

XXIX. Ifjúsági Tudományos Fórum

XXIX. Ifjúsági Tudományos Fórum

Konferenciakötet

Szerkesztette

Bene Szabolcs



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
Keszthely, 2023

A konferencia szervezőbizottsága

Dr. Bene Szabolcs PhD (MATE Georgikon Campus, PAB)
Dr. Polgár J. Péter CSc (MATE Georgikon Campus)
Dr. Nagy Szabolcs Tamás DSc (MATE Georgikon Campus)
Dr. Lukács Gábor PhD (MATE Georgikon Campus)
Kovács Ákos (MATE Georgikon Campus)
Farkas Hajnalka (MATE Georgikon Campus)

A kötet szerkesztője

Dr. Bene Szabolcs PhD (MATE Georgikon Campus)

© Szerzők, 2023

Szerkesztő © Bene Szabolcs, 2023

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/)



Kiadja

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus

Cím: 8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

Tel.: +36-83/545-143

Honlap: <https://georgikoncampus.uni-mate.hu/>

Felelős Kiadó: Dr. Rózsa László PhD, campus-főigazgató

Szöveggondozó, korrektor: Bene Szabolcs

Technikai szerkesztő, tördelő: Bene Szabolcs

ISBN 978-615-6338-08-2 (pdf)

Tartalomjegyzék

1. Állattenyésztési tudományok.....	9
<i>Abella Dorina – Polgár J. Péter – Kovács Ákos – Bene Szabolcs: Eltérő apaságú magyar tarka tehéncsoportok szelekciója kazein polimorfizmusokra</i>	<i>11</i>
<i>Kovács Ákos – Bene Szabolcs – Lestyán Luca – Polgár J. Péter: Genom alapján becsült tenyészték és fenotípusos termelés összevetése magyar tarka tehénállományban</i>	<i>15</i>
<i>Holló Gabriella – Antalovics Máté – Szabari Miklós: A funkcionális tulajdonságok (hosszú hasznos élettartam, takarmányértékesítő-képesség) értékelése a szarvasmarha fajban irodalmi adatok tükrében</i>	<i>21</i>
<i>Gyovai Petra – Unger Helga – Bokor Árpád: Magyar hidegverű lovak testméreteinek elemzése.....</i>	<i>27</i>
<i>Unger Helga – Bokor Árpád – Gyovai Petra: Tenyészmének testméreteinek elemzése hidegverű lófajtákban</i>	<i>33</i>
<i>Tokár Alexandra – Debnár Viktória Johanna – Bodó Szilárd – Nagy Szabolcs Tamás: Spermium szubpopulációk változásai swim-up kezelés alatt, flow-CASA alkalmazásával értékelve</i>	<i>39</i>
<i>Nagy Katalin – Jakab Judit – Zomborszky Zoltán – Gócza Elen: A hőstressz hatása az in vivo módon előállított szarvasmarha embriók minőségére</i>	<i>45</i>
2. Baromfitenyésztés és -tartás	51
<i>Farkas Tamás Péter – Guzsván Csenge – Pető Lilla – Mezőszentgyörgyi Dávid – Sütő Zoltán – Szász Sándor: Különböző tojótyúk genotípusok ülőrúd használatának vizsgálata alternatív fülkés tartástechnológiában</i>	<i>53</i>
<i>Schermann Kornél – Such Nikoletta – Csitári Gábor – Kesete Goitom Tewelde – Kiss Brigitta – Bartos Ádám – Menyhárt László – Pál László – Farkas Valéria – Dubleczy Károly: Az alomtojások keltethetőségének vizsgálata broiler szülőpár állományok esetében.....</i>	<i>59</i>
<i>Such Nikoletta – Csitári Gábor – Schermann Kornél – Kesete Goitom Tewelde – Kiss Brigitta – Bartos Ádám – Menyhárt László – Pál László – Farkas Valéria – Dubleczy Károly: A szülőpár korának és a kelés idejének hatása 11 napos brojlercsirkék vakbél mikrobióta összetételére</i>	<i>65</i>
<i>Antalovics Máté: A genotípus hatása az étkezési tojás tulajdonságaira az életkortól és a tartási rendszertől függően.....</i>	<i>71</i>
<i>Tóth Arnold – Szőke Zsuzsanna – Urbán Martin – Gócza Elen – Ferenczi Szilamér Imre – Tóth Roland Imre: T-2 és zearalenon mikotoxinok házityúk embriogenezisére gyakorolt hatásának vizsgálata – Előzetes eredmények.....</i>	<i>77</i>
<i>Major László – Budai Péter – Nadhirah Binti Saidon – Buda István – Buzás Anna – Balázs Bence – Lehel József – Szabó Rita: Prokloráz hatóanyagú fungicid dóziszfüggő toxicitásának vizsgálata házityúk-embrión a fejlődés korai szakaszában</i>	<i>83</i>
<i>Csitári Gábor: Tojástól a tyúkgig: mikrobaközösségeik változásai és kapcsolatai</i>	<i>87</i>
<i>Pető Lilla – Sütő Zoltán: Tojásabrázolás az európai festészetben és az abból levonható tenyésztéstörténeti következtetések</i>	<i>93</i>
3. Közgazdaságtan – Turizmus	99
<i>Kovács Kitti – Péter Erzsébet: Fogvatékossággal élők termékeinek értékesítése a nagykanizsai járás példáján</i>	<i>101</i>



