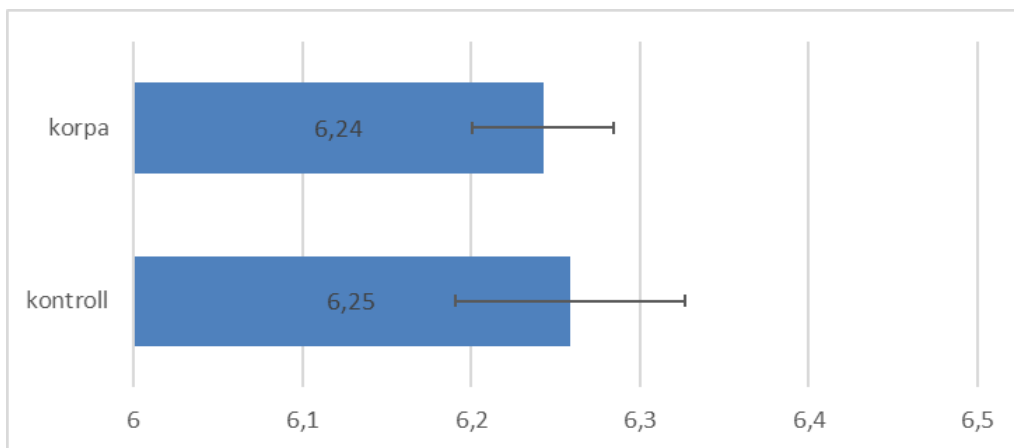
Tartályban eltelt idő	Kezelés			
	kontroll		korpa kiegészítés	
	NH ₃ (mg/l)	CO ₂ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	CO ₂ (mg/l)
5 perc	0	4635	0	4417
1,5 óra	4,8	-	8,7	-
4 óra	33,1 ^a	-	42,9 ^b	-

^{a, b} Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$).



* Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek. ($\text{átlag} \pm \text{SEM}$)

2. ábra: Az ürülék ammónium-N tartalmának alakulása (%).



3. ábra: Az ürülék pH értékek alakulása.

Következtetések, javaslatok

A korpa kiegészítés szignifikánsan megnövelte az ürülékből felszabaduló ammónia mennyiségét ($p < 0,05$). A takarmányozási csoportok között szárazanyag, húgysav és össz-nitrogén tartalomban nem találtunk statisztikailag kimutatható különbséget, az ammónium-N mennyisége azonban csökkent az ürülékben korpa kiegészítés hatására. Az ammónia ionos formában (NH_4^+) nem illékony. Az NH_3 és NH_4^+ aránya oldatban az oldat pH-jától függ. Semleges vagy bázikus pH-n ($\text{pH} > 7$) NH_3 keletkezik és elillan emisszió révén. Savas pH-n ($\text{pH} < 7$) az NH_3 nagy része ammónium kationná alakul át, amely nem illan el (Varel, 2006). Kísérletünk során nem tapasztaltunk különbséget a csoportok között pH érték tekintetében. Ezzel nem magyarázható az ammónium-N arányának változása. A korpa kiegészítés prebiotikus hatása ennek ellenére befolyásolhatta a bél- és ezáltal az ürülékkel távozó baktériumflórát. Az ürülékben található baktériumflóra ureáz aktivitásának vizsgálata során sem találtunk szignifikáns különbséget az egyes csoportok között, viszont tendenciájában látható a korpát fogyasztó csoport magasabb ureázaktivitása. Vélhetően a nagy szórás értékek és a kisebb elemszám miatt nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a csoportok között. Korábbi kutatások során megállapították, hogy a korpában lévő oligoszacharidok megváltoztatják a vakbél baktériumflóráját, de az ureáztermelőkre gyakorolt hatásával nem foglalkoztak külön. Vizsgálatainkból arra következtethetünk, hogy baromfi esetében a tápok korpa kiegészítése negatívan befolyásolja az ürülékből felszabaduló ammónia mennyiségét, aminek oka vélhetően a baktériumflóra változásában, ezen belül is az ureáztermelő baktériumok arányának növekedésében keresendő.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Canani, R.B., Costanzo, M.D., Leone, L., Pedata, M., Meli, R., Calignano, A. (2011). Potential beneficial effects of butyrate in intestinal and extraintestinal diseases. *World J Gastroenterol*, 17(12), 1519–28. <https://doi.org/10.3748/wjg.v17.i12.1519>
- Chee, S.H, Iji, P.A., Choct, M., Mikkelsen, L.L., Kocher, A. (2010). Characterisation and response of intestinal microflora and mucins to manno-oligosaccharide and antibiotic supplementation in broiler chickens. *British Poultry Science*, 51(3), 368-380. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.503477>

Cook, K.L., Rothrock, M.J., Eiteman, M.A., Lovanh, N., Sistani, K. (2011). Evaluation of nitrogen retention and microbial populations in poultry litter treated with chemical, biological or adsorbent amendments. *J. of Env. Man.*, 92, 7, 1760-1766. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.02.005>

Dai, X., Karring, H. (2014). A determination and comparison of urease activity in feces and fresh manure from pig and cattle in relation to ammonia production and pH changes. *PLoS ONE* 9:e110402. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110402>

Duke, G.E. (1984). In: Swenson, M.J. (ed.): *Dukes' physiology of domestic animals* - Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, London, 359-366.

Juhász, A., Schmidt, J. (2002). Apparent and true digestibility of protein and amino acids in poultry feeds: I. Methods of determining protein and amino acid digestibility in poultry. *Acta Agron. Óvár.*, 44(1), 87-94. <https://doi.org/10.2527/1992.70123781x>

Koerkamp, P.W.G. (1994). Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *J. Agric. Eng. Res.*, 59, 73–87.

Kortisz, A. (1926). *A trágyatermelés erjedéstana és üzemtana*, Pápa Főiskolai Nyomda.

Marquardt, R., Ward, A.T., Campbell, L.D. (1983). A Rapid High-Performance Liquid Chromatographic Method for the Quantitation of Uric Acid in Excreta and Tissue Samples. *Poultry science*, 62, 2099-105. <https://doi.org/10.3382/ps.0622099>

Mookiah, S., Siew, C.C., Ramasamy, K., Abdullah, N., Ho, Y.W. (2013). Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens. *Science of Food and Agriculture*, 94(2) 30, 341-348. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6365>

O'Dell, B.L., Wood, W.D., Laerdal, O.A., Geffay, A.M., Savage, J.E. (1960). Distribution of the major nitrogenous compounds and amino acids in chick urine. *Poultry Sci.*, 39, 426-432.

Peters, B. J. (2003). *Recommended Methods for Manure Analysis*.

Raninen, K., Lappi, J., Mykkänen, H., Poutanen, K. (2011). Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose. *Nutrition Reviews*, 69(1), 9–21. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00358.x>

Rothrock, M.J., Cook, K.L., Lovanh, N., Warren, J.G., Sistani, K. (2008). Development of a Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction Assay to Target a Novel Group of Ammonia-Producing Bacteria Found in Poultry Litter. *Poultry Science*, 87, 1058–1067. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00350>

Rothrock, M.J., Cook, K.L., Warren, J.G., Eiteman, M.A., Sistani, K. (2010). Dynamics of nitrogen and associated organic nitrogen mineralizing microbes in acidified poultry litters. *J. Environ. Qual.*, 39, 1-10.

Santoso, U.S., Ohtani, K., Tanaka, M.S. (1999). Dried *Bacillus subtilis* Culture Reduced Ammonia Gas Release in Poultry House Asian-Australas. *J Anim Sci.*, 12(5),806-809. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.806>

Schneeman, B.O. (2002). Gastrointestinal physiology and functions. *Brit. Jour. of Nutr.*, 88(2), 159–163. <https://doi.org/10.1079/BJN2002681>

Shuler, M.L., Roberts, E.D., Mitchell, D.W., Kargi, F. (1979). Process for the aerobic conversion of poultry manure into high-protein feedstuffs. *Biotechnol. Bioeng.*, 12,19–38. <https://doi.org/10.1002/bit.260210103>

Sigurdarson J. J., Svane, S., Karring, H. (2018). The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Rev Environ Sci Biotechnol.*, 17,241–258. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9466-1>

T.L.E (2013): *Tiszta levegőt Európának program*, Európai Unió jogi szabályozás <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/clean-air/> letöltve: 2018. 10.05.

Tasaki, I., Okumura, J. (1964). Effect of Protein Level of Diet on Nitrogen Excretion. *Fowls. Jour. of Nutr.*, 83(1), 34-8. <https://doi.org/10.1093/jn/83.1.34>

Tejada, M., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2006). Application of two organic amendments on soil restoration: Effects on the soil biological properties. *J. Environ. Qual.*, 35, 1010–1017. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0460>

Tejada, M., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2007). Application of two organic wastes in a soil polluted by lead: Effects on the soil enzymatic activities. *J. Environ. Qual.*, 36, 216–225. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0252RA>

Varel, V.H., Wells, J.E., Miller, D.N. (2006). Combination of a urease inhibitor and a plant essential oil to control coliform bacteria, odour production and ammonia loss from cattle waste. *Jour.o.Appl. Microb.*, ISSN 1364-5072. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03120.x>

Williams, B.A., Martin, W.A., Verstegen, S.T. (2001). Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *CABI Publishing*, 14(2), 207-228. <https://doi.org/10.1079/NRR200127>

Yusrizal, T., Chen, C. (2003). Effect of Adding Chicory Fructans in Feed on Fecal and Intestinal Microflora and Excreta Volatile Ammonia. *International Journal of Poultry Science*, 2(3), 188-194. <https://doi.org/10.3923/ijps.2003.188.194>

Zhang, R., Ishibashi, K., Day, D.L. (1991). Experimental study of microbial decomposition in liquid swine manure, and generation rates of ammonia. *Proceedings of the Livestock Waste Management Conference*, Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, Michigan.

Tápok zab és árpa kiegészítésének hatása a baromfi alomból felszabaduló ammónia mennyiségére

Such Nikoletta Amanda^{1*}, Mohamed Ali Rawash², Geicsnek-Koltay Ilona Anna², Mezőlaki Ákos^{2,3}, Farkas Valéria¹, Pál László¹, Dubleczy Károly¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

³Agrofeed Kereskedelmi Kft.

**such.nikoletta.amanda@uni-mate.hu*

Összefoglalás

Az nitrogén vegyületek ammóniává történő átalakulása bakteriális tevékenység eredménye. Az ammónia olyan illékony vegyület, amely szennyezi a légkört és a környezetet. A mezőgazdaság, pontosabban az állattartás és a szántóföldek trágyázása az antropogén ammónia-kibocsátás legnagyobb elősegítői. Számos kutatás bizonyítja, hogy takarmányozással befolyásolni tudjuk az állati ürülék N-tartalmát és a felszabaduló ammónia mennyiségét. Az árpa és a zab gyakorlati alkalmazása korábban nem volt elterjedt a brojlercsirke takarmányozásban β -glükán tartalmuk antinutritív hatása miatt, azonban a β -glükánáz enzim használatának elterjedése óta népszerűbb a használatuk. A nem keményítő poliszacharidokat (NSP) a bélflóra hasznosítja, xilán oligoszacharid tartalmuk révén prebiotikus hatásúak. Ezek mikroflórára gyakorolt hatása azonban befolyásolhatja a felszabaduló gázok mennyiségét is. Kísérletünk során megvizsgáltuk, hogy az árpa 20-40%-os és a zab 10-20%-os bekeverési arányban befolyásolja-e a baromfi alomból felszabaduló ammónia mennyiségét. Eredményeink szerint a zab etetése szignifikánsan csökkenti ($p = 0,05$) a felszabaduló ammóniát. Az árpa hatására nem tapasztaltunk változást a kontroll kezeléshez képest. Eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a zabban található oligoszacharidok módosítják a vakbél mikroflórát és ezáltal az ürülékkel távozó baktériumok ureáztermelő kapacitását.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az árpa és a zab gyakorlati alkalmazása korábban nem volt elterjedt a brojlercsirke takarmányozásban β -glükán tartalmuk antinutritív hatása miatt. A növényi sejtfal szilárd vázát cellulóz mikrorostok adják gélyszerű anyagba ágyazódva, amelyek különböző hosszúságú oligoszacharidokból és glikoproteinekből állnak. A gabonafélék magjának NSP (nem keményítő poliszacharid) vegyületei főként arabinoxilánból és β -glükánból állnak (Vetési és mtsai. 1998), az árpában és a zabban a β -glükán a domináns. A búzához képest a pelyvás árpa és zab több rostot és kevesebb keményítőt tartalmaz (Jeroch & Dänicke, 1995; Knudsen et al., 1993). Az NSP anyagok oldható rostfrakciói nagymértékben növelik a béltartalom viszkozitását, aminek hatására gyengébb lesz a béltartalom keveredése, lassul a passzázs és romlik a táplálóanyagok emészthetősége (Smits & Annison, 1996). Manapság általános gyakorlat a glükánáz és xilánáz enzimek használata, amelyek alkalmazása megoldást nyújt fenti a problémákra.

Köztudott, hogy a takarmányok összetétele befolyásolja bél mikroflóráját. Az NSP anyagokról, különösen az oldható frakcióról kimutatták, hogy erőteljes mikrobiális tevékenységet eredményez a vékonybélben, ami a brojlercsirkék romló növekedési teljesítményéhez vezethet. Az enzim kiegészítés csökkentheti a vékonybélben a baktériumok túlzott aktivitását azáltal, hogy csökkentik a mikrobas fermentációhoz rendelkezésre álló táplálóanyagok mennyiségét (Silva & Smithard, 2002). Bedford & Apajalahti (2001) szerint a takarmány-enzimek két lépésben működnek. Egyrészt a vékonybélben a vízoldható glükánokat és xilánokat rövidebb hosszúságú oligoszacharidokra bontják,

aminek eredményeképpen csökkentik a béltartalom viszkozitását. A vakbélben pedig a képződött oligoszacharidok, mint például a xilóz és a xilo-oligomerek prebiotikus hatásúak és a mikrobiális fermentáció során megnövelik a rövid szénláncú zsírsavak (SCFA) mennyiségét. Az enzimkiegészítések termelési paraméterekre kifejtett jótékony hatását számos kutató vizsgálta (Józefiak et al., 2007).

Az nitrogén vegyületek ammóniává történő átalakulása is bakteriális tevékenység eredménye (Zhang et al., 1991). Az ammónia olyan illékony vegyület, amely szennyezi a légkört és a környezetet. A mezőgazdaság, pontosabban az állattartás és a szántóföldek trágyázása az antropogén ammónia-kibocsátás legnagyobb forrásai (Sigurdarson et al., 2018). Sertésekkel korábban folytattak kísérleteket, amiben β -glükánáz enzim hozzáadásával vizsgálták, hogy búza, árpa és zab alapú takarmány etetése esetén hogyan változik az állatok ürülékéből felszabaduló ammónia mennyisége. Esetükben a zab alapú takarmány etetésénél jegyezték fel statisztikailag kimutathatóan kisebb mennyiségű ammónia felszabadulást az árpához és búzához képest (O'Shea et al., 2010, 2011). Ennek oka a zab etetésekor képződő glükán oligoszacharidok vakbél és ürülék mikroflóra összetétel módosító hatása lehet.

Ezek alapján kísérletünk során azt vizsgáltuk, hogy árpa és zab etetése a brojlercsirkék takarmányozásába hogyan befolyásolja az alomból felszabaduló ammónia mennyiségét.

Anyag és módszer

Összesen 574 db ROSS 308 típusú napos kakascibét osztottunk 5 takarmányozási csoportba, (kukorica alapú kontroll (K), 20% árpát (Á20), 40% árpát (Á40), 10% zabot (Z10) és 20% zabot (Z20) fogyasztó csoport) kezelésként 4 ismétlésben, fülkénként 24 állattal. A csoportos tartás szecska-zott búzaszalma, valamint Arbocel (Rettenmaier & Söhne GmbH) fapellet almon 10 madár/m²-es telepítési sűrűséggel történt. A dercés formátumú kísérleti tápok azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkeztek, táplálóanyag-tartalmuk minden tekintetben fedezte a csirkék szükségletét (Aviagen, 2019) (1.-2. táblázat). A tápokot három fázisban etettük: indító (1.-10. nap), nevelő (11.-24. nap) és befejező (25.-40. nap) (1. táblázat). A csirkéknek a kísérlet teljes ideje alatt ad libitum hozzáférést biztosítottunk a takarmányhoz és az ivóvízhez.

A kísérlet utolsó napján a fülkék azonos részéből reprezentatív alommintákat vettünk (1. kép). A mintavételre a fülkék bejáratától 20 cm-re legalább 3 helyről (150-200 g). A hely kiválasztásánál szempont volt, hogy a gyűjtött minta ne legyen takarmánnyal, valamint ivóvízzel szennyezett. Ezekből az egyedi mintákból homogenizálás után egységes mennyiséget használtunk (50 g \pm 1 g) az ammónia emissziós vizsgálatához és az ürülék szárazanyag-tartalmának meghatározásához. A méréseket közvetlenül a mintavétel után, friss mintákból végeztük.

Meghatároztuk az ürülék minták szárazanyag tartalmát, valamint megmértük az ammónia képződést. Az ammónia mérési vizsgálatot Santoso et al. (1999) módszere alapján végeztük. A kibocsátás mérése Draeger X-am 5600 készülékkel történt. Az 1 liter űrtartalmú duplán záródó tartályokba 50 g ürülmintát mértünk be. A tartályokba a minták 20 C°-os hőmérséklettel kerültek. Két időpontban végeztünk méréseket: a tartályba kerülés után 4 órával és 24 órával. A statisztikai kiértékelést az SPSS 24.0 program segítségével végeztük, aminek során az adott mérési időponthoz tartozó adatokat egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze.



1. kép: Az alom mintavételi helyek kijelölése.

2. táblázat: A befejező tápok összetétele.

Összetétel (g/kg)	Befejező				
	K	Á20	Á40	Z10	Z20
Kukorica	460	350	153	442	337
Búza	100	-	-	-	-
Extrahált szója	342	342	327	348	337
Árpa	-	200	400		
Zab	-	-	-	100	200
Napraforgó olaj	57	68	81	70	85
Takarmánymész	14	14	15	14	14
MCP	14	13	12	14	14
Takarmánysó	3	3	3	3	3
NaHCO ₃	1	1	1	1	1
L-Lizin (54%)	1	1	1	1	1
DL-Metionin	3	3	2	3	3
L-Treonin	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-Valin	-	-	-	-	-
Premix ¹	5	5	5	5	5
Fitáz (Quantum Blue)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Xilanáz (Econase XT)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Összesen	1000	1000	1000	1000	1000

¹Premix: UBM Kft. (Pilisvörösvár, Magyarország).

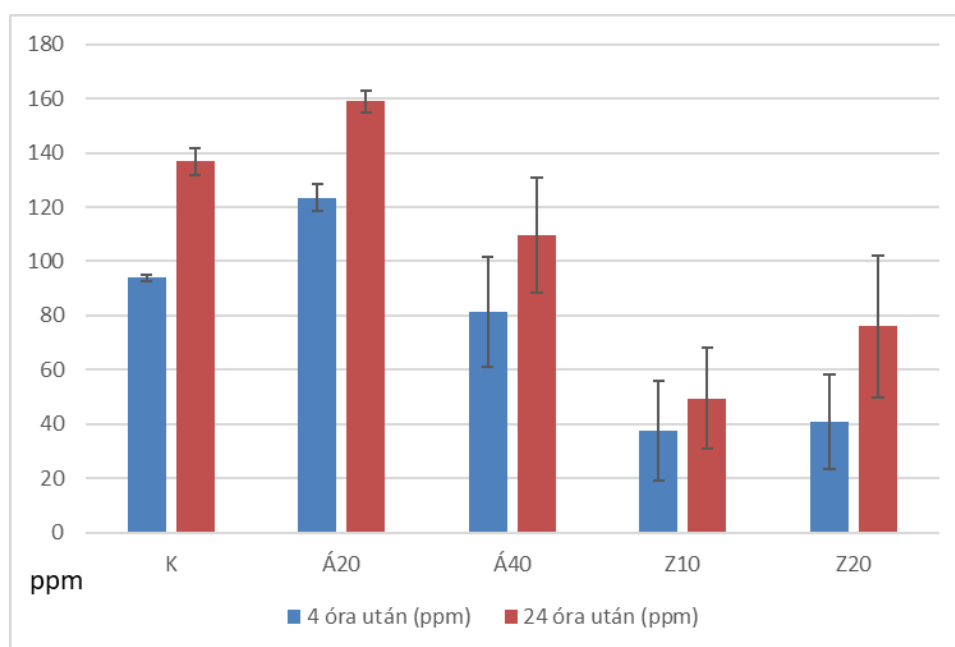
Eredmények és értékelésük

Az alomminták szárazanyag-tartalmának összehasonlításakor látható, hogy a 40% árpát és 20% zabot tartalmazó kezeléseknél az ürülék szárazanyag-tartalma kisebb volt (2. táblázat), a különbségek azonban nem voltak szignifikánsak ($p = 0,856$). Az ammónia mérések esetében 4 óra elteltével tendenciális ($p = 0,058$), 24 óra elteltével szignifikáns különbségeket kaptunk ($p = 0,002$) a csoportok között (2. táblázat). Négy óra elteltével a kontroll, valamint az Á20 és Á40-es csoportoknál tendenciálisan több ammónia szabadult fel, mint a két zabos kezelésnél. A következő mérésnél a

különbségek már szignifikánsak voltak. Az 1. ábra jól szemlélteti, hogy a tápok eltérő összetétele alapvető hatással volt az ammónia emisszió dinamikájára.

2. táblázat: *Az alomminták szárazanyag tartalma, valamint ammónia kibocsátása 4 óra és 24 óra elteltével.*

	Sz.a. tartalom (%)	SEM	4 órás ammónia képződés (ppm)	SEM	24 órás ammónia képződés (ppm)	SEM
K	18,1	0,127	94	0,894	136,8 ^a	4,913
Á20	18,0	0,964	123,5	3,907	159 ^a	3,633
Á40	17,3	0,610	81,4	20,173	109,8 ^{ab}	21,174
Z10	18,1	0,324	37,4	18,386	49,4 ^b	18,568
Z20	17,8	0,163	41	17,376	76 ^b	26,232
P-érték	0,856		0,058		0,002	



1. ábra: *Az alommintákból felszabaduló ammónia mennyisége.*

Következtetések, javaslatok

Az ammónia képződését közvetlenül olyan tényezők befolyásolják, mint a pH, a hőmérséklet, a szellőztetés, az alom nedvességtartalma és mikroflóra összetétele (Elliott, 1982). Vizsgálatunk során az alomminták szárazanyag tartalmában nem találtunk szignifikáns különbséget, így ez a paraméter nem lehetett befolyással az ammónia mérési eredményekre, azonban a baktériumflóra változása igen. A bakteriális kölcsönhatásokat a gazdaszervezet (életkor, immunállapot, stressz) és a takarmány egyaránt befolyásolja és ez által az egész flóra változását eredményezheti (Williams, 2001). A takarmányokban található rost a szervezet számára nem emészthető, a bél mikrobák azonban képesek bontani őket. A fermentáció során képződő oligoszacharidok primer szubsztrátok a vastagbélben lévő mikroorganizmusok növekedéséhez (Schneeman, 2002). Kísérletünk eredményei meggyeznek az irodalomban található sertésekkel végzett kísérlet adataival. Az árpa 20-40%-ban való

etetése brojlercsirkékkel nem befolyásolta az ürített ürülékkel kevert alomból mért ammónia mennyiségét statisztikailag igazolható módon. Azonban a zab 10-20%-ban való etetése egyaránt szignifikáns csökkenést eredményezett. Az árpa és a zab β -glükán-tartalma jelentősen eltér. A zabban átlagosan 3–7%, az árpában 5–11% β -glükán található (Brennan & Cleary, 2005). Korábbi vizsgálatok során bizonyították, hogy az árpa β -glükán tartalma az elválasztott malacok esetében elősegítheti a laktobacillusok elszaporodását, amelyek képesek a β -glükánokat lebontani (Jonsson & Hemmingsson, 1991). Az árpa és a zab is potenciális prebiotikus szénhidrátokat tartalmaznak. Esetünkben az ammónia képződését az árpa nem befolyásolta. Az árpához és búzához képest a zab etetése az ammónia felszabadulásnak nagy arányú csökkenését okozhatta az, hogy a szacharolitikus baktérium populáció nagyobb arányban szaporodott el a csirkék vakbelében. Sertések esetében ezt a fajta hatást már bizonyították (Pieper et al., 2008).

A prebiotikus hatású takarmánykomponenseket a bélflóra támogatására alkalmazzák, azonban kutatásunk alapján ezek a takarmány-komponensek az ürülék, és ezen keresztül a trágya mikroflórájára is hatással vannak, ami jelenleg kevésbé kutatott terület. Eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a zab használata a brojlercsirke takarmányozásában is elősegítheti a környezetterhelés csökkentését.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bach, K.E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 67, 319–338. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)
- Bedford, M.R., Apajalahti, J. (2001). “Microbial interactions in response to endogenous enzyme utilization”. In *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, Edited by: Bedford, MR and Partridge, GG. 299–314. <https://doi.org/10.1079/9780851993935.0000>
- Brennan, C.S., Cleary, L.J. (2005). The potential use of cereal (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)-[β]-D-glucans as functional food ingredients. *J Cereal. Sci.*, 42, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.01.002>
- Elliott, H.A., Collins, N.E. (1982). Factors affecting ammonia release in broiler houses, *Trans. Am. Soc. of Agric. Eng.*, 25, 413–418.
- Jeroch, H., Dänicke, S. (1995). Barley in poultry feeding: a review. *World Poultry Science.*, 51, 271–291. <https://doi.org/10.1079/WPS19950019>
- Jonsson, E., Hemmingsson, S. (1991). Establishment in the piglet gut of lactobacilli capable of degrading mixed-linked β -glucans. *J Appl Bacteriol*, 70, 512–516. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1991.tb02749.x>
- Józefiak, D., Rutkowski, A., Jensen, B.B., Engberg, R.M. (2007). The effect of β -glucanase supplementation of barley- and oat-based diets on growth performance and fermentation in broiler chicken gastrointestinal tract. *British Poultry Science*, 47(1), 57–64. <https://doi.org/10.1080/00071660500475145>
- Knudsen, K.E.B., Jensen, B.B., Hansen, I. (1993). Digestion of polysaccharides and other major components in the small and large intestine of pigs fed on diets consisting of oat fractions rich in beta-D-glucan. *Br. J. Nutr.*, 70, 537–556. <https://doi.org/10.1079/bjn19930147>
- O'Shea C.J., Gahan, D.A., Lynch, M.B., Callan, J.J., O'Doherty, J.V. (2010). Effect of β -glucan source and exogenous enzyme supplementation on intestinal fermentation and manure odour and ammonia emissions from finisher boars. *Livestock Science*, 134, 1–32010. 194–197. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.139>
- O'Shea C.J., Lynch, M.B., Sweeney T., Gahan, D.A., Callan, J.A., O'Doherty, J.V. (2011). Comparison of a wheat-based diet supplemented with purified β -glucans, with an oat-based diet on nutrient digestibility, nitrogen utilization, distal gastrointestinal tract composition, and manure odor and ammonia emissions from finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 89(2), 438–447. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2882>
- Pieper, R., Janczyk, P., Zeyner, A., Smidt, H., Guiard, V., Souffrant, W.B. (2008). Ecophysiology of the total and Lactobacillus communities in the terminal small intestine of weaning piglets. *Microbial Ecology*, 56, 474–483. <https://doi.org/10.1007/s00248-008-9366-y>

- Pieper, R., Jha, R., Rossnagel, B., Van Kessel, A.G., Souffrant, W.B., Leterme, P. (2008). Effect of barley and oat cultivars with different carbohydrate compositions on the intestinal bacterial communities in weaned piglets. *FEMS Microbiology Ecology*, 66(3), 556–566. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00605.x>
- Santoso, U., Ohtani, S., Tanaka, K., Sakaida, M. (1999). Dried *Bacillus subtilis* Culture Reduced Ammonia Gas Release in Poultry House. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(5), 806–809. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.806>
- Schneeman, B.O. (2002). Gastrointestinal physiology and functions. *Brit. Jour. of Nutr.*, 88(2), 159–163. <https://doi.org/10.1079/BJN2002681>
- Sigurdarson, J.J., Svane, S., Karring, H. (2018). The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Rev Environ Sci Biotechnol.*, 17, 241–258. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9466-1>
- Silva, S.S.P., Smithard, R.R. (2002). Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt proliferation and nutrient digestibility and growth performance of the birds. *British Poultry Science.*, 43, 274–282. <https://doi.org/10.1080/00071660120121508>
- Smits, C.H.M., Annison, G. (1996). Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition—towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*, 52, 203–221.
- Williams, B.A., Verstegen, M.W.A., Tamminga, S. (2001). Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health - CABI Publishing, 14(2), 207–228. <https://doi.org/10.1079/NRR200127>
- Zhang, R., Ishibashi, K., Day D.L. (1991). Experimental study of microbial decomposition in liquid swine manure, and generation rates of ammonia. In: *Proceedings of the Livestock Waste Management Conference*, Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, Michigan.

Broilercsirkék vakbél-bakterióta összetételének befolyásolása Broilact® izolátummal különös tekintettel a fejlődésük korai szakaszára

Farkas Valéria^{1*}, Such Nikoletta Amanda¹, Molnár Andor², Pál László¹, Menyhárt László³, Csitári Gábor¹, Dubleczy Károly¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

²Állatorvosi szolgáltatás

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet

*farkas.valeria@uni-mate.hu

Összefoglalás

A szerzők napos korban adagolt Broilact (BL) kizárólag hasznos baktérium törzseket tartalmazó vakbélizolátum hatását vizsgálták a broilercsirkék vakbél-bakterióta összetételére. A kísérlet során csoportonként (kontroll és BL-al kezelt) 6-6 csirke vakbél béltartalom mintája került összegyűjtésre, a kísérlet 7. és 14. napján egyaránt. A bél-mikrobióta és a BL készítmény (n = 3) baktérium összetételének meghatározása 16S rRNS gén V3-V4 régiójának szekvencia analízisével történt, Illumina MiSeq platform segítségével. A naposkori BL kiegészítés szignifikánsan csökkentette a *Lactobacillus*-ok (P<0,044) gyakoriságát a vakbél béltartalomban. A mintavételi időpontok tekintetében a *Clostridium*-ok (P<0,007) és *Enterococcus*-ok (P<0,002) gyakorisága szignifikánsan emelkedett az életnapok előrehaladtával. A BL kiegészítés alkalmazása mellett hasonló vakbél bakterióta összetételt tapasztaltunk, mint a kontroll csoportban; eredményeink alapján igazolódott, hogy a termék valóban olyan baktérium törzseket tartalmaz, melyek megtalálhatóak a baromfi bélrendszerében is.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A világ összes hústermeléséből a második legjelentősebb hústermelő ágazat a baromfihús termelés. Az elmúlt 50 évben alkalmazott genetikai szelekció, a modern takarmányozási és egyéb gazdálkodási gyakorlat, nagyrészt a húshasznú állományok tömeggyarapodásában és takarmány értékesítésében eredményezett hatalmas javulást (Havenstein et al., 2003).

Az egészséges baromfi emésztőcsövében a mikroorganizmusok számos faja megtalálható, ahol a normál bélbakterióta jelenléte a nemkívánatos patogén baktériumok visszaszorításában elengedhetetlen. A fiatal csirkék bél mikrobióta összetétele nagymértékű változatosságot mutat a felnőtt csirkékéhez képest (Stanley et al., 2015, 2016). A kikelt (kereskedelmi keltetés során) csirke bél mikrobióta fejlődése és összetétele részletesen dokumentált (Videnska et al., 2014; Gao et al., 2017). Az első kolonizálót az *E. coli* képviseli, amely a vakbélben dominál az élet első hetében. Az élet második hetében az *E. coli*-t a Gram-positív *Lachnospiraceae* és *Ruminococcaceae* családból származó fajok váltják fel. A *Lachnospiraceae* általában korábban jelentkezik, mint *Ruminococcaceae*. A kereskedelmi keltetés teljesen elkülöníti a csibéket a felnőtt tyúkokkal való érintkezéstől, ami az újonnan kikelt csibéket nagyon érzékenyvé teszi a különböző fertőzésekre (Rychlik, 2020). A korszerű tömeges baromfitermelés által megkívánt higiénias körülmények miatt, a bél-bakterióta összetételének kialakulása, meglehetősen késleltetett. Ennek következtében az állomány sebezhetővé válik, a különböző kórokozó baktériumokkal (pl. *Campylobacter* és a *Salmonella* fajok) szemben. Ezek a kórokozók és mások, mint például az *Escherichia coli* és a *Clostridium perfringens* alapvetően, kis számban előfordulnak a bél mikrobái között. Varmuzova et al. (2016) új kutatási eredményeikben mind tenyésztéses, mind pedig génexpressziós vizsgálatokkal megerősítették, hogy a naposcsibék beoltása 3 hetes vagy idősebb csirkékből származó vakbél-tartalom-izolátummal védelmet biztosíthat számukra a *Salmonella enteritidis* fertőzés ellen.

A kísérletünkben alkalmazott Broilact készítmény gyártója (Orion Corporation, Finnország), hasonló hatást ígér a készítmény alkalmazása során. A Broilactot egyetlen donor madárból szelektálták, és évek óta ezt az anyagot használják gyártása során. Kizárólag hasznos baktérium törzseket tartalmaz (köztük: *Eubacterium* spp., *Bacteroides* spp.) így a különösen hatékony a normál bélflóra kialakításában. A probiotikumok használatakor az esetenként ellentmondó eredményekkel ellentétben növekszik az olyan (kereskedelemben beszerezhető) termékek jelentősége (Aviguard vagy Broilact), melyek kompetitív kizárás útján gátolják a kórokozó baktériumok elszaporodását (Milbradt et al., 2014; Ferreira, et al., 2003; Nakamura et al., 2002). Ezek a termékek a *Lactobacillales* és a *Clostridiales* fajok mellett tartalmaznak még különféle *Bacteroides* fajokat, *Megamonas*, *Megasphaera*, *Dialister*, *Phascolarctobacterium*, *Sutterella*, *Parasutterella*, *Bifidobacterium* stb., azaz ugyanazon baktériumokat, amelyek megtalálhatóak a felnőtt tyúkokban (Kubasova et al., 2019).

A fentiek tükrében kísérletünk célja a fent említett Broilact vakbélizolátum hatásának vizsgálata volt a kontroll takarmányt fogyasztó csoporthoz képest. A vakbél bakterióta összetételének összehasonlítása mellett kialakulásának dinamikáját is figyelembe vettük a keléstől számított 7 és 14. napokon.

Anyag és módszer

Kísérletünket ROSS 308-as, hím ivarú húshibrid csirkével végeztük. A napos állatokat szecskezett szalma mélyalommal ellátott fülkékben (24 madár/ketrec, 10 madár/m²), 2 takarmányozási csoportra (kontroll és kontroll + BL kezelt) különítettük el, 6 ismétlésben. A BL kezelt csoport a kontroll takarmány mellett napos korban Broilact (Orion Pharma), - kifejlett házityúk bélmikroflórájából szelektált, élő, anaerob és aerob baktériumokat tartalmazó - liofilizált készítményt kaptak. A napocsibék a revitalizált Broilact szuszpenziót 0,5 ml/csibe (~1,25x10⁷ CFU) mennyiségben, napos korban, begybe fecskendezve kapták, 2 részletben. Az állatok takarmányozása önetetőkből, itatásuk önitatókból történt ad libitum módon. A kísérlet 7. és 14. napján ketrecenként 2 egyed került vágásra (szén-dioxidos kábítást követően). A vágás után mintákat gyűjtöttünk a vakbél bél-tartalmából. A Broilact szuszpenzióból 3 minta mennyiséget, illetve a vakbél bél-tartalom mintákat steril csövekbe gyűjtöttük és -80°C-on tároltuk a további vizsgálatokig.

A bakteriális DNS kivonását, tisztítását követően a bakteriális DNS amplifikálásához Klindworth et al., (2013) szerint leírt, bakteriális 16S rRNS gén V3-V4 régiójára tervezett primereket használtunk. Az elkészült minőségellenőrzött és qPCR-rel kvantifikált könyvtárak szekvenálása Illumina MiSeq platformon valósult meg. A bioinformatikai analízis során a szekvenciák analíziséhez QIIME2 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology, 2019.7) szoftvert használtunk (Bukolich et al., 2018; Bolyen et al., 2019). Az operatív taxonómiai egységek (Operational Taxonomic Units - OTU-k) klaszterezése 97%-os hasonlósági szinten történt a Greengenes 13.8 adatbázis felhasználásával. Az adatok statisztikai, vizuális és metaanalíziséhez MicrobiomeAnalyst web-alapú platformot használtunk (Chong et al., 2020; Dhariwal et al., 2017). Az alacsony gyakoriságú szekvenciákat tartalmazó OTU-k szűrése a MicrobiomeAnalyst alap beállításai alapján történt.

A minták fajgazdagságának (alfa-diverzitás) elemzéséhez Simpson, Shannon és Chao1 diverzítási indexeket használtunk fel. Az eltérő mintavételi napok és kezelések baktérium közösségének hasonlóságát (béta-diverzitás) súlyozott UniFrac távolság indexen alapuló fő koordináta-analízissel (PCoA) elemeztük (Vazquez-Baeza et al., 2013). Az eltérő mintacsoportok béta diverzitásának statisztikai összehasonlításához permutációs sokváltozós varianciaanalízist (PERMANOVA - Permutational multivariate analysis of variance) alkalmaztunk.

A vizsgált mintacsoportok rendszertani szinteken (pl. törzs, nemzetség) tapasztalt gyakorisági értékeinek összehasonlításához többtényezős ANOVA-t és Benjamini-Hochberg (BH) FDR korrekciót használtunk a felsorolt tényezők (nap, kezelés) és azok interakciójának (nap x kezelés) fi-

gyelembevételével. Ahol erre nem volt lehetőség (a MicrobiomeAnalyst programot nem több tényező együttes vizsgálatára tervezték) ott a normál eloszlás hiányában Mann-Whitney tesztet (és BH FDR korrekciót) használtunk.

Eredmények és értékelésük

Az átlag szekvenciaszám a 7. mintavételi napon vett kontroll (K) vakbél mintákban 13.892 volt. A Broilact kiegészítésben (K+BL) részesült egyedek mintáiban jóval magasabb 25.410 volt. Ez a 14. mintavételi napon 15.648-ra emelkedett a kontroll csoport mintáiban és 18.198-ra csökkent a K+BL csoportban a 7. naphoz képest. A 3 db Broilact mintában sokkal magasabb 30.813 volt az átlag szekvenciaszám.

Az alfa-diverzitás vizsgálata különböző diverzitási indexek számításával történt (1. táblázat). A vakbél minták mikrobiális sokféleségét vizsgálva a kezelések között nem tapasztaltunk jelentős különbségeket ($P > 0,05$). A két fajgazdagságot mérő diverzitási index (Shannon, Simpson) és a fajgazdagságot becsülő Chao1 mérőszám értéke a 14. mintavételezési napon szignifikánsan magasabb volt a 7. napéhoz képest. Ezek az eredmények egyértelműen jelzik, hogy a vakbél mikrobiális összetétele az idő előrehaladtával fajgazdagabb.

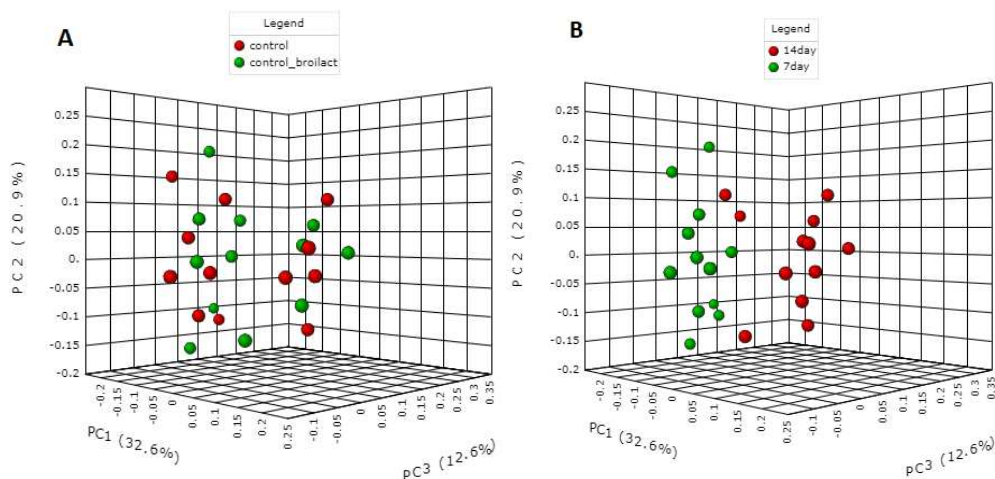
1. táblázat: Shannon, Simpson indexek és Chao1 értéke a vizsgált mintákban.

	Chao1 (átlag \pm SD)	Shannon (átlag \pm SD)	Simpson (átlag \pm SD)	Azonosított taxonómiai egység (átlag \pm SD)
Kezelés				
kontroll	205,61 \pm 43,50	3,90 \pm 0,34	0,95 \pm 0,02	205,25 \pm 43,26
kontroll+Broilact	216,37 \pm 49,73	3,72 \pm 0,47	0,94 \pm 0,03	216,17 \pm 49,71
p-érték	0,351	0,128	0,119	0,344
Mintavétel (nap)				
7	174,07 \pm 29,15	3,52 \pm 0,34	0,93 \pm 0,02	173,92 \pm 29,10
14	247,91 \pm 24,60	4,10 \pm 0,23	0,96 \pm 0,01	247,50 \pm 24,65
p-érték	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

$P < 0,05$ szignifikáns különbséget jelölnek

A vizsgált nap x kezelés interakció (nincs feltüntetve) hatása nem szignifikáns ($P > 0,05$).

A béta-diverzitás elemzése során a mintacsoportok diverzitásának összehasonlító analízishez súlyozott UniFrac távolságon alapuló hasonlósági indexet használtunk (1.ábra). A mintacsoportok és azon belül az azokat alkotó minták egyértelmű elkülönülése volt tapasztalható a napok esetében (PERMANOVA teszt; $P < 0,001$). Ezzel ellentétben a kontroll és Broilact-tal kezelt csoportok bakterióta közösségei nagyobb hasonlóságot mutattak (PERMANOVA teszt; $P < 0,481$).

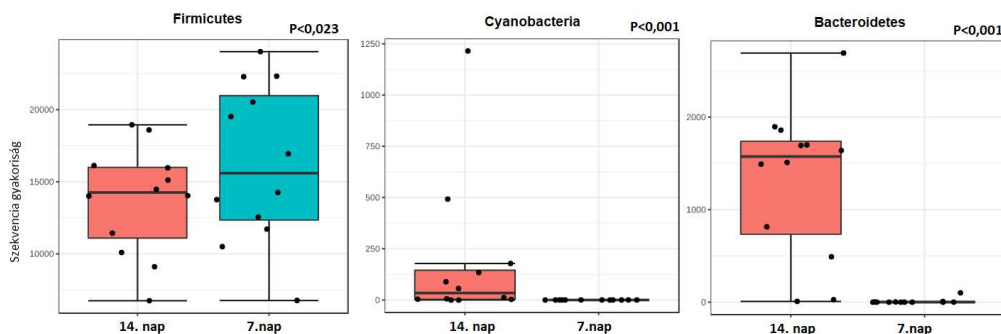


1. ábra: A kezelések (A) és eltérő mintavételi időpontok (B) szerinti bélbakterióták hasonlóságát szemléltető fő koordináta-analízis (PCoA) súlyozott Unifrac metrika segítségével.
(Az egyes fő-koordinátatengelyek által magyarázott variancia zárójelben látható.)

A 2. táblázat a minták taxonómiai analizésének eredménye során azonosított domináns törzsek megoszlását szemlélteti. A Broilact vakbélizolátumból azonosított domináns törzsek a *Firmicutes* (43,5%), *Proteobacteria* (43,7%) és *Bacteroidetes* (12,6%) voltak. A kontroll és BL vakbélizolátummal kezelt csoportokban mindkét mintavételi időpontban a *Firmicutes* volt a domináns baktériumtörzs (7. napon K: 92,8%, K+BL: 87,7%; 14. napon: K:89,1%, K+BL: 83,2%). A statisztikai elemzés során a kezelések között nem ($P>0,05$), a mintavételi időpontok között viszont három baktérium törzs esetében tapasztaltunk szignifikáns különbségeket (2. ábra). A *Bacteroidetes* ($P<0,001$) és a *Cyanobacteria* ($P<0,001$) törzsek aránya nőtt míg a *Firmicutes*-eké ($P<0,023$) csökkent az idő előrehaladtával.

2. táblázat: Azonosított domináns törzsek megoszlását a vizsgált mintákban.

	Firmicutes	Proteobacteria	Bacteroidetes	Cyanobacteria	Tenericutes
BL/izolátum	43,5%	43,7%	12,6%	0,0%	0,0%
7. nap	90,2%	5,0%	0,1%	1,1%	1,2%
K	92,8%	2,6%	0,0%	0,7%	2,0%
K+BL	87,7%	7,3%	0,1%	1,5%	0,5%
14. nap	86,1%	5,7%	3,4%	2,2%	0,8%
K	89,1%	2,5%	4,3%	1,5%	0,7%
K+BL	83,2%	8,9%	2,5%	2,8%	0,8%



2. ábra: *Firmicutes*, *Cyanobacteria* és *Bacteroidetes* baktérium törzsek megoszlása a 7. és 14. mintavételi napon.

A BL készítmény domináns nemzetségei az *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Oscillospira* és *Bacteroides* voltak (3. táblázat). Annak ellenére, hogy a BL készítmény magasabb *Lactobacillus* aránnyal rendelkezett, hatása a szigorúan anaerob közegben (vakbél) már nem érvényesült. A *Lactobacillusok* gyakorisága a BL-al kiegészített csoportban szignifikánsan alacsonyabb ($P < 0,044$) volt. A mintavételi időpontok tekintetében a *Clostridium*-ok ($P < 0,007$) és *Enterococcus*-ok ($P < 0,002$) gyakorisága szignifikánsan emelkedett az életkorral.

3. táblázat: Gyakoribb azonosított baktérium nemzetségek relatív gyakorisága a vizsgált mintacsoportokban és a Broilact készítményben.

	Broilact készítmény	Mv.-i nap		Kezelések		Pooled SEM	P-érték (FDR-korrigált)	
		7.	14.	kontroll	kontroll + BL		Mv.-i napok között	Kezelések között
	BL n = 3	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6			
<i>Oscillospira</i>	4,89±0,48	14,75	7,65	10,69	11,71	1,34	0,052	0,647
<i>Butyrivibrio</i>	0,00±0,00	3,27	4,78	3,82	4,23	0,46	0,052	0,647
<i>Faecalibacterium</i>	0,00±0,00	5,26	1,12	2,58	3,79	0,87	0,055	0,647
<i>Coproccoccus</i>	0,02±0,01	2,43	1,06	1,78	1,71	0,29	0,350	1,000
[<i>Ruminococcus</i>]	0,10±0,02	2,45	2,48	2,38	2,54	0,51	0,977	0,884
<i>Anaeroplasm</i>	0,00±0,00	2,12	3,11	3,39	1,84	0,76	0,345	1,000
<i>Clostridium</i>	0,03±0,02	1,58	2,93	2,10	2,42	0,31	0,007*	0,647
<i>Lactobacillus</i>	7,47±0,92	2,00	0,98	2,39	0,59	0,38	0,134	0,044*
<i>Ruminococcus</i>	1,05±0,10	5,06	3,29	4,36	3,99	0,36	0,713	0,873
<i>Bacteroides</i>	3,42±0,31	4,20	0,00	0,35	0,00	0,18	0,329	0,329
<i>Enterococcus</i>	15,90±1,67	0,03	0,18	0,09	0,13	0,03	0,002*	0,901

Broilact készítmény esetében a \pm szórás értékek szerepelnek. BL: izolátum minták (n = 3),

* $P < 0,05$ szignifikáns különbséget jelölnek, Mann-Whitney, BH-FDR korrigált, statisztikai teszt alkalmazásával

Varmuzova et al. (2016) egy összetett kísérletben tesztelték, hogy vajon kísérletileg módosítható-e a naposcsibék (ISA Brown - tojóhibrid) bél-bakterióta összetétele orálisan beadott, 1-, 3-, 16-, 28, és 42-hetes donor csirkéktől származó friss vakbél-tartalommal. A kísérletbe vont naposcsibék vakbél-tartalmának vizsgálatára a kezelést követő 8. és 12. életnapon került sor. A kísérlet során a szerzők azt tapasztalták, hogy a naposcsibék bármilyen összetételű vakbél-tartalom-izolátummal kolonizálhatók és a recipiens naposcsibékben meghatározó szerepe van a donor csirkéktől származó baktériumoknak, amelyek az elemzés során külön csoportokat képeztek.

Kísérletünkben a Broilact vakbélizolátum nem változtatott jelentősen a broilercsirkék bélbakterióta összetételén, de fontos megjegyeznünk, hogy nem vonhatunk le általános következtetéseket ilyen fiatal korú csirkék esetében. Eredményeink alapján igazolódott, hogy a termék valóban olyan baktérium törzseket tartalmaz, melyek megtalálhatóak a baromfi (kifejlett tyúkok) bélrendszerében is.

Következtetések, javaslatok

Az életkor előrehaladtával a vakbél-bakterióta diverzebb/fajgazdagabb lett. Jelen kísérletben a BL vakbélizolátum csekély hatását tapasztaltuk broilercsirkék vakbél-bakterióta összetételére a fejlődésük korai szakaszában. Noha lehetséges, hogy a különféle baktériumok bizonyos biológiai folyamatokban vesznek részt meg kell különböztetni a probiotikumok biológiai hatását és a bélben való jelenlétüket.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bokulich, N.A., Kaehler, B.D., Rideout, J.R., Dillon, M., Bolyen, E., Knight, R., Huttley, G.A., Caporaso, J.G. (2018). Optimizing taxonomic classification of marker-gene amplicon sequences with QIIME 2's q2-feature-classifier plugin. *Microbiome*, 6, 90. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0470-z>
- Bolyen, E., Rideout, J.R., Dillon, M.R., Bokulich, N.A. et al. (2019). Reproducible - interactive - scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat. Biotechnol.*, 37, 852–857. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>
- Chong, J., Liu, P., Zhou, G., Xia, J. (2020). Using Microbiome Analyst for comprehensive statistical - functional - and meta-analysis of microbiome data. *Nat. Protoc.*, 15, 799–821. <https://doi.org/10.1038/s41596-019-0264-1>
- Dhariwal, A., Chong, J., Habib, S., King, I., Agellon, L.B., Xia, J. (2017). Microbiome Analyst - a web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data. *Nucleic Acids Research*, 45, 180–188. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx295>
- Ferreira, A.J., Ferreira, C.S., Knobl, T., Moreno, A.M., Bacarro, M.R., Chen, M., Robach, M., Mead, G.C. (2003). Comparison of three commercial competitive-exclusion products for controlling *Salmonella* colonization of broilers in Brazil. *J. Food Prot.*, 66, 490–492. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.3.490>
- Gao, P., Ma, C., Sun, Z., Wang, L., Huang, S., Su, X., Xu, J., Zhang, H. (2017). Feed-additive probiotics accelerate antibiotic delay intestinal microbiota maturation in broiler chicken. *Microbiome*, 5, 91. <https://doi.org/10.1128/AEM.00362-18>
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Quresh, M.A. (2003). Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.*, 82, 1500–1508. <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500>
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., Glöckner, F.O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.*, 41(1):e1. <https://doi.org/10.1093/nar/gks808>
- Kubasova, T., Kollarčíková, M., Črhanová, M., Karasová, D., Čejková, D., Sebková, A., Matiasovicová, J., Faldynová, M., Pokorná, A., Cizek, A. et al. (2019). Contact with adult hen affects development of caecal microbiota in newly hatched chicks. *PLoS ONE*, 14, e0212446. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212446>
- Milbradt, E.L., Zamae, J.R., Araujo Junior, J.P., Mazza, P., Padovani, C.R., Carvalho, V.R., Sanfelice, C., Rodrigues, D.M., Okamoto, A.S., Andreatti Filho, R.L. (2014). Control of *Salmonella Enteritidis* in turkeys using organic acids and competitive exclusion product. *J. Appl. Microbiol.*, 117, 554–563. <https://doi.org/10.1111/jam.12537>
- Nakamura, A., Ota, Y., Mizukami, A., Ito, T., Ngwai, Y.B., Adachi, Y. (2002). Evaluation of aviguard, a commercial competitive exclusion product for efficacy and after-effect on the antibody response of chicks to *Salmonella*. *Poult. Sci.*, 81, 1653–1660. <https://doi.org/10.1093/ps/81.11.1653>
- Rychlik I. (2020). Composition and Function of Chicken Gut Microbiota. *Animals (Basel)*, 10(1), 103. <https://doi.org/10.3390/ani10010103>
- Shaufi, M.M.A., Sieo, C.C., Chong, C.W. (2015). Deciphering chicken gut microbial dynamics based on high-throughput 16S rRNA metagenomics analyses. *Gut Pathog*, 7, 4. <https://doi.org/10.1186/s13099-015-0051-7>
- Stanley, D., Geier, M.S., Chen, H., Hughes, R.J., Moore, R.J. (2015). Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. *BMC Microbiol.*, 15, 51. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0388-6>
- Stanley, D., Hughes, R.J., Geier, M.S., Moore, R.J. (2016). Bacteria within the Gastro-intestinal Tract Microbiota Correlated with Improved Growth and Feed Conversion: Challenges Presented for the Identification of Performance Enhancing Probiotic Bacteria. *Front. Microbiol.*, 7, 187. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00187>

- Varmuzova, K., Kubasova, T., Davidova-Gerzova, L., Sisak, F., Havlickova, H., Sebkova, A., Faldynova, M., Rychlik, I. (2016). Composition of Gut Microbiota Influences Re-sistance of Newly Hatched Chickens to *Salmonella Enteritidis* Infection. *Front. Microbiol.*, 7, 957. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00957>
- Videnska, P., Sedlar, K., Lukac, M., Faldynova, M., Gerzova, L., Cejkova, D., Sisak, F., Rychlik, I. (2014). Succession and replacement of bacterial populations in the caecum of egg laying hens over their whole life. *PLoS ONE*, 9, e115142. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115142>
- Xiao, Y., Xiang, Y., Zhou, W., Chen, J., Li, K., Yang, H. (2017). Microbial community mapping in intestinal tract of broiler chicken. *Poult Sci.*, 96(5), 1387–1393. <https://doi.org/10.3382/ps/pew372>

**Természetvédelem, környezetvédelem és
környezetgazdálkodás**

Az intenzív sertéstartás környezeti hatásai

Geicsnek-Koltay Ilona Anna^{1*}, Benedek Zsuzsanna², Husvéth Ferenc³, Farkas Eszter³, Such Nikoletta Amanda³, Dublec Károly³

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet

* ilcsu92@gmail.com

Összefoglalás

A mezőgazdasági termelők a globális környezeti problémák és az ennek következtében egyre szigorodó jogi szabályozások miatt állandó nyomás alatt állnak, hogy minimalizálják gazdálkodásuk környezetre gyakorolt hatását. Az egyes állattartási módszerek különféle módon és mélységben hatnak a környezetre. Az állattartás legfőbb környezeti vonatkozásai főként az állat anyagcserejéhez kapcsolódnak, melynek során az állat az elfogyasztott takarmányt hasznosítva a felesleget üríti, s ennek következményeként a növénytermesztés számára tápanyagokban gazdag trágya keletkezik. Bár a legtöbb környezetvédelmi aggály, ami az állattartással kapcsolatos, az elmúlt két évtizedben a vízminőségre összpontosult, napjainkban a levegő minőségének kérdése is egyre nagyobb figyelmet kap. Az itt közölt tanulmány a levegőbe, a talajba és a vizekbe történő lehetséges károsanyag kibocsátásokat veszi sorra, részletesebben kitérve a sertéstartásból származó ammónia-emisszióra.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az állattartási technológiák színvonala hazánkban nagyon változatos, rossz körülmények között dolgozó gazdaságok éppúgy működnek, mint korszerű nagygazdaságok. Az egyes állattartási módszerek, az alkalmazott korszerű-, és kevésbé korszerű eljárások különféle módon és mélységben hatnak a környezetre.

Az állattartó telepek potenciálisan számos káros környezeti hatás kialakulásához járulnak hozzá. Ezek között legfontosabbaknak tekinthetők a környezeti levegő összetételének megváltozása (NH₃, SO₂, NO_x); eutrofizáció (N, P); az üvegházhatás fokozódása (CO₂, CH₄, N₂O); az ózonréteg károsodása (CH₃, Br); vízkivétel (felszín alatti víz használata); helyi zavaró hatások (bűz, zaj); diffúz peszticid-kibocsátás; a felszíni és a felszín alatti víz, a földtani közeg szennyezése. Az állattartás legfőbb környezeti vonatkozásai az állat anyagcserejéhez kapcsolódnak, melynek során az állat az elfogyasztott takarmányt hasznosítva a felesleget üríti, s ennek következményeként tápanyagokban gazdag trágya keletkezik. Az állattartás vonatkozásában a trágyakezelés lényeges gondot okoz, ami jelentős környezeti kockázatot hordoz. A keletkező kibocsátások azonban gyakran diffúz jellegűek, így mérésük nehézségekbe ütközik. Néhány tényező, az emissziós folyamatokban betöltött szerepét csak nemrég azonosították, a figyelem középpontjában továbbra is az ammónia, a N és a P kibocsátások állnak. (FVM, 2008; Babcsány et al., 2004; környezetvedelem.ektf.hu).

Levegőbe történő károsanyag kibocsátások

A mezőgazdasági termelők állandó nyomás alatt állnak, hogy minimalizálják gazdálkodásuk környezetre gyakorolt hatását. Bár a legtöbb környezetvédelmi aggály, ami az állattartással kapcsolatos, az elmúlt két évtizedben a vízminőségre összpontosult, napjainkban a levegő minőségének kérdése is egyre nagyobb figyelmet kap. Nagy létszámú sertéstelepeken a következő anyagok levegőbekeverülésével kell

számolni az adott tevékenységek során:

- ammónia: istállókból, a trágya tárolása során, a trágya kijuttatása során
- metán: istállókból, a trágya kezelése és az emésztőcső mikrobiális aktivitása során

- N_2O : istállókból, a trágya tárolása során
- NO_x , CO , SO_2 , szilárd szennyezők (por): az épületekben található fűtőberendezésekből, kisebb tüzelőberendezésekből
- CO_2 : istállókból, a telepen fűtésre, illetve szállításra felhasznált energia, hulladékégetésből
- bűz (pl.: H_2S): istállókból, trágya tárolása és kijuttatása során
- por: takarmány őrlése és tárolása során (Babcsány et al., 2004).

Az ammónia káros hatásai

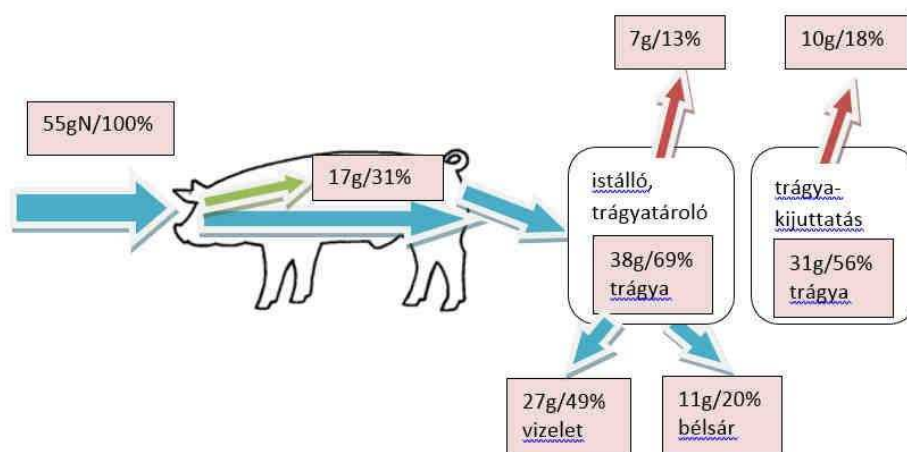
Az ammóniának fontos szerepet tulajdonítanak a talajok, illetve vizek savasodása tekintetében, így az állattartással összefüggő szennyezések közül a legtöbb figyelmet az istállókból származó ammónia kibocsátások kapják. Épp ezért a tanulmányunkban részletesebben szeretnénk kitérni az ammónia emisszióra. Azokon a területeken, ahol intenzív állattenyésztés zajlik, a légköri ammónia-kibocsátás nagymértékű emelkedése volt megfigyelhető az elmúlt évek során. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynökségének (EPA) becslése szerint a gazdasági állatokból származó ammónia kibocsátás 50-85%-át teszi ki a teljes emberi forrásból származó ammónia kibocsátásnak az Egyesült Államokban (szarvasmarha: 43,4%, baromfifélék: 26,7%, sertés: 10,1%, trágyázás: 9,5%). Egy nemrégiben készült tanulmány (NRC, 2003) az ammónia-kibocsátást azonosította a levegőminőségromlás legfontosabb tényezőjeként regionális, nemzeti és nemzetközi szinten is. A negatív hatások számtalanok. A légköri ammónia lerakódása a felszíni vizek eutrofizálódásához vezethet ott, ahol a foszfor koncentráció elegendő ahhoz, hogy segítse a káros alga-növekedést. A tápanyagok feldúsulása és az eutrofizáció számos vízi állatfaj pusztulását okozhatja. Az ammónia lerakódás alacsony pufferekapacitású talajon talajsavanyodást és a bázikus kationok kimerülést eredményezheti. Amellett, hogy hatással van a vizekre, növényekre és a talaj rendszerekre, az ammónia reagál más vegyületekkel, és 2,5 mikronnál kisebb méretű légköri részecskéket, úgynevezett $PM_{2,5}$ -szemcsés anyagot alkot. Ezek az anyagok számos, a közelmúltban folyt közegészségügyi vizsgálat eredménye alapján összefüggésbe hozhatók jelentős légzőszervi, szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulásával. Ezeket a problémákat súlyosítja, hogy az elpárolgott ammónia több száz mérföldre is eljuthat származási helyétől (Gay, 2008). Az ammóniagáz csípős, szúrós szagú, nagyobb koncentrációban irritálhatja az emberek, illetve állatok szemét, a köztakarót és a légző- és emésztőszervek a nyálkahártyáit. Lassan száll fel a trágyából az épületen keresztül, és végül a szellőztető rendszerrel távozik az épületből (Dankó, 2015).

Az ammónia keletkezése az állattenyésztésben

Az a nitrogén, ami a fehérje metabolizmus során végtermékként keletkezik, az állati szervezetben kiválasztódik karbamid (emlősökben) vagy húgysav formájában (madarakban) a vizelettel, valamint karbamid, ammónia, és fehérje formájában a bélsárral és az ürülékkel. További mikrobiális tevékenységek hatására a trágya bomlásának indul és az ammónia a levegőbe jut. Ez a folyamat a N-ciklus része (Gay, 2008; Horváth et al., 2011). Ammónia kibocsátás az állattenyésztés több szintjén történik, amely során a veszteségek jelentősen eltérőek lehetnek. Ennek eredményeként több lehetőség van arra, hogy csökkentjük az ammónia-kibocsátást az állattenyésztés vonatkozásában. Két különböző stratégiát lehet elkülöníteni. Az első stratégia egy elő-kiválasztás megközelítésű szemlélet, mely során az állatok takarmányozásával már az állati szervezetben képződött ammónia mennyiségét csökkentjük a gazdaságban. A második stratégia a trágya utólagos kezelésével csökkenti az ammónia-kibocsátást (Gay, 2008).

Néhány konkrét adat a sertéstartásban termelődött N tartalmú anyagok mennyiségére vonatkozóan

A sertéstartás fő környezetvédelmi vonatkozása az előzőekben említetteknek megfelelően az állat anyagcseréjéhez kapcsolódik, amely során az állat takarmányt fogyaszt és emészt, majd a felesleget üríti, melynek következményeként tápanyagokban gazdag trágya keletkezik. (1. ábra).



1. ábra: Hízósertések N-forgalma és az NH₃ emisszió alakulása (Aarnink, 2007).

Általánosan elfogadott becslések és a fenti ábra adatai szerint a sertéstartás során a nitrogén takarmányból történő felvétele, hasznosulása, illetve vesztesége a következők szerint alakul (Aarnink, 2007):

- 30% az állat szöveteibe beépül
- 50% a vizelettel távozik
- 20% a bélsárral távozik.

A keletkezett ürülék (vizelet+bélsár) összes nitrogéntartalma tehát 70%, melyből:

- 31% távozik a levegőbe ammónia formájában
- 38% távozik a földekre kijuttott trágya formájában.

A keletkező trágya N-tartalmak közel 50%-a nem hasznosul a mezőgazdaságban, hanem a környezetet terheli, az elavult és nem megfelelő tartástechnológiai, trágyakezelési és trágyakijuttatási technológiák következtében (Novotniné,2015; Aarnink, 2007).

A takarmányozás hatása az állatok ammónia ürítésére

Az állatok által ürített ammónia mennyisége csökkenthető, ha már kevesebb a takarmánnyal bevitt nitrogén mennyisége. Ez megvalósítható az állatok mindenkori igényeihez igazított több fázisú takarmányozással, vagy alacsony nyersfehérje-tartalmú, kristályos aminosavakkal kiegészített takarmánykeverékek etetésével. Ezzel a módszerrel a sertések esetében, fajtától függően 2-3% nyersfehérje-tartalom-csökkentés érhető el, amivel elkerülhető a többlet nitrogénürítés (Gay,2008; FVM,2008). Az UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) Reaktív Nitrogén Munkacsoportjának kiadványa szerint (Bittman et al., 2014), az ammónia-kibocsátás csökkentésének az egyik legköltséghatékonyabb módszere az állati takarmányok fehérjetartalmának optimalizálása. A nyersfehérjetartalom 1%-os mérséklésével (abszolút értékben) ugyanis akár 5-15%-kal kevesebb ammóniagáz keletkezhet az állattartás, a trágyatárolás és a trágyakijuttatás során, a vizelet és a bélsár pH értékétől függően. Emellett a dinitrogén-oxid emisszió is csökken, és a nitrogén felhasználásának hatékonysága gazdasági szempontból is javul az állattartás során. Az említett munkacsoport a csökkentett fehérjetartalmú takarmányozás megvalósításához készített egy állatfajokra, azon belül fejlődési fázisokra osztott takarmányozási ajánlást, amelyben a csökkentési szándéktól függően három kategóriába sorolva adja meg a takarmány nyersfehérje-tartalmának ajánlott célértéket. A „nagyértékű emisszió csökkentés” kategóriában a nyersfehérjetartalom a legalacsonyabb intervallumban mozog, ez feltételezi a legmagasabb szintű takarmányozási technológiát. Az ide tartozó értékek tudományos kísérleteken alapulnak, alkalmazhatóságukat a gyakorlat is igazolta. A „közepes mértékű emisszió csökkentés” és a „kismértékű emisszió csökkentés” kategóriában szereplő nyersfehérje értékek a „nagyértékű emisszió csökkentés” kategóriából származtatott, számított értékek, attól egy-egy százalékponttal különböznek (Bittman et al., 2014). Az ammónia

emissziót befolyásoló legfontosabb takarmányozási lehetőségek még az előzőek mellett, az ürített N arányának csökkentése a vizelettel, több takarmányozási fázis használata, ivar szerinti takarmányozás, továbbá a vizelet és a bélsár pH-jának csökkentés (Aarnink, 2007). Sokkal kevesebbet tudunk az egyéb gázok kibocsátásairól, bár e témában is történnek kutatások, főként a metán és a dinitrogén-oxid kapcsán. A dinitrogén-oxid magasabb szintje általában a levegőztetési hígtrágya kezelés és az istállótrágya kezelése során jellemző. A széndioxid keletkezése a légzéshez köthető, így arányosítható az állat hőtermelésével. A talajban zajló mikrobás folyamatok (denitrifikáció) dinitrogén-oxid (N₂O) és nitrogén gáz (N₂) keletkezésével járnak. Míg a dinitrogén-oxid egyike azon gázoknak, amelyek szerepet játszanak az üvegházhatás előidézésében, a nitrogén gáz a környezetre ártalmatlan. Mindkettő keletkezhet a talajban a nitrát lebomlásakor, függetlenül attól, hogy a nitrát maga szerves trágyából, szervesetlen műtrágyából vagy magából a talajból származik; a trágya jelenléte viszont segíti a folyamatot (Babcsány et al., 2004). A bűzhatás egy helyi jelentőségű kibocsátás, melynek jelentősége fokozatosan növekszik, hisz a sertéstartó gazdaságokhoz egyre közelebb kerülnek a külvárosi lakóövezetek. A bűz keletkezésének főbb forrásai az istállók, a trágyatárolók és a trágya kijuttatásának folyamata. A trágyából, illetve hígtrágyából keletkező bűzös, illékony gázok kibocsátását, annak mértékét főként a mikrobiális-aktivitás és a nedvesség tartalom befolyásolja. Annak ellenére, hogy a trágya kijuttatásakor keletkező bűzhatás intenzív lehet, ez a hatás viszonylag rövid idejű, összehasonlítva az istállókból, illetve a tárolásból származó bűzhatással, valamint jelentős mértékben csökkenthető a megfelelő kijuttatási technikák alkalmazásával (pl.: talajba való injekció) (Babcsány et al., 2004).

Talajba és vizekbe történő kibocsátások

A nagy létszámú sertéstelepek legnagyobb mennyiségű mellékterméke a trágya, illetve a hígtrágya. A telepek működésekor bekövetkezhetnek nem várt, véletlen terhelések a talajba és a természetes vizekbe. Ezek főként a hígtrágya, illetve egyéb folyadékok (pl. üzemenyag, mosószerek, folyékony vegyi anyagok) tárolására szolgáló műtárgyaknál jelentkeznek, szivárgások vagy túlcordulások formájában, továbbá eredhetnek abból, hogy az esővíz, illetve az udvarról elfolyó szennyezett víz kapcsolatba tud kerülni olyan területekkel, ahol szennyező anyagok találhatóak. Annak ellenére, hogy a legtöbb figyelmet a nitrogén- és foszforterhelés kapja, az egyéb terhelésekre is oda kell figyelni. Ilyen egyéb terheléseket jelent például a kálium, a nitrát, az ammónium, a mikroorganizmusok, a nehézfémek, az antibiotikumok, és egyéb gyógyászati készítmények. Míg az egyre fejlettebb tervezési és gazdálkodási módszerek segítségével megszüntethetők a telepeken belüli szennyező források, a nagylétszámú sertéstartás állandó problémája marad a trágya és hígtrágya elhelyezéséhez szükséges, megfelelő nagyságú és minőségű mezőgazdasági terület kérdése (Babcsány et al., 2004).

Az ammónia és az egyéb gázok, a levegő minőségére gyakorolt káros hatásai mellett, a nitrogén-szennyezés a talaj, felszín alatti víz, illetve a felszíni víz minőségét is veszélyeztetheti. Ebből a szempontból a legfőbb problémát az ivóvíz magas nitrát tartalma, a felszíni vizek eutrofizációja, valamint a talaj és felszín alatti víz elsavasodása jelenti. E kockázatokat igyekszik csökkenteni a 49/2001 (IV.3.) Kormány határozat, azáltal, hogy csökkenti és korlátozza az egy hektár mezőgazdasági területre kijuttatható nitrogén mennyiségét (max. 170kg N/ha/év) (Babcsány et al., 2004). A foszfor a tavak és folyóvizek eutrofizációjának okozója, a felszíni vízminőség legfőbb problémája. Bár a P kibocsátása a legnagyobb mértékben a kérődző fajoktól származik, ezzel kapcsolatos aggodalmak többnyire a sertés- és baromfi-hús termeléshez is kapcsolódnak, mivel ezeknek az ágazatoknak a termelése igen intenzív, és a trágyában lévő P koncentráció magas. A takarmánnyal felvett foszfor felhasználásának általános hatékonysága viszonylag alacsony, jelentős mennyiségű P található az alomban és a trágyában. Ennek köszönhetően a javulásban nagy a potenciál. A magas arányú P hasznosítás (>50%) azonban nem lehetséges az állatok biológiai korlátai miatt. A tipikus monogasztrikus takarmányok jelentős mennyiségű fitát-P-t tartalmaznak, melynek biológiai hozzáférhetősége alacsony a sertés esetében, mivel a sertések béltartalmában jelen lévő fitáz enzim aktivitása

alacsony. Így tehát a P jobb hasznosítás és ez által a P-emisszió csökkentésére különböző adalékanyagokat alkalmaznak a takarmányozás során. Kornegay (1996) becslése szerint a P leadás 25-50%-kal csökkenthető 200-1000 egység fitáz hozzáadásával. Egyes kutatások szerint, a fitázhoz más enzimeket társítva (enzimkoktélok kialakítva) növelhetjük ennek a hatékonyságát. Egyéb takarmány-adalékok, amelyeket figyelembe kell venni, a D-vitamin és annak metabolitjai, valamint néhány probiotikum. A D vitamin és annak metabolitjai ugyanis, nemcsak stimulálják a P-szállítási mechanizmusokat a bélben, hanem fokozzák a fitázaktivitást is. Néhány laktobacillus-alapú probiotikumról pedig kimutatták, hogy javítják a növekedést, a takarmány-értékesítés hatékonyságát és a P és N retenciós értékeket baromfiban és sertésben (Ferket, 2002).

Zajkibocsátás

A nagy létszámú telepeken további problémát okozhat a zajkibocsátás. Minden olyan hanghatás, amelyet kellemetlennek, zavarónak érzünk zajnak minősül. A zajok fő forrásai sertéstelep esetében a következők: az állatok, az istállók, a takarmány készítése és kijuttatása az állatok számára, a trágyagazdálkodási és az egyéb tevékenységek. Bár a zajhatások jellemzően létesítményspecifikusak, helyi jelentőségűek és mértékük a határértékek alatt tarthatók, egyre nagyobb figyelmet igényelnek a telepméretök növekedésével és a lakóövezetek terjeszkedésével. A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj-és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról a 93/2007. (XII.18.) KvVM rendelet határoz (Balogh, 2013).

Szabályozás

Speciálisan, az állattartó telepekre vonatkozó hazai és európai környezetvédelmi jogszabályok nincsenek. Az átfogó hazai és EU környezetvédelmi jogi szabályozás előírásai vonatkoznak az állattartó telepekre is. Ebből fakadóan magát a tevékenységet és annak volumenét kell vizsgálni: ha a tevékenység szerepel a jogszabályokban, akkor annak folytatója köteles az előírásokat teljesíteni. A hazai és az európai környezetvédelmi szabályozás széleskörű és átfogó jellegű. A jogszabályok általánosságban célozzák a víz, a levegő, a talaj és a környezet védelmét, és nem a különböző forrásokból származó kibocsátásoknak szabnak határokat. Számos európai irányelv közvetlenül vagy közvetve a mezőgazdasági tevékenységekkel szemben is támaszt követelményeket, ennek megfelelően ezeket az előírásokat a mezőgazdasági termelőknek figyelembe kell venniük mind a növénytermesztési, mind az állattenyésztési tevékenységük során. Az ide vonatkozó jogszabályok táblázatban összefoglalva megtalálhatók, „Az állattartás környezeti hatásai, helyzete és viszonya a hazai és EU szabályozáshoz” című dokumentum 4. számú mellékletében (FVM, 2008).

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Aarnink, A.J.A., Verstegen, M.W.A. (2007). Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*, 109, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.112>
- Babcsányi, I., Nyári, E., Warning, S., Lynott, D., Csizmazia, L., Kutas, B., Csáki, Zs., Mayer, A., Demeter, J., Ács, P., Nyíri, A., Gundel, J., Nám, A., Székely, B., Eke, I., Németh, A. (2004). Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a nagy létszámú sertéstelepek esetébe. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Integrált Szenyvezés megelőzési és Környezet-egészségügyi Főosztály, Budapest.
- Balogh, P., Dankó, G. (2013). Versenyképes sertéshízlalás. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., 103–120.
- Bittman, S.M., Dedina, C.M., Howard, O., Oenema, M., Sutton A. (2014). Options for Ammonia Mitigation Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. CEH.

- Ferket, P.R., Heugten, E., Kempen, T.A.T.G, Angel, R. (2002). Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science*, 80, E168-E182. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E168x
- FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet megbízásából (2008): Az állattartás környezeti hatásai, helyzete és viszonya a hazai és EU szabályozáshoz. Szerződés szám: VKSZ1/188/2008, GreenCapital- 4/2008. http://www.greenflow.hu/wp-content/uploads/2012/03/FVM_GREEN_%C3%A1llattart%C3%A1s-kv-ihat%C3%A1sai1.pdf
- Gay, S.W. (2008). Ammonia Emissions and Animal Agriculture. Virginia Cooperative Extension.
- Horváth, B., Rácz, É.V. (2011). Ökológia. TAMOP 4.2.5, http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Okologia/index.html
- Kornegay, E.T. (1996). Nutritional, environmental, and economic considerations for using phytase in pig and poultry diets. Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment. E. T. Kornegay, ed. CRC Press, Boca Raton, FL., 277–302.
- Dankó, G. (2015). Sertésenyésztés. Szaktudás Kiadó Ház, 206–217.
- NRC (2003): Air Emissions from Animal Feeding Operations. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10586>

A Felső-kiskunsági záródó homokpusztagyepekre jellemző védett növényfajok termőhelyi jellemzése

Fülöp Bence^{1*}, Nyári László², Deák Márk², Balogh Annamária², Molnár Csaba², Bódis Judit³, Sisák István⁴, Vadász Csaba⁵

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, hallgató

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet

⁴Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar

⁵Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság

*9112bence@gmail.com

Összefoglalás

A pannon homoki gyepek kizárólag a pannon biogeográfiai régióban előforduló közösségi jelentőségű élőhelyek, melyek egyik típusa a záródó homokpusztagyep. Egykor nagy területeket borítottak állományaik, ám jó részüket művelésbe vonták. A rendszerváltás után a művelést nagy területen felhagyták, így nagy kiterjedésű parlagok jöttek létre, amelyek diverzifikálása most aktuális természetvédelmi cél. A kialakuló növénytakaró összetételét a homoki élőhelyek esetében erősen meghatározzák a termőhelyi tényezők, így ezek vizsgálata szükséges a parlagszukcesszió befolyásolásának eredményes megtervezése érdekében. 2017 és 2018 nyarán a Kiskunsági Nemzeti Park területén, ősgyepekben 7 különböző termőhelyen, 18 linea mentén összesen 208 kvadrátban végeztünk cönológiai felmérést és talajmintagyűjtést. A talajmintákon mész- és humusztartalmát mértük, szemcseméret összetételt és színmérést is végeztünk. A statisztikai értékelés során varianciaanalízist és főkomponens analízist használtunk. Kvadrátjainkban összesen 108 faj egyedei fordultak elő, közülük 14 védett és 1 fokozottan védett. Eredményeink rámutatnak a vizsgált termőhelyek közötti különbségekre, illetve arra, hogy melyek a védett növényfajok elterjedését befolyásoló -általunk vizsgált- tényezők.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Pannon homoki gyepek a kizárólag a Pannon biogeográfiai régióra jellemző, közösségű jelentőségű élőhelyek. Egykor nagy területeket borítottak, napjainkra jelentősen visszaszorultak (Máté, 2014), ez főleg a szántóföldi művelésbe való bevonás, erdősítés, az inváziós fajok térhódításának és az éghajlatváltozásnak a következménye.

Az utóbbi évtizedekben országosan, de különösen a Duna-Tisza közén nagy területeket hagytak fel gazdasági megfontolásból (Molnár et al., 2018), eseteként természetvédelmi céllal (Vadász, 2015), így nagy kiterjedésű parlagok jöttek létre, ezek szukcessziója azonban egy meglehetősen lassú folyamat, ezért a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság szakembereinek célja a parlagok diverzifikációja, kutatásunk ezt a folyamatot hivatott segíteni (Vadász Csaba- szóbeli közlés).

Az ősgyepek fajkészletének, illetve azok termőhelyigényének megismerése jó segítséget nyújthat a rekolonizációs munka hatékonyságának növeléséhez, mivel a homoki területeken a termőhelyi jellemzők és azok finom léptékű változatossága kiemelt szerepet játszanak a vegetáció szerkezetének és fajkészletének meghatározásában (Stefanovits, 1981; Molnár, 2003; Molnár et al., 2006; Máté, 2014).

A záródó homokpusztagyep a homoki gyepek speciális élőhelytípusa, amelyekre a *Festuca wagneri* dominanciája jellemző, struktúrájukat és fajkészletüket tekintve a nyílt- és a zárt homokpusztagyepek közé tehető (Fekete et al., 2002).

Vizsgálataink célkitűzései közé tartozott a különböző mintavételi helyek összehasonlítása a vizsgált talajtani paraméterek alapján, illetve ősgyepi fajkészlet talajtani preferenciáinak vizsgálata, különös tekintettel a mintaterületen előforduló természetvédelmi oltalom alatt álló fajokra.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Kiskunsági Nemzeti Park területén található ősgyepekben végeztük, mintaterületeink a Peszéradacsi-réteken és a Peszéri-erdő tisztásain voltak.