<i>Jandzsó Alexa – Péter Erzsébet: Fenntarthatósági gyakorlatok a nemzeti és hazai szállodák példáján.....</i>	107
<i>Csizmadia Adrián: A lakossági jövedelmek modellezése földrajzilag súlyozott regresszióval.....</i>	113
<i>Faragó Péter: A morális tudás és alkotás jövője (1) – elmélet.....</i>	119
<i>Faragó Péter: A morális tudás és alkotás jövője (2) – empirikus adatok.....</i>	125
<i>Horváth Dóra: Az állatok alkalmazása a gyógyászatban.....</i>	131
<i>Horváth Dóra: A turizmus hatása a környezetre.....</i>	139
4. Multidiszciplináris tudományok.....	147
<i>Balogh Dániel – Fűrész Atilla – Penksza Károly – Lantos Csaba – Szőke Antal: Festuca taxonok ploid vizsgálatára Magyarországon.....</i>	149
<i>Fűrész Atilla – Sipos László – Pajor Ferenc – Penksza Károly: Hat domináns Festuca faj beltartalmi elemzése 3 különböző állatfaj extenzív legeltetésére alapozott céljai alapján.....</i>	155
<i>Tamás Bence – Hoffmann Orsolya Ivett – Malatinszky Ákos: A Vác környéki ökológiailag stabil kerti tavak és klasszikus kerti tavak makrogerinctelen faunájának összehasonlító elemzése.....</i>	161
<i>Füleki-Veress Aliz – Barna Gyöngyi – Makó András: A talajok hidrofób karakterének vizsgálata Krüss DSA 100 cseppalak analízátorral.....</i>	167
<i>Pitz András – Somfalvi-Tóth Katalin – Hoffmann Richárd: Különböző tápanyag visszapótlási technológiák hatása a kukorica fejlődésére és hozamára.....</i>	173
<i>Végh Rita – Csóka Mariann – Sipos László: Gyümölcszporokkal dúsított kekszek antioxidáns tulajdonságainak és fogyasztói kedveltségének összehasonlítása.....</i>	179
<i>Kolics Éva – Mátyás Kinga – Taller János – Specziár András – Kolics Balázs: A lítium-klorid kontakt hatásának igazolása in vitro és in situ Varroa atka elleni alkalmazása esetén.....</i>	185
<i>Pintér Tímea – Lóki Lilla – Petheő L. Gábor – Szeles Zsolt – Skoda Gabriella – Kerekes Andrea – Hiripi László – Geiszt Miklós – Bodrogi Lilla: Koleszteringazdag takarmány hatása NOX5 enzimhiányos nyulak antioxidáns rendszerére.....</i>	191
<i>Farkas Valéria: A mikrobiom kutatásokban használt HTS módszerek rövid bemutatása.....</i>	197
5. Crop production (English language).....	203
<i>Amare Assefa Bogale – Péter Mikó – István Balla – Attila Percze: Investigation of the effects of tillage system and nutrient supply on the quality of winter barley (Hordeum Vulgare L.).....</i>	205
<i>Miloro Fabio – Havelda Zoltán – András Kis – Ágnes Dalmadi: Revealing the diverse functional roles of barley AGO4 proteins in Arabidopsis through heterologous complementation assay.....</i>	209
<i>Asma Haj Sghaier – Noriza Binti Khaled – Suhana Binti Omar – Andras Varga – Zoltán Kende: Methodological approaches to the germination of sunflower and oilseed rape in vitro.....</i>	215
<i>Hussein Khaeim – Gábor Milics – Ákos Tarnawa: The responses of wheat (Triticum aestivum L.) and barley (Hordeum vulgare L.) to different abiotic stresses: germination and seedling growth.....</i>	223
<i>Noriza Khalid – Asma H. Sghaier – Márton Jolánkai – István Balla: The role of temperature on the germination activity of leguminous crops exposed to saline conditions.....</i>	229
<i>Petra Piroska – Gabriella Erzsébet Szemők – László Balázs – Gergő Péter Kovács: Pea (Pisum Sativum L.) germination: Investigating the effect of temperature and water availability on seedling development.....</i>	235
<i>Rosnani Binti Abd Ghani – Zoltan Kende – Akos Tarnawa – Suhana Binti Omar – Maria Katalin Kassai – Marton Jolankai – Noriza Binti Khalid: Nitrogen nutrition and weed management effects on yield and chemical composition of soybean (Glycine max L. Merr).....</i>	241

<i>Ahmed Ali Hamad – Dávid Polgári – Ákos Tarnawa – László Sági: Comparing the agronomical properties of new intergeneric hybrids resulting from crossing triticale with perennial rye</i>	247
<i>Suhana Omar – Rosnani Abd Ghani – Noriza Khalid – Marton Jolankai: Evaluation of maize inbred lines and hybrids for agronomic characteristics, yield, and grain quality</i>	253
<i>Babatunde A. Kareem – János Taller – Krisztián Frank: Genetic analysis of Phytophthora infestans resistance in potato</i>	259
6. Multidisciplinary sciences (English language).....	265
<i>Abdi Shukri Yasin: Review on Evolutionary game theory: History, concepts, and applications to tourism recovery post-Covid-19 crisis</i>	267
<i>Gebbisa Mesfin Bekele – Zsuzsanna Bacsi: Pastoralism and its direct economic value in the Oromiya region, Ethiopia.....</i>	273
<i>Maria Lourdes Ordonez: Bioeconomy as a sustainable development model: study case of Latin America and the Caribbean region</i>	279
<i>Gabriella Erzsébet Szemők – Petra Piroška – Zoltán Kende: The water absorption capacity of superabsorbent polymers</i>	287
<i>Saurav Chandra Talukder: Identifying and analyzing barriers faced by SMEs in Visegrad Countries: A bibliometric review.....</i>	293
<i>Francesco Desiderio – Samuel Szilagyí – Zsuzsanna Békefi: Blind test for sweet and sour cherry preference in Érd, “Elvira major”</i>	299
<i>Szabolcs Bene – Péter J. Polgár – Annamária Simon – Ferenc Szabó: Population genetic parameters and phenotypic trends based on some performance tests data of Gidran broodmares.....</i>	307
A konferencia szervezői	314

1. Állattenyésztési tudományok

Eltérő apaságú magyar tarka tehencsoportok szelekciója kazein polimorfizmusokra

Abella Dorina – Polgár J. Péter – Kovács Ákos – Bene Szabolcs

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

abella.dorina@gmail.com

Összefoglalás

A szerzők egy nagyméretű hazai magyar tarka tejelő tehenészetben vizsgálták meg, hogy a különböző országból származó tenyészbikák lányainál a béta-kazein különböző genotípusai milyen arányban fordulnak elő. Az A2 genotípus a legfrissebb kutatások előterében van, hiszen egyre több információ van az A1 negatív humán élettani hatásáról. A magyar tarka, mint kettőshasznú fajta kedvezőbb piaci megítélését jelentheti a kizárólagosan A2 béta-kazeint tartalmazó tej termelése. A vizsgált 1012 db tehénből 164 db (16,2%) A1A1, 438 db (43,3%) A1A2, 410 (40,5%) A2A2 genotípussal rendelkezett. 5%-os szignifikancia szinten igazolható összefüggést találtunk a becsült genomikus tenyésztéskből számított KTI (Kettőshasznú Termelési Index) valamint a három, béta-kazein konformáció szerint kialakított csoport között. Becsléseink szerint a kizárólagosan A2 béta-kazeint tartalmazó tej 17%-kal kevesebb árbevételt jelent, összehasonlítva a 305 napos laktáció alatti minél nagyobb tej kg termelésére szelektált állományhoz képest.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A magyar tarka fajta a hegyitarka fajtacsoportba (nemzetközi irodalomban leggyakrabban simmental kifejezéssel találkozhatunk) tartozik. A fajtakör őshazája az Alpok, ahol egy jó szervezeti szilárdságú, kiváló lábszerkezetű, tömegesebb marhára volt szükség a helyi adottságoknak megfelelően. A magyartarka populációt jelenleg megközelítőleg 50 ezer tehén és szaporulata alkotja.

A kettőshasznú fajták klasszikus előnye a magas beltartalmú tej termelése mellett a jó hústermelő képesség, így az azonos állományból származó tej- és vágóállat értékesítés. A fogyasztói igények változásának hatására előtérbe kerül a környezetvédelem, a kisebb környezetterheléssel előállított termékek, a tejösszetétel, a humán egészségre pozitív hatású termékek (A2 béta-kazein tartalmú tej). Az állatjóléti szempontból is kedvezőbb megítélésük lehetnek, hiszen más termelési szerkezetben működtethetők az üzemek, a specializált fajtáktól eltérően nagyobb hangsúlyt kap a szervezeti szilárdság, a hosszú hasznos élettartam.