A terepi mintavételezés 2017 és 2018 nyarán történt, amikor 7 különböző termőhelyről, 18 linea mentén, összesen 208 db, 50x50 centiméteres cönológiai felvételt készítettünk. A kvadrátok közepén kézi talajmintavevővel furatot készítettünk és a felső két talajréteget megmintáztuk, ilyen módon 416 talajmintát gyűjtöttünk.

A keletkezett talajmintákat légszárazságig szárítottuk, majd a következő vizsgálatokat végeztük el: száraz szitálás (hét szemcseméret elkülönítésével); mésztartalom vizsgálat (Scheibler-féle kalci-méterrel); humusztartalom vizsgálat (Tyurin-féle módszerrel); színmérés (Hunterlab MiniScan XE Plus színmérő készülékkel).

Az adatok előkészítését Microsoft Office Excel programmal, az adatbázis kiértékelését pedig az SPSS 23.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények és értékelésük

Kvadrátjainkban 108 növényfaj 2235 előfordulását rögzítettük, ezek közül 14 védett és 1 fokozottan védett faj (*Ephedra distachya*). Leggyakrabban a társulás állományalkotó fajai a *Festuca wagneri* és a *Stipa borysthenica* egyedei fordultak elő a védett fajok közt (1. táblázat).

1. táblázat: Az előforduló védett és fokozottan védett (* jelölű) növényfajok és előfordulásaik száma.

Védett növényfaj	Előfordulások száma	Védett növényfaj	Előfordulások száma
<i>Festuca wagneri</i>	128	<i>Centaurea sadleriana</i>	13
<i>Stipa borysthenica</i>	118	<i>Alkanna tinctoria</i>	11
<i>Ephedra distachya*</i>	107	<i>Allium sphaerocephalon</i>	5
<i>Achillea ochroleuca</i>	50	<i>Iris variegata</i>	5
<i>Gypsophila arenaria</i>	48	<i>Anthericum liliago</i>	5
<i>Iris arenaria</i>	30	<i>Onosma pseudoarenaria</i>	2
<i>Stipa pennata</i>	15	<i>Pulsatilla nigricans</i>	1
<i>Dianthus serotinus</i>	14		

A vizsgált talajtani paraméterek közül a mintavételi helyeken mért eredmények között szignifikáns különbséget tapasztaltunk a humusztartalom, az 1–2 mm közötti frakció arányában és a mésztartalomban (2. táblázat). A többi vizsgált paraméter esetében nem rendeződtek külön csoportokra a mintavételi egységek.

2. táblázat: Az egyes mintavételi helyeken vett, felső szintben mért talajtani paraméterek átlagértékei és szórásai. Az átlagértékek indexeiben szereplő betűjelzések a Tukey-teszt eredményét mutatják.

Mintavételi hely	Furat szám (db)	Humusztartalom (%)	1–2 mm közötti frakció (m/m%)	Mésztartalom (m/m%)
4D-erdőrészlet	13	2,57±1,29 ^b	2,08±0,76 ^c	0,59±0,58 ^a
7I-erdőrészlet	41	1,72±0,67 ^a	1,20±0,87 ^b	0,68±0,58 ^a
Felsőpeszéri honvédségi területek	38	1,30±0,88 ^a	0 ^a	2,55±1,21 ^c
Hármashatár	25	1,27±0,63 ^a	1,92±0,49 ^c	3,69±1,32 ^d
Ósnyíres	20	1,05±0,69 ^a	0,75±0,55 ^b	4,81±0,99 ^c
Rezervátum	18	1,48±0,82 ^a	1,83±0,65 ^c	8,39±1,14 ^f
Rácház	53	1,36±0,89 ^a	0,19±0,25 ^a	1,63±1,18 ^b

A védett növényfajok termőhelyein mért termőrétteg vastagsága esetében erősen átfedő csoportok jöttek létre (3. táblázat). Az *Allium sphaerocephalon* termőhelyein mértük átlagosan a legsekélyebb humuszos réteget, míg az *Anthericum liliago* termőhelyein a legmélyebbet (3. táblázat).

A felső réteg mésztartalma esetében 2 nagyobb és 1 kisebb csoport különült el (4. táblázat). Az *Allium sphaerocephalon* és a *Stipa pennata* volt a legalacsonyabb mésztartalmú termőhelyeken, míg a *Gypsophila arenaria* és a *Centaurea sadleriana* a magasabb mésztartalmú termőhelyeken fordult elő. Külön csoportba került besorolásra a kiugróan magas mészigényű *Iris variegata* (átlag = 9%).

Az 1–2 mm közötti frakció (durva homok frakció) aránya alapján négy átfedő csoport jött létre. A *Dianthus serotinus* olyan termőhelyeken fordult elő, ahol ez a frakció hiányzott, míg ez a frakció a legnagyobb arányban az *Iris variegata* termőhelyein volt jelen (3. táblázat).

3. táblázat: A védett növények előfordulását magyarázó talajtani tényezők átlagértékei és szórásai (felső indexben az elvégzett Tukey-tesztek eredményei).

Növényfaj	Mintaszám	Termőrétteg vastagsága	Mésztartalom (felső réteg)	1–2 mm (felső réteg)
<i>Achillea ochroleuca</i>	50	15,20±6,07 ^{abc}	1,60±1,90 ^{ab}	0,78±0,84 ^{abcd}
<i>Alkanna tinctoria</i>	11	19,36±2,25 ^{bcd}	3,18±1,54 ^{ab}	0,36±0,71 ^{abc}
<i>Anthericum liliago</i>	5	26,00±9,62 ^a	2,60±1,08 ^{ab}	1,20±0,65 ^{bcd}
<i>Allium sphaerocephalon</i>	5	11,00±2,24 ^d	1,00±1,20 ^a	1,20±1,13 ^{bcd}
<i>Centaurea sadleriana</i>	13	12,69±4,84 ^{ab}	4,23±3,73 ^b	1,54±1,12 ^{cd}
<i>Dianthus serotinus</i>	14	17,50±2,34 ^{abc}	3,00±1,15 ^{ab}	0 ^a
<i>Ephedra distachya</i>	107	16,56±6,28 ^{abc}	1,64±1,38 ^{ab}	0,73±0,88 ^{abcd}
<i>Festuca wagneri</i>	128	19,62±6,28 ^{bcd}	2,20±1,58 ^{ab}	0,70±0,80 ^{abcd}
<i>Gypsophila arenaria</i>	48	18,98±7,55 ^{abcd}	4,21±2,76 ^b	1,46±0,80 ^{cd}

<i>Iris arenaria</i>	30	12,77±4,76 ^{ab}	3,07±3,84 ^{ab}	1,07±0,86 ^{abcd}
<i>Iris variegata</i>	5	12,00±2,73 ^{ab}	9,00±0,86 ^c	1,80±0,44 ^d
<i>Stipa borysthenica</i>	118	18,50±6,61 ^{abcd}	3,21±2,29 ^{ab}	0,84±0,86 ^{abcd}
<i>Stipa pennata</i>	15	23,00±4,55 ^{cd}	1,33±0,91 ^a	0,07±0,13 ^{ab}

Következtetések, javaslatok

A társulás állományalkotó fajainak nagyszámú előfordulása nem meglepő, az *Ephedra distachya* gyakori megjelenése azonban említésre méltó eredmény, ugyanis egy országos szinten visszaszorulóban lévő, fokozottan védett fajról van szó.

A mintavételi helyek között elért mész tartalom, 1-2 mm durva homok frakció, humusztartalom tekintetében.

A védett növényfajok elterjedését az általunk vizsgált paraméterek közül leginkább a termőréteg vastagsága, a mész tartalom és a durva homok frakció aránya határozta meg, a többi vizsgált paraméter kevésbé bizonyult meghatározónak.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Biró, M., Horváth, F., Révész, M., Molnár, Zs., Vajda, Z. (2011). Száraz homoki élőhelyek és átalakulásuk a Duna-Tisza közén a 18. századtól napjainkig. In: Rosalia 6. Természetvédelem és kutatás a Duna-Tisza közti homokhátságon. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 383–421.
- Fekete, G., Molnár, Zs., Kun, A., Virágh, K., Botta-Dukát, Z. (2002). Záródó homokpusztagyep a Duna-Tisza-közén: a *Festuca wagneri* gyepei. In: Salamon-Albert, É. (szerk.): Magyar botanikai kutatások az ezredfordulón. Tanulmányok Borhidi Attila 70. születésnapja tiszteletére. PTE, Növénytan Tanszék, Pécs, 381–411. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2019.25.1>
- Molnár, Zs., Varga, Z., Biró, M., Dénes, A., Fekete, G., Horváth, A., Kun, A., Ortmanné Ajkai, A., Takács, A. (2009), A.: Dunai-Alföld. In: Fekete G., Varga Z. (szerk.): Magyarország tájainak növényzete és állatvilága. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 51–195.
- Máté, A. (2014). 6260 Pannon homoki gyepek. In: Haraszthy L. (szerk.): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, 817–823.
- Molnár, Zs. (szerk.) (2003). A Kiskunság száraz homoki növényzete. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Kecskemét, https://www.okologia.mta.hu/sites/default/files/homokkonyv_teljes_magyar.pdf
- Molnár, Zs., Király, G., Fekete, G., Aszalós, R., Barina, Z., Bartha, D., Biró, M., Borhidi, A., Bölöni, J., et al. (2018). Növényzet. In: Kocsis K. (főszerk.): Magyarország nemzeti atlasza: természeti környezet. Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet, Budapest, 94–103.
- Stefanovits, P. (1981). Talajtan. 2. átdolgozott kiadás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 380.
- Vadász, Cs. (2015). Az inváziós növényfajok visszaszorításának tapasztalatai a Felső-kiskunsági Turjánvidéken. In: Csiszár Á., Korda M. (szerk.): Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai. Rosalia kézikönyvek, Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 181–188.

Üde gyepekhez köthető védett és ritka növényfajok ex situ csíráztatási kísérlete

Fülöp Bence^{1*}, Deák Balázs², Pacsai Bálint^{1,3}, Valkó Orsolya², Bódis Judit³

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet

*9112bence@gmail.com

Összefoglalás

Hazánkban az üde gyepeket jellemzően emberi hatások alakították ki és tartották fenn. Az utóbbi évtizedekben végbement társadalmi–gazdasági változások a jelentőségüket erősen csökkentették, ami a felhagyásukhoz, degradációjukhoz és az ilyen élőhelyekhez kötődő specialista fajok megirtulásához vezetett. A szakemberek aktív beavatkozásokkal, például magvetéssel igyekeznek a veszélyeztető tényezők hatását ellensúlyozni. Kutatásunk során 24 faj magjait gyűjtöttük be a Battyai-lápréten 2020-ban, majd mindegyik faj esetében 75, előkezelés nélküli magot vetettünk cserepekbe, melyeket természetesen közeli körülményeket között tároltunk. A cserepeket heti két alkalommal ellenőriztük, és dokumentáltuk a csíranövények megjelenését. Minden faj esetében dokumentáltunk sikeres csírázást, a vetés és a csírázás ideje között eltelt idő alapján pedig öt különböző csoportot határoztunk meg. Eredményeink rámutatnak a vizsgált fajok csírázásának időbeli mintázataira és az egymáshoz viszonyított sajátosságaira, valamint bizonyítják azt, hogy a vizsgált fajok magjai a csírázást indukáló mesterséges külső behatások nélkül is viszonylag rövid időn belül képesek kicsírázni.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Pannon biogeográfiai régióban az üde, jó vízellátottságú gyepek az emberi behatások következtében, azaz a hagyományos tájhasználat útján jöttek létre, majd aktív beavatkozásokkal tartották fenn őket gazdasági jelentőségük miatt (Penksza et al., 2008; Házi et al., 2011; Kelemen et al., 2014; Carboni et al., 2015; Catorci et al., 2017). A gyepek extenzív kaszálóként vagy legelőként való művelése az utóbbi évtizedekben végbement társadalmi és gazdasági változások miatt jelentősen visszaszorult Európa szerte (Joyce, 2014), mivel a művelést meghatározó szempontok közül a hosszú távú fenntarthatóság helyett a rövid távú haszonra törekvés vált a legfontosabbá (Horrigán et al., 2002; Tilman et al., 2002). Kiterjedésük napjainkban is folyamatosan csökken, melynek elsődlegesen a felhagyás az oka.

A felhagyás következtében jelentősen csökken a fajgazdagság a kompetitor növényfajok és az idegenhonos inváziós fajok térnyerése miatt, mindezek mellett a cserjésedés is a jellemző veszélyeztető tényezők közé sorolható (Wisheu & Keddy, 1992). A természetvédelem – felismerve az élőhelyek degradációját – aktív természetvédelmi beavatkozásokkal igyekszik a korábban felhagyott területek vegetációjának helyreállítását segíteni (Joyce, 2014; Tölgyesi et al., 2019).

Az élőhelyrekonstrukció egyik legkézenfekvőbb módja a növények magvetéssel történő visszatelepítése, mivel a magok egyébként is alapvető szerepet töltenek be a növények terjedésében. A növényfajok állományainak fennmaradásában kulcsfontosságú a csírázási erély, illetve a magoncok túlélési aránya (Grubb, 1977; Kitajima & Fenner, 2000), így ezen folyamatok alaposabb megismerésével segíthetjük a ritka fajok visszatelepítésének megalapozását vagy állományaik megerősítését, fennmaradását.

Egyes fajok magjai az érést követően azonnal csírázni kezdenek, míg más esetekben jellemző a fajspecifikus dormancia, melynek célja a csíranövények számára kedvezőtlen időszakok áthidalása (Valkó et al., 2014). Az esetleges dormancia hosszát és a csírázás körülményeit számos biotikus és abiotikus tényező és azok együttes hatása határozza meg (Grubb, 1977; Bakker & Vries, 1992; Kitajima & Fenner, 2000; Baskin & Baskin, 2001).

Vizsgálatunk célja, hogy segítsük megalapozni a későbbi magvetéses restaurációs célú természetvédelmi beavatkozásokat. Ennek érdekében kiválasztottunk nedves gyepkezekhez köthető védett és ritka, védelemre érdemes növényfajokat, melyeket magvetéses kísérlettel vizsgáltunk, megállapítva a fajok csírázási arányát és a csíranövények megjelenésének időbeli ritmusát.

Anyag és módszer

Vizsgálatunkhoz 11 törvényi védelem alatt álló és további 13 ritka, természetvédelmi szempontból kiemelt figyelemre érdemes növényfaj magjait gyűjtöttük a 2020-as év vegetációs időszakában, minden faj esetében 80 magot. (1. táblázat)

A maggyűjtést a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területén található Battyai-lápréteken végeztük, amely az „Alsó-Zala völgy” különleges természetmegőrzési terület részeként kapcsolódik a Natura 2000 hálózathoz.

1. táblázat: A vizsgált fajokat összefoglaló táblázat.

Vizsgált fajok		
<i>Anthericum ramosum</i>	<i>Iris sibirica</i> *	<i>Sanguisorba officinalis</i>
<i>Betonica officinalis</i>	<i>Molinia arundinacea</i>	<i>Schoenus nigricans</i> *
<i>Centaurea jacea</i>	<i>Ornithogalum sphaerocarpum</i> *	<i>Scorzonera humilis</i> *
<i>Cirsium canum</i>	<i>Parnassia palustris</i> *	<i>Serratula tinctoria</i>
<i>Dianthus superbus</i> *	<i>Potentilla erecta</i>	<i>Sesleria caerulea</i> *
<i>Dorycnium germanicum</i>	<i>Potentilla rupestris</i> *	<i>Succisa pratensis</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Prunella grandiflora</i> *	<i>Succisella inflexa</i>
<i>Gentiana pneumonanthe</i> *	<i>Pseudolysimachion longifolium</i> *	<i>Thymus pulegioides</i>

*-védett növényfajok

A magokat egyszerre, 2020 október 1-jén vetettük el, minden fajt három különböző cserépbe, minden cserép esetében 25 mag felhasználásával. Munkánk során igyekeztünk a növények eredeti termőhelyéhez a lehető legjobban hasonló ültetőközeget választani (kereskedelmi forgalomban lévő virágföldet használtunk), a cserépeket a természetes körülményeket szimuláló környezetben tároltuk, mellőztünk mindenféle csírázást indukáló külső behatást, a szükséges nedvességet pedig a heti kétszeri öntözéssel biztosítottuk.

A csíranövények megjelenését hetente két alkalommal ellenőriztük és dokumentáltuk 2020. október 1. és 2021. április 17. között, összesen 29 héten keresztül.

Az egyes fajok csírázási jellemzőinek szemléltetésére oszlopdiagramokat készítettünk.

Eredmények és értékelésük

A csíranövények száma

Mind a 24 vizsgált faj esetében találtunk sikeresen csírázó egyedeket vagy egyedeket, a 29 hét alatt összesen 555 csíranövényt regisztráltunk, ami az elvetett magok 30,8%-ának felel meg (2. táblázat).

2. táblázat: Az egyes fajok csírázási arányát összefoglaló táblázat a csírázási arány sorrendjében.

Fajnév	Csíra- szám	Kikelt magok	Fajnév	Csíra- szám	Kikelt magok	Fajnév	Csíra- szám	Kikelt magok
--------	----------------	-----------------	--------	----------------	-----------------	--------	----------------	-----------------

	(db)	aránya (%)	(db)	aránya (%)	szám (db)	aránya (%)		
Dia sup	69	92	Cen jac	28	37,3	Thy pul	9	12
Suc inf	68	90,7	Suc pra	28	37,3	Pru gra	5	6,7
Cir can	59	78,7	Ser tin	27	36	Mol aru	3	4
Pse lon	43	57,3	Pot ere	21	28	Ses cae	2	2,7
San off	43	57,3	Par pal	16	21,3	Dor ger	1	1,3
Ant ram	31	41,3	Gen pne	15	20	Fil ulm	1	1,3
Bet off	31	41,3	Iri sib	13	17,3	Orn sph	1	1,3
Sch nig	30	40	Pot rup	10	13,3	Sco hum	1	1,3

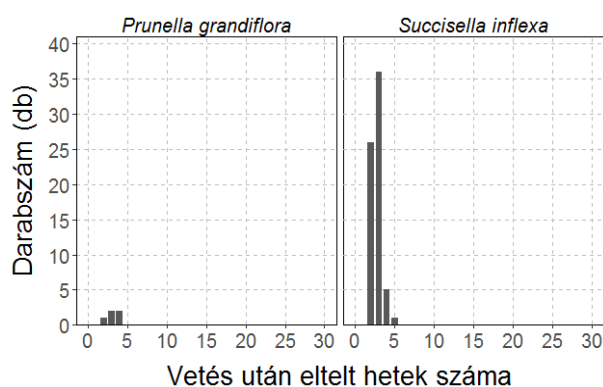
Használt rövidítések: Dia sup - *Dianthus superbus*; Suc inf - *Succisella inflexa*; Cir can - *Cirsium canum*; Pse lon - *Pseudobysimachion longifolium*; San off - *Sanguisorba officinalis*; Ant ram - *Anthericum ramosum*; Bet off - *Betonica officinalis*; Sco nig - *Schoenus nigricans*; Cen jac - *Centaurea jacea*; Suc pra - *Succisa pratensis*; Ser tin - *Serratula tinctoria*; Pot ere - *Potentilla erecta*; Par pal - *Parnassia palustris*; Gen pne - *Gentiana pneumonanthe*; Iri sib - *Iris sibirica*; Pot rup - *Potentilla rupestris*; Thy pul - *Thymus pulegioides*; Pru gra - *Prunella grandiflora*; Mol aru - *Molinia arundinacea*; Ses cae - *Sesleria cearuelea*; Dor ger - *Dorycnium germanicum*; Fil ulm - *Filipendula ulmaria*; Orn sph - *Ornithogalum sphaerocarpum*; Sco hum - *Scorzonera humilis*

A csíranövények megjelenésének időbeli eloszlása

A vetés és a csírázás ideje között eltelt idő alapján öt különböző csoportot határoztunk meg, melyek a következők: 1.) kizárólag az ültetést követő hetekben csíráztak; 2.) többségében az ültetést követő hetekben csíráztak; 3.) az ültetést követően többé-kevésbé folyamatosan, a teljes vizsgált időszakban csíráztak; 4.) többségében a vizsgálati időszak végén csíráztak; 5.) kizárólag a vizsgálati időszak végén csíráztak.

1.) Kizárólag a vetést követő hetekben csíráztak:

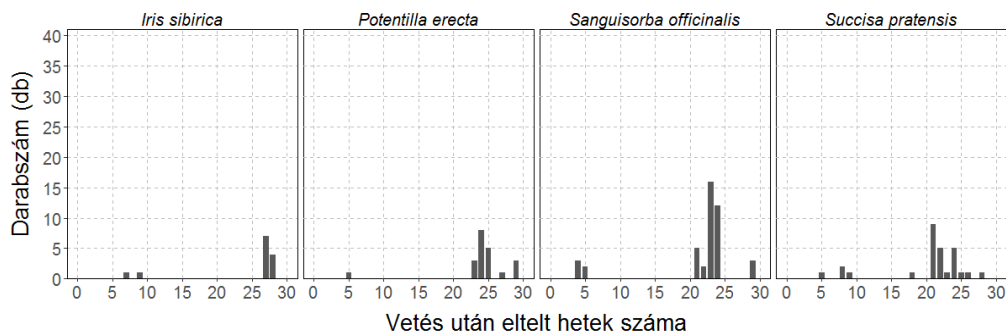
A *Prunella grandiflora* és a *Succisella inflexa* csíranövények a vetést követő hetekben szinte azonnal megjelentek, az ötödik hét után azonban nem regisztráltunk frissen megjelent csíranövényeket. A *Succisella inflexa* esetében igen magas volt (90,7%) a csírázási arány, a *Prunella grandiflora* magoknak viszont csak 6,7%-a csírázott ki.



1. ábra: A *Prunella grandiflora* és a *Succisella inflexa* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségi eloszlása.

2.) Többségében az ültetést követő hetekben csíráztak:

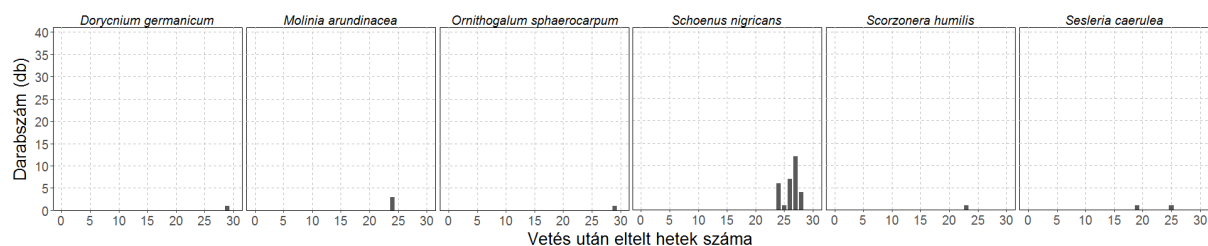
A *Betonica officinalis*, a *Centaurea jacea*, a *Potentilla rupestris* és a *Thymus pulegioides* csíranövények jelentős többsége a vetést követő első néhány héten jelent meg, de néhány egyed a vizsgálati időszak végén is megjelent. A csoportba tartozó fajok közepes eréllyel csíráztak: a *Betonica officinalis* és a *Centaurea jacea* hatékonyabban (41,3 és 37,3%), míg a *Potentilla rupestris* és a *Thymus pulegioides* kevésbé (13,3 és 12%).



4. ábra: *Az Anthriscum ramosum, a Cirsium canum, a Dianthus superbus, a Filipendula ulmaria, a Gentiana pneumonanthe, a Parnassia palustris, a Pseudolysimachion longifolium és a Serratula tinctoria csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása.*

5.) Kizárólag a vizsgálati időszak végén csíráztak:

A kikelt *Dorycnium germanicum*, a *Molinia arundinacea*, az *Ornithogalum sphaerocarpum*, a *Schoenus nigricans*, a *Scorzonera humilis* és a *Sesleria caerulea* csíranövények mindegyike a vizsgálati periódus végén jelent meg. A későn csírázó fajok csírázási hatékonysága – a vizsgált időszakban – összességében meglehetősen alacsonynak bizonyult (1,3–4%), ez alól kivétel a *Schoenus nigricans* (40%), amely esetében a késői indulás ellenére is kicsírázott az elvetett magok közel fele.



5. ábra: *A Dorycnium germanicum, a Molinia arundinacea, az Ornithogalum sphaerocarpum, a Schoenus nigricans, a Scorzonera humilis és a Sesleria caerulea csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása.*

Következtetések, javaslatok

Bár minden vizsgált faj esetében regisztráltunk csíranövényeket a csírázási arány, valamint a vetéstől a csírázásig eltelt idő jelentősen eltért az egyes fajok között.

Mivel minden vizsgált faj esetében regisztráltunk eredményes csírázást, a kezelés nélküli magvetést is alkalmasnak tekinthetjük a vizsgált fajok degradált gyepekre való visszatelepítésére. Külön említést érdemel, hogy a vizsgálat során nem törekedtünk a csírázás számára optimális feltételek megteremtésére, így eredményeink a gyakorlati természet-védelem számára is relevánsak, mivel az élőhelyrekonstrukciós beavatkozásokkal szemben rendszerint alapvető elvárás a költséghatékonyság, melynek a természetes körülmények melletti csíráztatás kiválóan megfelel, bár a gyakorlatban a vizsgált fajok csírázási sikere az egyéb termőhelyspecifikus tényezők esetleges hatása miatt némileg eltérhet.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bakker, J.P., Vries, Y. (1992). Germination and early establishment of lower salt-marsh species in grazed and mown salt marsh. *Journal of Vegetation Science*, 3, 247–252. <https://doi.org/10.2307/3235686>
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2001). *Seeds – ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, Academic Press. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2000.tb01610.x>
- Carboni, M., Dengler, J., Mantilla-Contreras, J., Venn, S., Török, P. (2015). Conservation value, management and restoration of Europe's semi-natural open landscapes. *Hacquetia*, 14, 5–17. <https://doi.org/10.1515/hacq-2015-0017>
- Catorci, A., Piermarteri, K., Penksza, K., Házi, J., Tardella, F. M. (2017). Filtering effect of temporal niche fluctuation and amplitude of environmental variations on the trait-related flowering patterns: lesson from sub-Mediterranean grasslands. *Scientific Reports*, 7 (12034), 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12226-5>
- Grub, P.J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*, 52, 107–145. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1977.tb01347.x>
- Házi, J., Bartha, S., Szentes, Sz., Wichmann, B., Penksza, K. (2011). Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 145, 699–707. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.601339>
- Horrihan, L., Lawrence, R.S., Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ. Health Perspect*, 110, 445–456. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110445>
- Joyce, C.B. (2014). Ecological consequences and restoration potential of abandoned wet grasslands. *Ecological Engineering* 66, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.05.008>
- Kelemen, A., Török, P., Valkó, O., Deák, B., Migléc, T., Tóth, K., Ölvedi, T., Tóthmérész, B. (2014). Sustaining recovered grasslands is not likely without proper management: vegetation changes and large-scale evidences after cessation of mowing. *Biodiversity & Conservation*, 23, 741–751. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0631-8>
- Kitajima, K., Fenner, M. (2000). Ecology of seedling regeneration. in Fenner, M. (Ed.) *Seeds – the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, CABI Publishing, 331–359. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf038>
- Penksza, K., Tasi, J., Szentes, Sz., Centeri, Cs. (2008). Természetvédelmi célú botanikai, takarmányozástani és talajtani vizsgálatok a Tapolcai és Káli-medence szürkemarha és bivaly legelőin. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 5(1), 49–62.
- Swacha, G., Botta-Dukát, Z., Kaçki, Z., Pruchniewicz, D., Żolnierz, L. (2018). The effect of abandonment on vegetation composition and soil properties in Molinion meadows (SW Poland). *PloS one*, 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197363>
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Tölgyesi, C., Török, P., Kun, R., Csathó, A.I., Bátor, Z., Erdős, L., Vadász, Cs. (2019). Recovery of species richness lags behind functional recovery in restored grasslands. *Land Degradation & Development*, 30(9), 1083–1094. <https://doi.org/10.1002/ldr.3295>
- Valkó, O., Tóthmérész, B., Kelemen, A., Simon, E., Migléc, T., Lukács, B., Török, P. (2014). Environmental factors driving vegetation and seed bank diversity in alkali grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 182, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.012>
- Wisheu, I.C., Keddy, P.A. (1992). Competition and centrifugal organization of plant communities: theory and tests. *Journal of Vegetation Science*, 3(2), 147–156. <https://doi.org/10.2307/3235675>

A közönséges nád lebontási ütemének vizsgálata a Balaton Keszthelyi-öbölben

Simon-Gáspár Brigitta^{1*}, Simon Szabina¹, Kucserka Tamás², Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

²Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

**simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu*

Összefoglalás

A Víz Keretirányelv előírásai szerint az Európai Unió tagállamaiban legalább jó ökológiai állapotba kell hozni és fenntarthatóvá kell tenni minden olyan felszíni vizet, amelyek esetén ez egyáltalán lehetséges. A mesterséges tápanyagforrásokon kívül az élő vizeket belső terhelés is éri. Kutatásunkban célul tűztük ki a nád (*Phragmites australis* L.) különböző növényi részeinek (avas nád levél, szár, rizóma) lebontási ütemének vizsgálatát avarzsákos módszerrel (két lyukbőségű eszköz felhasználásával: $\emptyset = 3$ mm és $\emptyset = 900$ μ m), illetve a lebontás kezdeti szakaszára jellemző kioldódás vizsgálatát perkollációs kísérlettel. A különböző növényi szervek lebontási ütemének vizsgálata során megállapítottuk, hogy a nád szár tömegvesztése a leglassabb, míg a nád rizómáé a leggyorsabb. Az 513 napig tartó kísérletben a nagy lyukbőségű eszközökben a nád levél eredeti tömegének 66%-át, a rizóma 68%-át, míg a nád szár csupán 40%-át vesztette el. A 158 napos kioldódás vizsgálatnál a különböző növényi részekből származó, s vízben mérhető összes nitrogén és foszfor eltérő mennyiségű volt, de a kioldódás üteme hasonlóan alakult.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A 2000. december 22-én elfogadott Európai Víz Keretirányelv célul tűzte ki felszíni vizeink jó ökológiai állapotának eltérést 2015-ig (Directive 2000/60/EC, 2000). Hazai viszonylatban a Balaton és vízgyűjtője szempontjából sikereket értünk el, a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer vízkormányzásának köszönhetően. A kitűzött cél elérésén túl annak fenntartása is a kitűzött célok közé tartozik, így nélkülözhetetlen az egyes anyagforgalmi folyamatok, mint például a partmentén és vízben élő növények lebontásának és kioldódásának vizsgálata. A 2015-2021 vízgazdálkodásra vonatkozó prioritásokat az Országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv tartalmazza, melynek célja, hogy megakadályozza vizeink állapotromlását, javítsa azok állapotát, és biztosítsa hosszú távú hasznosíthatóságát (Internet 1). 2015. december 16-án került közzétételre a Duna-vízgyűjtőterület szintű Terv, mely Magyarország területére is vonatkozik nemzetközi szinten. A Terv alapján 2021-ig, továbbá 2027-ig kell végre hajtani a következő feladatokat a jó állapot elérése érdekében: a klímaváltozásra vonatkozó megállapítások értékelése, a vizeink terhelésére vonatkozó legújabb vizsgálatok és azok állapotának felmérése, vízhasználatok gazdasági elemzése (Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv, 2015).

A Balaton vízminőségét a négy medence (Keszthelyi-medence, Szigligeti-medence, Szemesi-medence, Siófoki-medence) eltérő vízminősége jellemzi. Mivel a tó egyetlen víztestet képez, a minősítés során a hosszmenti gradienst az adatok átlagolása „eltünteteti”. Így összességében a Balaton vízminősége jó (a valóságban a Siófoki medence a kiváló-jó határán, a Keszthelyi medence a mérsékelt-jó határán mozog) (Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság, 2009). Mivel a tó története folyamán a vízminőség mezotrofikus (tápanyagban közepes) és eutrofikus (tápanyagban gazdag) között mozgott, valamint a sekély- és mélyvizes periódusok váltották egymást, ezért megállapítható, hogy a Balaton soha nem volt magashegyi tisztaságú, oligotrofikus (kevés tápanyagú) állóvíz (Padi-sák, 1999).

A bomlás és a fotoszintézis olyan folyamatok, amelyek a biológiai szén-dioxid feldolgozás túlnyomó többségét teszik ki a Földön. A fotoszintézist széles körben tanulmányozták biokémiai és ökológiai szinteken. A bomlási tényezők közel annyi szenet alakítanak át, mint a fotoszintézis. Ez azonban főleg a talajon vagy a talaj/víz alatt történik. Mint ilyen, a bomlás nagyrészt „láthatatlan”.

Elsősorban a baktériumok és a gombák hajtják végre. Biokémiája hihetetlenül sokoldalú, így nem meglepő, hogy a bomlás kevésbé vizsgált folyamat a bolygón. A lebontás az egyik központi folyamat a különböző vízi ökoszisztémákban (Gartner & Cardon, 2004), mely folyamatot a biodiverzitás kiemelkedően befolyásol (Moore, 2004). Mivel a bomlás intenzitása a tápanyagok körforgásában alapvető szerepet játszik, hatással van az ökoszisztéma egészére (Hobbie & Vitousek, 2000).

Vizsgálatunkban célul tűztük ki a nád (*Phragmites australis* L.) különböző növényi részeinek (levél, szár és rizóma) lebontási ütemének és kioldódási dinamikájának vizsgálatát a Balaton Keszthelyi-öblében.

Anyag és módszer

Vizsgálatunk helyszínéül olyan területeket választottunk, melyek antropogén hatásoktól mentesek, és jelenleg a sikeres vízkormányzásnak köszönhetően közelítik természetes állapotukat. A közönséges nád (*Phragmites australis* L.) különböző szerveinek (levél, szár, rizóma) lebontási ütemét vizsgáltuk 2017. november 16. és 2019. április 5. között avarzsákos módszerrel (Garca et al., 2005). Az avar nád levelet, szárát és rizómát a vizsgálati helyszíneken (Balaton, Keszthelyi-öböl) a kihelyezést megelőző 2 hétben gyűjtöttük, levélhullás időszakában. A vizsgálati anyagokat tömegállandóságig szárítottuk, majd ezekből 10-10 grammot töltöttünk, 15 x 15 cm-es avarzsákokba, melyek eltérő lyukbőségűek voltak ($\varnothing = 3$ mm – avarzsák és $\varnothing = 900$ μ m – planktonhálósák) (1. ábra). A megtöltött avarzsákokat műanyag rekeszekhez rögzítettük, majd a víztestbe helyeztük. A kihelyezést követően a 14., 32., 48., 74., 123., 144., 158., 197., 230. és az 513. napon 3-3 párhuzamos mintát vettünk. A laborba szállítást követően a mintákat folyó víz alatt megtisztítottuk, újra szárítottuk, majd megmértük a visszamaradt avar tömegét.



1. ábra: Száraz avarral töltött nagy (balra) és kis lyukbőségű – planktonháló (jobbra) avarzsákok.

A lebontás nagymértékben függ a környezeti változóktól, elsősorban a víz hőmérsékletétől, így annak mérésére DeltaOhm HD-226-1 típusú adatrögzítőt használtunk.

Kísérletünkben a nád levél, szár, illetve rizóma vízbe kerülése során történő összes nitrogén, illetve foszfor kioldódásának ütemét vizsgáltuk Rapp (1967), Gaudet & Muthuri (1981), illetve Pomogyi (1983) perkollációs módszere alapján. A vizsgálati növényanyagot az őszi időszakban, levélhulláskor gyűjtöttük be, laboratóriumban megtisztítottuk, majd légszáraz állapotig szárítottunk. Ezt követően 10-10 grammot mértünk minden növényi részből 500 ml űrtartalmú üvegpalackokba, növényi részenként 3-3 ismétléssel, majd azokat a terepen, közvetlenül a vízbe helyezés előtt 450 ml desztillált vízzel töltöttük fel (2. ábra).



2. ábra: A perkollációs vizsgálat során alkalmazott, avarral töltött üvegpalack.

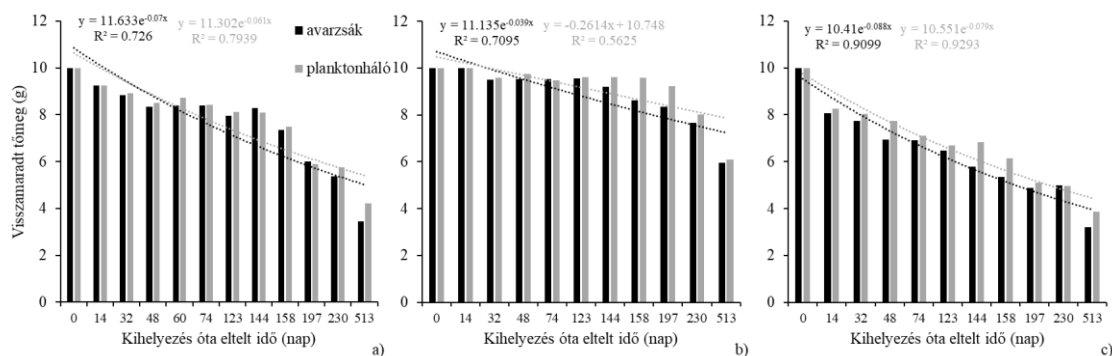
A mintákat tartalmazó üvegedényeket természetes hőmérsékleten inkubáltuk a Balatonban és a Kis-Balatonban az avarzsákos kísérlethez közel. 2017. november 16. és 2018. április 23. között az avarzsákokkal egy időben történt mind a kihelyezés, mind a mintavétel. Minden mintavételkor az üvegpalackokból a folyadékfázist eltávolítottuk, majd desztillált vízzel újra töltöttük, és ismét a vízbe helyeztük a lezárt üvegpalackokat, melyek növényi résszel töltöttek. A vízmintákban spektrofotometriás módszerrel mértük az összes foszfor és összes nitrogén mennyiségét (Lovibond MultiDirect spektrofotométer).

Eredmények és értékelésük

A Keszthelyi-öbölben lévő mintavételi helyen, az 1 méter mélységben mért vízhőmérséklet esetében novemberben, a kísérlet beállításakor $7,5^{\circ}\text{C}$ -ot mértünk, majd ezt követően csökkent a vízhőmérséklet: decemberben $4,0^{\circ}\text{C}$, januárban $4,1^{\circ}\text{C}$, februárban $3,2^{\circ}\text{C}$ átlaghőmérsékletet regisztráltunk. Márciustól emelkedett a vízhőmérséklet ($5,1^{\circ}\text{C}$), áprilisban, a vizsgálati időszak végéig pedig már $14,6^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérsékletet detektáltunk.

A 3.a ábra szemlélteti a nád levél visszamaradt tömegének időbeli változását a Keszthelyi-öbölben. Az ábrán jól látható, hogy a sima zsákokban kissé gyorsabban fogyott az avar, mint a planktonhálószsákokban. A kihelyezést megelőző 144. napon lévő mintavételkor nagyobb tömeget detektáltunk, mint a 123.-on, ennek egyik lehetséges oka az lehet, hogy mintáinkat nem ugyanolyan mértékű kisodródás érte. A nád levél esetében nem volt szignifikáns különbség a két lyukbőségű zsákokban mért visszamaradt tömegek között ($p = 0,831$).

A nád szár fogyása a Keszthelyi-öbölben (3.b ábra) az avarzsákokban intenzívebb volt a planktonhálószsákokban lévő mintákhoz viszonyítva. A kezdeti tömeghez képes maximálisan 40%-os csökkenést tapasztaltunk ebben a víztestben. A sima zsákokban a 144. naptól volt intenzív a fogyás, a 74. és a 123. nap között lényeges tömegváltozást nem mértünk. Nem találtunk különbséget a két lyukbőségű avarzsák között ($p = 0,573$).

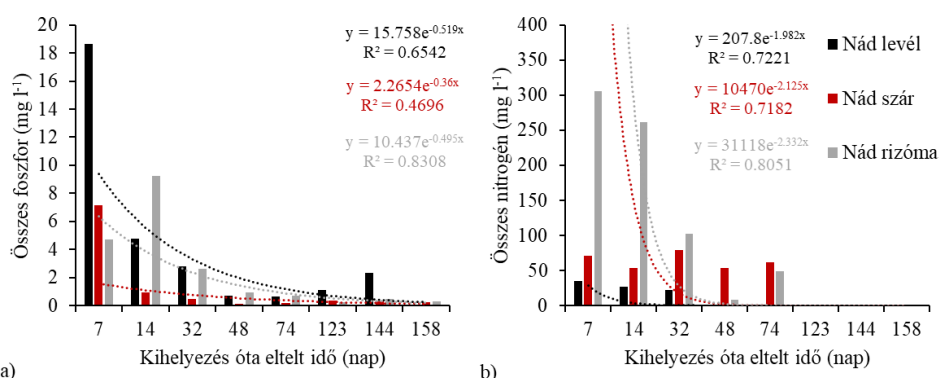


3. ábra: A Balaton Keszthelyi-öblébe kihelyezett avarzsákokban visszamaradt nád levél (a), nád szár (b) és nád rizóma (c) száraz tömege az 513 napos vizsgálati időszakban.