A hazai fejt magyar tarka állományok esetében jelentős kihívás a holstein-fríz fajta kiemelkedően magas volumenű tejtermelésével versenyezni, ennek okán a kisebb környezetterhelés mellett a tejösszetétel bizonyos tényezői is előnyösek lehetnek. Ilyenek lehetnek a sajtgyártás szempontjából előnyös kappa kazein, és a fogyasztók egy egyre nagyobb hányadánál előforduló intolerancia problémák kapcsán reflektorfénybe került béta kazein jelenléte a tejben. A kazeinek teszik ki az összes tejfehérje 80%-át (*Givens és mtsai, 2013; Daniloski és mtsai, 2022*).

A szakirodalom a kappa kazein típus esetében a B, míg a béta kazein esetében az A2 konformáció meglétének tulajdonít pozitív hatásokat. *Masoodi-Shafi* (2010) leírják, hogy a kazeinfrakciók közül a leginkább allergizáló az alfaS1-et találták.

Az A1 fehérjevaltozat egy mutáció révén az eredeti konformációból, az A2 kazeint kódoló gén egyetlen nukleotidjának cseréjével jött létre, ahol a 67. pozícióban a prolin helyére hisztidin került. Így a kódolt fehérje felépítése egy ponton eltér az eredetitől, vagyis az A2-től. Ennek

eredménye az, hogy az enzimikus hasításnak az A2 stabilan ellenáll, míg az A1 esetében BCM-7 (béta casomorphin-7) törmelék keletkezik az emésztési folyamat során (*Truswell, 2005; Bisutti és mtsai, 2022; Daniloski és mtsai, 2022; Osman, 2021*).

Az A2 tej esetében megjelent számos elemzés és beszámoló részben ellentmondó eredményei ugyan nem adhatnak teljes garanciát a tejnek tulajdonított pozitív hatás garantálására, de az A1 kazein tartalmú tejek esetében leírt számos negatív következmény és hajlamosító tényező az A2 tej fogyasztására ösztönözhet.

Givens (2013) és *Bisutti (2022)* tanulmányaikban is említés tesznek az 1-es típusú cukorbetegségről, szív-és érrendszeri rendellenességekről, autizmusról, valamint skizofréniáról, mely az A1 tejjel hozható összefüggésbe. *Osman (2021)* emésztőszervi panaszok, gyulladásoos körkpek kialakulását is szóba hozza a BCM-7 kapcsán, mely hatással van az opioid rendszerre.

Több országban növekvő tendenciát mutat az A2 homozigóta állatok száma, számolnak be róla *Vigolo és munkatársai (2023)*. A2 tejet termelnek az ázsiai és afrikai szarvasmarhák valamint a juhok, a kecskék és a bivalyok is. Megemlítenő, hogy az anyatej is A2-es típusú.

2. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat egy nagy létszámú, fejt dunántúli magyar tarka állomány adatainak feldolgozásával végeztük. Az értékelésbe 1012 magyar tarka tehén adatai kerültek be, amelyek jelentős hányada még termelésben van. Az állományban jelentős arányban található külföldi, alapvetően bajor és osztrák tenyész bikák utódcsoportjait. Az állományban termelő tehenek tenyészértékének aktuális adatait a 2021. évi nemzetközi tenyészértékbecslési program eredményeiből szűrtük le. A fenotípusos adatok a telepi RISK program outputjaiból generált adatok.

A teljes tenyészérték pontszám adatai a tej, a hús és a fitness tulajdonságok adatai alapján kerültek indexálásra. A tenyészértékeket az egyedek genetikai mintáinak csehországi szekvenálása után az osztrák-német-magyar-olasz-cseh közös referencia adatbázis adatain történő futtatás alapján számították ki Németországban. A referencia populáció standard tenyészérték átlaga 100 pont, amely a 4-5 éves tehenek adatainak bázisán alapul.

Az adatbázis rendszerezést MS Office Excel programmal, a hatásvizsgálatokat SPSS 27.0 statisztikai adatfeldolgozó szoftver ANOVA moduljával végeztük. A bizonyított hatás modell szinten 5%-os hibavalószínűséggel került tesztelésre. A csoportok átlagai közötti különbségeket Tukey-próbával vizsgáltuk, mivel az adatbázisban az adott csoportok egyedszáma eltérő volt.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgálatba vont 1012 tehénből 410 egyed volt homozigóta A2, 164 egyed A1 homozigóta, 438 egyed pedig A1A2 genotípusú. Ez azt jelenti, hogy az állatok 40,5%-a képes a szakirodalom szerint kedvezőbb beltartalmi értékekkel rendelkező tejet termelni.

A elemzés során német, osztrák és magyar apaságú teheneket találtunk, melyeknél az apa származási országa szerint is elvégeztük a különböző béta kazein konformációk szerinti felosztást. A 155 német apaságú tehén közül 60 (38,7%), a 125 osztrák apaságú közül 53 (42,4%), a 732 magyar apaságú tehén közül 297 (40,6%) egyed homozigóta A2 béta kazein genotípusú.

1. táblázat: Béta-kazein A1 és A2 előfordulási gyakoriság a teljes adatbázisban

		gyakoriság	százalék	valós százalék	kumulatív százalék
Genotípusok	A1A1	164	16,2	16,2	16,2
	A1A2	438	43,3	43,3	59,5
	A2A2	410	40,5	40,5	100,0
	összes	1012	100,0	100,0	100,0

5%-os szignifikancia szinten bizonyított összefüggést találtunk az állatok KTI-je (Kettőshasznú Termelési Indexe) valamint a béta kazein genotípusuk között. Az A1A1 esetében 96,91, A1A2 esetében 95,84, A2A2 esetében 94,60 az átlagos KTI.

2. táblázat: Béta-kazein konformáció szerinti csoportok adatainak összevetése

		N	átlag	szórás	minimum	maximum	sig.5%
KTI gTÉB	A1A1	164	96,91	10,140	69	126	
	A1A2	438	95,84	10,707	68	121	
	A2A2	410	94,60	10,318	66	118	
	összes	1012	95,51	10,484	66	126	0,04
tej TÉ gTÉB	A1A1	164	98,75	9,294	72	121	
	A1A2	438	97,85	9,238	72	122	
	A2A2	410	97,86	9,358	71	122	
	összes	1012	98,00	9,293	71	122	0,53
tej kg gTÉB	A1A1	164	-87,28	370,945	-1180	708	
	A1A2	438	-111,45	405,065	-1352	901	
	A2A2	410	-77,97	419,340	-1307	1159	
	összes	1012	-93,97	405,572	-1352	1159	0,47
305 napos tej kg	A1A1	164	7407,38	1577,397	3203	10606	
	A1A2	438	7352,47	1554,934	2353	11060	
	A2A2	410	7278,49	1435,787	3016	11107	
	összes	1012	7331,40	1510,791	2353	11107	0,61

Becslést készítettünk, miszerint amennyiben a szelekció A2 tej előállítására irányul, úgy a jelenlegi hazai piaci viszonyokat figyelembe véve 17%-kal kisebb árbevétel érhető el, mint ha a 305 napos tej kg növelése lenne a legfőbb szelekciós szempont.

4. Következtetések és javaslatok

A kedvező tejösszetétel piaci előnyt jelenthet a specializált tejhasznú fajtákkal szembeni versenyben a kettőshasznúaknak, így az általunk vizsgált magyar tarkának is. Egyre több kutatás foglalkozik a tejhez kapcsolódó intoleranciák hátterének vizsgálatával, melyek várhatóan több, pontosabb információkkal fognak szolgálni a tejfehérje frakcióit illetően is.

Az A2 homozigóta genotípusú egyedek termelési potenciálja jelenleg még elmarad a versenyszféra által megkívánttól termelt tej kg alapján, azonban az ebből fakadó árbevétel különbség negatív hatása kiküszöbölhető, erre több országban is van már példa. A termékeknek speciális piacot kell teremteni, ez érdekében áll mind a termelői, mind feldolgozó oldalnak.

3. táblázat: Becsült bevétel különböző szelekciós szempontok esetén

	A2A2 tej kg	gTÉB tej kg	305 napos tej kg
N	410	410	410
minimum	3016	3089	7742
maximum	11107	11060	11107
átlag	7278,49	7249,79	8778,52
szórás	1435,787	1531,823	767,665
tej értéke, Ft 1 tehénre	1 455 699	1 449 958	1 755 704
tej értéke, Ft 410 tehénre	596 836 400	594 482 600	719 838 600
tej értéke, Ft 1012 tehénre	1 473 166 919	1 467 357 052	1 776 772 349
bevétel	82,91%	82,59%	100%

A Magyartarka Genom Projekt segítségével a fajtában már az állatok korai életszakaszában képesek vagyunk meghatározni, hogy rendelkezik-e az egyed az általunk preferált béta kazein változattal, ezzel bővíti a genomikai tenyésztéértékcslés által a termelők számára rendelkezésre álló hasznos információk sorát.