A nád rizóma tekintetében hirtelen tömegcsökkenés az első 14 napon történt, ekkor a rizóma a Keszthelyi-öbölben elvesztette száraztömegének 17%-át (3.c ábra). Összességében megállapítható, hogy a sima zsákokban lévő minták gyorsabban fogytak a kontrollként szolgáló planktonháló zsákokhoz viszonyítva, de különbséget - az előzőekhez hasonlóan -, itt sem tapasztaltunk ($p = 0,511$). A három növényi részt összehasonlítva nem találtunk különbséget a levél és rizóma ($p = 0,067$) nagy lyukbőségű avarzsákjai és planktonhálós zsákjai esetében sem.

A nád lebontásáról elsősorban a Fertőről állnak rendelkezésre adataink. Dinka (1993, 2001) a tó nádas parti zónájában végeztek kutatásokat, és ezen növény lebontási együtthatóját feltérképezését tűzték ki célul, továbbá Dinka és Szeglet (1999) megállapították, hogy az avarzsákból való kisodródás az első 3 hónapban 50% körül alakult.

Az üvegpalackokból vett vízmintákban lévő összes nitrogén alakulását a 4.a ábra mutatja, ahol az első mintavételt követően növekedő tendenciát mutat minden növényi rész esetében. A levél és szár ($p < 0,001$), a levél és a rizóma ($p < 0,001$), valamint a szár és a rizóma ($p < 0,001$) között szignifikáns összefüggést találtunk.



4. ábra: Az összes nitrogén (a) és összes foszfor (b) alakulása az idő függvényében a nád levél, nád szár és nád rizóma esetében a Balaton Keszthelyi-öbölben inkubált üvegpalackok vizében.

Az összes nitrogénhez hasonlóan a teljes foszfor koncentráció az első napokban nőtt. A legmagasabb összes foszfor koncentrációt az első mintavételkor a nád rizóma esetében mértük, 376,5 mg l⁻¹-t, a legalacsonyabbat pedig a nád levélnél (26,6 mg l⁻¹). A 48. napon lévő mintavételkor sem növekedést, sem csökkenést nem állapítottunk meg, utána pedig állandósultak az értékeink (4.b ábra). A levél és szár ($p < 0,001$), a szár és a rizóma ($p < 0,001$) és a levelek és a rizóma ($p < 0,001$) kioldódási üteme között szignifikáns különbségeket találtunk. A *Cyperus immensus*on figyelték meg a makrofíták szövetében lévő tápanyag kezdeti gyors elvesztését (Gaudet és Muthuri, 1981) nitrogén és foszfor esetében, ami néhány napig tartott, mindezt a növényi szövetekből történő kioldódásnak tulajdonították.

Következtetések, javaslatok

A nád mind vízminőségi, mind természetvédelmi szempontból kiemelkedően fontos növény. Víz-tisztító funkciója miatt széles körben alkalmazzák szennyezett vizek tisztítására is. Azzal azonban kevés tanulmány foglalkozik, hogy milyen folyamatok mennek végbe a téli és nyári időszakban, a növény elhalása után. Célszerű lenne vizsgálni a klímaváltozás nád lebontására gyakorolt esetleges hatásait, hiszen az avarlebontás jelentős hőmérsékletfüggést mutat.

A vízben elhaló, illetve behulló biomassza ismeretében kiszámítható az adott víztest pontos nitrogén és foszfor terhelése. A globális klímaváltozás következtében a jövőben várhatóan magasabb hőmérséklet, illetve időjárási szélsőségek hatását a lebontásra, illetve kioldódásra a mai napig kevesen kutatják, így célszerű a területen ilyen jellegű kísérletsorozat beállítása is.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Dinka, M. (1993). Über die regionalen wasserchemischen Verschiedenheiten des ungarischen Seeteiles im Neusiedler See. Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland-Bericht, 79, 31–39.
- Dinka, M., Szeglet, P. (1999). Carbohydrate and nutrient content in rhizomes *Phragmites australis* from different habitats of Lake Fertő/Neusiedlersee. *Limnologia*, 29(1), 47–59. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(99\)80038-3](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(99)80038-3)
- Dinka, M. (2001). Some characteristics of reed (*Phragmites australis* /Cav./Trin ex Steudel) that indicate different health between vigorous and die-back stands. *Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 27, 3364–3369. <https://doi.org/10.1080/03680770.1998.11902450>
- Garca, M.A.S., Bärlocher, F., Gessner, M.O. (2005). *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guid.*, 37–42.
- Gartner, T.B., Cardon, Z.G. (2004). Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*, 230–246. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12738.x>
- Gaudet, J.J., Muthuri, F.M. (1981). Nutrient relationships in shallow water in an African lake, Lake Naivasha. *Oecologia*, 49, 109–118. <https://doi.org/10.1007/BF00376907>
- Glatz, F., Grynaeus, A., Bíró, M., Tóth, E., Müller, R., Mócsy, A., Szöke, B.M., Zsoldos, A., Pálffy, G., Párizs, Á., Czére, B., Szerelmey, M., Párizs, Á., Szekrényessy, A., Horváth, Sz., Láng, I., Dózsa, K., Frisnyák, Zs., Sipos, P., Salánki, J., Bíró, P., Padišák, J., Istvánovics, V., Tóth, S., Szendrődy, Gy., Kovács, É. (1999). *História 1990–056*. Padišák J. (1999) 1. A tó természetétörténete, 105–110.
- Hobbie, S.E., Vitousek, P.M. (2000). Nutrient limitation of decomposition in Hawaiian forest. *Ecology*, 81, 1867–1877. <https://doi.org/10.2307/177277>
- Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (2015). *A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása Vízyűjtő-gazdálkodási Terv Balaton Részvízyűjtő*.
- Moore, J.C. (2004). Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters*, 584–600. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00606.x>
- Pomogyi, P. (1983). A Kis-Balaton tömegesen előforduló hínárfajok tápanyagforgalma és annak kapcsolata a vízminőségvédelemmel. *Kandidátusi értékezés*, Keszthely.
- Rapp, M. (1967). Etude experimentale de la libération d'éléments minéraux lors de la décomposition de litières d'essences méditerranéennes. *C. R. Acad. Sci. Paris t.*, 264, 797–800.
- The EU Water Framework Directive. (2000). 2000/60/Ec.
- Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság (2009). *A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása Vízyűjtő-gazdálkodási terv, Balaton részvízyűjtő*.
- Internet1: <http://euvki.hu/>

A léghőmérséklet változása Keszthely térségében 1901-től napjainkig

Németh-Koczó Johanna¹, Anda Angéla²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

**hanna.nemethkoczoo@gmail.com*

Összefoglalás

Kutatásunk célja a keszthelyi hosszú idősoros léghőmérséklet adatok éghajlati statisztikai elemzése alapján a globális felmelegedés helyi megnyilvánulásának vizsgálata. A vizsgálathoz 1901-2016 közötti havi homogenizált középhőmérséklet adatokat használtunk, melyekből évszakos és évi összegeket képeztünk. Az eredmények alapján az éves és szezonális eloszlás tekintetében egyértelműen megállapítható a léghőmérséklet emelkedése, a trendvizsgálat igazolja a keszthelyi léghőmérsékleti adatok alakulásában fellelhető változást. A havi középhőmérséklet alakulása december hónap kivételével szintén emelkedő tendenciát mutat.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Föld átlaghőmérséklete a 19. század közepe óta fokozatosan emelkedik, ezzel együtt pedig a felszíni vizek, az óceánok és a troposzféra hőmérséklete is. A napjainkban tapasztalható klímaváltozáshoz az emberi tevékenység jelentős mértékben hozzájárul. Az atmoszférába egyre több üvegházhatású gázt juttatva növeli annak légköri koncentrációját, megváltoztatva a légkör összetételét annak melegedését eredményezve. A szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid és más üvegházhatású gázok globális légköri koncentrációja az 1750-es évek óta jelentős mértékben növekedett. A légköri természetes üvegházhatás fokozatosan erősödött, a többlet energiát az éghajlati rendszer viszont csak a hőmérséklet emelkedésével tudta ellensúlyozni. A léghőmérséklet globális méretű változása a Földön szinte minden területen érezhető hatását, mint például hó- és jégtakaró kiterjedt olvadása, a gleccserek visszahúzódása, a világtengerek szintjének emelkedése, az ivóvízkészletek csökkenése, a forró nyarak egyre gyakoribb előfordulása, az aszályhajlam növekedése vagy a szárazabb területeken a növekvő hőstressz és párolgás következtében fellépő elsivatagosodás egyre gyorsuló folyamata. A szélsőségesebb időjárási viszonyok, súlyos károkat okozó szélsőséges meteorológiai események az egész bolygón és hazánkban is megfigyelhetők. A Föld felszíni hőmérséklete világszerte emelkedik, az emelkedés azonban nem egyenletes, regionális és évszakos különbségeket mutat (IPCC, 2007).

A felmelegedés a 20. század során két fázisban ment végbe: az első az 1910-es évektől az 1940-es évekig tartott, amelyet az 1960-as, 1970-es évekig tartó enyhe lehűlés követett, majd a 20. század utolsó negyedétől napjainkig gyors felmelegedés következett. A felmelegedés a kontinenseken nagyobb mértékű volt, mint az óceánokban, valamint várhatóan erősebb lesz a szárazföldön és a magasabb északi szélességeken (IPCC, 2007). Bartholy et al. (2007) jelentős melegedési tendenciát figyeltek meg az 1961-2001 közötti időszakot vizsgálva a Kárpát-medencében. Hazánk léghőmérséklete a globális trendekhez hasonlóan alakult, azonban a kisebb terület miatt nagyobb változékonyságot mutat (Szalai et al., 2005). Míg az IPCC 2007-es jelentése szerint a globális átlagos hőmérséklet 1906 és 2005 között körülbelül 0,74°C-kal nőtt, addig az IPCC 2014-es adatai alapján ez az érték már 0,85°C-os hőmérséklet-emelkedést mutat 1880 és 2012 között. Az előrejelzések a 21. század végére 1,1-6,4°C körüli felmelegedést valószínűsítene. A legalacsonyabb kibocsátási forgatókönyv esetében a legoptimistább becslés is 1,8°C-os (valószínű tartomány: 1,1-2,9°C), a pesszimistább forgatókönyv pedig 4°C-os (valószínű tartomány: 2,4-6,4°C) globális hőmérsékletemelke-

dést jósol 2100-ig (IPCC, 2007). A Kárpát-medencében várható klíma alakulását a 2071-2100 közötti időszakra Bartholy et al. (2007) a PRUDENCE projekt eredményei alapján, az A2 és B2 globális kibocsátási forgatókönyveket felhasználva becsülték, mely eredmények egyértelmű melegedő tendenciát valószínűsítene, legerősebben a nyári hónapokra. Kertész & Mika (1999) a kontinentalitás mérsékelt csökkenését figyelte meg hazánkban.

A legtöbb kutatás a megfigyelt adatok a klímamodellek éghajlati forgatókönyveivel való összehasonlításával foglalkozik, azonban a regionális változásokat már kevesebben vizsgálják. Az IPCC TAR (2001) szerint a Kárpát-medencét rendkívül érzékenyen érintheti a globális felmelegedés. Magyarországon a 20. század utolsó 30 évében az átlaghőmérséklet $10,0^{\circ}\text{C}$ -nak adódott (Bartholy et al., 2013). A hőmérsékletemelkedés a globális trendekhez képest valamelyest nagyobb, a múlt század eleje óta mért országos $1,11^{\circ}\text{C}$ -os növekedés meghaladta a globális értékét. A tavaszi átlaghőmérséklet emelkedése $1,22^{\circ}\text{C}$, az őszi és téli $0,79^{\circ}\text{C}$ és $0,77^{\circ}\text{C}$ volt az 1901 és 2013 közötti periódusban. Hazánkban az évszakok között megfigyelhető felmelegedési tendencia leginkább a nyarak tekintetében a leginkább szembetűnő, a 20. század kezdete óta a hőmérsékletemelkedés $1,44^{\circ}\text{C}$ -nak adódott (Lakatos et al., 2014). A felmelegedés országunkban sem egyenletes, régióként változik, melyet elsősorban a zonalitás és a domborzat határoz meg.

A globális felmelegedés regionális hatása a szélsőséges időjárási események megnyilvánulásában, gyakoriságában és fokozódásában is megjelenik. Az elmúlt 50 évben a szélsőséges hőmérsékleti eseményekben jelentős változások figyelhetők meg. A hideg napok, a hideg éjszakák és a fagyok előfordulása csökkent, míg a forró napok, a forró éjszakák és a hóhullámok gyakoribbakká váltak, egyértelműen mutatva a gyorsuló felmelegedési folyamatot. Az IPCC 2011-es jelentése szerint a forró szélsőségek és a hóhullámok száma, gyakorisága, intenzitása és időtartama várhatóan Európaszerte növekedni fog, míg a téli szélsőséges hideg és fagyos napoké csökkenni. A forró hullámok időtartama 1976 óta jelentősen növekedett, a melegedési tendenciák az utolsó intenzív globális hőmérsékletemelkedéssel párhuzamosan jelentek meg. A nyári napok és a forró éjszakák növekvő száma jelentős mértékű felmelegedést mutat Magyarországon (Lakatos et al., 2007). Spinoni et al. (2015(a)) szintén növekvő tendenciát figyeltek meg a hóhullámok előfordulásában az 1961 és 2010 közötti időszakban a Kárpát-térségben, valamint csökkenő tendenciát a hideg hullámok előfordulásában. A Kárpátok régióban a szárazsági mutatók mérsékelt növekedést mutatnak az 1950-2012 közötti időszakban. Az aszályok gyakorisága, időtartama és súlyossága az utóbbi évtizedekben, különösen 1990-től kezdődően jelentősen nőtt. Régióink igen érzékeny, az aszályra hajlamos területek közé tartozik (Spinoni et al., 2013, 2015(b)). Briffa et al. (2009) szintén megfigyelték a száraz nyarak számának jelentős növekedését az utóbbi évtizedekben. Még hosszabb távú megfigyelések alapján a 17. század végétől a 19. század elejéig a tendencia a nedvesebb nyarak irányába mutatott, melyet fokozatosan szárazodó tendencia követett. A 20. század vége felé, legfőképpen Közép-Európában a száraz nyarak előfordulása jelentősen megnőtt.

Anyag és módszer

Keszthely a Dunántúlon, a Balaton nyugati partján, a Keszthelyi-öbölben fekszik. A régió éghajlata jóval kiegyenlítettebb, mint az ország keleti részén. Időjárását a tó sajátos mikroklimája, valamint a Keszthelyi-hegység széljárást módosító hatása befolyásolja. Klímaváltozás szempontjából igen érzékeny terület. A Balaton kedvező hatása a levegő hőmérsékletének kiegyenlítésében (a nyarak kevésbé forróak, a telek enyhébbek), a levegő páratartalmának növekedésében mutatkozik meg, valamint vízfelülete a napsugárzás visszaverődésében játszik szerepet (Antal, 1974). Munkánkhoz a Keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomás homogenizált átlagos havi levegőhőmérsékleti adatait használtuk az 1901-2016 közötti időszakban. Az adatok homogenizálása a MASH szoftver segítségével (Szentimerey, 1999) történt. A homogenizálás segítségével a mérési körülmények változásából következő hatások pl. műszerváltás, a leolvasás időpontjának változása, az állomás áthelyezése stb.

kiküszöbölhetővé váltak. Homogenizálás után az adatokat éves, évszakos és havi időskálán elemeztük egyszerű éghajlati statisztikai jellemzők meghatározásával, lineáris trendszámítással, valamint mozgóátlagolással.

Eredmények és értékelésük

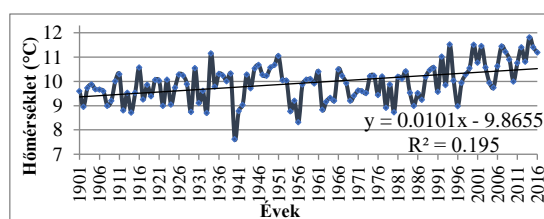
Az éves középhőmérsékletek alakulása

Keszthely évi átlagos középhőmérséklete az 1901–2016 időszakban 9,94°C volt, mely az országos tendenciákkal összhangban alakult (1. táblázat).

1. táblázat: *A keszthelyi homogenizált évi középhőmérsékleti adatsor leíró statisztikai jellemzői 1901-2016 között.*

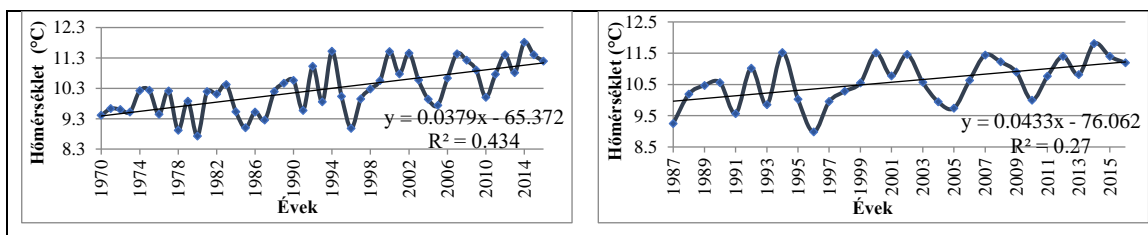
Átlag	9,94°C
Szórás	0,77°C
Minimum (1940)	7,62°C
Maximum (2014)	11,81°C
Terjedelem	4,19°C
Átlagos abszolút eltérés	0,61°C

Az adatsor leghidegebb éve 1940, mely évi átlaghőmérséklete 7,62°C. A legmelegebb év pedig 2014-ben volt 11,81°C évi átlaggal. A legmagasabb és legalacsonyabb éves átlaghőmérséklet, valamint a szórás alapján elmondható, hogy Keszthely hőmérséklete kiegyenlített. A 10 legmelegebb év 1934, 1994, 2000, 2002, 2007, 2008, 2012, 2014, 2015 és 2016 volt, melyből 8 év az ezredfordulón és az utáni években volt. A trendillesztést három különböző időszakra végeztük el: 1901-2016-ig, 1970-2016-ig, valamint a legutóbbi 30 évre, 1987-2016-ig. Az 1970-2016-os időszak elemzését az IPCC (2007), valamint Bartholy et al. (2007) által megfigyelt 1960-1970-es évektől kezdődő melegedő tendencia tett indokolttá. A legutóbbi 30 év pedig a legintenzívebb melegedés időszaka, amely a jelenlegi klímát leginkább jellemzi. A hőmérséklet emelkedése a lineáris trendelemzés alapján a teljes vizsgált időszakban 1,17°C volt a múlt század elejétől 2016-ig (1. ábra).



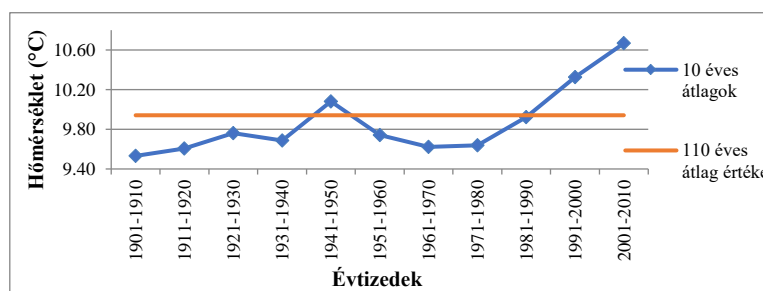
1. ábra: *Az éves átlaghőmérséklet tendenciája 1901-2016 között, Keszthelyen.*

Szignifikáns változás a teljes időszoron kimutatható, ami az éghajlat megváltozását jelzi. Az emelkedés kisebb mértékű ugyan, mint a legutóbbi 30 évre vonatkozó értékek, azonban az itt mutatkozó jelentős változás még jobban megerősíti a melegedés tényét. A hőmérséklet igen intenzív emelkedése a század utolsó évtizedeiben kezdődött meg. Az 1970-2016 közötti, valamint az 1987-2016 időszakok hőmérsékletemelkedése 1,78°C és 1,30°C volt (2. ábra).



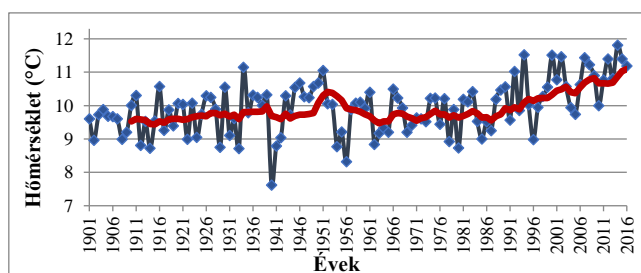
2. ábra: Az éves átlaghőmérséklet tendenciája 1970-2016 valamint 1987-2016 között, Keszthelyen.

A keszthelyi homogenizált éves átlaghőmérséklet tízéves átlagainak változása hasonlóan alakult a fentebb leírt hőmérséklet tendenciához. Az 1941-1950-es évekig tartó melegedési időszakot hűlés követett, majd az 1971-1980-as évtizedtől kezdődően folyamatosan melegedővé vált (3. ábra).



3. ábra: A homogenizált évi középhőmérsékletekből képzett tíz éves átlagok viszonya a 110 év átlagához.

A teljes adatsorra mozgóátlagot illesztve az emelkedő tendencia szintén megfigyelhető. (4. ábra).

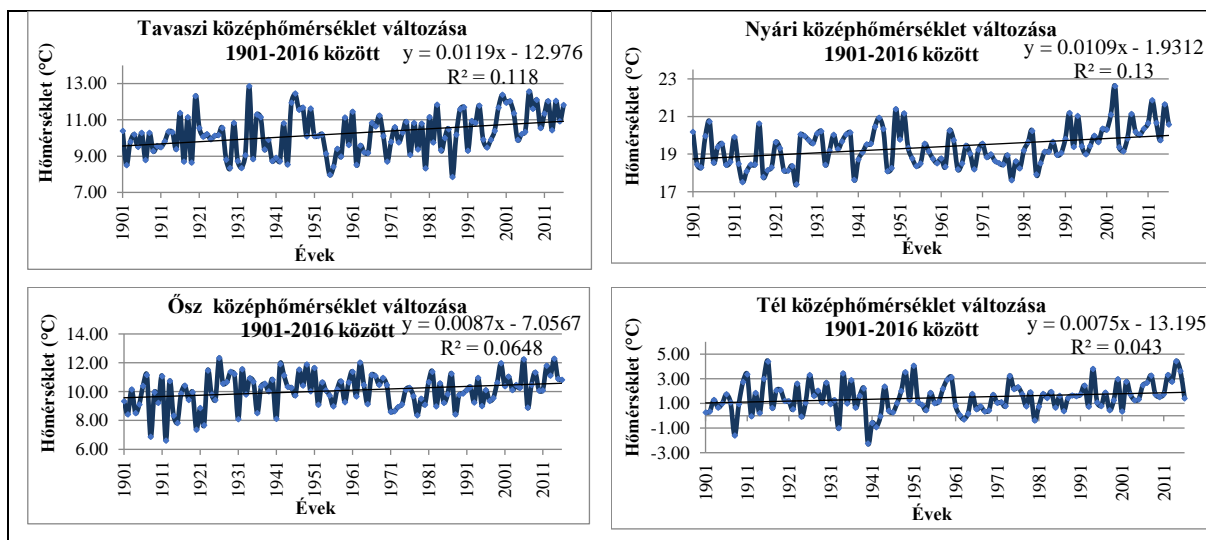


4. ábra: Az évi léghőmérséklet változása (1901–2016) és mozgóátlagának sora ($k = 10$).

Az évek középhőmérsékleteinek a 116 éves adatsor átlagától abszolút értékben való eltérése, és az abban jelentkező változás annak változékonyságára utal (Varga-Haszonits, 2003). Az eredmények alapján az éves változékonyságban szintén pozitív tendencia mutatható ki.

A hőmérséklet évszakai változásai

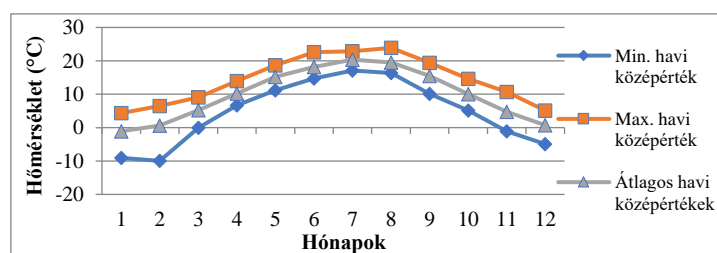
A melegedési tendencia leginkább a tavasz hőmérsékletében mutatkozik meg. A középhőmérsékletek az évi növekedéshez képest nagyobb mértékben, $1,38^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedtek. A tavasz átlaghőmérséklete az 1901-2016 időszakban $10,24^{\circ}\text{C}$ volt. A nyár hőmérséklete $19,37^{\circ}\text{C}$ -nak adódott, középhőmérséklete az évi középhez hasonló mértékben, $1,26^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett. Az ősz átlaghőmérséklete $10,08^{\circ}\text{C}$, a hőmérsékletemelkedés $1,01^{\circ}\text{C}$ volt. A téli középhőmérséklet $1,47^{\circ}\text{C}$, a hőmérséklete 1901 óta $0,87^{\circ}\text{C}$ -ot emelkedett, mely érték pozitív ugyan, de a változás statisztikailag nem szignifikáns. A tavasz, a nyár és az ősz esetében azonban szignifikáns melegedés mutatható ki.



5. ábra: Az évszakos homogenizált középhőmérsékletek változása 1901-2016 között, Keszthelyen.

Havi középhőmérsékletek alakulása

A havi középhőmérsékletek december hónap kivételével emelkedő tendenciát mutatnak, melyek közül április, május, június, július és augusztus hónapok esetében szignifikáns hőmérsékletemelkedés mutatható ki. A havi középhőmérsékletek eloszlását, átlagos, minimum és maximum értékeit a 6. ábra szemlélteti. A havi szélső értékek között a legnagyobb eltérés a január, február, november és december hónapokban volt megfigyelhető, tehát a hidegebb hónapokban a havi középhőmérsékletek változékonysága nagyobb.



6. ábra: Keszthely minimális, maximális és átlagos havi középhőmérséklet értékei 1901-2016 között.

Következtetések, javaslatok

A trendvizsgálat igazolja a keszthelyi hőmérsékleti adatok alakulásában fellelhető melegedést, mely alátámasztja Bartholy & Pongrácz (2007) által megfigyelt emelkedő léghőmérsékleti tendenciát a Kárpát-medencében. A teljes adatsort vizsgálva a felmelegedés Keszthely térségében is két szakaszban következett be. Az éves és évszakos eloszlások tekintetében egyértelműen megállapítható a léghőmérséklet növekedése. Az éves változékonyságban is pozitív tendencia mutatható ki. A havi középhőmérsékletekben december hónap kivételével szintén emelkedő tendencia figyelhető meg.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Antal, E. (1974). A hő és vízháztartás összetevők klimatológiai jellemzése a Balaton térségében. In: A Balaton éghajlata (Béll, B., Takács, L.; eds.) OMI. Hiv. Kiadv. XL., 188–204.
- Bartholy, J., Pongrácz, R. (2007). Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001, *Global and Planetary Change* 57, 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. (2007). Regional climate change expected in Hungary for 2071–2100, *Applied ecology and environmental research* 5(1), 1–17. https://doi.org/10.15666/aeer/0501_001017
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Bihari, Z., Lakatos, M., Mészáros, R., Pieczka, I., Práger, T., Radics, K. (2013). Klímaváltozás. Eötvös Loránd Tudományegyetem, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0073.
- Briffa, K.R., van der Schrier, G., Jones, P.D. (2009). Wet and dry summers in Europe since 1750: evidence of increasing drought. *Int. J. Climatol.* 29(13), 1894–1905. <https://doi.org/10.1002/joc.1836>
- IPCC (2001). *Climate change 2001. Third Assessment Report: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2011). Summary for Policymakers. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., ... and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2014). Fifth Assessment Report Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Dubash, N.K., *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC (2014). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., ... White, L.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kertész, A., Mika, J. (1999). Aridification - Climate Change in South-Eastern Europe *Phys. Chem. Earth (A)*, 24, 913–920. [https://doi.org/10.1016/S1464-1895\(99\)00135-0](https://doi.org/10.1016/S1464-1895(99)00135-0)
- Lakatos, M., Szentimrey, T., Birszki, B., Kövér, Zs., Bihari, Z., Szalai, S. (2007). Changes of Temperature and Precipitation Extremes following Homogenization. Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary *Acta Silv. Lign. Hung.*, 3, 87–95.
- Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z. (2014). A klímaváltozás magyarországi jelei. *Léggör* 59(4), 158–163.
- Mika, J., Szentimrey, T., Bartholy, J., Szeidl, L. (2001). XXth century behaviour of temperature and precipitation extremes in Hungary. In: *Proc. of the 8th Int. Meeting on Statistical Clim.* Luneburg, Germany.
- Spinoni, J., Antofie, T., Barbosa, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Vogt, J.V. (2013). An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961–2010. *Adv. Sci. Res.* 10(1), 21–32. <https://doi.org/10.5194/asr-10-21-2013>
- Spinoni, J., Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S., and T. Antofie (2015a). Heat and cold waves trends in the Carpathian Region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology* 35, 4197–4209. <https://doi.org/10.1002/joc.4279>
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., Barbosa, P. (2015b): European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global and Planetary Change* 127, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.01.012>
- Szalai, S., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T. (2005). Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. OMSZ.
- Szentimrey, T. (1999). Multiple analysis of series for homogenization (MASH). *Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, 27–46.
- Varga-Haszonits, Z. (2003). Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók. *AGRO-21 Füzetek* 31, 9–28.

Fűz és nyár avar lebontási ütemének vizsgálata a Balaton Keszthelyi-öbölben

Simon Szabina^{1,2*}, Simon-Gáspár Brigitta², Anda Angéla²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

*simonszabina95@gmail.com

Összefoglalás

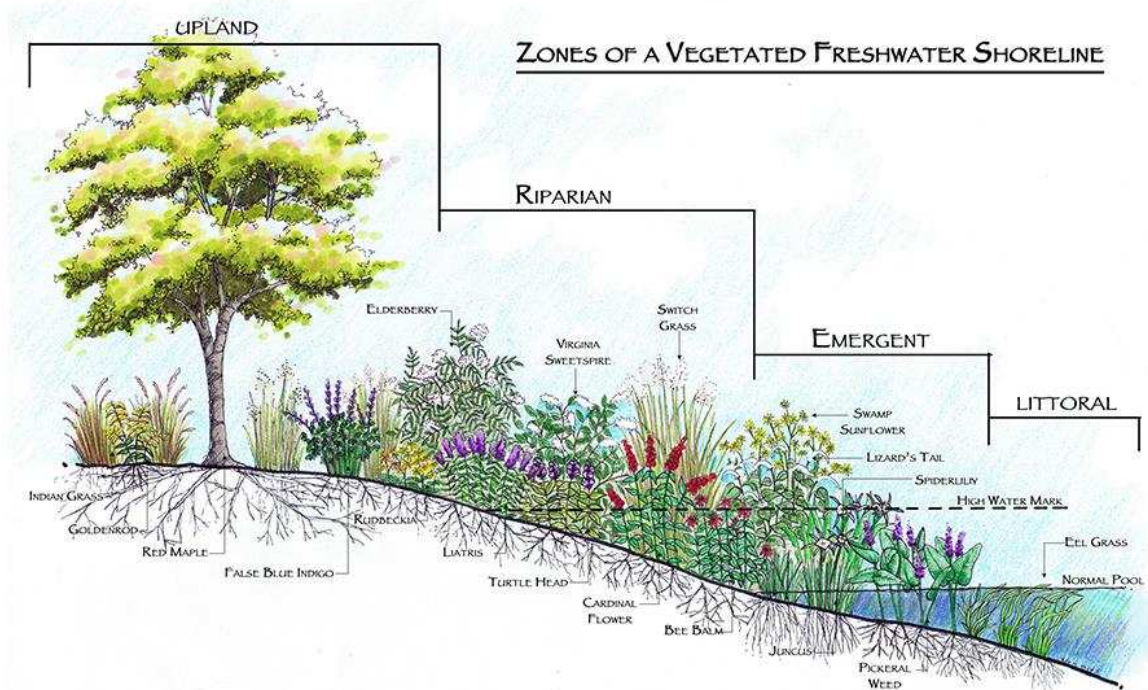
A vízben történő avarlebontás egy központi folyamat, mely hatással van az ökoszisztéma egészére, így vizsgálata kiemelkedő fontosságú. Magyarországon a tavak és folyók partján a leggyakoribb fás szárú fajok a fűz (*Salix* sp.) és a nyár (*Populus* sp.), amelyek az őszi avarhullást követően a víztestbe kerülve hozzájárulnak a víztest tápanyag-terhelésének növekedéséhez. A Balaton Keszthelyi-öbölben téli időszakban egy terepi kísérletet állítottunk be a fűz- és nyárlevél bomlási dinamikájának tanulmányozásához a szakirodalomban széles körben alkalmazott avarzásos módszerrel. A területen az eddigi kutatásokhoz képest eltérő eredményt kaptunk, a fűz és a nyár avar tekintetében egyaránt közepes bomlási kategóriát állapítottunk meg a kísérleti időszakunk alatt.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Balaton fiatal negyedidőszaki képződmény, kb. 15-20 ezer éve keletkezett, árkos vetődéssel. Felülete átlagos vízszintnél 596 km², átlagos mélysége 3,25 m, térfogata 1,9×10⁹ m³. A tó ezért sekély, nagy felülettel rendelkezik. Hidrológiai szempontból a tavat 4 medencére lehet felosztani, melyeket eltérő vízminőség jellemez. A Balaton vízminőségét a 4 medence eltérő vízminősége jellemzi. Mivel a víztest kijelölés során a tó egyetlen víztestet képez, így a minősítés során a hosszmenti gradienst az adatok átlagolása „eltüntet”. Így összességében a Balaton vízminősége jó, a valóságban viszont a Siófoki medence a kiváló-jó határán, míg a Keszthelyi medence a mérsékelt-jó határán mozog. (Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság, 2009).

A beáramlás kb. felét a Zala-folyó engedi a tó délnyugati részébe, a Keszthelyi-öbölbe. A tápanyagok legnagyobb szállítója a Zala-folyó, amely az egész tó teljes külső terhelésének kb. egyharmadát a Keszthelyi-öbölre viszi. A tó vízminősége romló tendenciát mutatott egészen az 1990-es évek közepéig, mely többnyire az intenzív mezőgazdaságnak volt köszönhető, melynek velejárója volt a mértéktelen műtrágyahasználat és a nagyüzemi állattartás is. A vízminőséget tovább rontotta az üdülők növekvő száma, mivel az ivóvíz és csatornázás-fejlesztők nem vették figyelembe a környezeti terhelést. Ezek alapján 1972 és 1977 között a Keszthelyi-medence elsődleges termelése nyolcszorosára nőtt (Heródek & Elekes, 2000). Ennek következtében halpusztulás, illetve a tó egészére kiterjedő fonalas cianobaktérium inváziója lett. Mindez megtette a végső lökést a Balaton vízminőségének javítását szolgáló stratégia elfogadására, mely során megépült a Kis Balaton vízvédelmi rendszer, valamint a szennyvízkezelésben is több lépcsőben javító intézkedések történtek. A Balaton tápanyagforgalma azonban a mai napig nem pontosan ismert, melyik egyik eleme a víztestben történő növényi anyagok lebontási folyamata. Ennek megismerése további segítséget nyújthat a tó megfelelő vízminőségének fenntartásában.

A magyarországi sekély tavak és vizes területek legelterjedtebb fás szárú növényfajai a fűz (*Salix* sp.) és a nyár (*Populus* sp.). A domináns parti fák bomlási ütemének meghatározása segít abban, hogy választ kapjunk arra, hogy a vízbe hulló avar milyen mértékben járul hozzá egy vizes élőhely tápanyag terheléséhez.



1. ábra: A növényzettel borított édesvízi partvidék zónái (forrás: peanc.org).

A vízbe hulló avar magába foglalja a leveleket, levéltörmelégeket, továbbá a gallyakat, ágakat, terméseket és egyéb növényi részeket (Benfield, 1997). A vegetáció elhelyezkedésétől és típusától függően változhat az avar összetétele, mégis 41-98%-os részesedéssel a levelek hányada a legnagyobb (Oelbermann & Gordon, 2000). Az avarprodukciónak, tehát a lombhullás éves mennyisége a mérsékelt övi erdőkben 4,5-15 t/ha mennyiséget is elérheti (Traser, 1996). Az avar érkezik felülről, közvetlenül a víztestbe hullva, oldalról a szél által befújva, továbbá besodródás révén (Gregory et al., 1991). A mérsékelt övi lombhullató erdőkben az ősszel lehulló avar mennyisége az éves avarinput legnagyobb átlagát képezi, akár a 79%-ot is elérheti (Abelho & Graca, 1996).

Az avarlebontás egy többlépcsős, időigényes folyamat. Miután a levél behullik a víztestbe, száraztömegének negyedét elveszíti vízoldható vegyületeinek kioldódása által már az első 24 óra alatt (Webster & Benfield, 1986). Ezután következik a mikrobiális lebontás, melyet legnagyobb részben gombák, illetve baktériumok végeznek. Ebben a szakaszban történik a legnagyobb változás a levélstruktúrájában. A levél kémiai összetételétől, szerkezetétől függően nagy különbségek adódnak az egyes fafajok leveleinek lebontási rátái között. Korábbi vizsgálatok igazolták, hogy a magas táp-tartalmú levelek lebontási üteme gyorsabb, mint azok, amelyekben ez a szint alacsony (Allan, 2005). A következő szakasz a makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenysége, végezetül pedig a fizikai aprózódás.

Az avarlebontási ráta jellemzően magasabb a vízi környezetben, mint szárazföldön, hiszen a víztestben a sodródás hatására fragmentáció (mechanikai aprózódás) következik be, továbbá mérsékeltébb a napi és az évszakos hőmérsékletváltozás.

A természetes vizekben kimutatható háttérterhelés egy jelentős részét a vízbe hulló avar adja. Egy víztest belső terhelését részben a parton vagy vízben álló növényzetről lehulló növényi anyag képezi (Dobson & Frid, 1998). A természetes háttérterhelés feltérképezése, megértése nélkülözhetetlen a jó vízminőség elérésében és fenntartásában. Mindezek alapján célul tűztük ki a fűz (*Salix* sp.) és nyár (*Populus* sp.) avar lebontási ütemének tanulmányozását a Balaton Keszthelyi-öbölben.

Anyag és módszer

Kísérletünk helyszínéül olyan területet választottunk a Keszthelyi-öbölben, mely antropogén hatástól kevésbé érintett, illetve a sikeres vízkormányzásnak köszönhetően közelíti természetes állapotát. A nagyjából érintetlen parti régióval rendelkező természetes jellegű víztestekbe szignifikánsan magasabb avar input érkezik, valamint az avarlebontási képesség az akkumulációs zónában kétszer akkora lehet, mint módosított víztestek esetén (Watson & Barmuta, 2010).



2. ábra: Keszthelyi-öböl elhelyezkedése, mintavételi pont (forrás: google.hu/maps).

Fű (*Salix* sp.) és nyár (*Populus* sp.) avar lebontási ütemét vizsgáltuk avarzsákos módszerrel (Bärlocher, 2005) 2019. december 9. és 2020. március 16. közötti időszakban. Kísérletünkhöz olyan növények lehullott levelét választottuk, melyek a Keszthelyi-öbölben jellemzőek. A vizsgálati anyagokat az avarhullás időszakában gyűjtöttük, szobahőmérsékleten légszáraz állapotig szárítottuk, majd ezekből 10-10 grammot töltöttünk 15x15 cm-es avarzsákokba, melynek lyukátmérője 3 mm volt, mely lehetővé tette a makrogerinctelen szervezetek hozzáférését az általunk kihelyezett avarokhoz. A megtöltött avarzsákokat a parthoz rögzítettük, majd a víztestbe helyeztük nagyjából 1 méteres mélységbe, biztosítva az állandó vízborítottságot. A kihelyezést követően minden mintavételkor 3 párhuzamos mintát vettünk növényi részenként. Az avarmintákat laboratóriumban megtisztítottuk a ráakódott szennyeződésektől, újra tömegállandóságig szárítottunk, majd megmértük a visszamaradt avar tömegét.

Az avarlebontás sebességének meghatározásához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$M_t = M_0 \cdot e^{-kt},$$

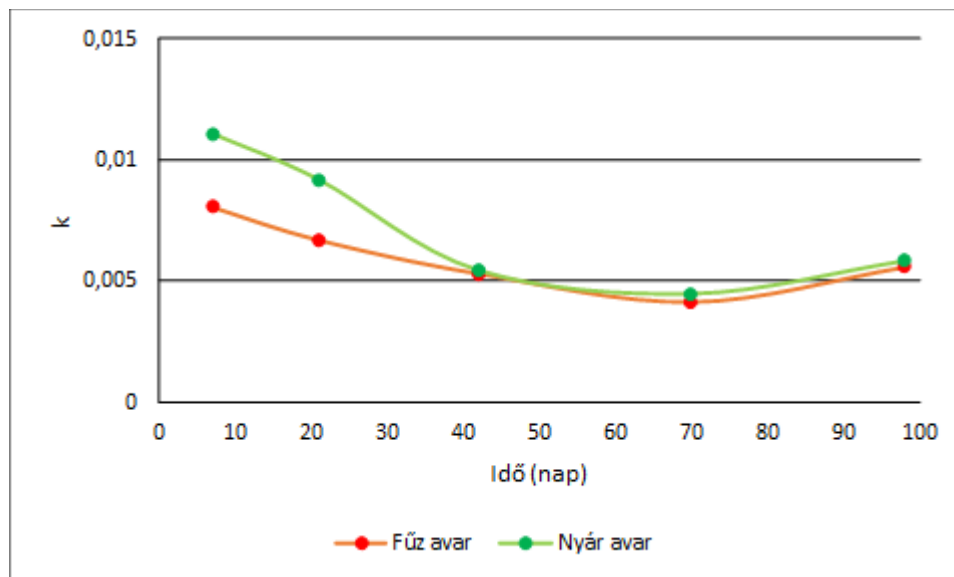
ahol M_t a visszamaradt szárazanyag tömege (g), M_0 a minta tömege a 0. időpillanatban, k az exponenciális bomlási együttható, t a kihelyezés óta eltelt idő (nap) (Graca et al., 2005). Ebből az összefüggésből kifejeztük az úgynevezett lebontási rátát, mely által az avar gyors, közepes, illetve lassú bomlási kategóriákba sorolható. Ha a k értéke kisebb, mint 0,005, akkor az avar lassú bomlási kategóriába kerül, ha 0,005 és 0,01 közötti értéket kapunk, akkor közepes, illetve, ha 0,01 fölötti értéket kapunk, akkor gyors bomlási kategóriát állapíthatunk meg.

Az avarfogyásokra számított k értékeket a Microsoft Office Excel 2003 program segítségével ábrázoltuk.

Eredmények és értékelésük

A kísérleti periódus alatt a fű avar eredeti tömegének 42%-a fogyott el az avarzsákokban. Ezzel szemben a nyár avar a vizsgálati időszak végére 4,5%-kal több tömeget veszített, mint a fű.

A kezdeti magasabb k értékek gyors lebontást feltételeznek, mely az avarlebontás kezdeti fázisában történő kioldódásnak tulajdonítható. Ezt követően a k értékek stabilizálódnak. Az egyes avarok bomlási kategóriájának megállapításához a k értékek átlagát használjuk.



3. ábra: A bomlási együtthatók (k) alakulása a vizsgálati időszakban.

A fűz avar esetében az első 3 mintavételkor közepes bomlási kategóriát állapítottunk meg, majd a 4. mintavételre lassú bomlás következett be, a kísérleti periódus végére pedig ismételen közepes kategóriába sorolhatók mintáink. A nyár avar esetében az első mintavétel során gyors bomlási kategóriát állapíthattunk meg, ez indokolhatja a nagyobb tömegcsökkenést. Majd - hasonlóan a fűz avarhoz – közepes, lassú, majd ismét közepes bomlási kategóriát állapíthattunk meg. Összességében elmondható, hogy mind a fűz, mind a nyár avar tekintetében a közepes bomlás dominált.

Simon et al. (2018) megállapították, hogy 2017 novembere és 2018 júliusa között a Keszthelyi-öbölben a fűz avar bomlási kategóriája közepes, viszont a nyár avar tekintetében a kísérleti időszak alatt lassú bomlási kategóriát állapítottak meg. Tömegvesztéséget tekintve hasonló értékeket kaptak, az ő esetükben is a nyár avar gyorsabban bomlott, mint a fűz avar.

Abril et al. (2016) a folyóvizeknél magasabb bomlási sebességet állapítottak meg, mint az izolált medencéknél a *Populus termula* avar esetében. Menéndez et al. (2003) leírják, hogy a *Populus alba* és *Populus nigra* bomlása tavasszal és nyáron jóval magasabb, mint a téli és az őszi időszakban az Ebro folyóban.

Graca et al. (2005) azt találták, hogy a *Salix alba* bomlása közepes sebességű volt kísérletükben. Ágoston-Szabó et al. (2014) is a *Salix alba* levél bomlási dinamikáját vizsgálták a Nyéki-Holt-Dunán, ők viszont magasabb bomlási rátát állapítottak meg a vizsgálatunkhoz képest.

Következtetések, javaslatok

Vizsgálatunk során megállapítottuk, hogy a Keszthelyi-öbölben a nyár avar bomlása intenzívebb volt a fűznél, illetve magasabb volt a lebontási rátája is a téli időszakban.

Mivel a különbségek részben a vizsgálatok időzítésének és típusának is tulajdoníthatók (Asaeda & Nam, 2002), illetve a kísérlet tavasszal történő beállítása, szemben a télvel, gyorsabb tömegvesztést eredményez (Wrubleski et al., 1997), így célszerű lenne a területen szezonális vizsgálatokat beállítani mind a négy évszakban, sűrűbb mintavételekkel.

A természetes vizekben kimutatható tápanyagterhelés egy jelentős részét a vízbe hulló avar adhatja. Az avar bomlásának ütemét, illetve az azt befolyásoló tényezőket több évtizede vizsgálják,

ennek ellenére kevés hazai publikáció születik a témában. Hazai viszonylatban a Balaton és vízgyűjtője szempontjából sikereket értünk el a Kis-Balaton Vízügyi Rendszer sikeres vízkormányzásának köszönhetően. Mind alapkutatási mind vízminőségi szempontok alapján a Balaton tápanyagforgalmának pontos ismerete kiemelten fontos, melynek egyik eleme a növényi anyagok bomlásából származó tápanyagok. A beállított kísérlet és eredményei erről nyújt új információkat.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Abelho, M., Graca, M.A.S. (1996). Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in Central Portugal. *Hydrobiologia*, 324, 195–204. <https://doi.org/10.1007/BF00016391>
- Abril, M., Muñoz, I., Menéndez, M. (2016). Heterogeneity in leaf litter decomposition in a temporary Mediterranean stream during flow fragmentation. *Science of the Total Environment*, 553, 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.082>
- Ágoston-Szabó, E., Schöll, K., Kiss, A., Berczik, Á., Dinka, M. (2014). Decomposition of Willow Leaf Litter in an Oxbow Lake of the Danube River at Gemenc, Hungary. *Acta Zoologica Bulgarica*, 7, 197–202. <https://doi.org/10.2307/1933765>
- Allan, J.D. (2005). *Stream Ecology: structure and function of running waters*. Chapman and Hall, London.
- Asaeda, T., Nam, L.H. (2002). Effects of rhizome age on the decomposition rate of *Phragmites australis* rhizomes. *Hydrobiologia*, 485, 205–208. <https://doi.org/10.1023/A:1021314203532>
- Benfield, E.F. (1997). Comparison of litterfall input to streams. *J. N. Am. Benthol. Soc*, 16, 104–108. <https://doi.org/10.2307/1468242>
- Dobson, M., Frid, C. (1998). *Ecology Of Aquatic Systems* Longman, Essex.
- Graca, M.A.S., Bärlocher, F., Gessner, M.O. (2005). *Methods to Study Litter Decomposition: A Pratical Guide*, 37–42.
- Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., Cummins, K.W. (1991). An ecosystem perspective of riparian zones – focus on links between land and water. *BioScience*, 41, 540–551. <https://doi.org/10.2307/1311607>
- Herodek, S., Elekes, K. (2000): *Balaton Limnológiai Kutatóintézet, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest*, 8–12.
- Menéndez, M., Hernández, O., Comín, F.A. (2003). Seasonal comparisons of leaf processing rates in two Mediterranean rivers with different nutrient availability. *Hydrobiologia*, 495, 159–169. <https://doi.org/10.1023/A:1025462708460>
- Oelbermann, M., Gordon, A.M. (2000). Quantity and quality of autumnal litterfall into a rehabilitated agricultural stream. *Journal of Environmental Quality*, 29, 603–611. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900020031x>
- Simon, B., Kucserka, T., Anda, A. (2018). Investigation of willow, poplar and mixed leaf litter decomposition in the area of Lake Balaton and Kis-Balaton Wetland LX. *Georgikon Napok Konferenciakötet*, 398–399.
- Traser, Gy. (1996). *Lebontók. Erdészeti ökológia, Mezőgazda Kiadó, Budapest*. 222–234.
- Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság (2009). *A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása Vízügyi-gazdálkodási terv, Balaton részvízgyűjtő*.
- Watson, A., Barmuta, L.A. (2010). Litter retention in Tasmanian headwater streams after clear-fell logging. *Hydrobiologia*, 637, 197–206. <https://doi.org/10.1007/s10750-009-9996-1>
- Webster, J., Benfield, E. (1986). Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecological Systems*, 17, 567–594. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.003031>
- Wrubleski, D.A., Murkin, H.R., van der Valk, A.G., Nelson, J.W. (1997). Decomposition of emergent macrophyte roots and rhizomes in a northern prairie marsh. *Aquatic Botany*, 58, 121–134. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(97\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(97)00016-8)

Szójaállomány területi evapotranszspirációjának meghatározása

Soós Gábor¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

*soos.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatainkat 2020 nyarán a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusának Agrometeorológiai Kutatóállomásán szója állományba kihelyezett Bowen-oszloppal végeztük. A 10 percenként mért meteorológiai paraméterek: állományban mért léghőmérséklet és légnedvesség, állomány felett két szintben mért léghőmérséklet és légnedvesség, és állomány felett mért szélsebesség, valamint több szinten mért talajhőmérsékletek. Méréseinket heti rendszerességgel a modell szempontjából fontos állománymagasság és levélfelület-mérésekkel (LAI) is kiegészítettük. A 10-perces mikroklíma adatokból napi evapotranszspirációt számoltunk. A 2020-as mérési időnyben Bowen-aránnyal modellezett evapotranszspiráció korszerű eljárás. Az állományba telepített állomás viszonylag olcsó megoldást jelent szántóföldi kultúrák területi evapotranszspirációjának becslésére.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szója (*Glycine max* (L.)) az egyik sokoldalúan hasznosítható hüvelyes növényünk. Vetésterülete világszerte nő. Magyarországon az állami támogatás hatására a szója vetésterülete és a termelők száma jelentősen nőtt 2015 óta. A vetésterület 42 000 ha-ról 77 000 ha-ra nőtt, míg a termelők száma elérte az 5000-et (INTERNET1).

Az evapotranszspiráció (ET) a talaj vízháztartásának egyik legfontosabb kiadási paramétere, amelyet csak csapadék vagy öntözés kompenzálhat. A helyi tényezők széles skálája befolyásolhatja a szója evapotranszspirációját és a vetőmag hozamát, többek között a gazdálkodás gyakorlata, a vizsgált terület éghajlati és talajviszonyai (Payero et al., 2005) és a fajta tulajdonságai. Irmak (2017) kimutatta a szója vízigényét befolyásoló tényezőket, amelyek a lombkorona jellemzőitől, a növények felületének fedettségétől, a fajta/ fajtacsoporttól, valamint a kártevőkkel és a betegségekkel szembeni ellenállóságtól változhatnak. Mindezek fajta-specifikus paraméterek. A lista minden tagját figyelembe kell venni, ha összehasonlítjuk a különböző eredetű szója ET eredményeket. A szója evapotranszspirációs értékei a fajtafüggő biológiai jellemzőktől, a talajfelszín borításától, a termés érettségi csoportjától és a betegségre való hajlamtól függenek (Irmak & Sharma 2015). Anda et al. (2020) 2017 és 2018 tenyészidőszakában módosított kompenzációs evapotranszspiróméterekben vizsgálták a növényi vízstressz hatását a termésre.

A növekvő vetésterület és a klímaváltozás tükrében fontos ismernünk a szója vízigényét. Célkitűzésünk szójaállomány aktuális evapotranszspirációjának meghatározása volt 2020 tenyészidőszakában.

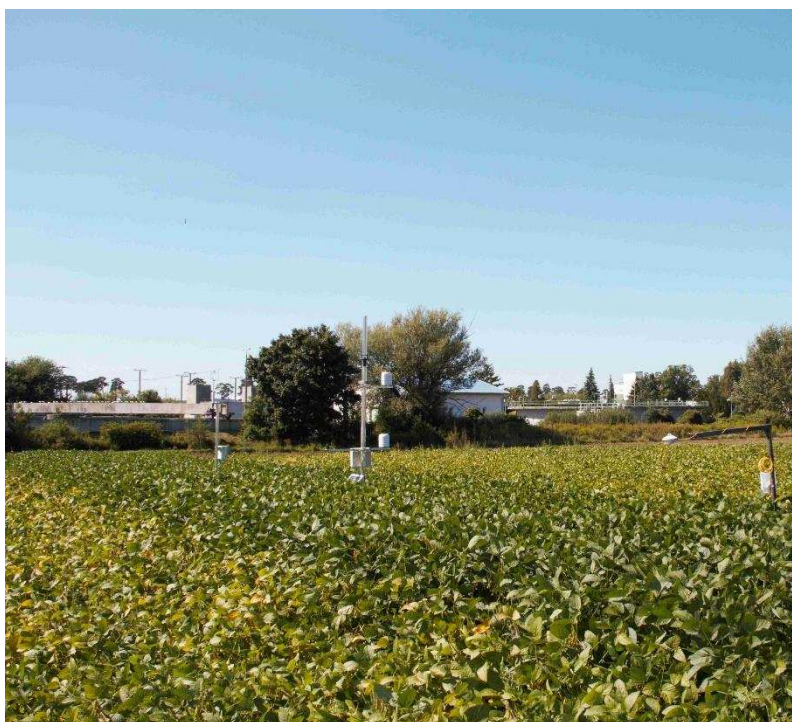
Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék Agrometeorológiai Kutatóállomása (É 46°44'; K 17°14') (1. ábra). Az állomás 0,3 hektáros parcellájára vetettünk 2 szójafajtát (*Sinara* és *Sigalia*) 40 tő/m² tőssűrűséggel.



1. ábra: *Agrometeorológiai Kutatóállomás (Google Earth).*

A szója állományba telepített állomás műszerezettsége: 2 db Léghőmérséklet + Légnedvesség szenzor állomány felett 1 és 2 m-en, 1 db 2D szonikus szélmérő állomány felett 2 m-en, és integrált talajhőmérő rúd. Sugárzás mérése Kipp & Zonen CMP11 albedométerrel történt (2. ábra).



2. ábra: *Bowen-állomás és albedométer a szójaállományban.*

Az órás evapotranspiráció modellezését Massman & Burba módszerével végeztük (Massman, 1992; Burba et al., 1999). Az alapot a nettó mérleg, az R_n (a rövidhullámú és a hosszuhullámú sugárzás különbsége) jelenti, mely forrása az állomány energiaigényes folyamatainak. Az energiaháztartási egyenletből kiindulva:

$$R_n - G - \lambda E - H \approx 0 \quad (1)$$

ahol: H : szenzibilis hőfluxus, λE : látens hőfluxus, G : talaj hőfluxus, S : energiaváltozás.

Bowen-arány: az érzékelhető (szenzibilis; H) és a látens hő (L) mennyiségének egymáshoz való viszonyát fejezik ki:

$$\beta = H/L \quad (2)$$

A Bowen-arány számítható a hőmérséklet és gőznyomás vertikális változásából:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3)$$

A látens hőfluxus:

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (4)$$

G -t esetünkben a talajhőmérséklet változásából számoljuk (Chung & Horton, 1987): ahol λ : talaj hővezetőképesség ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$), T_s : talaj felszíni hőmérséklet ($^\circ C$), T_1 : talaj felszíni hőmérséklet az előző időpontra ($^\circ C$), T_2 : a 2. réteg talajhőmérséklete az előző időpontra ($^\circ C$), z : talajmélység (m), t : időintervallum (s).

$$G = -\lambda \left(\frac{T_2 - T_s}{\Delta z} \right) + (T_s - T_1) * C \frac{\Delta z}{2\Delta t} \quad (5)$$

A szenzibilis hőfluxus:

$$H = \beta \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (6)$$

A felszíni energiaháztartás pedig:

$$R_{ns} - G - \lambda E_s - H_s \approx 0 \quad (7)$$

Az adott vastagsággal rendelkező növényállomány energiaháztartása:

$$R_{nv} - \lambda E_v - H_v \approx 0 \quad (8)$$

Amely a felszín és az állomány együttes energiája:

$$R_n = R_{ns} + R_{nv} \quad (9)$$

Vagyis a látens és a szenzibilis hő összege:

$$\lambda E = \lambda E_s + \lambda E_v \quad (10) \quad \text{és} \quad H = H_v + H_s \quad (11)$$

A felszíni sugárzásegyenleget a Monsi-Saeki (1953) képletből számítjuk. Az extinkciós koefficiens meghatározása digitális képfeldolgozással a lejutó sugárzás napfényes és árnyékos foltok területarányával súlyozva kerül meghatározásra:

$$R_{ns} = (R_n) \exp(-kLAI) \quad (12)$$

Felszíni Bowen-arány, látens hőfluxus, és a szenzibilis hőfluxus pedig az alábbiak szerint kerül közelítésre:

$$\beta_s = \frac{H_s}{\lambda E_s} \quad (13)$$

$$\lambda E_s = \frac{R_{ns} - G}{1 + \beta_s} \quad (14)$$

$$H_s = R_{ns} - G - \lambda E_s \quad (15)$$

A β_s kell λE_s , H_s , λE_v és H_v kiszámításához. Massman (1992) vezette le, figyelembe véve, hogy esetünkben a felszíni vízgőztranszporttal szembeni ellenállás nulla.

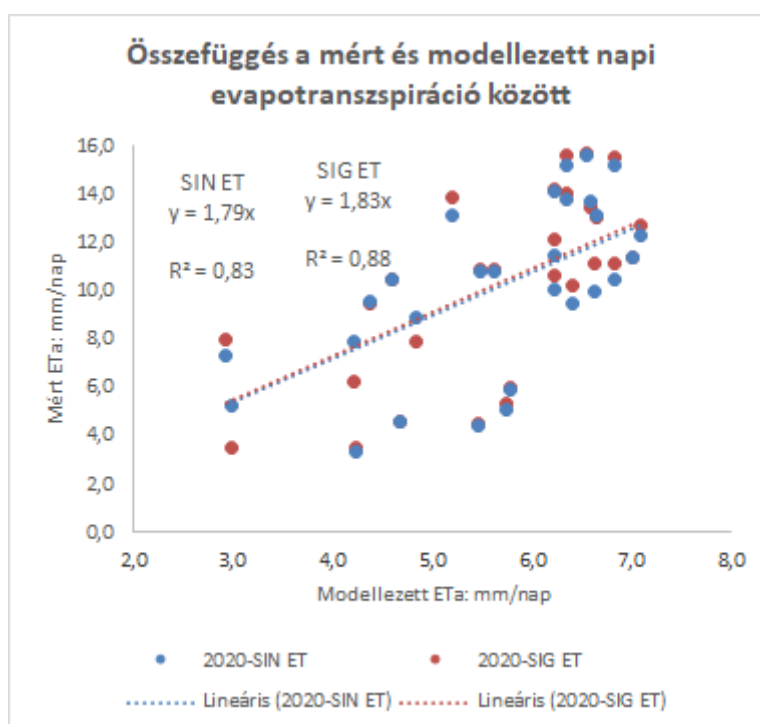
$$\beta_s = \frac{\rho_a C_p (T_{ws} - T_a) - Hr_a}{[(\lambda \gamma \rho_a / P)(e_{*Tws} - e_a) - \lambda E_r a]} \quad (16)$$

ahol: ρ_a : nedves levegő sűrűsége, C_p : levegő hőkapacitása, T_{ws} : vízhőmérséklet (mért), T_a : léghőmérséklet (mért), H : szenzibilis hőfluxus, r_a : aerodinamikai ellenállás, λ : gőz látens hőkapacitása, γ : psychrometrikus állandó, P : légnyomás, e_{*Tws} : felszíni gőznyomás (mért), e_a : állomány feletti gőznyomás (mért), λE : látens hőfluxus.

Az adatok feldolgozását MS Excel-ben végeztük az Analysis ToolPak statisztikai segédcsomag segítségével.

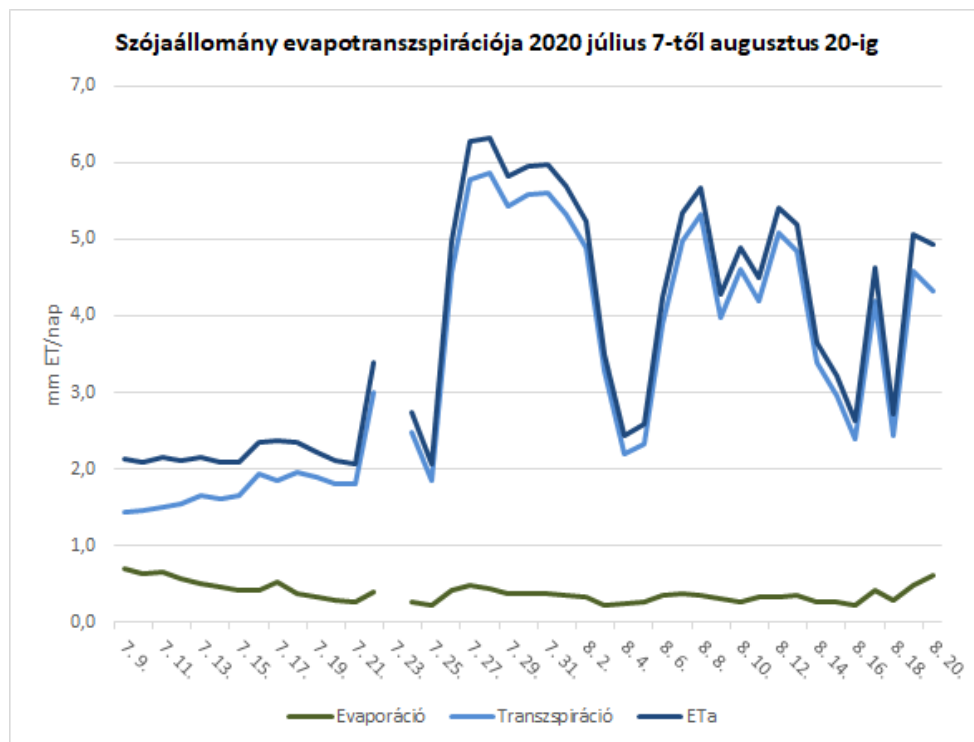
Eredmények és értékelésük

A mérések tízperces adataiból órás, majd napi összegeket állítottunk elő. A modell lehetővé teszi az evaporáció és transzspiráció külön történő számítását. A kifejlett vegetáció napi párolgás értékei 2020 július 7-től augusztusi 20-ig a 3. ábrán láthatók. Az augusztusi alacsony értékek a csapadékos időjárással magyarázhatók.



3. ábra: Összefüggés kompenzációs evapotranszpirométerben mért és a parcellán modellezett napi evapotranszpiráció között.

Az „ad libitum” vízellátású kompenzációs evapotranszpirométerekben mért napi párolgásokkal összehasonlítottuk a parcellán Bowen-oszloppal modellezett napi párolgásértékeket. Az eredmény a 4. ábrán látható.



4. ábra: Szójaállomány napi modellezett evapotranszpirációjának alakulása július 7-től augusztus 20-ig.

Következtetések, javaslatok

A 2020-as mérési idényben Bowen-aránnyal modellezett evapotranszpiráció korszerű eljárás. Az állományba telepített állomás viszonylag olcsó megoldást jelent szántóföldi kultúrák területi evapotranszpirációjának becslésére.

Közép- és nagyméretű öntözőgazdaságoknak kiváló lehetőség lenne az öntözővíz igény számítás dinamikai oldalának fejlesztéséhez.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Anda, A., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T., Simon, B. (2020). Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field Crops Research*, 245, 107673. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>
- Burba, G.G., Verma, S.B., Kim, J. (1999). Surface energy fluxes of *Phragmites australis* in a prairie wetland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 94, 31–51. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00007-6)
- INTERNET1: A szója termesztéséről – gazdálkodóknak. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-szoja-termeszteserol-gazdalkodoknak> (2020.10.30).
- Irmak, S., Sharma, V. (2015). Large-scale and long-term trends and magnitudes in irrigated and rainfed maize and soybean water productivity: grain yield and evapotranspiration frequency, crop water use efficiency, and production functions. *Transactions of the ASABE*, 58, 1, 103–120. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10784>
- Irmak, S. (2017). Evapotranspiration basics and estimating actual crop evapotranspiration from reference evapotranspiration and crop-specific coefficients. *Crop, Irrig. Eng Nebraska Extension*. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1994.pdf>

- Massman, W.J. (1992). A surface energy balance method for partitioning evapotranspiration data into plant and soil components for a surface with partial canopy cover. *Water Resour. Res.*, 28(6), 1723–1732. <https://doi.org/10.1029/92WR00217>
- Monsi, M., Saeki, T. (1953). Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.* 14, 22–52.
- Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S. (2005). Response of soybean to deficit irrigation in the semi-arid environment of West-Central Nebraska. *Trans. ASAE Am. Soc. Agric. Eng.*, 48, 2189–2203.
- Sang-Ok, C., Horton, R. (1987). Soil heat and water flow with a partial surface mulch. *Water Resources Research*, 23(12), 2175–2186. <https://doi.org/10.1029/WR023i012p02175>

Nőszőfűfajok (*Epipactis* spp.) potenciális elterjedésének modellezését megalapozó vizsgálatok a Dunántúl középső részén

Pacsai Bálint¹, Sisák István², Bódis Judit¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet

²Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar

*pacsai.balint@uni-mate.hu

Összefoglalás

Munkánk hosszú távú célja a Dunántúl középső részén előforduló nőszőfű-taxonok elterjedésének feltérképezése és termőhelyi igényük megállapítása. Ezzel pontosítani kívánjuk az egyes fajok elterjedési térképeit és növelni a rendelkezésre álló adatmennyiséget a potenciális elterjedések pontosabb becsléséhez, a további adatgyűjtések hatékonyságának növeléséhez.

Négy év során (2014-2018) gyűjtöttünk adatokat a Keszthelyi-hegységben, a Zalai-dombság északkeleti részén és a Déli-Bakony területén, mely során 15 taxon 1261 előfordulásán 5223 tő nőszőfű felvételezésére került sor. Az összegyűjtött előfordulási adatokhoz az erdészeti leírólapok, domborzati modellek és földtani térképek felhasználásával hozzáfűztük az ökológiai szempontból releváns adatokat, majd statisztikai vizsgálatok segítségével meghatároztuk azokat a tényezőket, melyek szerint szignifikáns mértékben egymástól megkülönböztethetőnek bizonyultak az egyes fajok. Három olyan tényezőt (erdőrészetek összetétele fajok szerint, genetikai talajtípus, alapkőzet-típus) találtunk, amelyek a nőszőfűfajok többségének esetében szignifikáns mértékben befolyásolták azoknak elterjedését. Az eredmények alapján elvégeztük az egyes taxonok jellemzését a vizsgált tényezők szempontjából. Eredményeink segíthetnek a vizsgált fajok elterjedését limitáló további tényezők meghatározásában, előfordulási gyakoriságuk megértésében, illetve lehetővé teszik hatékonyabb, célzott védelmüket, potenciálisan alkalmas élőhelyeik behatárolását.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

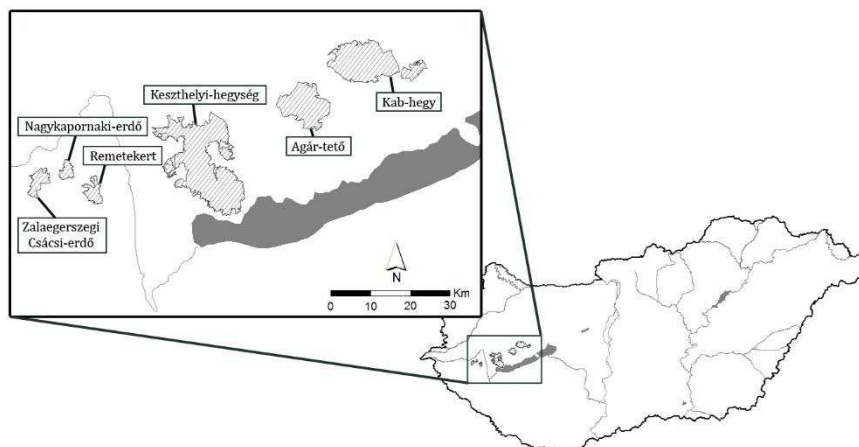
A nőszőfűvek (*Epipactis*) az orchideafélék (*Orchidaceae*) családjának egyik legnagyobb mérsékelt övi nemzetsége, hazai őshonos orchideáinknak is közel egyharmada tartozik közéjük. Ez a fajgazdagság elsősorban annak köszönhető, hogy a nemzetség a fajképződés intenzív szakaszában tart, melyet a legutóbbi jégkorszakot követően az addig délre szorult fajok északra irányuló kolonizációjával egy időben zajló speciációval magyarázzák (Delforge, 2006; Tranchida-Lombardo et al., 2011). Feltehető, hogy a gyors kolonizációnak, a partnerek hiányában is biztosított reprodukciónak kedvező stratégia, az önmegporzás nemzetségen belüli magas aránya is részben ennek köszönhető (Hollingsworth, 2006), illetve a több fajra (*E. belleborine*, *E. purpurata*, *E. nordenorica*) is jellemző, rizómával történő vegetatív szaporodás is a partnerekben szegény környezetben való fennmaradást segíti (Eckert et al., 1999).

Ellentétben az olyan, hazánkban is előforduló nemzetségek képviselőivel, melyek elterjedési területük különböző részein más-más élőhelytípust, társulást preferálhatnak (*Ophrys*, *Dactylorhiza*, *Gymnadenia* spp.), az *Epipactis* fajok többsége egész areájukon közel azonos élőhelytípusokon fordulnak elő (Hrivnák et al., 2014). Ennek egyik oka, hogy elterjedésüket az abiotikus tényezőkön túl feltétlenül limitálja a velük kapcsolatban álló gomba- és fajok elterjedése is, amire az abiotikus tényezők szintén közvetlen hatással vannak. Az orchideákra általában jellemző a többé-kevésbé pionír életmód, a kompetíciót tipikusan rosszul viselik, az *Epipactis* fajok is többnyire gyér aljnövényzetű erdőkben, fajszegény, ritkás növényzetben fordulnak elő (Molnár, 2011; Hrivnák et al., 2014). Annak ellenére, hogy a nemzetség esetében a taxonómiai kérdések tisztázása még nem fejlődött be, az egyes taxonokat illetően a legtöbb esetben számottevő ökológiai ismerettel rendelkezünk. Ezen információk jellemzően florisztikai adatokhoz kapcsolódóan kerültek közlésre, csak a legkritikább esetekben képezték vizsgálatok központi témáját (Sulyok & Molnár, 1996; Hrivnák et al., 2014).

Anyag és módszer

A nőszőfű nemzetségbe számos olyan faj tartozik, melyeknek taxonómiai helyzetét illetően még nem született konszenzus, gyakran szerzőnként változó, hogy az adott taxont fajként, alfajként, variációként tárgyalják, esetenként nem is különítik el, egy másik taxonba sorolják (Delforge, 2006). Dolgozatomban a legújabb hazai irodalomban (Molnár, 2011; Somlyay et al., 2016) alkalmazott taxonómiai besorolásokat alkalmazom.

Az adatgyűjtés a Keszthelyi-hegység teljes területére és a Déli-Bakony két fő részére, a Kab-hegyre és az Agár-tetőre, illetve a Zalai-dombság északkeleti részére terjedt ki (1. ábra).



1. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése.

A vizsgált területeken összesen 15 *Epipactis* faj előfordulását rögzítettem (1. táblázat). Az elemzésbe csak azokat a fajokat vontuk be, melyek rendelkeztek a becslésekhez minimálisan elegendő előfordulási adattal (>8), ezáltal az *E. muelleri*, az *E. moravica* és az *E. pontica* adatait mellőztük a statisztikai vizsgálat során. További egy fajt, az *E. palustris*-t sem vontam be az elemzésbe, tekintve, hogy a többi vizsgált fajjal ellentétben az *E. palustris* nem erdei faj, jellemzően lápréteken, magassásosokban, nádasok szélén fordul elő, alkalmanként felhagyott bányákban is megjelenik, a Keszthelyi-hegységben megtalált állománya is ilyen élőhelyen került elő. Az elemzésbe bevont fajok így a következők voltak: *E. albensis*, *E. atrorubens*, *E. helleborine*, *E. leptochila*, *E. microphylla*, *E. neglecta*, *E. nordeniorum*, *E. peitzii*, *E. purpurata*, *E. tallosii*, *E. voethii*.

1. táblázat: A megtalált nőszőfűfajok egyedszáma az egyes mintaterületeken.

Tövek	Déli-Bakony	Zala	Keszthelyi-hegység
<i>Epipactis albensis</i> Nováková et Rydlo	0	0	31
<i>Epipactis atrorubens</i> Hoffm. ex Besser	0	0	214
<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	123	2	1244
<i>Epipactis leptochila</i> Godfery	0	78	118
<i>Epipactis microphylla</i> (Ehrh.) Sw.	34	8	212
<i>Epipactis moravica</i> P. Batoušek	0	0	58
<i>Epipactis muelleri</i> Godfery	0	0	27
<i>Epipactis neglecta</i> Kämpel	41	0	235
<i>Epipactis nordeniorum</i> Robatsch	249	136	197
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	0	0	116
<i>Epipactis peitzii</i> H. Neumann et Wucherpf.	0	0	163
<i>Epipactis pontica</i> Taubenheim	0	0	32

<i>Epipactis purpurata</i> Sm.	75	321	17
<i>Epipactis tallosii</i> A. Molnár et Robatsch	0	0	1047
<i>Epipactis voethii</i> Robatsch	3	35	407

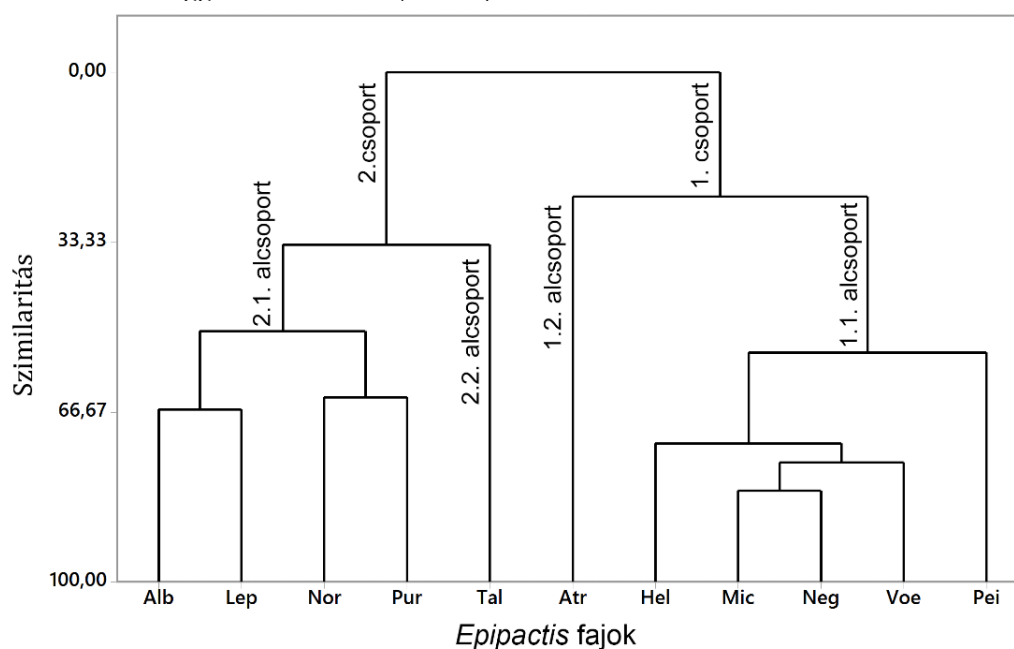
A vizsgált tényezők egyes fajok szerinti eloszlásában jelentkező különbségek mértékének megállapítására folytonos eloszlású változók esetén egyszempontos varianciaanalízist (ANOVA), kategorikus változók esetén többváltozós logisztikus regressziót alkalmaztam.

Eredmények és értékelésük

A vizsgált tényezők nagy részénél (tengerszint feletti magasság, kitétség, lejtőszög, cserjeszint borítása, erdőrésztetek kora, záródása) alacsony variáciát tapasztaltam, a legtöbb esetben csupán egy vagy két faj különült el szignifikáns mértékben az összesített átlagoktól.

Három vizsgált tényező (erőrésztetek fajösszetétele, genetikai talajtípus és alapkőzet-típus) esetében tapasztaltunk olyan eloszlásbeli szignifikáns különbségeket, melyek alapján lehetséges volt az egyes nőszőfűfajok csoportokba sorolása.

Az egyes előfordulásokhoz rendelt talajtípusok, alapkőzettípusok és elegyarány-súlyozott erdőrésztet-fajösszetétel adatsorokból, e tényezőket egyenként azonos súllyal számítva végzett hierarchikus klaszteranalízissel a nőszőfűfajokat a vizsgált három tényező alapján két fő- és négy alcsoportba lehet biztonsággal elkülöníteni (2. ábra).



2. ábra: A vizsgált nőszőfűfajok klasszifikációja hierarchikus klaszteranalízissel az előfordulásokhoz rendelt talajtípusok, alapkőzet-típusok és fajösszetétel alapján. *Epipactis* fajok (az x tengelyen feltüntetve): Alb, *E. albensis*; Atr, *E. atrorubens*; Hel, *E. helleborine*; Lep, *E. leptochila*; Mic, *E. microphylla*; Neg, *E. neglecta*; Nor, *E. nordienorum*; Pei, *E. peitzii*; Pur, *E. purpurata*; Tal, *E. tallosii*; Voe, *E. voethii*.

Az első fő csoportba dolomit és homok alapkőzeten, többnyire rendzinán előforduló fajok tartoznak. Az 1.1. és 1.2. alcsoport leginkább a preferált fajösszetételben különböznek. Az 1.1. alcsoportba változatos fajösszetételű erdőkben előforduló fajok, az *E. helleborine*, az *E. microphylla*, az *E. neglecta*, az *E. voethii* és az *E. peitzii* tartoznak. A 1.2. alcsoportba a feketefenyőhöz, virágos kórishez és molyhos tölgyhöz kötődő *E. atrorubens* tartozik.

A második fő csoport tagjai jellemzően bükkösökben fordulnak elő, lösz vagy üledék alapkőzetben. A második fő csoport alcsoportjait leginkább talaj- és alapkőzet-preferenciáik alapján különböztethetjük meg. A 2.1. alcsoport tagjai döntően agyagbemosódásos barna erdőtalajon, löszön fordultak elő, a csoport négy tagja az *E. leptochila*, az *E. nordenorikum*, az *E. albensis* és az *E. purpurata*. A 2.2. alcsoport egyetlen tagja, az *E. tallosii* főleg rozsdabarna erdőtalajon, üledéken fordult elő.

Külön kiemelendő, hogy a számos irodalom által egy alakkörbe sorolt, az *Epipactis leptochila* alfajainak tekintett *E. neglecta* és *E. peitzii* a három részletesen vizsgált tényező alapján preferenciáik szerint egymástól elkülönülnek, megkülönböztethetők (2. ábra), alátámasztva a taxonómiai elkülönítés megalapozottságát.