5. Felhasznált irodalom

- Barnett, M. P. G., McNabb, W. C., Roy, N. C., Woodford, K. B., Clarke, A. J. (2014). Dietary A1 β -casein affects gastrointestinal transit time, dipeptidyl peptidase-4 activity, and inflammatory status relative to A2 β -casein in Wistar rats, *Int J Food Sci Nutr.*, 65(6):720–7.
- Bisutti, V., Pegolo, S., Giannuzzi, D., Mota, L. F. M., Vanzin, A., Toscano, A., Trevisi, E., Ajmone Marsan, P., Brasca, M., Cecchinato, A. (2022). The β -casein (CSN2) A2 allelic variant alters milk protein profile and slightly worsens coagulation properties in Holstein cows, *J. Dairy Sci.* 105:3794–3809. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21537>
- Daniloski, D., McCarthy, N. A., Vasiljevic, T. (2022). Impact of heating on the properties of A1/A1, A1/A2, and A2/A2 β -casein milk phenotypes, *Food Hydrocolloids* 128 (2022) 107604. <https://doi.org/10.1016/j.food-hyd.2022.107604>
- Givens, I., Aikman, P., Gibson, T., Brown, R. (2013). Proportions of A1, A2, B and C β -casein protein variants in retail milk in the UK, *Food Chemistry* 139 (2013) 549–552.
- He, M., Sun, J., Jiang, Z. Q., Yang, Y. X. (2017). Effects of cow's milk beta-casein variants on symptoms of milk intolerance in Chinese adults: a multicentre, randomised controlled study, *Nutr J.* ;16(1):72.
- Kay, S. S., Delgado, S., Mittal, J., Eshraghi, R. S., Mittal, R., Eshraghi, A. A. (2021). Beneficial Effects of Milk Having A2 β -Casein Protein: Myth or Reality?, *The Journal of Nutrition*, Volume 151, Issue 5, 2021, Pages 1061–1072. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa454>
- Masoodi, T. A., Shafi, G. (2010). Analysis of casein alpha S1 & S2 proteins from different mammalian species, *Bioinformation* 4(9): 430–435.
- Osman, A., Zuffa, S., Walton, G., Fagbodun, E., Zanos, P., Gergiou, P., Kitchen, I., Swann, J., Bailey, A. (2021). Post-weaning A1/A2 β -casein milk intake modulates depressive-like behavior, brain mopioid receptors, and the metabolome of rats, *iScience* 24, 103048. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103048>
- Truswell, A. (2005). The A2 milk case: a critical review, *European Journal of Clinical Nutrition*, 2005 May;59(5):623–31. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602104.
- Vigolo, V., Visentin, E., Ballancin, E., Lopez-Villalobos, N., Penasa, M., De Marchi, M. (2023). β -Casein A1 and A2: Effects of polymorphism on the cheese-making process, *J. Dairy Sci.* 106. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23072> *Journal of Dairy Science* Vol. 106 No. 8, 2023

Genom alapján becsült tenyészték és fenotípusos termelés összevetése magyar tarka tehénállományban

Kovács Ákos – Bene Szabolcs – Lestyán Luca – Polgár J. Péter

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Keszthely

Bene.Szabolcs.Albin@uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatainkat egy nagy létszámú, fejt dunántúli magyar tarka állomány adatainak feldolgozásával végeztük. Az értékelésbe 1455 magyar tarka tehén adatai kerültek be, amelyek jelentős hányada még termelésben van. Az állományban jelentős arányban találhatjuk külföldi, alapvetően bajor és osztrák tenyész bikák utódcsoportjait. Az állományban termelő tehenek tenyésztékének aktuális adatait a 2021. évi nemzetközi tenyésztékbecslési program eredményeiből szűrtük le, a fenotípusos adatok az adott telep RISK A telepírányítási rendszeréből származnak. A teljes tenyészték pontszám adatai a tej, a hús és a fitnessz tulajdonságok adatai alapján kerültek indexálásra. A tenyésztékeket az egyedek genetikai mintáinak csehországi szekvenálása után az osztrák-német-magyar-olasz-cseh közös referencia adatbázis adatain történő futtatás alapján számították ki Németországban. A referencia populáció standard tenyészték átlaga 100 pont, amely a 4-5 éves tehenek adatainak bázisán alapul.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

2019-ben indult a magyar tarka fajta esetében a nyugat-európai ország szimentáli állományához hasonlóan egy genomtenyésztéken alapuló, új tenyésztési program kialakítása. (Internet2) Ehhez első körben közel 11000 „A” törzskönyvi osztályba sorolt állat DNS mintáját gyűjtötték össze. A mintákhoz farokszőr tüszőt küldtek a Csehországban (Českomoravská společnost chovatelů, as) található genetikai központba, ahol a genom szintű információ kinyerése és beazonosítása történt meg. (Füller és Kovács-Mesterházy, 2021) A genotipizáláshoz az Illumina vállalat által fejlesztett SNP50 v3 BeadChip chipet alkalmazzák. Ennek jellemzője, hogy 53218 SNP-t tud kezelni a szarvasmarha faj teljes genomjára vetítve. (Internet5) A chip által lehetővé válik a genomszelekció végrehajtása: a kvantitatív tulajdonságokért felelős lokuszok azonosítása, egyedi genetikai értékelés, összehasonlító elemzések és az egyedi teljesítmény paraméterek becslése mellett a genetikai terheltségek beazonosítása is. (Internet 1) (Internet10) A folyamat második lépéseként a bajorországban -The Bavarian State Research Center for Agriculture- történik a DNS szintű információk lefuttatása az ott kezelt szimentáli referencia adatbázison. (Internet9) A referencia adatbázisban a bajor, osztrák, cseh, olasz, és magyar populációk adatai találhatóak meg. A magyar állomány csatlakozása a nemzetközi szerveződéshez azért volt elengedhetetlen, mivel a hazai állomány mérete nem lett volna elegendő egy olyan referencia bázis kialakításához, amelynek alapját a genom adatok mellett a fenotípusos termelési paraméterek, és a rokon-kapcsolati mátrix adja. A futtatásnak két módszere ismert az egy, illetve két, -lépcsős modell, melyből az egylépcsős, úgynevezett single step módszerrel végzik a bajor intézetben a genom információk elemzését. Ennek eredményeképpen a magyar tenyésztők 65 tulajdonságra kapnak genomtenyésztéket, a tulajdonságonként meghatározott megbízhatósági adatokkal együtt. Ezek az adatsorok már kész tenyésztéket biztosítanak, konkrét tenyésztői döntések meghozatalához tenyésztőszervezeti, valamint telepi szinten egyaránt. Jelenleg a hazai kettőshasznú állományok és a húshasznú állományok kisebb hányada rendelkezik genomtenyésztéssel, és folyamatos az újonnan bekerülő nőivarú egyedek vizsgálata is. A szerzők

ezen adatbázist felhasználva vizsgálták meg a fő termelési paramétereket, összehasonlítva a genom adatokat a tényleges termelési adatokkal, továbbá vizsgálták az egyes országokból származó apai vonalak hatását a hazai kettőshasznú állomány termelésére (Polgár és Kovács, 2021) (Stefler, 2014) (Kovács és Polgár, 2020) (Internet6-8).

2. Anyag és módszer

Munkánk során a legnagyobb hazai kettőshasznú magyar tarka állomány termelési és genetikai adatait vizsgáltuk. A vizsgálatba adataik alapján az 1455-ből 1012 egyedat vontunk be, melyek nagyrésze jelenleg is termelő állat. A telep termelési paraméterei a 2020-as évben a következők voltak.

Átlagos laktáció	Két ellés közti idő	Laktációs termelés	Zsír %	Zsír kg	Fehérje %	Fehérje kg
2,4	392	8364	3,87	323,6	3,59	300,3

Ezek a paraméterek az országos átlagot jóval meghaladják – laktációs termelésben 1275 kilogrammal –, ezzel ez az egyik legjobb hazai törzstenyészet. A Magyar-tarka Tenyésztők Egyesületének bika előállításában jelentős szerepet tölt be az állomány, így vérfrissítésre szánt külföldi szaporító anyag első körben (bikanevelő tehének) kerül az állományba.

A vizsgálatok során az intézet genom adatokat táblázatos formában bocsájtotta az egyesület rendelkezésére, melyek a közös tenyészérték-becslés végtermékei, tehát kész tenyész értékek. A tenyészérték bázisát a bajor, ausztriai, olasz, cseh, és magyar állomány alkotja, ahol az átlag a 100 és a becsült egyed tenyészértékét az ettől való eltérés mutatja, mely alapján bármely meghatározott tulajdonság esetében sorrend képezhető. A fenotípusos tulajdonságokat felhasználva becsülhető BLUP módszerrel az úgynevezett hagyományos vagy fenotípusos tenyészérték. Itt a hazai állomány átlaga a 100 és szintén az ettől való eltérés határozza meg az állatok valós genetikai értékét. Mindkét tenyészérték a mellé rendelt megbízhatósággal értelmezhető, tulajdonságonként százalékos formában kifejezve. A tenyészérték paraméterek csoportosításával és súlyozásával határozzuk meg az indexeket. Kettős Termelési Index (KTI) tartalmazza az összes értékelt tulajdonság tenyészértékét a tenyészcélban meghatározott súlyozással.

A fenotípusos adatokat a tenyészet számítógépes adatbázisából nyertük ki, és excell formájába kaptuk meg, további vizsgálatok elvégzéséhez. Az adatbázis ezen része tényleges termelési értékeket mutat.

Az adatbázis rendszerezést MS Office Excel programmal, a hatásvizsgálatokat SPSS 27.0 statisztikai adatfeldolgozó szoftver ANOVA moduljával végeztük. A bizonyított hatás model szinten 5%-os hibavalószínűséggel került tesztelésre. A csoportok átlagai közötti különbségeket Tukey próbával vizsgáltuk, mivel az adatbázisban az adott csoportok egyedszáma eltérő volt. Első lépésben leíró statisztikai elemzést végeztünk, az általunk vizsgált paraméterek a következők: KTI, tej, hús és fitness tenyész érték, tej, zsír és fehérje kg, zsír és fehérje százalék, szomatikus sejtszám-, fejesi sebesség-, tőgygyulladás-, tőgypont-, tenyészérték, illetve 305 napra korrigált tej kilogramm zsír kilogramm és fehérje kilogramm.