Következtetések, javaslatok

Eredményeink alapján a vizsgált változók közül a nőszőfüvek előfordulását leginkább befolyásoló tényezők az erdőrészek fafajösszetétele, az alapkőzet-típus, illetve a talajtípus. Mivel ezek az adatok az egész ország területére többnyire egységes formában elérhetőek, így különösen alkalmasak potenciális elterjedési térképek számításához - természetesen megfelelő faktorról figyelembe véve. További terveink központi eleme ezeknek az információknak klimatológiai adatokkal való együttes felhasználásával a vizsgált nőszőfűfajok potenciális elterjedésének meghatározása, illetve a kapott térképek vizsgálata, validálása megfelelő mintaterületek összehasonlításával. Eredményeink ezáltal segíthetnek a vizsgált fajok elterjedését limitáló további tényezők meghatározásában, előfordulási gyakoriságuk megértésében, illetve lehetővé teszik hatékonyabb, célzott védelmüket, potenciálisan alkalmas élőhelyeik behatárolását, az adathiányos taxonok esetében esetlegesen újabb lelőhelyek felfedezését.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Delforge, P. (2006). Orchids of Europe, North Africa and the Middle East. A&C Black Publishers Ltd., London, 640.
- Eckert, C.G. (1999). Clonal plant research: proliferation, integration, but not much evolution. American Journal of Botany, 86, 1649–1654.
- Hollingsworth, P.M., Squirrel, J., Hollingsworth, M.L. (2006). Taxonomic complexity, conservation and recurrent origins of self-pollination in *Epipactis* (Orchidaceae). – In: Bailey J. & Ellis R. G. (eds.), Current taxonomic research on the British and European flora, BSBI, London, 27–44.
- Hrivnák, R., Hrivnák, M., Slezák, M., Vlčko, J., Baltiarová, J., Svitok, M. (2014). Distribution and eco-coenotic patterns of the forest orchid *Epipactis pontica* in Slovakia. Annals Of Forest Research, 57(1), 55–69. <https://doi.org/10.15287/afr.2014.180>
- Molnár, V.A. (2011). Magyarország Orchideáinak Atlasza. Kossuth kiadó, Budapest, 504.
- Somlyay, L., Makádi, S., Csábi, M. (2016). Adatok Budapest környéke flórájának ismeretéhez II. Kitaibelia, 21(1), 33–50. <https://doi.org/10.17542/kit.21.33>
- Sulyok, J., Molnár, V.A. (1998). Az *Epipactis pontica* TAUBENHEIM Magyarországon. Kitaibelia, 1, 66–70.
- Tranchida-Lombardo, V., Cafasso, D., Cristaudo, A., Cozzolino, S. (2011). Phylogeographic patterns, genetic affinities and morphological differentiation between *Epipactis helleborine* and related lineages in a Mediterranean glacial refugium. Annals of Botany, 107, 427–436. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq256>

Akác (*Robinia pseudoacacia*) avar lebontásának vizsgálata agrárerdőben

Simon-Gáspár Brigitta^{1*}, Harta István², Simon Szabina^{1,3}

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

²Fejér Megyei Kormányhivatal, Agrárügyi Főosztály

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

*simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu

Összefoglalás

Fontos a természetben történő tápanyag-ciklusok megértése, melynek szerves részét képezi a szárazföldön történő avarlebontás is. Az avarlebontáshoz kapcsolódó kutatások fontos információkat nyújthatnak az erdőgazdálkodással foglalkozó szakemberek számára. Kutatásunkban célul tűztük ki egy mezőgazdasági tartamkísérletként funkcionáló, majd akácossal (*Robinia pseudoacacia*) betelepített erdőben történő avarlebontás sebességének meghatározását. A területen két különböző mészsadalagot végezték az erdősírt megelőzően: (1) nem történt meszezés; (2) 1,5 t ha⁻¹ CaCO₃ került kiszórásra. A vizsgálat során avarzsákos módszerrel állapítottuk meg az avarlebontás ütemét az összesen 491 napon át tartó kísérletben. A vizsgálati időszak végén 4,8 és 5,3 g avarfogyást állapítottunk meg a korábban kezeletlen, illetve meszezett területeken. Eredményeink azt mutatták, hogy az erdősírt előtti mészkijuttatás nem befolyásolta szignifikánsan az akác avar lebontási dinamikáját.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az erdőkben lehulló avar bomlása köti össze a föld feletti és a föld alatti biogeokémiai folyamatokat, melynek kiemelkedően fontos szerepe van a tápanyag-ciklus, a talaj termékenységének és az ökoszisztéma szén-dioxid-gazdálkodásának szabályozásában (Hunt et al., 1988; Berg & McClaugherty, 2008; Staelens et al., 2011). A talaj felszínére hulló avar képviseli a talaj fő energia-, szén-, nitrogén- és foszforforrását (Ranger et al., 1995), továbbá olyan tápanyagokat biztosít, amelyek könnyen hozzáférhetőek és a növények vegetációja során újra felhasználhatók (Rapp & Leonardi, 1988). Ha ez nem így lenne, az elemek felhalmozódnának az avarban, ami által fokozatosan csökkenne a termelékenység (Jenny et al., 1949; Mangenot & Toutain, 1980). Ennek megfelelően az erdőökológia egyik alapvető célkitűzése a szerves anyag átalakulását szabályozó törvényekkel kapcsolatos információk megszerzése, biogeokémiai ciklusok alaposabb ismerete. Az avar bomlását főként az avar kémiai minősége (pl. kezdeti nitrogén és lignin), a talaj élővilága (pl. mezofauna) és a környezet fizikai-kémiai tulajdonságai (pl. hőmérséklet) szabályozza (Swift et al., 1979; Lu & Liu, 2012; Wang et al., 2013).

A megnövekedett antropogén nitrogén-kijuttatás erős hatást gyakorolhat az erdei ökoszisztémák nitrogén dinamikájára, az avar bomlására és a talaj enzim aktivitására (Chen & Mulder, 2007). Ezért is kap egyre nagyobb figyelmet az akác (*Robinia pseudoacacia*), ugyanis a lehullott avar nagy nitrogén visszatartó képességgel rendelkezik, ezáltal nagyobb mennyiségű nitrogén tárolására alkalmas: White et al. (1988) kísérleteiben például az avarhullást követő 863. napon még az kezdeti nitrogén tartalmának 81%-át tartalmazta az avar. A magasabb nitrogén tartalom következtében pedig alacsonyabb a C/N arány (Hirschfeld et al., 1984), mely erdő(tápanyag)gazdálkodási szempontból jelentős információ lehet. Emellett számos tanulmány kimutatta, hogy ez a faj jelentős dinitrogén-fixációra is képes (Boring & Swank, 1984; Danso et al., 1995). Számos tanulmány számolt be arról, hogy az avarbomlás és a N mineralizáció aránya a *Robinia*-fajoknál magasabb, mint az alacsonyabb nitrogén-tartalmú fajoknál (Tateno et al., 2007; Malcolm et al., 2008). Ezáltal idővel képes a talaj erős nitrogén-dúsítására és ennek következményeképp idegen fajok inváziója, valamint a biodiverzitás csökkenése várható (Levine et al., 2003). Ez a faj, amely a világ egyik legelterjedtebb faja

(Boring & Swank, 1984) és amely jól tolerálja az aszályt és az eróziót is (Böhm et al., 2011), a jövőben is nagy érdeklődésre tarthat számot kutatói körökben is.

Sok tanulmány foglalkozik az akácfélék nitrogénforgalmával, de a talaj mésztartalmának avarlebontra gyakorolt hatásával kevesen. A kísérletben célunk volt meghatározni, hogy a korábban mezőgazdasági tartamkísérletként eltérő mészellátású területen változik-e az akác (*Robinia pseudoacacia*) lebontási dinamikája, illetve felezési ideje.

Anyag és módszer

A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szárítópusztai kísérleti telepén (Gödöllő) állítottunk be az avarhullást követően, 2017. december 20-án. A vizsgálati terület korábban műtrágyázási tartamkísérletnek adott helyet (kukorica monokultúra, majd lucerna műtrágyázási kísérlet), melyet 25 év használat után fehér akáccal (*Robinia pseudoacacia*) ültettek be. A kísérlet helyszínén korábban két mészkezelést alkalmaztak: a terület felén nem volt meszezés, a másik felén az erdőtelepítést megelőzően 10 éven keresztül évi $1,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ került kiszórásra. Az erdőítés után nem történt semmilyen kezelés az állományokban.

Az avarhullás időszakában mindkét területről lehullott akác avart begyűjtöttünk be, majd azt szárítószekrényben 75°C -on tömegállandóságig szárítottuk. A száraz mintákból 10-10 grammot $15 \times 15 \text{ cm}$ -es, 3-4 mm szembőségű nylon avarzsákokba (Garca et al., 2005; 1. ábra) töltünk. Minden megtöltött avarzsákot kihelyeztünk arra a területre, amelyről az avar begyűjtésre került, közvetlenül a talajfelszínre rögzítve. A mintavételek a 28., 105., 168., 303 és 491. napon történtek, mész-kezelt területenként 3-3 párhuzamos mintával.



1. ábra: Száraz avarral töltött avarzsák.

A laboratóriumba szállítást követően a mintákból kiválogattuk a makrogerinctelen szervezeteket, a visszamaradt avart megtisztítottuk a ráakódott szennyeződésektől, majd 75°C -on szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően meghatározzuk a visszamaradt avar tömeget, majd a szakirodalomban elterjedten alkalmazott exponenciális összefüggés segítségével kiszámítottuk a „k” lebontási együtthatót, melynek segítségével az avar bomlási kategóriákba sorolható (Gessner, 1991; Gessner & Newell, 1997):

$$M_t = M_0 * e^{-kt} \quad (1)$$

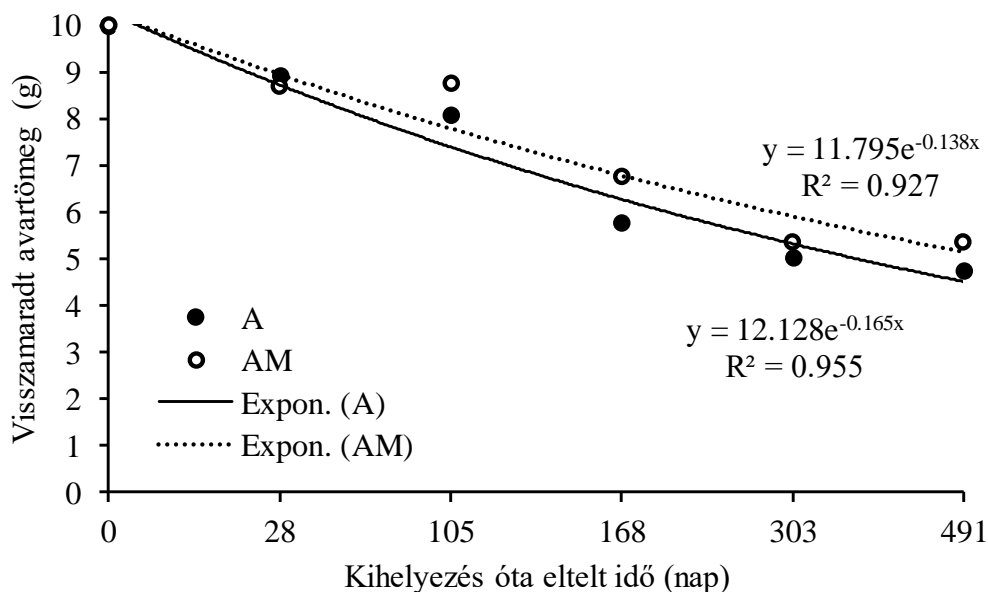
ahol, M_t a visszamaradt száraz avar tömege (g), M_0 a száraz avar tömege a 0 időpontban, k az exponenciális bomlási együttható, t a kihelyezés óta eltelt idő (nap) (Boulton & Boon, 1991). Ha $k < 0,005$, akkor az avar lassú, ha $k = 0,005-0,01$, akkor közepes, ha $k > 0,01$, akkor gyors bomlási kategóriába kerül. Meghatározzuk a minták felezési idejét is a

$$TH = \ln 2 * k^{-1} \quad (2)$$

összefüggés segítségével, mely megmutatja, hogy egy adott eszközben mennyi idő alatt csökken felére a minta tömege (Bärlocher et al., 2005).

Eredmények és értékelésük

A 2. ábra szemlélteti az akác visszamaradt tömegének időbeli változását a két mészkezelésű területen (A – kezeletlen terület, AM 1,5 t ha⁻¹/év CaCO₃-al kezelt terület). Az ábrán jól látható, hogy a mészkezelt területekre kihelyezett zsákokban kissé lassabban fogyott az avar (491. napon 5,3 g), mint a kezeletlen területeken kihelyezettteken (491. napon 4,8 g). Ennek ellenére nem volt szignifikáns különbség a két mészkezelést kapott területen visszamaradt avar-tömegek között ($p = 0,753$).



2. ábra: Az akác (*Robinia pseudoacacia*) avar visszamaradt száraz tömege a 491 napos vizsgálati időszakban a meszkezelt (1,5 t ha⁻¹/év CaCO₃, AM) és a mészkezelés nélküli (A) mintavételi helyszíneken.

A szakirodalomban több adat is található az akácavar lebomlási dinamikájáról, mely eredmények némiképp különböznek. Például Sun & Zhao (2016) *Robinia pseudoacacia* esetében 19%-os avarfogyást detektált 297 napos kísérleti periódus alatt Peking város északi központi részén (Kína), ahol a 680 ha-os park 95%-át zöld növényzet borítja. Lu et al. (2013) vizsgálatában 3 hónapon át tartó kísérletükben ~28%-os avarfogyást állapítottak meg *Robinia pseudoacacia* esetében, e faj által dominált természetes erdőben (Nanjing, Kína). Lee et al. (2011) ~38-40%-os avertömeg csökkenést tapasztalt a 8 hónapos kísérleti periódus végére az Ilzasan hegység északi lejtőjén elterülő akácos erdőben (Seoul, Korea).

Az exponenciális bomlási együttható értéke (k) $0,0026 \pm 0,001$ g nap⁻¹ (meszkeletlen kezelés) és $0,0024 \pm 0,0017$ g nap⁻¹ (meszkezelt kezelés) alakultak, azaz mindkét kezelésben mért akác avar bomlása a lassú kategóriába esik. Tatenó et al. (2007) $0,0013$ -as k értéket állapított meg akácra egy 50-60 évvel ezelőtti mezőgazdasági céllal feltört, majd 20-30 évvel később erdősített területen, Kínában (Gonglushan hegység, Kína). Buzdyghan et al. (2016) a Prut folyó (Ukrajna) partja mentén álló, 12 éves akácokban állított be szabadföldi kísérletet. Eredményei szerint a 30 napig tartó vizsgálatban az akác k értéke $0,0011$ volt. A különbségek oka lehet, hogy általában a kísérleti területek eltérőek, más-más időjárással és különböző talajadottságokkal. Összességében elmondható, hogy az általunk kapott eredmények közelítenek a nemzetközi kutatások által megállapított eredményekhez.

Következtetések, javaslatok

Kísérletünk célja az avarlebontás sebességének meghatározása volt egy olyan akáccal beültetett területen, ahol korábban mezőgazdasági tevékenység, illetve két, különböző mésztrágyázás volt. 2017. december 20-án kezdtük meg a kutatást Gödöllőn, a 491 napig tartó vizsgálat során avarszákos módszert alkalmaztunk. Eredményeink szerint a korábbi mészhasználat nem befolyásolta szignifikánsan az avarlebontás sebességét, de tendencia jelleggel a meszezett területekről lehozott minták lassan tömegvesztéssel produkáltak a meszezett területeken vizsgált akácavarhoz képest. Eredményeink bár kissé eltérnek a nemzetközi publikációkban leírtaktól, de tekintettel a vizsgálati helyszínek az éghajlat, talajféleség, fizikai-kémiai paraméterek különbözőségére, ezen eltérések nem mondhatóak jelentősnek.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bärlocher, F. (2005). Leaf mass loss estimated by litter bag technique. In Graça, M.A.S., F. Bärlocher, M.O. Gessner, (eds) *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 37–42.
- Boulton, A.J., Boon, P.I. (1991). A review of methodology used to measure leaf litter decomposition in lotic environments: time to turn over an old leaf? *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 42, 1-43. <https://doi.org/10.1071/MF9910001>
- Gessner, M.O., Newell, S.Y. (1997). Bulk quantitative methods for the examination of eukaryotic organoosmotrophs in plant litter. In: Hurst C. J., Knudsen G., McInerney M., Stetzenbach L.D.&WalterM.(eds). *Manual of Environmental Microbiology*. ASM Press, Washington, DC., 295.
- Gessner, M.O. (1991). Differences in processing dynamics of fresh and dried leaf litter in a stream ecosystem. *Freshwater Biology*, 26, 387-398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1991.tb01406.x>
- Ranger, J., Colin-Belgrand, M., Nys, C. (1995). Le cycle biogéochimique des éléments majeurs dans les écosystèmes forestiers. *Étude Gestion Sols*, 2, 119-134.
- Rapp, M., Leonardi, S. (1988). Évolution de la litière au sol au cours d'une année dans un taillis de chêne vert (*Quercus ilex*). *Pedobiol*, 32, 177-185.
- Jenny, H., Gessel, S.P., Bingham, F.T. (1949). Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci*, 68, 419-432. <https://doi.org/10.1097/00010694-194912000-00001>
- Mangenot, F., Toutain, F. (1980). Les litières. In: *Actualités d'écologie forestière* (P Pesson, ed), GauthierVillars, Paris. France, 3-69.
- David, L., Bruce, W., Haines, L., Boring, R. (1988). Litter decomposition in southern Appalachian black locust and pine-hardwood stands: litter quality and nitrogen dynamics. *Canadian Journal of Forest Research*, 18(1), 54-63. <https://doi.org/10.1139/x88-009>
- Hirschfeld, J.B., Finn, J.T., Patterson, W.A. (1984). Effects of *Robinia pseudoacacia* on leaf litter decomposition and nitrogen mineralization in a northern hardwood stand. *Canadian Journal of Forest Research*, 14(2), 201-205. <https://doi.org/10.1139/x84-039>
- Chen, X.Y., Mulder, J. (2007). Atmospheric deposition of nitrogen at five subtropical forested sites in South China. *Sci Total Environ*, 378, 317–330. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.02.028>
- Hunt, H.W., Ingham, E.R., Coleman, D.C., Elliott, E.T., Reid, C.P.P. (1988). Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow, and pine forest. *Ecology*, 69, 1009–1016. <https://doi.org/10.2307/1941256>
- Berg, B., McClaugherty, C. (2008). *Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Plant litter*. Springer, Berlin.
- Staelens, J., Nachtergale, L., De Schrijver, A., Vanhellefont, M., Wuyts, K., Verheyen, K. (2011). Spatio-temporal litterfall dynamics in a 60-yearold mixed deciduous forest. *Ann. For Sci*, 68, 89–98. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0010-5>
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- Lu, S., Liu, C. (2012). Patterns of litterfall and nutrient return at different altitudes in evergreen hardwood forests of Central Taiwan. *Ann. For Sci*, 69, 877–886. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0213-4>
- Wang, Q., Zhong, M., He, T. (2013). Home-field advantage of litter decomposition and nitrogen release in forest ecosystems. *Biol Fert. Soils*, 49, 427–434. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12863>
- Sun, Y., Zhao, S. (2016). Leaf litter decomposition in urban forests: test of the homefield advantage hypothesis. *Annals of Forest Science*, 73, 1063–1072. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0577-y>
- Oksana, Y.B., Rudenko, S.S., Kazanci, C., Patten, B.C. (2016). Effect of invasive black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) on nitrogen cycle in floodplain ecosystem. *Ecological Modelling*, 319, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.025>
- Lv, Y., Wang, C., Wang, F., Zhao, G., Pu, G., Ma, X., Tian, X. (2013). Effects of nitrogen addition on litter decomposition, soil microbial biomass, and enzyme activities between leguminous and non-leguminous forests. *Ecol Res.*, 28, 793–800. <https://doi.org/10.1007/s11284-013-1060-y>
- Lee, Y.C., Nam, J.M., Kim, J.G. (2011). The influence of black locust (*Robinia pseudoacacia*) flower and leaf fall on soil phosphate. *Plant Soil*, 341, 269–277. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0642-5>
- Tateno, R., Tokuchi, N., Yamanaka, N., Du, S., Otsuki, K., Shimamura, T., Xue, Z., Wang, S., Hou, Q. (2007). Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition between an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yan'an on the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 241, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.12.026>
- Hunt, H.W., Ingham, E.R., Coleman, D.C., Elliott, E.T., Reid, C.P.P. (1988). Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow, and pine forest. *Ecology*, 69, 1009–1016. <https://doi.org/10.2307/1941256>
- Berg, B., McClaugherty, C. (2008). Decomposition, humus formation, carbon sequestration. *Plant litter*. Springer, Berlin.
- Staelens, J., Nachtergale, L., De Schrijver, A., Vanhellefont, M., Wuyts, K., Verheyen, K. (2011). Spatio-temporal litterfall dynamics in a 60-year-old mixed deciduous forest. *Ann. For Sci*, 68, 89–98. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0010-5>
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lu, S., Liu, C. (2012). Patterns of litterfall and nutrient return at different altitudes in evergreen hardwood forests of Central Taiwan. *Ann. For Sci*, 69, 877–886. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0213-4>
- Wang, Q., Zhong, M., He, T. (2013). Home-field advantage of litter decomposition and nitrogen release in forest ecosystems. *Biol Fert. Soils*, 49, 427–434. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12863>
- Sun, Y., Zhao, S. (2016). Leaf litter decomposition in urban forests: test of the homefield advantage hypothesis. *Annals of Forest Science*, 73, 1063–1072. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0577-y>
- Oksana, Y.B., Rudenko, S.S., Kazanci, C., Patten, B.C. (2016). Effect of invasive black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) on nitrogen cycle in floodplain ecosystem. *Ecological Modelling*, 319, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.025>
- Lv, Y., Wang, C., Wang, F., Zhao, G., Pu, G., Ma, X., Tian, X. (2013). Effects of nitrogen addition on litter decomposition, soil microbial biomass, and enzyme activities between leguminous and non-leguminous forests. *Ecol Res.*, 28, 793–800. <https://doi.org/10.1007/s11284-013-1060-y>
- Lee, Y.C., Nam, J.M., Kim, J.G. (2011). The influence of black locust (*Robinia pseudoacacia*) flower and leaf fall on soil phosphate. *Plant Soil*, 341, 269–277. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0642-5>
- Tateno, R., Tokuchi, N., Yamanaka, N., Du, S., Otsuki, K., Shimamura, T., Xue, Z., Wang, S., Hou, Q. (2007). Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition between an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yan'an on the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 241, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.12.026>

Az alámerülő hínárnövényzet párolgásmódosító hatásának vizsgálata

Simon-Gáspár Brigitta^{1*}, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

* *simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu*

Összefoglalás

A klímaváltozás nagymértékben befolyásolhatja felszíni vizeink mennyiségét és minőségét. Ehhez elengedhetetlen a hidrológiai körfolyamat alapos ismerete, melynek fő kiadási tagja a párolgás. A természetes és mesterséges vízfelületek túlnyomó többségben nagyméretűek, amely számos mérési nehézséget von maga után. Ezen víztestek párolgásának mérésére a WMO előírásai szerint készült, tiszta vízzel töltött hagyományos párolgásmérő „A” kádak alkalmasak. A természetes víztestek színe viszont az „A” kádtól eltérő, rendszerint sötét, illetve különböző vízi növények élőhelyeként is szolgálnak. Ezért vizsgálatunkban célul tűztük ki a hagyományos „A” kád párolgásának meghatározása mellett (1) az iszappal borított aljzatú (2) és iszappal és alámerülő hínárnövényzettel is rendelkező (3) „A” kádak napi párolgásértékeinek detektálását 2018. május 31. és 2018. szeptember 21. között. Emellett vizsgáltuk a különböző meteorológiai elemek (hőmérséklet, légnedvesség) párolgásra gyakorolt hatását is. Eredményeink azt mutatták, hogy az iszappal rendelkező és a hínárral beültetett kádak párolgása meghaladta a tiszta vízzel rendelkező „A” kád párolgását.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Bolygónk egészére nézve a vízkörforgás zárt, egységes rendszert alkot, ahol a lehulló csapadék az elpárolgott víz mennyisége kiegyenlített. A vízkészlet megújulása a vízfelszín és a légkör közötti folyamatos vízkicserélődésen alapszik, ugyanis a Nap sugárzási energiájával a vízmolekulák közti kohéziós kapcsolat felbontható, így víz kerül a felület feletti légkörbe (Szesztay, 1963).

A párolgáskutatás jelenleg is aktuális téma a meteorológusok és hidrológusok körében. A kutatások két fő irányra koncentrálnak: a műholdas észlelésre, illetve a légkörfizikai változók mérésén alapuló párolgásbecslésre (Szilágyi, 2015; Szilágyi et al., 2016). Hazánkban az „A” kádakkal történő párolgásmérést a VITUKI kezdte 1958-ban, majd az OMSZ folytatta 1966-ban, azonban jelenleg kevés párolgásmérő „A” kád üzemel rendszeresen, ugyanis a gyakorlatban elterjedtebb a párolgás becslése, mint a mérési adatokra való támaszkodás (Liptay, 2018).

A hínárnövényzet jól megfigyelhető tagja a vízi életközösségeknek. A Balaton esetében – az eutrofizáció megállítására tett számos lépés eredményeképp – a víz fokozatosan tisztul. A Balaton medencéi közül a legsekelelyebb Keszthelyi-öböl az eutrofizációs folyamatoknak leginkább kitett medence (Padisák & Reynolds, 1998). A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer sikeres vízkormányzásának köszönhetően a vízminőség további javulása várható, melynek eredményeképp a Balatonban a hínármezők további terjedése, és az algák mennyiségének csökkenése realizálódhat. Ezért a jövőben még inkább meghatározóbb lesz a hínárral borított vízfelületek viselkedése.

A hínártársulások, különösen a lebegő hínárok, fajban szegények, viszont a víz mélységének, az áramlási viszonyoknak, az aljzat minőségének függvényében gyakran sűrűn váltogatják egymást (Turcsányi, 2005). Vizsgálataink során célunk volt kimutatni, hogy a vízben lévő növényzet fokozza-e egy adott víztest párolgását, illetve, hogy milyen összefüggést mutatnak a különböző víztestek a meteorológiai változókval.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat párolgásmérő „A” kádokban állítottuk be (1. ábra), melyet világszerte alkalmaznak és számos előnnyel bír más párolgásmérő kádakkal szemben (GGI, U kádak, stb). Mivel a kád nincs

érintkezésben a talajjal, a hőátvitel túlnyomórészt a levegőből történik, így energetikailag definiálható zárt rendszert alkot, illetve aránylag kis tehetetlenséggel követi az időjárás változásait.



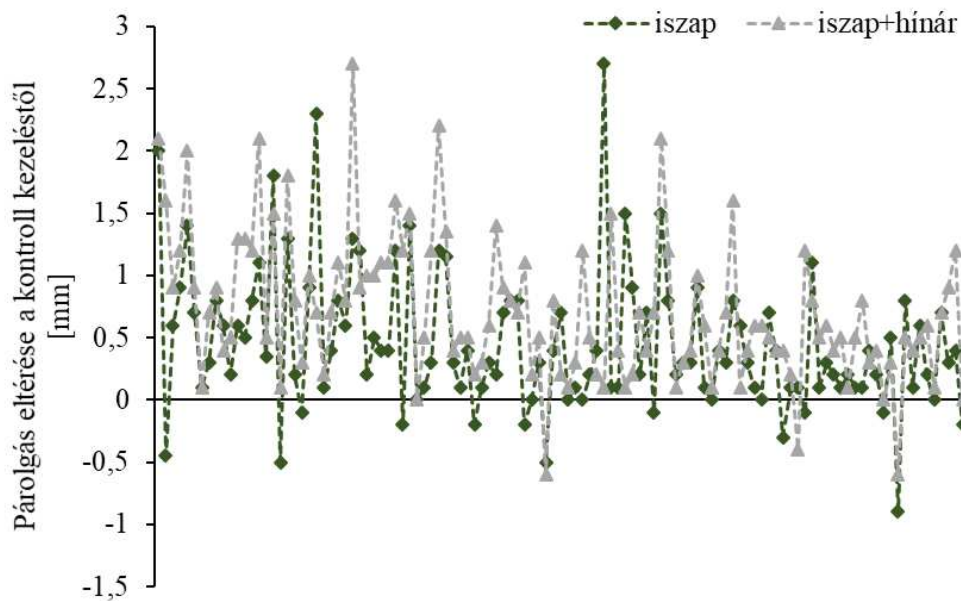
1. ábra: Hagyományosan beállított (tisztá vízzel töltött) párolgásmérő „A” kád.

A kísérleteket a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusának keszhelyi Agrometeorológiai Kutatóállomásán végeztük 2018. május 31. és 2018. szeptember 21. között. A kutatás során a nyílt- és a hínárral borított vízfelszín párolgásában mutatkozó különbségeket vizsgáltuk, egy hagyományosan beállított kádhoz viszonyítva. Ehhez három párolgásmérő „A” kádban (iszappal borított, hínárral és üledékkel rendelkező, tiszta vízzel töltött) mértük a párolgás mértékét. Iszapot a Balaton Keszthelyi-medencéjéből szedtünk, továbbá itt került begyűjtésre a kádba telepített 3 hínárfaj is (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Najas marina*). A vízszlop magasságát minden reggel, 8:00 órakor mértük. A terület meteorológiai paramétereit az állomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás műszerei segítségével határoztuk meg. A kádban történő vízhőmérséklet mérésére DeltaOhm HD-226-1 típusú adatrögzítőt használtunk. Az adatokat Microsoft Excel használatával értékeltük ki.

A vizsgálati időszakban a hőmérséklet magasabb volt a klímanormálhoz viszonyítva (júniusban 1,5°C-al, júliusban 0,6 °C-al, augusztusban 2,3 °C-al és szeptemberben 0,6°C-al), a csapadékmennyiség 100,8 mm-el haladta meg az erre az időszakra jellemző csapadékösszeget.

Eredmények és értékelésük

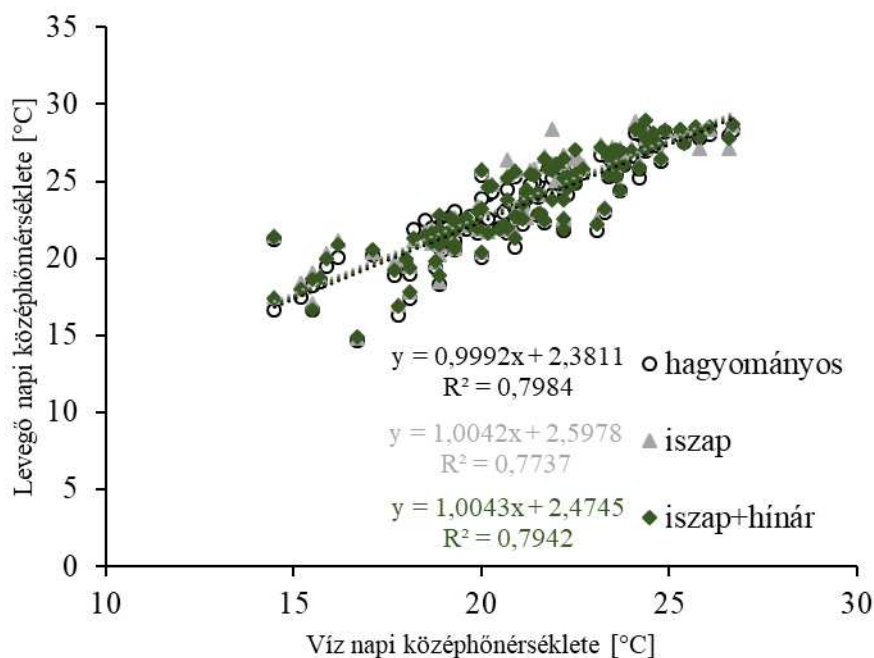
A 2. ábrán az iszappal, illetve hínárral beültetett kádak napi párolgásértékeinek eltérései láthatók a hagyományosan beállított kádhoz képest. A napi átlagos párolgás a kontrollkezelésben $3,5 \pm 1,2$ mm, az iszappal borított aljzatú kádnál $4,0 \pm 1,3$ mm, míg az iszappal és hínárral rendelkező kád esetében $4,2 \pm 1,3$ mm volt. Szignifikáns különbséget találtunk a hagyományos és iszapos kád ($p = 0,023$), illetve a hagyományos és hínáros kád párolgásai között ($p < 0,001$). Az iszappal megtöltött és a hínárral beültetett kezelések napi párolgásai között nem találtunk statisztikailag igazolható eltérést ($p = 0,138$).



2. ábra: Az iszappal borított aljzatú és hínárnövényzetet tartalmazó kádakban mért napi párolgás értékek eltérései a hagyományos párolgásmérő „A” kádtól (kontroll).

McMahon et al. (2013) megállapításai szerint a nyílt vízfelület párolgását meghaladja a hínárnövényzettel borított víz párolgása. Anda et al. (2016, 2018a, 2018b) kutatásaik alapján igazolták, hogy a makrovegetációval rendelkező víztest napi párolgása magasabb, mint a csak vizet, vagy üledéket tartalmazó víztestek párolgása.

A napi párolgásban detektált különbségek oka egyrészt az iszap sötét színe miatti módosult albedóval, illetve a magasabb vízhőmérséklettel (3. ábra), továbbá a hínárnövényzet intenzív életfolyamataival magyarázható. A napi átlagos vízhőmérséklet a kádakban jól követte a napi átlagos léghőmérsékletet, a három kezelés között tendencia jelleggel figyeltünk meg eltéréseket (hagyományos: $23,5 \pm 3,1$ °C, iszapos: $23,9 \pm 3,2$ °C, hínáros: $23,7 \pm 3,1$ °C).

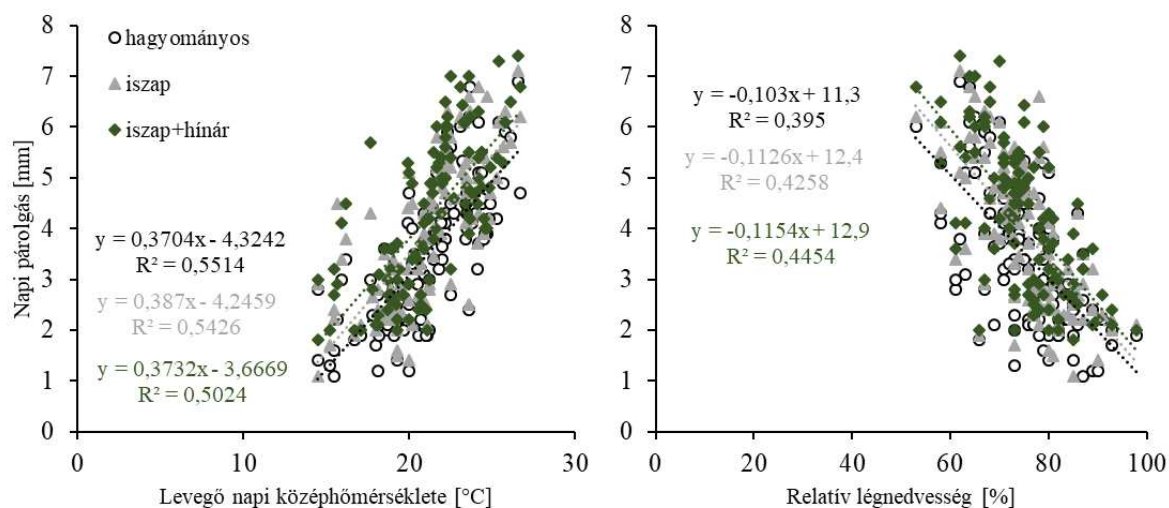


3. ábra: A levegő és a kádakban mért vízhőmérséklet viszonya a vizsgálati időszakban.

Jacobs et al. (1998) megfigyelései azt mutatták, hogy a víz hőmérséklete többé-kevésbé homogén az egész napi ciklus során. Ez azt jelenti, hogy a víz a kádban jól keveredik, továbbá gyenge szél jelenlétében ($<2 \text{ m s}^{-1}$) jellemző hőmérsékleti viselkedést figyeltek meg, ilyen esetben a vízben nincs termikus rétegzettség.

Ubell et al. (1958) kísérletükben két, földbe süllyesztett párolgásmérő káddal végeztek 5 éven keresztül tartó kísérletsorozatot, melyben elsősorban az időjárási elemek és a kádak vizének párolgása közötti összefüggéseket vizsgálták. Megállapították, hogy a földbe süllyesztett kádban a víz jobban felmelegszik, viszont a léghőmérséklet változásait is viszonylag jól követi.

A párolás intenzitását döntő mértékben befolyásolja a levegőben levő vízgőz telítettségi állapota is. A levegő vízfelvétele a benne található vízgőz mennyiségének függvényében változik, minél kisebb a levegő vízgőz koncentrációja, annál nagyobb az egységnyi párolgó felületből kilépő vízmolekulák száma. A 4. ábrán a kezelések napi párolgásértékeinek és a levegő napi középhőmérsékletének, illetve relatív légnedvességének kapcsolata látható. A diagram jól mutatja, hogy a három kezelés napi párolgása a levegő közép hőmérsékletével pozitívan, míg relatív légnedvességgel negatívan korrelál. A determinációs együtthatók a léghőmérséklet és párolgás kapcsolatánál magasabban ($R^2 = 0,551$ – kontroll, $R^2 = 0,543$ – iszapos és $R^2 = 0,502$ – hínáros kezelés), a légnedvesség és párolgás esetében alacsonyabban alakultak ($R^2 = 0,395$ – kontroll, $R^2 = 0,426$ – iszapos és $R^2 = 0,445$ – hínáros kezelés).



4. ábra: A párolás és a levegő napi középhőmérsékletének (a), valamint relatív nedvességének (b) viszonya a különböző kezelések esetében.

Balaton esetében a tavasi hónapokban a víz hőfoka alacsonyabb, ellenben az őszi hónapokban jelentős hőtározódás figyelhető meg. A kádak vízhőmérsékletének esetében a várható összefüggés minden esetben hasonló. Tavaknál, illetve tározóknál a vízmélységtől, a vízfelület nagyságától, valamint az egész víztömegtől függően a víz hőfok, valamint a léghőmérséklet összefüggése különböző lehet.

Következtetések, javaslatok

A vízfelület párolgása különböző– iszapos aljzatú, illetve alámerülő hínárnövényzettel rendelkező – vizek esetében ritkán kutatott terület, tehát ez a kísérlet alapkutatás szempontjából hiánypótlónak tekinthető. A klímaváltozás miatt azonban nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy azok a vizek, melyek valamilyen növényzettel rendelkeznek, nagyobb mértékben párolgotnak. Ez

rendkívül fontos a vízgazdálkodás gyakorlati szempontjából, hiszen a párolgás csökkenthető a vízi növényzet eltávolításával. Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni a makrovegetáció biológiai fontosságát és természetes víztisztító képességét sem. Összességében megállapíthatjuk, hogy a vizsgált elemeken kívül még más környezeti tényezők, illetve ezeknek együttes hatása is nagymértékben befolyásolhatja a párolgást, így célszerű az erre irányuló vizsgálatok folytatása, illetve bővítése.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Anda, A., Simon, B., Soós, G., Teixeira da Silva, J.A., Kucserka, T. (2016). Effect of submerged, fresh water aquatic macrophytes and littoral sediment on panevaporation in the Lake Balaton region, Hungary. *Journal of Hydrology*, 542, 615–626. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.09.034>
- Anda, A., Simon, B., Soós, G., Menyhárt, L., Teixeira da Silva, J.A., - Kucserka, T. (2018a). Extending Class A pan evaporation for a shallow lake to simulate the impact of littoral sediment and submerged macrophytes: a case study for Keszthely Bay (Lake Balaton, Hungary). *Agricultural and Forest Meteorology*, (250-251), 277–289. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.01.001>
- Anda, A., Simon, B., Soós, G., Kucserka, T. (2018b). Estimation of natural water body's evaporation based on Class A pan measurements in comparison to reference evapotranspiration. *Időjárás*, 122(1), 41–58. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.1.4>
- Jacobs, H.W., Knoblich, J.A., Lehner, C.F. (1998). Drosophila Cyclin B3 is required for female fertility and is dispensable for mitosis like Cyclin B. *Genes Dev*, 12(23), 3741–3751. <https://doi.org/10.1101/gad.12.23.3741>
- McMahon, T.A., Peel, M.C., Lowe, L., Srikanthan, R., McVicar, T.R. (2013). Estimating actual, potential, reference crop and panevaporation using standard meteorological data: a pragmatic synthesis. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1331–1363. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1331-2013>
- Szesztay, K. (1963). A Balaton vízszintszabályozásáról és vízkészletének hasznosításáról. *Hidrológiai Közlöny*, 43, 362–367.
- Szilágyi, J., Crago, R., Qualls, R. (2016). Testing the generalized complementary relationship of evaporation with continental-scale long-term water-balance data. *Journal of Hydrology*, 540, 914–922. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.07.001>
- Szilágyi, J. (2015). Complementary-relationship-based 30-year normals (1981-2010) of monthly latent heat fluxes across the contiguous United States. *Water Resources Research*, 51, 9367–9377. <https://doi.org/10.1002/2015WR017693>
- Turcsányi, G. (2005). *Növénytan*. 23. fejezet – Növényföldrajz, 2680–2700.
- Ubell, K. (1958). Nagyobb vízfelületek párolgási veszteségeinek meghatározása párolgásmérő kádak segítségével. *Időjárás*, 62(1), 26–38.

A gyékény lebontása során keletkező CO₂ kibocsátás meghatározása klímakamrában

Simon Szabina^{1,2*}, Simon-Gáspár Brigitta¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

**simonszabina95@gmail.com*

Összefoglalás

A szénkörforgalom bolygónk egyik legösszetettebb, ugyanakkor legkevésbé ismert nagyméretű természeti folyamata. Mintegy 42×10^{18} grammra becsülik azt a szénmennyiséget, amit a légkör, a vizek, és a bioszféra köt meg, illetve ami e három szféra között vándorol. A szén egyik nagy rezervoárja a légkör, amely szén-dioxid formájában 750×10^{15} gramm szenet raktároz. Ezt a szén-dioxidot tekintjük ma az élet egyik forrásának, hisz a zöld növények – fotoszintézis útján – élő anyagokba építik be azt. A növények testében megkötött szén két úton kerülhet vissza a légkörbe. A növényevő és – közvetve – a húsevő állatok légzése útján, amely során oxigént vesznek fel és szén-dioxidot lélegeznek ki. A másik út: az elhalt növények a vízbe kerülnek, ott a 4 szakaszból álló (kioldódás, mikrobiális kolinizáció, makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenysége, fizikai kopás) lebontási folyamat végbemegy, melynek során ugyancsak szén-dioxidot juttatnak a környezetbe.

Kísérletünkben mikrokozmosz kísérletet állítottunk be Angelantoni Industrie Ekochl 700 típusú klímakamrában. Vizsgálataink során célul tűztük ki a gyékény levél és szár lebontása során keletkező szén-dioxid kibocsátás mértékének meghatározását klímakamrában. Eredményeink azt mutatták, hogy a növényi részek vízben történő bomlása téli időszakban hozzájárul a sekély víztetek (pl. Kis-Balaton) szén-dioxid kibocsátásának növekedéséhez.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A bolygónk egyik legfontosabb, ennek ellenére legkevésbé ismert nagyméretű természeti folyamata a szén körforgalom (Dunn, 2001). A szén egyik nagy rezervoárja a légkör, amely szén-dioxid formájában 750×10^{15} gramm szenet raktároz. A vízparton álló növények testében az őszi időszakban az elhalt növényi részek (avar) a vízbe kerülhetnek, ott a 4 szakaszból álló lebontási folyamat végbemegy, melynek során szén-dioxidot kerül a környezetbe (Kerényi, 1995). Az avar vízbe hullását követő 24 óra alatt száraz tömegének akár 25 százalékát is elveszítheti, a levéllemez vízben oldható vegyületeinek formájában, melyet a nehezebben oldható anyagok bomlása követ (Haapala et al., 2001). A következő szakasz a mikrobiális kolonizáció, mely során a különböző baktérium és gombafajok megtelepednek az avaron, bontási tevékenységükkel könnyebb hozzáférhetőséget biztosítva a makrogerinctelen szervezeteknek (Dangles & Chauvet, 2003). A harmadik fázis a vízben élő, makroszkopikus nagyságú, gerinctelen szervezetek aprító tevékenysége, mely során kis darabokra szaggatják a levéllemezek érhálózat körüli részeit. Legvégül pedig az elaprózódott részek fizikai kopása következik be (Gessner et al., 2003).

A Kis-Balaton vizes élőhely, amelynek elsődleges célja a Zala folyó eredeti áramlásának helyreállítása és a szerves tápanyagok megtartása a Zala folyó torkolatában, valamint a Balaton vízminőség romlásának megállítása (Tátrai et al., 2000). A parti vizes élőhelyek fontos szerepet játszanak a törendszerek működésében. A szárazföld és a víz közötti ökotón sokféle élőhelyet hoz létre, és a vizes élőhelyek magas biomasza termelése energiát szolgáltat vissza az élelmiszerhálózatba (Strayer et al., 2010). A vizes élőhelyek part menti zónája gyakran a tó legkevésbé zavart területei, és így menedékként szolgálhatnak a vadon élő állatok számára azokban az évszakokban, amikor az emberi jelenlét nagy nyomást gyakorol az ökoszisztémára.

Sok nyílt tengeri vagy parti faj általában a vizes élőhelyektől függ, vagy egy bizonyos típusú vizes élőhely jelenlététől az áttelelés, a szaporodás és a táplálkozás szempontjából (Ostendorp & Lebensraum, 1993). A parti vizes élőhelyek bizonyos funkciói, például az erózió, az árvízvédelem és a szennyezés leszerelése gazdasági szempontból is fontosak (Vymazal, 2011). Európában egyre nagyobb a nyomás a parti vizes élőhelyekre, mivel a parti területeket intenzíven használják a rekreációra és az iparra, és a globális klímaváltozás és a helyi szennyezés is érinti ezeket az érzékeny közösségeket (Schmieder, 2004).

A gyékény (*Typha angustifolia* L.) faj gyakori, évelő makrofita, amely világszerte elterjedt a trópusi és mérsékelt égövi vizes élőhelyeken, tavakban és folyókban (Smith, 1987). A nedves talajt és a sekély, lassú és sós vizeket részesíti előnyben, és monotípusos állományok kialakításával gyorsan uralhatja a vizes élőhelyek közösségét (Panich-Pat et al., 2004). Lágyszárú és rizómás növény, amely akár 3 m magas is lehet (Pignatti, 1982). A száruk és levelek a növekedési időszakban aktívak, több méterrel a víz felszíne fölé nyúlnak, és télen elhálnak (Wetzel, 2006).

Vizsgálataink során célunk az volt, hogy a Kis-Balatonon elterjedt gyékény különböző növényi részeinek szén-dioxid kibocsátását feltérképezzük, a vízbehullást követően történő avarlebontási folyamat során.

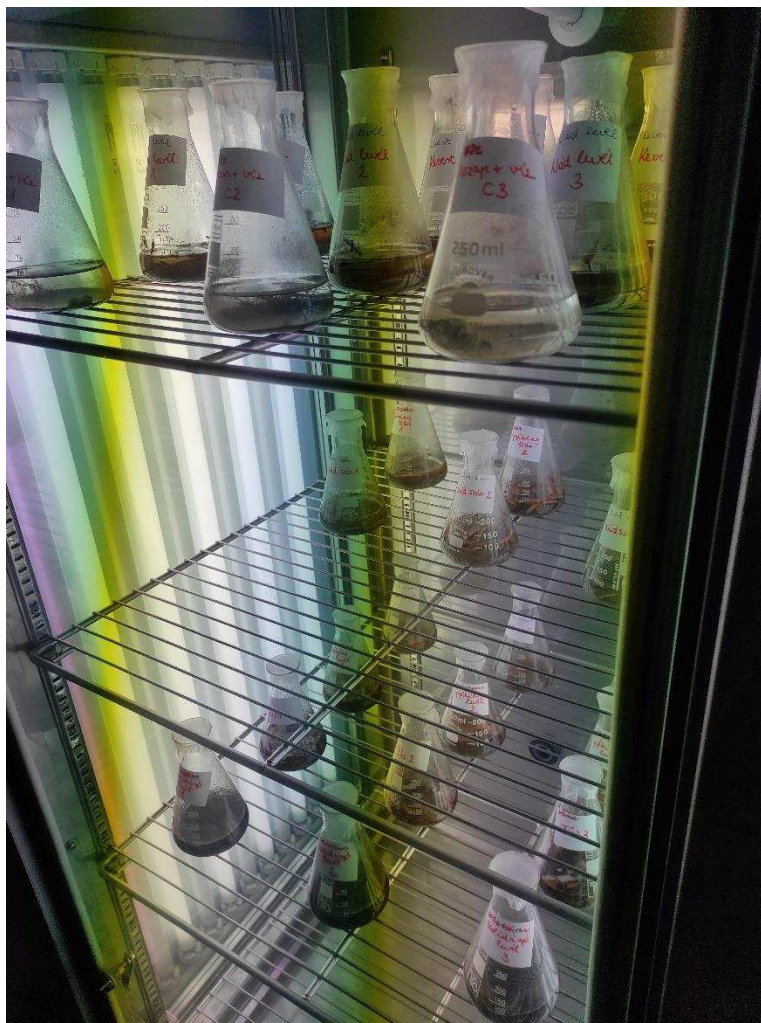
Anyag és módszer

Mikrokozmosz kísérletünket megelőzte egy terepi lebontás kísérlet, melyet a Kis-Balaton Ingói berkeiben végeztünk téli időszakban. Ekkor a víztestben *in situ* mértük a víz hőmérsékletet a kísérleti időszak alatt a HOBO UA-002-64 típusú adatgyűjtővel, mely alapul szolgált a szén-dioxid kibocsátás feltérképezéséhez.

Angelantoni Industrie Ekochl 700 típusú klímakamrát alkalmaztunk a kísérlet során, melyben szabályozható a hőmérséklet, a páratartalom, illetve a fényintenzitás. A vizsgálat Kis-Balatonon mért víz hőmérsékletek feldolgozásával indult, melyekből heti átlagot készítettünk, és hetente az alapján változtattuk a hőmérsékletet. A páratartalmat fixen 50%-ra, a fényt pedig a téli időszakra való tekintettel 7 órás teljes megvilágításra, és 17 órás sötét periódusra állítottuk.

A terepi kísérleti helyszínek közül a Kis-Balaton területét választottuk ki. A Kis-Balaton esetében nem olyan intenzív a vízmozgás, illetve hosszú a víz tartózkodási ideje. Mivel ez a terület az ország egyik legnagyobb wetland területe, ezért természetvédelmi okokból is kiemelt figyelmet kap. A wetlandek nagy mennyiségű, különböző összetételű gázt bocsátanak a légkörbe (nagy területen), ezért is tartottuk fontosnak az ott élő növények szén-dioxid kibocsátását feltérképezését (lassabb áramlás és vízkicserélődés miatt jobban fel tud halmozódni a szén-dioxid). A vizsgált növényi részek a következők voltak: gyékény levél és szár. A vizsgálati növényanyagokat ősszel gyűjtöttük be, levélhullás időszakában.

Miután laboratóriumban megtisztítottuk és légszáraz állapotig szárítottuk a növényi részeket, 300 ml űrtartalmú lombikba 1 g növényt, 10 g iszapot és 100 ml vizet helyeztünk, növényi részenként 3-3 ismétléssel. Kontrollként 3 db lombikba 10 g iszapot és 100 ml vizet helyeztünk, ezzel kizárva a növényi hatást. A lombikokat a klímakamrába való elhelyezés előtt légmentesen lezártuk parafilmmel. A mérésekhez Testo 535 típusú szén-dioxid mérő műszert használtunk, melynek mérestartományja 0-9999 ppm, illetve amelyen 2 infravörös csatornás adszorpciós elven működő szén-dioxid érzékelő szenzor van. Az első mintavétel a behelyezést követően 1 óra elteltével történt. Először a klímakamrán kívüli, „friss” levegőt mértük meg a kalibrációhoz. Ezt követően az épp vizsgálni kívánt lombikot kivettük a klímakamrából, eltávolítottuk róla a parafilmet, és gyors mozdulattal a lombikba helyeztük az érzékelőt. Pár perc elteltével megkaptuk az értéket ppm-ben. A vizsgálat befejezésekor „átszellőztettük” a lombikokat. A második mintavétel 4 óra múlva, majd a kísérlet kezdete utáni 1., 4., 7., 9., 11., 14., 16., 18., 21., 23., 25., 29., 32., 35., 37., 39., 42., 45., 50., 53., 56., 58., 60., 63., 65., 67., 71., 74., 77., 79., 81., 84., 86., 88., 91., 93., 95. napon mértük a szén-dioxid értéket a klímakamrában elhelyezett növényvel, iszappal és vízzel töltött lombikokban.



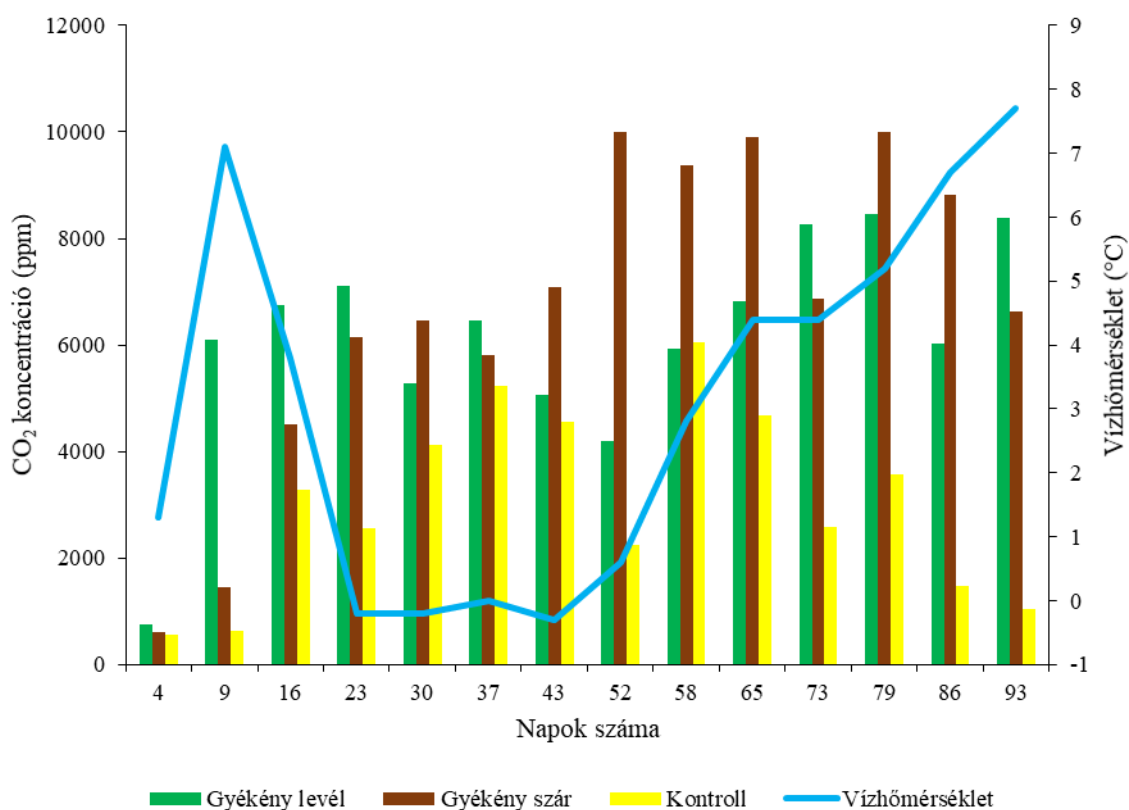
1. ábra: Mintanövények a klímakamrában.

Eredmények és értékelésük

A vizsgálati időszak alatt szélsőségesen ingadozott a víz hőmérséklet, ami szorosan követte a léghőmérséklet változását is. A víz hőmérséklet (-1) - 8 °C-os skálán mozgott. A februári időszaktól kezdődően kifejezetten emelkedett a víz hőmérséklet, ami eltér az ilyenkor elvárhatótól. Terepi kísérletünket – melyet a mikrokozmosz kísérlet alapjául vettünk – az 1901 óta mért 3. legmelegebb télen végeztünk.

A 3. ábrán jól látható, hogy a kontrollhoz képest a növényi részeket tartalmazó kezelések szén-dioxid kibocsátása kimagasló. Annak ellenére, hogy a lebomlás a víz felszín alatt történik, az mégis jelentősebb gázkibocsátással jár, ezzel emelve a háttér „szennyezést”. A víz hőmérséklet változásait a szén-dioxid kibocsátás egy kisebb eltolódással követi.

A szár és a levél esetében szintén látható egy eltolódási tendencia. A levél szorosabban követi a víz hőmérséklet változásait, míg a szár 30-35 napos csúszással „követi” a levél szén-dioxid kibocsátási ütemét. Ez a lebontás szempontjából a nehezebben lebontható komponensek miatt történik, ugyanis a gyékény szárban szilárdító anyagok pl. lignin, cellulóz magasabb arányban található meg a levélhez viszonyítva, és ez a mikrobiális közösség számára nehezebben lebontható.



3. ábra: A gyékény levél és szár vízben történő lebontása során keletkező szén-dioxid mennyisége, valamint a víz hőmérséklet alakulása a mikrokozmosz kísérletben

Következtetések, javaslatok

Az édesvizekben lebomló avar jelentős mennyiségű szén-dioxidot juttat a légkörbe, amely jelentős mértékben hozzájárul a globális szén-ciklushoz. Ezért fontos megérteni, hogy az emelkedő hőmérsékletre hogyan reagálnak a lebomló növényi részek. Terepi kísérletünket a harmadik legmelegebb télen végeztük (1901 óta), mely eredményeket betápláltunk egy mikrokozmosz kísérletbe, hogy feltérképezhessük magasabb hőmérsékleten a területen elterjedt növényi részek szén-dioxid kibocsátását.

A hőmérséklet fontos tényező az avarlebontásban és a biológiai folyamatokban. A jövőbeli klímaváltozási forgatókönyvek azt jósolják, hogy az emelkedő hőmérséklet, főleg télen, módosítja a tápanyag-ciklust, beleértve a bomlási folyamatokat is.

Kevés tanulmány létezik, amely a hőmérsékletváltozásokat és az avarlebontást együttesen értékeli. Vizsgálatunk bizonyítja, hogy a gyékény lebomlása során hozzájárul a globális szén-dioxid kibocsátáshoz. Ráadásul a jövőbeni hőmérséklet emelkedés felgyorsítja a bomlási sebességet főként azért, hogy stimulálja a mikrobák által vezérelt bomlást.

A jövőben a mikrokozmosz kísérlet újbóli beállítása, hőmérsékletének megemelésével előrejelzést adhat a globális felmelegedés hatására.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Felhasznált irodalom

- Dunn, S. (2001). Az energiatermelés széntelenítése. In: A világ helyzete 2001. Föld Napja Alapítvány, 98–121.
- Kerényi, A. (1995). Általános környezetvédelem. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.
- Haapala, A., Muotka, T., Markkola, A. (2001). Breakdown and macroinvertebrate and fungal colonization of alder, birch, and willow leaves in a boreal forest stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 20, 395–407. <https://doi.org/10.2307/1468037>
- Dangles, O., Chauvet, E. (2003). Effects of stream acidification on fungal biomass in decaying beech leaves and leaf palatability. *Water Research*, 37, 533–538. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00359-7](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00359-7)
- Gessner, M.O., Bärlocher, F., Chauvet, E. (2003). Qualitative and quantitative analyses of aquatic hypomyces in streams. In: Tsui, C.K., Hyde, K.D. eds.: *Freshwater Mycology*. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany. 127–157.
- Tátrai, I., Kálmán, M., Korponai, J., Paulovits, G., Pomogyi, P. (2000). The role of the Kis-Balaton water protection system in the control of water quality of Lake Balaton. *Ecol. Eng.*, 16, 73–78. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00091-4](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00091-4)
- Strayer, D.L., Findlay, S.E.G. (2010). Ecology of freshwater shore zones. *Aquatic Science*, 72, 127–163. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0128-9>
- Ostendorp, W., Lebensraum, A.L.S. (1993). In *Artenschutzsymposium Teichrohrsänger*; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Karlsruhe, Germany. 68, 173–280.
- Vymazal, J. (2011). Enhancing ecosystem services on the landscape with created, constructed and restored wetlands. *Ecol. Eng.*, 37, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.07.031>
- Schmieder, K. (2004). European lake shores in danger—Concepts for a sustainable development. *Limnologica*, 34, 3–14. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80016-1](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80016-1)
- Smith, S.G. (1987). Typha: its taxonomy and the ecological significance of hybrids *Arch. Hydrobiol. Beih.*, 27, 129–138.
- Panich-Pat, T., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, P.M., Upatham, E.S., Srinives, P., Lanza, G.R. (2004). Removal of lead from contaminated soils by *Typha angustifolia*. *Water Air Soil Pollut.*, 155, 159–171. <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000026523.96599.6b>
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. Edagricole Editore, I, 113–120.
- Wetzel, R.G. (2006). Transudation of elevated atmospheric CO₂ and natural light through altered carbon fluxes and higher trophic level production in aquatic ecosystems. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 29, 1112–1128. <https://doi.org/10.1080/03680770.2005.11902859>

Regionális klímaváltozás: A léghőmérséklet várható alakulása Keszthely térségében

Németh-Koczó Johanna^{1*}, Anda Angéla²

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

**hanna.nemethkoczó@gmail.com*

Összefoglalás

Kutatásunk célja a Keszthelyen mért hosszú idősoros adatok alapján a léghőmérséklet várható jövőbeli alakulásának vizsgálata. A keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson a léghőmérséklet és csapadék adatokat már több mint 148 éve folyamatosan regisztrálják, így munkánkhoz kellő hosszúságú adatsor áll rendelkezésre. Az előrejelzést SPSS statisztikai program ARIMA (Auto Regression Integrated Moving Average) modelljének alkalmazásával végeztük el 2050-ig. Az eredményekből megállapítható, hogy Keszthely térség léghőmérséklete a 21. században várhatóan tovább emelkedik, a globális trendekhez képest azonban valamelyest nagyobb mértékben.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Bolygónk éghajlata folyamatosan változott az idők folyamán és változik a jövőben is. A jelenkori éghajlatváltozás alakításában azonban nagy valószínűséggel már az emberi tevékenység játszik jelentős szerepet. A légköri üvegházhatás antropogén eredetű erősödése miatt a 21. század közepére a Föld átlaghőmérséklete magasabbra emelkedhet, mint a történelem során valaha. A léghőmérséklet alakulása az éghajlatváltozás szempontjából ezért igen nagy érdeklődéssel bír. A globális felszín-hőmérséklet világszerte emelkedik regionális és szezonális különbségekkel (IPCC, 2007). 2018-ra már körülbelül $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ -kal volt magasabb, mint az iparosodás előtti szint. Amennyiben ez a növekedés a mostani sebességgel tovább folytatódik, 2030-2052-re elérheti az $1,5^\circ\text{C}$ -ot (IPCC, 2018). A 20. század során a felmelegedés két fázisban ment végbe. Az első az 1910-es évektől az 1940-es, 1950-es évekig tartott, melyet kb. az 1970-es évekig tartó enyhe hűlés követett, majd a század utolsó negyedétől gyors, intenzív felmelegedés vette kezdetét (Folland et al., 2018). A felmelegedés, különösképpen az 1970-es évektől kezdve, intenzívebb volt a kontinenseken, mint az óceánokban, valamint várhatóan erősebb lesz a szárazföldön és a magasabb északi szélességeken (IPCC, 2007). A szárazföldi és az óceán felszín hőmérsékletének átlagértéke $0,85^\circ\text{C}$ -nak adódott [$0,65^\circ\text{C}$ és $1,06^\circ\text{C}$] az 1880-tól 2012-ig terjedő időszakban (IPCC, 2014). A felmelegedést jól tükrözi, hogy a legmelegebb 20 évet az elmúlt 22 évben mérték (WMO, 2019). Az elmúlt évben az átlagos globális föld- és óceáni hőmérséklet $0,79^\circ\text{C}$ -kal volt magasabb a 20. század értékénél. 1880 óta évtizedenként átlagosan $0,07^\circ\text{C}$ -kal nőtt, 1981-től az emelkedés mértéke pedig már elérte a $0,17^\circ\text{C}$ -ot. Figyelembe véve az 1880-2018-as időszakot, az elmúlt öt év (2014-től 2018-ig) a legmelegebb éveknek tekinthetők (NOAA, 2019).

Magyarországon a léghőmérséklet alakulása a globális trendekhez hasonlóan alakult, azonban országunk kis területe miatt nagyobb változékonyságot mutat (Szalai et al., 2005). A hőmérséklet térbeli eloszlása nem egyenletes, régióként változik. Az ország nagy részén az évi középhőmérséklet 10 és 11°C között alakul. Az éves középhőmérséklet jól tükrözi a domborzatot. A legalacsonyabb értékek általában a magasabban fekvő területeken, a Bakony és az Alpokalja vidékein, illetve az Északi-középhegységben jelennek meg, ahol általában a középhőmérséklet a 8°C -ot sem éri el. 11°C -nál magasabb értékek inkább elszórtan, a délies-délnyugati lejtőkön, valamint az ország déli részén fordulnak elő. Az átlaghőmérséklet térbeli eloszlása DNy-ÉK-i csökkenést mutat, ami a Földközi-tenger melegítő és a szibériai anticiklon hűtő hatásának köszönhető. Az IPCC (2001) és

Werners et al. (2014) szerint a Kárpát-medencét rendkívül érzékenyen fogja érinteni a klímaváltozás. A szélsőséges éghajlati események várhatóan egyre gyakoribbá fognak válni. A hóhullámok előfordulása, időtartama az utóbbi évtizedekben jelentősen nőtt, a nyári napok és a forró éjszakák számának növekedése intenzív felmelegedést mutat Magyarországon (Lakatos et al., 2007, Spinoni et al., 2015(a)). Az aszály gyakorisága, időtartama és súlyossága az elmúlt évtizedekben szintén emelkedett, különösen 1990-es évektől kezdődően. Régióink az aszályra hajlamos területek közé tartozik (Spinoni et al., 2013, 2015(b)). Hazai adatok alapján, a léghőmérséklet Magyarországon a globális trendekhez képest valamivel gyorsabban emelkedik. A múlt század eleje óta az országos növekedés meghaladta a globális tendenciát, szezonális változások tekintetében pedig leginkább a nyarak hőmérsékletében észrevehető a változás (Lakatos et al., 2018). Országunkban a múlt század utolsó 30 évében az átlaghőmérséklet $10,0^{\circ}\text{C}$ volt (Bartholy et al., 2013). 2018-ban az átlaghőmérséklet pedig már $1,8^{\circ}\text{C}$ -kal volt az 1981-2010 átlag felett, és a legmelegebb évnek bizonyult $12,07^{\circ}\text{C}$ -os átlagával az 1901-től kezdődő megfigyelt időszakban (OMSZ, 2019).

Az éghajlatváltozás egész Európában éreztetni fogja hatását, azonban az egyes régiókat különbözőképpen érintheti majd. Közép-Európában a felmelegedés mértéke várhatóan magasabb lesz a globális átlagnál, leginkább a nyarak esetén, valamint egyes modell eredmények szerint a 21. század végére akár a 6°C -ot is elérheti.

Anyag és módszer

Keszthely Magyarországon, a Dunántúl középső részén, a Balaton nyugati partján, Keszthelyi-öböl északi szélén helyezkedik el. A keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomás igen speciálisnak mondható, mert kevés állomás rendelkezik Magyarországon több mint 148 éves folyamatos méréssel. Az adatok homogenizálása a MASH szoftver segítségével (Szentimrey, 1994, 1999) történt. Munkánkhoz a kutatóállomás az 1901-2016 közötti időszak homogenizált átlagos havi levegőhőmérsékleti adatait használtuk, melyekből éves átlagokat képeztünk. Az előrejelzést 2050-ig készítettük el az SPSS statisztikai program ARIMA modelljének (integrált autoregresszív mozgóátlagolás) alkalmazásával.

Az idősoros modellezés alapvető célja, hogy az adatok múltbeli viselkedése alapján előre jelezze azok jövőbeli változását. Az idősolelemzésben az autoregresszív (AR) és mozgóátlag (MA) folyamatok az 1970-es évek óta nagy jelentőséggel bírnak, mivel azok matematikailag jól kezelhetőek, a gyakorlatban előforduló stacionárius viselkedést követő véletlen folyamatok jelentős része pedig jól közelíthető és leírható velük. Az idősorok legmegfelelőbb és legösszetettebb elemzése a Box és Jenkins (1976) által kifejlesztett ARIMA modellekkel végezhető, mellyel azok sztochasztikus folyamatai viszonylag egyszerű lineáris modellekkel leírhatók. A modellezés során a megfigyelt adatsorban tapasztalható belső összefüggések alapján következtetünk a sztochasztikus folyamat jellegzetességeire. Alkalmazásának célja a választott megbízhatósági szint mellett az idősor jövőbeni értékeire történő intervallumbecslés. A belső összefüggések vizsgálata az idősorok korrelációs struktúrájának feltárása, mely a modellkészítés nagy adatigényét indokolja.

Az ARIMA modellezésben első lépésként azt szükséges megállapítanunk, hogy a vizsgálni kívánt idősorunk stacionárius-e. Amennyiben nem az, akkor alkalmas transzformációval stacionáriussá tehető-e, ezáltal megállapíthatjuk, hogy az idősorhoz illeszthető-e ARIMA modell, és ha igen milyen (d) dimenzióval rendelkezik. Következő lépésként azt szükséges meghatározni, hogy pontosan milyen típusú ARMA modellt illesszünk az adatsorunkra, milyen legyen az autoregresszivitás (p) és a mozgóátlagolás (q) rendje, melyet a tapasztalati, vagy a transzformált idősor ACF és PACF értékei (autokorrelációs- és parciális autokorrelációs együtthatók) alapján adhatunk meg. A feladat megtalálni a tapasztalati idősort legjobban leíró elméleti idősort. A kiválasztott modell paraméterbecslése után annak ellenőrzése szükséges. Egy (p,d,q) paraméterekkel jellemezhető ARIMA-modell tartalmaz egy p-ed rendű autoregresszív, valamint egy q-ad rendű mozgóátlagolású modellt, amelyeket az idősor eredeti elemeiből képzett d-ed fokú differenciákra illesztünk rá.

Az ARIMA-modellezés lényege, hogy az idősorok leírására kidolgozott autoregressziós (amelyek azt becslik, hogy a megfigyelés mostani, Y_t értéke hogyan függ az előző időszakok $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, \dots, Y_1$ értékeitől) és mozgóátlagoláson alapuló eljárásokat (amelyek pedig azt mutatják, hogyan függ a megfigyelés mostani értéke az előző időszakok véletlen tényezőitől) egy közös modellbe építjük be (Nagy & Balogh, 2013). Az autoregresszív modell az idősor jelenlegi értékét, saját előző értékeinek függvényében fejezi ki, mint sztochasztikus modell, kiegészülve a véletlen ingadozást reprezentáló változóval. Az autoregresszió folyamatában az eredményváltozó más változók helyett saját különböző késleltetésű múltbeli értékeihez kapcsolódik, statisztikai szempontból egyváltozós idősorelemzés.

Az ARIMA modellben a két lineáris regresszió típus integrálva van. Az AR modellrész a következőképpen írható fel:

$$y_t = c + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + u_t, \quad (1)$$

ahol p az autoregresszivitás rendjét jelöli, c konstans és u_t a fehér zaj.

A modell MA részét pedig az alábbiak szerint:

$$y_t = \mu + u_t + m_1 u_{t-1} + \dots + m_q u_{t-q}, \quad (2)$$

ahol q az MA rendje, μ az y_t és u_t késleltetése, $u_{t-1} \dots u_{t-q}$ a fehér zaj.

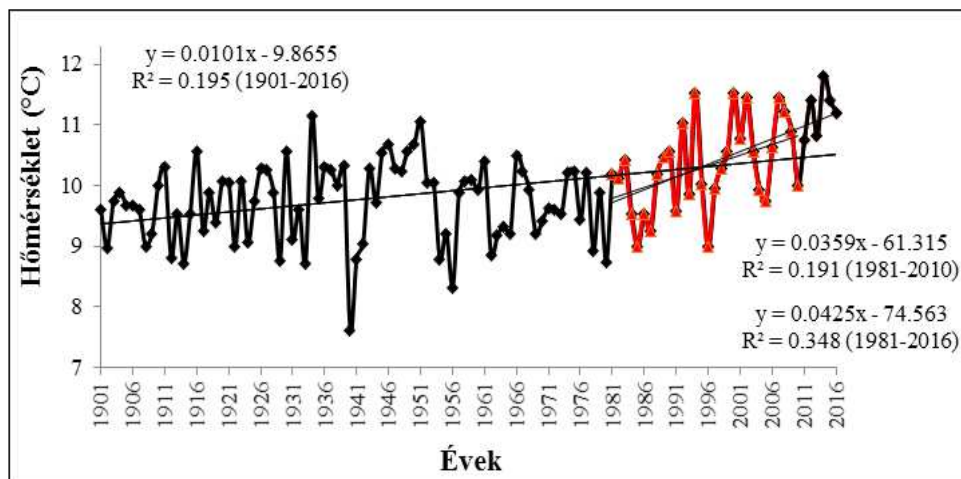
A két modell integrálásával az ARIMA modellt a következőképpen kapjuk meg:

$$y_t = c + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + u_t + m_1 u_{t-1} + \dots + m_q u_{t-q}, \quad (3)$$

ahol p és q az autoregresszív és mozgóátlag értékek.

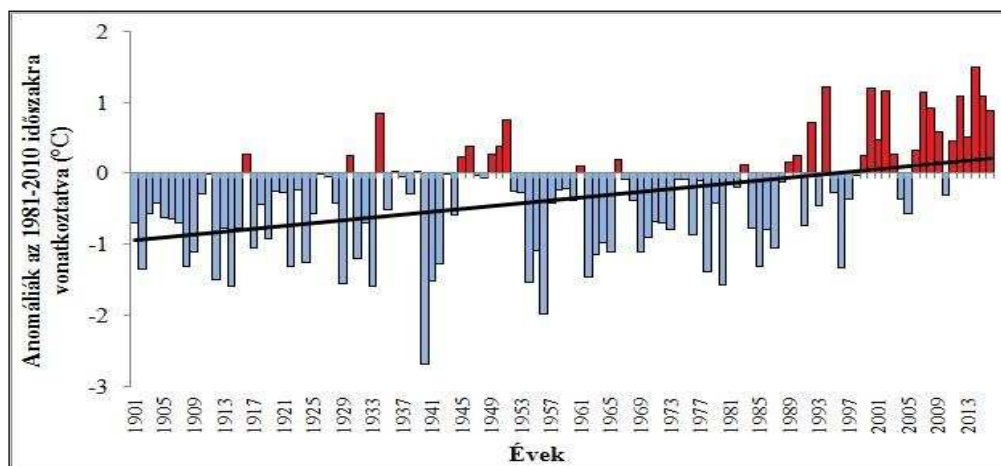
Eredmények és értékelésük

Keszthely átlaghőmérséklete az 1901-2016 időszakban $9,94^\circ\text{C}$ volt, az emelkedés mértéke $1,0^\circ\text{C}$ -nak adódott 100 évre viszonyítva. Az 1970-1980-as évektől kezdődő intenzív felmelegedési szakaszt vizsgálva a 1981-2010 közötti időszak esetében az átlaghőmérséklet már $10,31^\circ\text{C}$ -nak adódott, $3,6^\circ\text{C}$ -os, intenzív emelkedéssel. Kibővítvé az adatsort 2016-ig (1981-2016), az átlag már $10,46^\circ\text{C}$ -nak adódott $4,3^\circ\text{C}/100$ év trenddel (1. ábra).



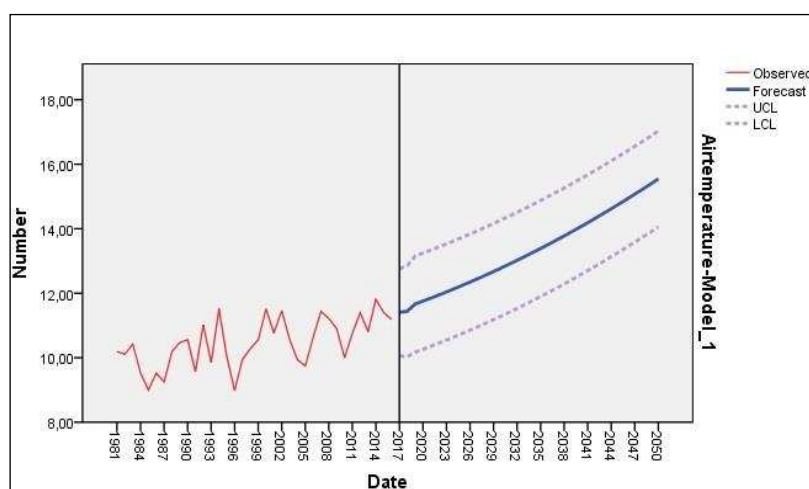
1. ábra: Az éves átlaghőmérséklet tendenciája 1901-2016 ($p < 0,001$), 1981-2010 ($p = 0,016$) és 1981-2016 között ($p < 0,001$), Keszthelyen.

A múltbéli változások és a melegedés egyre növekvő intenzitásának szemléltetésére a 2. ábrán az éves értékek anomáliáit ábrázoltuk az 1981–2010-es átlagtól való eltérései alapján a 20. század elejétől 2016-ig.



2. ábra: Keszthely évi középhőmérsékletének anomáliái 1901 és 2016 között, az 1981–2010 klímanormálhoz viszonyítva.

Az eredmények alapján látható, hogy Keszthely térségben is igen erőteljes melegedés kezdődött. A várható hőmérsékleti tendencia előrejelzésére az adatsorunk ismert szakaszára leginkább illeszkedő ARIMA(0,1,3) modellt alkalmaztuk (3. ábra). A modell az utolsó intenzív felmelegedési szakasz kezdetétől, 1981-től illesztettük adatsorunkra. Az előrejelzés időtartama 2017 és 2050 közötti szakasz volt. Az alkalmazott modellparaméterek pontosságát ismert léghőmérsékletű szakaszhoz (2001-2016) történő összehasonlítással ellenőriztük, megkerestük azt a modellt, amely legjobban megközelíti az ismert periódus tendenciáját. Az eredmények alapján a várható léghőmérséklet Keszthely térségében a 2021-2050 átlagos középhőmérsékleti időszakra $13,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$, a növekedés mértéke $1,3^\circ\text{C}$ évtizedenként.



3. ábra: Eredeti adatok (1981–2016) valamint az előre jelzett (2050-ig) léghőmérséklet Keszthely térségre.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált régióban a 20. század felmelegedési tendenciája a 21. században tovább folytatódik majd. Az éghajlat várható alakulását az emberi tevékenység jövőbeli alakulása jelentős mértékben meghatározza, ami csak nagy bizonytalansággal ismert, így a regionális (a kisebb térszála miatt is) vagy akár globális hatások csak nagy bizonytalansággal becsülhetők.

Következtetések, javaslatok

Eredményeink azt mutatják, hogy Keszthely térségében is jelentős felmelegedés kezdődött, a modellezés eredménye megerősíti a régió léghőmérsékletének egyre inkább emelkedő tendenciáját. A város és környékének földrajzi elhelyezkedése, a Balaton és a Kis-Balaton vizes élőhelyének közelsége miatt azonban nagyon érzékenyen reagálhat a környezeti változásokra. A felmelegedés következtében emellett megnő a tó párolgásának sebessége, ami hátrányosan befolyásolhatja annak vízháztartását. Ha ez a tendencia tovább folytatódik, a tó vízszintjének csökkenése várható. Rövid távú pozitív hatásként elmondható, hogy a felmelegedés következményeként a tó vize várhatóan hamarabb melegszik majd fel (tavasszal), és később hűl le (ősszel), ami kedvező lehet az idegenforgalom és a turizmus számára az üdülési szezon meghosszabbodása által. Kockázatértékelés szempontjából azonban fontos lehet a veszélyeztetett régió feltérképezése, hozzájárulva a mérséklés és a negatív hatásokhoz való alkalmazkodási intézkedések prioritásainak meghatározásához. Ez elsődleges fontosságú, mivel a természetes migráció lassabbnak bizonyult, mint az éghajlatváltozás következményeként megfigyelt térbeli eltolódások.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Bihari, Z., Lakatos, M., Mészáros, R., Pieczka, I., Práger, T., Radics, K. (2013). Klímaváltozás, Eötvös Loránd Tudományegyetem; TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0073.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. (1976). Time Series Analysis, Forecasting and Control. Holden Day, San Francisco.
- Folland, C.K., Boucher, O., Colman, A., Parker, D.E. (2018). Causes of irregularities in trends of global mean surface temperature since the late 19th century. Science Advances, Vol. 4, no. 6, eao5297. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5297>
- IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K.Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield T. (eds.)]. In Press.
- Lakatos, M., Szentimrey, T., Birszki, B., Kövér, Zs., Bihari, Z., Szalai, S. (2007). Changes of Temperature and Precipitation Extremes following Homogenization, Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary Acta Silv. Lign. Hung., 3, 87-95. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2020.2.1>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Hoffmann, L., Izsák, B., Kircsi, A., Szentimrey, T. (2018). https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/
- Nagy, L., Balogh, P. (2013): Ökonometria /Elméleti jegyzet/ https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/20110029_de_okonometria_elmelet/ch11.html
- NOAA (2019). Assessing the Global Climate in 2018, For the globe, 2018 becomes fourth warmest year on record.

- Országos Meteorológiai Szolgálat (2019). 2018-as év éghajlati értékelése. www.met.hu.
- Spinoni, J., Antofie, T., Barbosa, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Vogt, J.V. (2013). An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961–2010. *Adv. Sci. Res.*, 10(1), 21–32. <https://doi.org/10.5194/asr-10-21-2013>
- Spinoni, J., Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S., and T. Antofie (2015a). Heat and cold waves trends in the Carpathian Region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology* 35, 4197–4209. <https://doi.org/10.1002/joc.4279>
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., Barbosa, P. (2015b): European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach, *Global and Planetary Change* 127., 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.01.012>
- Szalai, S., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T. (2005). Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig, OMSZ.
- Szentimrey, T. (1994). Magyarországi hőmérsékleti adatsorok inhomogenitásainak becslése. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok* 2., Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati és Agrometeorológiai Önálló Osztály, Budapest, 29.
- Szentimrey, T. (1999). Multiple analysis of series for homogenization (MASH). *Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, 27–46.
- Werners, S.E., Bos, E., Civic, K., Hlásny, T., Hulea, O., Jones-Walters, L., Kőpataki, É., Kovbasko, A., Moors, E., Nieuwenhuis, D., van de Velde, I., Zingstra, H., Zsuffa, I. (2014). *Climate change vulnerability and ecosystem-based adaptation measures in the Carpathian region: Final Report - Integrated assessment of vulnerability of environmental resources and ecosystem-based adaptation measures*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra report 2572, 132.
- World Meteorological Organization (2019). *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018*, WMO-No. 1233.

A mocsárciprus (*Taxodium distichum*) avar lebontási dinamikájának vizsgálata a Hévízi-tóban

Simon Szabina^{1,2*}, Simon-Gáspár Brigitta¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola

*simonszabina95@gmail.com

Összefoglalás

A mocsárciprus (*Taxodium* sp.) kiterjedt mocsárerdőket alkot, melyet parkokban tavak mellé telepítenek. Ez a növény jelentősen hozzájárul a mocsaras, valamint vízzel borított területeken az allochtonikus tápanyag bevitelhez. A vízi ökoszisztémákban a szerves anyag bomlása lépcsőzetes folyamat, ami négy szakaszból áll: kioldódásból, mikrobiális folyamatokból, makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenységéből, illetve a fizikai kopásból. A növényi biomassza lebomlása a tápanyag-ciklus fontos alkotóeleme a vizes élőhelyeken. Ezért a mocsárciprus levél lebontási folyamatainak megértését nemzetközi szinten is kulcsfontosságú folyamatnak tekinthetjük a vizes ökoszisztémákban, mely információkat szolgáltat a vizes élőhelyek működéséről. Kevés tanulmány foglalkozik azzal, hogy a növény elhalása után milyen folyamatok zajlódhatnak le természetes vizeinkben. Ezért vizsgálatunkban célul tűztük ki a mocsárciprus lebontási ütemének meghatározását, továbbá az ammónium és foszfát kioldódásának megállapítását a Hévízi-tóban. Az általunk vizsgált növényi rész a gyors lebontási kategóriába esett, illetve nem állapítottunk meg meghatározó mennyiségű ammónium- és foszfátkioldódást belőle.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban a szakemberek figyelmébe egyre inkább központosul a vízbe hulló növények vízminőséget befolyásoló szerepének tisztázására, hiszen a víz az egyik legfontosabb természeti erőforrás, mely az ökoszisztéma elsődleges alkotóeleme. A vízminőségi mutatókat általában a tavaszi és az őszi időszak között szokták mindinkább vizsgálni nemtermárvizek esetében (Hatvani et al., 2020), a Hévízi-tó víz hőmérséklete viszont a téli időszakban is magasabb, tehát nem kezelhetjük ugyanúgy, mint a nemtermál vizeinket. Továbbá nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem, hogy a Hévízi-tóból induló lefolyó a Balaton Keszthely-öbölébe áramlik, ezáltal befolyásolva az öböl vízminőségét. Egyéb, kisebb változások is befolyásolhatják a Balaton vízminőségét, ezért minden olyan tényezőt figyelembe kell venni, amely hatással lehet a tó vízminőségére.

Magyarország rendkívül gazdag termárvizekben, (Erdélyi, 1980), a Hévízi-tó Európa legmélyebb termáltava, amely vulkanikus és mocsári komponenseket tartalmaz, és nagyon gazdag mikrobiális közösséggel rendelkezik (Krett & Palatinszky, 2009). A tó vize két kráterforrásból származik, az egyik víz hőmérséklete 26 °C, míg a másiké 41 °C. Még téli időszakban sem esik a tó hőmérséklete 22 °C alá (éves átlagos víz hőmérséklet: 30,7 °C). A két forrás vize összekeveredik a barlangban, és bejut a tóba. A víz felszínét borító gőzréteg („köd”) hőcsapdaként működik, és a tó felszínén tartja a meleget, ezáltal a víz hőmérséklet egyenletes a tó felszínén. Az átlagos nyári és téli hőmérséklet 33-35 °C, illetve 24-28 °C között alakul.

Az avarlebontás sebességét befolyásolja a lebomló növényi anyag kémiai és fizikai tulajdonsága, valamint a környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet, a nedvesség és a tápanyagok rendelkezésre állása (Bärlocher et al., 2020). Az avar által visszatartott vegyületek minőségében és mennyiségében bekövetkező változások befolyásolhatják a bomlási sebességet, a vízi mikroorganizmusok kolonizációjának szelektív stimulálásával vagy esetleges gátlásával (Bengtsson, 1992). Ezen kívül hatással vannak a vízben lévő oldott szerves anyag tartalom dinamikájára és szilárd részecskékké történő flokkulációjára (Bärlocher et al., 1989). Számos édesvízi és partmenti környezetben az avar bőséges és fontos energiaforrás a vízi táplálékhálózatok számára. A növénylebontásról szóló tanulmányok hangsúlyozzák a belső (növényi jellemzők) és a külső (környezeti) tényezők szerepét a

levelek bomlásában (Gessner et al., 1997). Tág értelemben a bomlás magába foglalja a fizikai, kémiai és biológiai mechanizmusokat, amelyek a szerves anyagot egyre stabilabb formákká alakítják át (Berg & McClaugherty, 2008). A kioldódást a könnyen oldódó vegyületek abiotikus távozása jelenti. A növényi anyag vízbe jutását követően az első 24-48 órán belül nagyrészt befejeződik ez a folyamat, és fajtól (valamint a környezettől) függően eredeti tömegének akár 30%-át is elveszítheti. A kémiai elemek kioldódásának dinamikája a bomlás során különbözik a friss és az előszáritott avar esetében (Gessner, 1991), viszont a gerinctelen kolonizációra nem mutatható ki hatás (Gessner & Dobson, 1993). 27 avarféleségekben végzett felmérés során a szárítás jelentősen megváltoztatta az extrakció mértékét az esetek többségében (Taylor & Bårlocher, 1996), a változás iránya különböző volt a szárításon átesett növényfajok között, ami több esetben is csökkentette a kioldódást.

A nitrogén és a foszfor tápanyagminőséget meghatározó kémiai elemek (Enriquez et al., 1993), melyek elsősorban a felszíni vizek eutrofizációs folyamatokban betöltött szerepük miatt vizsgálatuk kiemelkedően fontos.

A virginiai mocsárciprus (*Taxodium distichum*) Észak-Amerika délkeleti részén (a Mississippi árterén) kiterjedt mocsárerdőket alkot. Túlevelei laposak, két sorban állók. Ősszel a levelekkel együtt a hajtások is lehullanak. Nedves területeken légzőgyökereket (pneumatophora) fejleszt. Parkokban tavak mellé telepítik (Magyarországon pl. a Hévízi-tó mellé). A mocsárciprus a nyitvatermők (*Gymnospermatophyta*) törzsébe, tobozos nyitvatermők (*Coniferophytina*) altörzsébe, Tobozalakúak (*Pinopsida*) osztályába, Toboztermők (*Pinidae*) alosztályába, a Fenyők (*Pinales*) rendjébe, illetve azon belül a Mocsárciprusfélék (*Taxodiaceae*) családjába tartozik (Almádi et al., 2000).

Célunk volt a természetes háttérterhelés feltérképezése, mely során vizsgáltuk a mocsárciprus levél lebontási dinamikáját, továbbá az ammónium- és foszfátkioldódását a Hévízi-tó területén.

Anyag és módszer

Téli időszakban 98 napig tartó kísérletet állítottunk be a Hévízi-tóban, hogy a területen elterjedt mocsárciprus fa levelének lebontási ütemét meghatározzuk.

Vizsgálatunk során a szakirodalomban elterjedten használt avarzsákos módszert alkalmaztuk. A vizsgálati anyagokat az avarhullás időszakában gyűjtöttük, tömegállandóságig szárítottuk, majd ezekből 10-10 grammot töltöttünk 15x15 cm-es avarzsákokba, melynek lyukátmérője 3 mm volt, mely lehetővé tette a makrogerinctelen szervezetek hozzáférését az általunk kihelyezett mocsárciprus levelekhez. A megtöltött avarzsákokat a parthoz rögzítettük, majd a víztestbe helyeztük nagyjából 1 méteres mélységbe, biztosítva az állandó vízborítottságot. A kihelyezést követően minden mintavételkor 3 párhuzamos mintát vettünk. A mintákat laboratóriumban megtisztítottuk a ráakódott szennyeződésektől, majd újra tömegállandóságig szárítottuk, ezután megmértük a visszamaradt avar tömegét, melyet diagramon ábrázoltunk.

Az avarlebontás sebességének meghatározásához Bårlocher et al. (2020) nyomán olyan összefüggést alkalmaztunk, melyben a következő paraméterek szerepeltek: M_t a visszamaradt szárazanyag tömege (g), M_0 a minta tömege a 0. időpillanatban, k az exponenciális bomlási együttható, t a kihelyezés óta eltelt idő (nap). Ebből az összefüggésből kifejeztük az úgynevezett lebontási rátát, mely által az avar gyors, közepes, illetve lassú bomlási kategóriákba sorolható.

Ezzel egy időben a $TH = \ln 2 \times k^{-1}$ összefüggés segítségével meghatároztuk a felezési időt, mely megmutatja, hogy mennyi idő alatt csökken a felére az adott eszközben az avar tömege (Bårlocher et al., 2020).

Kioldódás vizsgálata során a mocsárciprus lebontása során történő nitrogén, illetve foszforformák kioldódásának ütemét vizsgáltuk Pomogyi (1983) perkollációs módszere alapján. 10-10 grammot mértünk a növényi részből 500 ml űrtartalmú üvegpalackokba, 3 ismétléssel, majd a palackokat 450 ml desztillált vízzel töltöttünk fel. A mintákat tartalmazó üvegedényeket természetes hőmérsékleten inkubáltuk a Hévízi-tóban. A minták kihelyezése az avarzsákos kísérlettel egy időben tör-

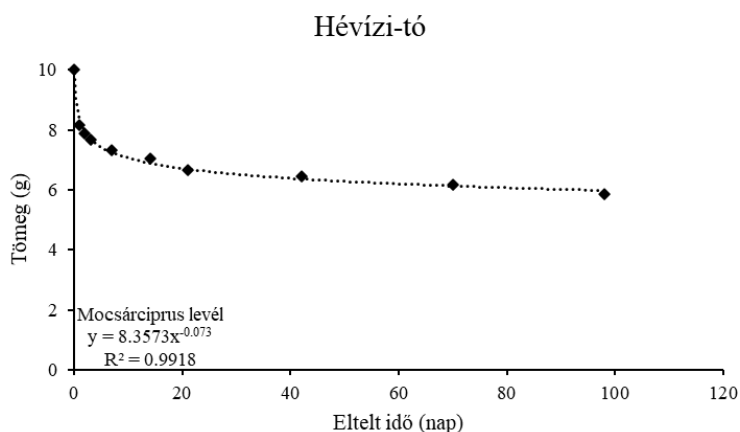
tént. Minden mintavételkor az üvegpalackokból a folyadékfázist eltávolítottuk, majd desztillált vízzel újra töltöttük, és ismét a vízbe helyeztük a lezárt üvegpalackokat, melyek növényi résszel töltöttek. A vízmintákban spektrofotometriás módszerrel mértük az ammónium és a foszfát mennyiségét. A mért elemennyiségeket az idő függvényében ábrázolva jól szemléltethető a lebontás során bekövetkező, vízben történő biogén elemek felszabadulása.

Eredmények és értékelésük

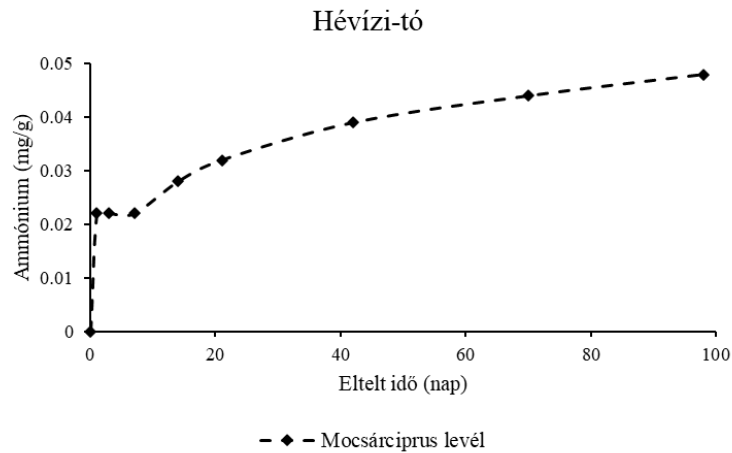
Az 1. ábrán látható a mocsárciprus levél lebontási ütemének alakulása a Hévízi-tóban. Az első pár napon belül volt megfigyelhető a legnagyobb tömegcsökkenés, a kísérleti időszak végére az avar ösztömegének összesen 34%-át vesztette el. Az R^2 értékből arra következtethetünk, hogy jól illeszkedik az egyenes a mérési pontjainkra. Az exponenciális bomlási együttható kiszámítása után megállapítottuk, hogy a mocsárciprus levél a gyors lebontási kategóriába sorolható. Felezési idejét tekintve 55 napot állapítottunk meg számításaink során. A Fertő-tónál végzett nádlebontási kísérletek a 2000-es években azt mutatták, hogy az avarszákból történő kisodródás az első három hónapban 50% körül alakult (Dinka, 2000).

A 2. ábrán látható a mocsárciprus levélből kioldódó ammónium mennyisége. Összesen 0,048 mg/g ammónium oldódott ki a növényi részből a 98 napos kísérleti időszak alatt. A kioldódás folyamata az első napokban mutatta a legnagyobb értékeket, amely megegyezik a szakirodalomban leírt tapasztalatokkal, miszerint a könnyen oldódó szerves vegyületek a vízbe kerülést követő első 24-48 órában távoznak a bomló biomasszából. Gaudet & Muthuri (1981) a *Cyperus immensus* vizsgálata során megfigyelték a nitrogén és a foszfor kezdeti gyors csökkenését (az első néhány napban), mindezt a növényi szövetekből történő kioldódásnak tulajdonították.

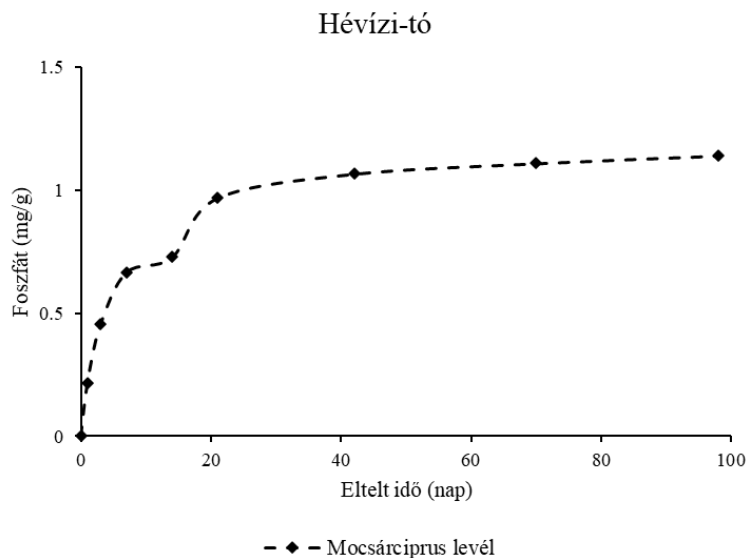
A 3. ábrán a kioldódó foszfát mennyiséget szemléltetjük. Az ammónia kioldódás üteméhez hasonlóan a foszfát kioldódás üteme is a vízbe kerülést követő első néhány napban a legmagasabb, majd ezt követően, miután a bomló levélben található könnyen oldódó szerves vegyületek elfogynek, a kioldódás üteme lelassul. A vizsgálati időszak végére mindösszesen 1,11 mg/g foszfát oldódott be a Hévízi-tóban inkubált mintáinkba.



1. ábra: A mocsárciprus levél tömegének csökkenése a Hévízi-tóban a kísérleti időszak alatt.



2. ábra: *Az ammónium kioldódása a mocsárciprus levélből a Hévízi-tóban.*



3. ábra: *A foszfát kioldódása a mocsárciprus levélből a Hévízi-tóban.*

Simon et al. (2019) a Balaton területén a fűz, nyár és kevert avar (50% fűz, 50% nyár avar) kioldódás vizsgálatával foglalkozott. Eredményeik alapján a foszfor- és ammóniumkoncentráció az első napokban nőtt. Legmagasabb értékeket a fűz esetében, legalacsonyabbat pedig a kevert avar esetében állapították meg.

Taylor & Parkinson (1998) megállapították, hogy a bomlás kezdeti szakaszában a foszfor nagyobb mennyiségben oldódik ki, mint a nitrogén. Park & Cho (2003) kísérletében 2 nap alatt a teljes foszfát 20%-a kimosódott a *Zizania latifolia* avarból, míg a teljes ammóniumnak csak 2%-a ugyanabban az időszakban. Az ammónium és a foszfát ezen eltérő eredménye azért merülhet fel, mert a nitrogén az avarban többnyire szerves nitrogénként található meg, míg a foszfor szerves vagy szervetlen foszforként lehet jelen, amelyek könnyen kimosódhatnak (Ostertag, 2010).

Boulton & Boon (1991) által kapott eredmények azt mutatják, hogy a bomlás mértéke magasabb vízhőmérsékleten magasabb, mint alacsonyabb vízhőmérsékleten (esetükben nyáron). Tam et al. (1998) megállapították, hogy a bomlás mértékét nem csupán az avar típus, hanem a hőmérséklet és a földrajzi régió is befolyásolja.

Következtetések, javaslatok

Téli időszakban három hónapos kísérletet állítottunk be a mocsárciprus levél lebontási ütemének vizsgálatára a Hévízi-tóban. A mintavételi helyszínen lebontási kísérlet beállítása újszerűnek minősül. Továbbá az eddigi évektől eltérően termálvizet választottunk vizsgálatainkhoz, mely kapcsolatban áll nemtermál vizeinkkel, így teljesebb képet kaphatunk a Keszthelyi-öböl háttérterheléséről.

A jövőben a visszamaradt növényi minták szén-, nitrogén és foszfortartalmának vizsgálata nélkülözhetetlen, hiszen így pontos képet kaphatunk e tápelemek kioldódásának üteméről. Terveink között szerepel megismételni a téli időszakban végzett kísérletet, illetve szezonális vizsgálatokat is szeretnénk beállítani a jövőben.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Almádi, L., Czímber, Gy., Fehér, T., Kaszab, L., Kovács, M., Nyakas, A., Ördög, V., Penksza, K., Rimóczi, I., Szabó, I., Szigeti, J., Turcsányi, G. (2000). Mezőgazdasági növénytan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 249–253.
- Bärlocher, F. Gessner, M.O., Garca, M.O.S. (2020). Methods to Study Litter Decomposition. A Practical Guide. Leaf Mass Loss Estimated by the Litter Bag Technique, 3–51.
- Bärlocher, F., Tibbo, P.G., Christie, S.H. (1989). Formation of phenol-protein complexes and their use by two stream invertebrates. *Hydrobiologia*, 173, 243–249. <https://doi.org/10.1007/BF00008971>
- Berg, B., McLaugherty, C. (2008). Plant Litter, Chapter 1, Introduction 1–10.
- Bengtsson, G. (1992). Interactions between fungi, bacteria and beech leaves in a streammicrocosm. *Oecologia*, 89, 542–549. <https://doi.org/10.1007/BF00317161>
- Boulton, A.J., Boon, P.I. (1991). A review of methodology used to measure leaf litter decomposition in lotic environments: time to turn over an old leaf? *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 42, 1–43. <https://doi.org/10.1071/MF9910001>
- Dinka, M. (2002). A nád különböző szerveinek dekompozíciója. *Hidrológiai Közlöny*, 82, 24–27.
- Enriquez, S., Duarte, M., Sand-Jensen, K. (1993). Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content. *Oecologia*, 94, 457–471. <https://doi.org/10.1007/BF00566960>
- Erdélyi, M. (1980). The Flow System of The Pannonian Basin, VITUKI.
- Gaudet, J.J., Muthuri, F.M. (1981). Nutrient relationships in shallow water in an African lake, Lake Naivasha. *Oecologia*, 49, 109–118. <https://doi.org/10.1007/BF00376907>
- Gessner, M.O. (1991). Differences in processing dynamics of fresh and dried leaf litter in a stream ecosystem. *Freshwater Biology*, 26, 387–398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1991.tb01406.x>
- Gessner, M.O., Dobson, M. (1993). Colonization of fresh and ried leaf-litter by lotic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie*, 127, 141–149. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/127/1993/141>
- Gessner, M.O., Suberkropp, K., Chauvet, E. (1997). Decomposition of plant litter in marine and freshwater ecosystems. In D.T. Wicklow & B. Söderström (eds.). *The Mycota, Vol. IV: Environmental and Microbial Relationships*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hatvani, I.G., Deganutti de Barros, V., Tanos, P., Kovács, J., Székely Kovács, I., Clement, A. (2020): Spatiotemporal changes and drivers of trophic status over three decades in the largest shallow lake in Central Europe, Lake Balaton. *Ecological Engineering*, 10586, 151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105861>
- Krett, G., Palatinszky, M. (2009). A polyphascis study ont he species diversity of the sediment microbiota of Lake Hévíz. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 56(4), 339–355. <https://doi.org/10.1556/AMicr.56.2009.4.4>
- Ostertag, R. (2010). Foliar nitrogen and phosphorus accumulation responses after fertilization: An example from nutrient-limited Hawaiian forests. *Plant and Soil*, 334, 85–98. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0281-x>
- Park, S., Cho, K.H. (2003). Nutrient leaching from leaf litter of emergent macrophyte (*Zizania latifolia*) and the effects of water temperature on the leaching process. *Korean Journal of Biological Sciences*. 7(4), 289–294. <https://doi.org/10.1080/12265071.2003.9647718>
- Pomogyi, P. (1983). A Kis-Balaton tömegesen előforduló hínárfajok tápanyagforgalma és annak kapcsolata a vízminőségvédelemmel. Kandidátusi értekezés. Keszthely.

- Simon, B., Kucserka, T., Anda, A. (2019). Investigation of the decomposition and leaching dynamics of *Salix*, *Populus* and mixed leaves in the area of Lake Balaton and Kis-Balaton Wetland. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2019-1, 119-124. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/2382>
- Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Lan, C.Y., Wang, L.N. (1998). Litter production and decomposition in a subtropical mangrove swamp receiving wastewater. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 226, 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00233-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00233-5)
- Taylor, B.R., Bärlocher, F. (1996). Variable effects of air-drying on leaching losses from tree leaf litter. *Hydrobiologia*, 325, 173–182. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00126-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00126-0)
- Taylor B.R., Parkinson, D. (1998). Annual differences in quality of leaf litter of aspen (*Populus tremuloides Michx.*) affecting rates of decomposition. *Can J Bot*, 66, 1940–1947. <https://doi.org/10.1139/b88-266>

Biodiesel from agricultural residues

Béla István Teleki^{1*}

¹Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, student

**teleki.jr@gmail.com*

Summary

The author of this article has made his library research at Burgenland University of Applied Sciences, Munich University of Applied Sciences, Pannonia University and Slovak Technical University. The latter one gave place for the 8-week series of experiment, during which period he produced biodiesel from raw oil and waste cooking oil using different additives. Due to the evaluation of the products it is recognized that due to the costs of catalysts and energy (additionally limited market for side-products) biofuel production is not profitable under today's economic conditions. However, for farmers growing oil crops on their undervalued arable land, sharing bio refineries could be a potentially refunded enterprise. The number of energy crops successfully applied in Hungary are increasing, partly because the European Union is determined to support the domestication of tropical plants on the continent in order to reduce dependence on foreign oil. With this documentation I'd like to map down some alternative feedstock of the biofuel industry, examining its legal background and chemical procedures, eventually main lines of current scientific researches.

Introduction

The world's immensely growing energy demand asks for new technologies, higher effectiveness from agricultural/industrial production as well as from domestic consumption. Important from both perspective that there are few alternatives for diesel fuel used in transportation and power-machines. One of them is in conventional ignition-engines with little or no conversion capable biodiesel, scientifically FAME (fatty acid methyl esters). This liquid is marked by a heat value lower than petrol-diesel (37 MJ/kg), on the other hand higher cetane number and reduced pollution.

The overall biodiesel production reaches 31.13 million tones (Internet 1). Blends with varying composition (B7, B20, B100) are standardized by ASTM D6751 in North America (BQ 9000 accreditation), EN14214 in Europe. Hungary's biodiesel-norm is equivalent to that of the Union: MSZ/T 2026.

Ground materials are 95 % edible oily seeds (so called „first generation biodiesel”). In the United States it is soybean, in the EU sunflower (after rapeseed), in Middle Asia palm and others. Besides the requisition of arable land another negative characteristic is the market interdependence to oil prices.

A different situation is with agricultural residues and side products of agribusiness such as biomass-type litter, stem, stalk (55% stover of corn yield), vegetable parts, sewage sludge and tankage (tallow and lard from the slaughterhouse). A mighty field of study is represented in non-edible oil seeds, resp. energy crops mostly originated in warm climate, for example: alfalfa, brazil nut, calendula, camelina, castor beans, chinese tallow, diesel tree, cotton, cumin, euphorbia, fenugreek, hemp, jatropha, jojoba, kenaf, costerm, linseed, lupine, macadamia nut, mahua, neem, pongam oil tree, rubber, safflower, sainfoin, sea mango, tung tree, tobacco, vetches.

Transgene technology (GMO) bears a major role in recently developed researches of oil plants (e.g. manipulating erucic acid content in rapeseed) and in algae culture tank farming (e.g. *Acetodesmus dimorphus*, U.S. EPA authorized).

Depending on what kind of hybrid species are applied in horticulture, what purpose are they grown for, we can consider oils and fats as side-products of the vegetable production. (Tanács, 2005) According to a closer definition every damaged, contaminated, economically worthless unit is:

1. primary agricultural waste: leftover on the field for efficiency reasons,

2. secondary: contaminated by pests, cannot be sold as food/fodder,
3. tertiary, discarding throughout the processing.

World-wide cultivated crops' oil content is listed in Table 1.

Table 1: *Cultivated crops' oil content (self-edited).*

crops	oil content, %
corn	4,4
soybean	22
peanut	47,2
sunflower	45
rapeseed	40-50
poppy seed	43-53

Animal fats whose market value does not gain profit, can be turned feedstock of fuel production. Pig farms realize an average 1: 0.4 lean-to-fat ratio, the 110 days pig has nearly 10 % higher. Lard and speck processing generates a wastage of 22-23 %. (OMMI, 1996)

The residue-disposal is topic of numerous researchers, including Christine Göbel (FH Münster), Taher Sahlabji (TU Braunschweig), Reinhold Waltenberger (FH Oberösterreich), P. D. Patil (New Mexico State University), C. F. El Sohl (Cairo University), Vivian Feddern (Technical University of Athens).

One business example for biofuel production BDI Bioenergy AG with 36 million euros total turnover and 14.500 t/a capacity in 2013 (Austrian plant near Graz). Home research programs since 2003: "Waste to Value", "Multi Feedstock", Biomass-to-Liquid, bioCRACK, Algae Bio-Tech, etc. Waste cooking oil serves as main feedstock provided by 170 restaurants and collection boxes. The animal fat processing of the company is authorized by the European Council (EC/92/2005 and EC 142/2011). This contains crushed bones, DAF Dissolved Air Flotation Sludge, HPFL High Protein Fraction Liquid, blood, purtenance, eventually sewage sludge, food waste.

For DIY biodiesel facility Daphne Utilities, Alabama sets an example offering BioPro 190 Equipment for 3000 dollars. The instructions advice 190 grams KOH to 2 gallons of methanol, ending in 10 gallons oil. The recycling of cooking oil (Waste Vegetable Oil – WVO) is known in Hungary, too, where Rossi Biofuels Ltd. (part of the ENVIEN Group) is partnering the country's oil distributors. The otherwise dangerous domestic waste is given an additional value this way. The author has therefore specifically used it in his experiments.

Materials and methods

Under strict laboratory conditions 34 samples were produced (listed by Table 2). Raw oil and WVO was used as feedstock, for transesterification 99% concentrated sodium hydroxide granule (NaOH), 99.95% concentrated methanol, for the titration isopropanol and bromothymol, for neutralization 90% concentrated sulfuric acid (H₂SO₄). Relations were determined by the following calculation: Triglycerides of fatty acids are to be converted to mono-alkyl-esters. Based on concentration and molecular weight it is assumed that 30% of a 100 ml oil is saturated hydrocarbons, 50% half-saturated, leaving the rest 20% unsaturated. This 20 % is to be reduced so that the final product is a reaction neutral, homogeneous. The varying feedstock's changing ratio is to be translated by titration process.

Table 2: *Marking of samples (self-edited).*

samples	marking
raw oil FAME	B1
raw oil FAME with double catalyst	B2
raw oil FAME with half amount of catalyst	B0
WVO FAME	B3
WVO FAME with double catalyst	B4
WVO FAME with half amount of catalyst	B5
biodiesel: raw oil mixture	80:20, 60:40, 40:60, 20:80
diesel: biodiesel mixture	75:25, 50:50, 25:75
raw oil, diesel, biodiesel	O, D, BD

The analyzation occurs via FTIR spectrometer (Shimadzu IRAffinity) which indicates the absorbance of the samples at different wave numbers (600 to 4000 cm⁻¹). 30 scans pro sample are read through diamante lenses and forwarded by infrared light converting polychromatic beams to monochromatic. The signals are analyzed with the help of LabSolutions IR software. For each wave-number characteristic pair of molecules (-CH_{2n}-, -CH₂, -O-C-C-, -C-H-R, etc.) presents the examined matter. According to this CH₂ and CH₃ methyl groups are between 1450 and 2900 cm⁻¹ in FAME that is in biodiesel. The methyl ester double bonds peak at 1740 cm⁻¹, water contamination at 3400 cm⁻¹.

Results and discussion

Demonstrating the conversion of raw oil figure 1 shows divergence at some points. Raw oil has a significantly higher proportion on elements between 1000 and 1180 cm⁻¹. Sample 1's values rise

above the original matter at 1025, 1385, 1441 and from 1500 to 1600 cm^{-1} . Product-oil mixture proves to be a steady middle value as expected.

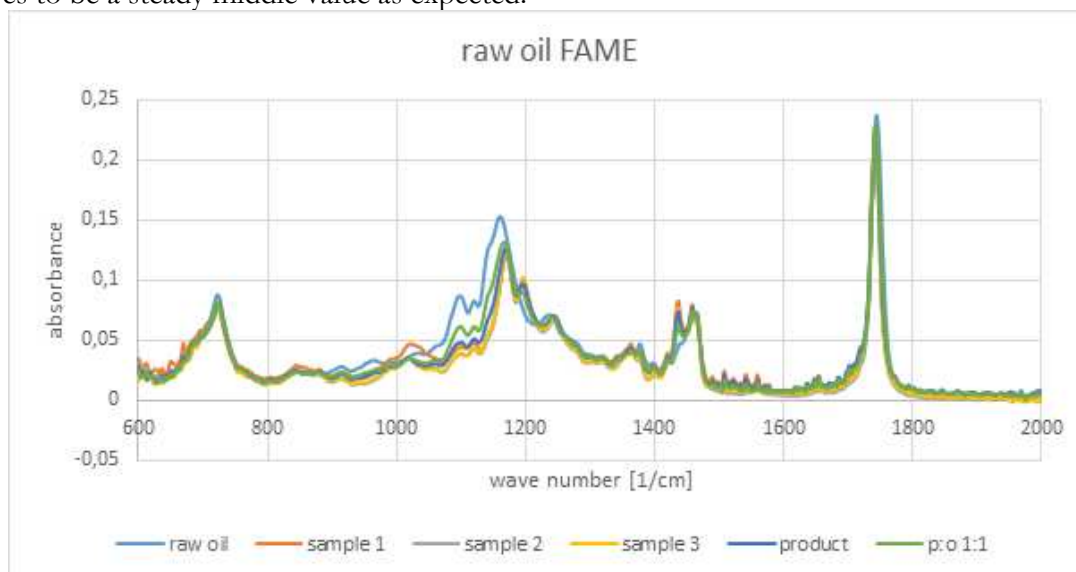


Figure 1: Transesterification of unrefined oil (self-edited, Excel, LabSolutions).

The second figure is meant to illustrate the dispersion of fuel mixtures. Transition is visible here as well. Absorbance flattens with improving diesel content. Interestingly mixture 25:75 peaks at 1356, 1450 and 2900 cm^{-1} , which raises questions and leaves space for further investigation in choosing the appropriate blending amongst fuels.

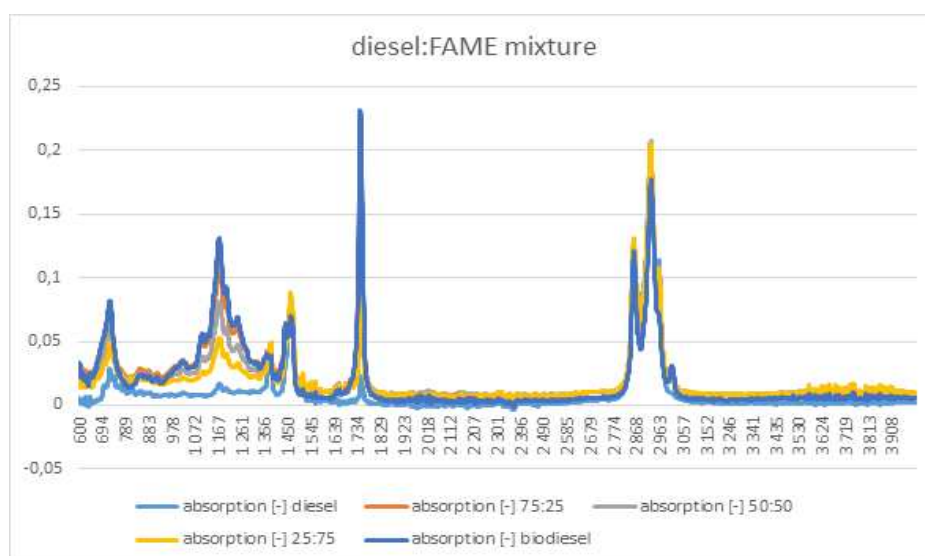


Figure 2: Absorbance of biodiesel mixtures (self-edited, Excel, LabSolutions).

The compounds can be identified by a gas chromatograph. Shortly described the working of the equipment is that organic materials are vaped, carried by an inert gas into a heated column where they break up to molecules. A total composition analysis (common for heavy petroleum fractions) is to be accomplished to see what kinds of carbon bonds are generated through the transesterification process. More than 30 organic compounds with molecular weight from 120 to 350 can be quantified in diesel fuel and biodiesel, which includes alkanes, PAHs and alkylated PAHs. However not all of them is known to the software which analyzes the diagram curve of mass to charge ratio. Even vitamin E and squalene was found in the examined biodiesel sample.

Conclusion

The purpose of this study was to demonstrate that biodiesel production from vegetable oil is not a complex chemical process. The author's focus was limited on evaluating differences between used and raw oil in conversion and elementary composition of fuel mixtures. The profitability of biodiesel production is highly dependent on the actual crude oil prices (86.6 dollars record in 1979, 72 dollars in May 2019) and government subsidies.

The future of biofuels is encouraging: alone in the USA 148 plants are working to this date (further 96 under construction) with a total capacity of 1.4 billion gal/a (National Biodiesel Board, 2019).

In the European Union year 2012 26% of biofuels were imported. Through utilization of waste theoretically 16% would be covered of the fuel demand prognosticated for 2030. This would be a 15-billion-euro business with 300.000 people employed (Internet 2).

A massive cellulosic resource for ethanol industry is portrayed in the throw-away food, package and garden cuttings. According to a 2011 FAO survey food waste takes about 95–115 kg/person, totalized 53 million tons in the EU. A Eurostat survey estimates 108 million tons animal and vegetable residues in 2010. Within 25.5 million tons from it comes from households, 12 million tons from service and 39 million tons from agriculture. Alone the animal residues are 16.5 million tons. Between the two values stands the European Council report stating 89.3 million tons (Searle, 2013).

Meanwhile the agricultural production is marginally dependent on diesel, e.g. a 7 t/ha wheat harvest requires 79 l fuel. (Leal-Arcas et al., 2014). In comparison the John Deere model 9400 (12500 ccm engine) has a 76.8 l consumption in an average working hour (Internet 3).

Several ongoing researches are directed to alternative fuels, in the case of biodiesel from residues the approving of lubrication/ignition properties (cloudpoint, cold filter plugging point) could be the key to compete with the regular fuel blends.

The fuel industry is changing fast, keeping up with the trends is substantial to recognize the potential of biofuels in form of public information and political lobby.

Acknowledgment

The work is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

References

- Aguilarné, Vass, E. (2015). Specifikációk ISO 9001 szerint, Rossi Biofuel
- Aguilera, M. (2017). GMO algae as food source and renewable fuel, retrieved from www.geneticliteracyproject.org/2017/05/08/gmo-algae-food-source-renewable-fuel-first-epa-approved-field-trial-completed/ 04.11.2019
- Brautsch, M. (2004). Regionales, regeneratives Pflanzenöl als Kraftstoff, AP 100 „regOel“.
- Czupy, I., Vágvölgyi, A. (2011). Mezőgazdasági (növénytermesztés, állattartás, erdészeti) hulladékok kezelése és hasznosítása. Digitális Tankönyvtár.
- El Solh, N.E.M. (2011). The Manufacture of Biodiesel from the used vegetable oil, Cairo University és Universität Kessel.
- Göbel, C., Blumenthal, A., Niepagenkemper, L., Baumkötter, D., Teitscheid, P., Wetter, C. (2014). Reduktion von Warenverlusten und Warenvernichtung in der AHV, FH Münster.
- Gould, K. (2007). Corn stover harvesting, Michigan State University.
- Guerrero, C.A., Guerrero-Romero, A., Sierra, F.E. (2011). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil, National University of Columbia.
- Howell, S. (2007). Biodiesel Progress: ASTM Specifications and 2nd Generation Biodiesel, National Biodiesel Board.
- Internet 1 – Statista, retrieved from www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries (04.10.2021).
- Internet 2 - EU Energy Security, retrieved from www.biofuelsforeurope.eu/energy-security (04.10.2021).

Internet 3 - John Deere 9400, retrieved from www.tractordata.com/farm-tractors/003/2/2/3221-john-deere-9400-tests.html (04.11.2021).

Jánosi, L., Vas, A. (2000). Biodízel. SZIE Gépészmérnöki Kar.

Kádár, A. (2017). A mezőgazdasági hulladék igazi aranybánya is lehet. Agroinform.hu.

Knothe, G., Dunn, R.O., Bagby, M.O. (1997). Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels, U.S. Department of Agriculture ACS Publications.

Kölcsei, T. (2013). Vágóhídi hulladék zsírból biodízel, www.agroinform.hu

Leal-Arcas, R., Rios, J.A., Grasso, C. (2014). Energy Security, Trade and the EU: Regional and International Perspectives, Elgar.

OMMI (1996). Hízási és vágási végtermékteszt.

Patil, P.D., Gude, V.G., Reddy, H.K., Muppaneni, T., Deng, S. (2011). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes, New Mexico State University.

Searle, S., Malins, C. (2013). Availability of cellulosic residues and wastes in the EU, ICCT White Paper.

Tanács, L. (2005). Élelmiszer-ipari nyersanyagismeret. Szaktudás Kiadó Ház.

UNKN (2019). Kleines Biodiesellexikon, AGQM, retrieved from www.agqm-biodiesel.de/

Waltenberger, R. (2015). From waste to value, hochwertiger Treibstoff aus Abfallstoffen, BDI-Bioenergy AG, FH Oberösterreich.