3. Eredmények és értékelésük

1. táblázat: Az adatbázis leíró statisztikája

--

	N	Minimum	Maximum	átlag	szórás
KTI pontszám	1012	66	126	95,5	10,5
tej TÉ pontszám	1012	71	122	98	9,29
hús TÉ pontszám	1012	75	121	98,3	6,91
fitnesz TÉ pontszám	1012	66	126	97,6	8,74
tej kg	1012	-1352	1159	-94	406
zsír kg	1012	-40,7	43,3	-0,75	14,3
fehérje kg	1012	-43,3	28,9	-4,23	12,7
zsír %	1012	-0,37	0,65	0,05	0,15
fehérje %	1012	-0,22	0,29	-0,01	0,07
szomatikus sejtszám,	1012	75	125	96,9	7,97
fejési sebesség pontszám	1012	77	128	101	8,29
tőgygyulladás indikátorok	1012	70	124	98,2	8,3
tőgypontszám	1012	65	130	96,1	8,92
305 napra korr. tej kg	1012	2353	11107	7331	1511
305 napra korr. zsír kg	1012	77,4	496	284	64,6
305 napra korr.fehérje kg	1012	77,5	391	262	51,5

A fenti táblázatban az általunk vizsgált magyartarka populáció egyes tenyésztési paramétereinek alakulását mutatjuk be. 1012 nőivarú állat adatát dolgoztuk fel, tenyésztésként meghatározva a minimum, maximum, átlag és szórás értékeket. A táblázat fenti, szürkével jelölt sorai KTI, tej, hús fitnesz tenyésztési index pontszámot jelöl, vagyis az adott indexben szerepel a teljes tulajdonság csoport meghatározott súllyal. A táblázat 5.-9. sorában bemutatott tulajdonságok genom tenyésztési értéket takarnak, ezért látható több paraméter negatív előjellel, mivel az átlag genom tenyésztési értékhez viszonyított értéket mutatja. A táblázat utolsó három sora, a 305 napos laktációra korrigált értékek, fenotípusos adatok, melyeket a telepi adatbázisból kaptunk. Az állomány tükrében látható, hogy az egyes tulajdonságok között nagy szórás értéket kaptunk, amik természetesen a környezet által leginkább befolyásoltak esetében voltak a legnagyobbak.

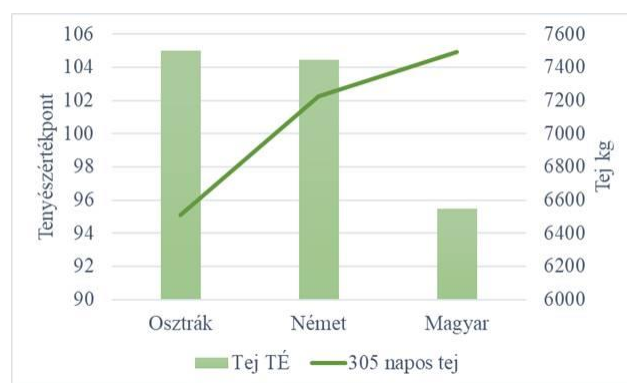
A következő lépésben megvizsgáltuk a nőivarú populáció csoportjainak átlagos teljesítményét az apák származási országa tekintetében. A teheneket három csoportba soroltuk: osztrák, bajor és magyar apaságúakra. Jellemző a három tenyésztési régióra, hogy nagyjából azonos tenyésztési cél szerint folyik a fajták nemesítése a szimentáli csoporton belül, azonban egyes tulajdonságok hangsúlyosabbak lehetnek az eltérő országban tenyésztett állományokban. Mivel a magyar tarka kettőshasznú állomány törzskönyvezett létszáma 8000 egyed, elengedhetetlen a vérfrissítés, ami nem haladja meg a párosítások 5%-át (a felhasznált szaporítóanyag 5%-a lehet külföldi genetika). A szerzők ebből adódóan azt szerették volna megvizsgálni, hogy az elmúlt években bekerült külföldi vonalak, milyen hatással voltak a hazai állomány termelésére.

A 2. táblázatban látható, hogy tej tenyésztési érték esetében az osztrák és német apaságú állatok közel azonos tenyésztési értékkel bírnak, ami magasabb mintegy 10 ponttal, mint a hazai apaságúaké. A táblázatban minden eredmény esetében szignifikáns eredményt kaptunk. A hús tenyésztési érték alakulása hasonló a tej tenyésztési értékéhez. A fitnesz tulajdonságok esetén fordított alakulást láthatunk, itt a magyar apaságú állatok szerepeltek jobban, aminél azonban ki kell emelni, hogy a legnagyobb a szórás. A nagyobb szórás a gyengébb öröklődhetőségnek és a környezet nagyobb hatásának tudható be. A táblázat tenyésztési értékei genom tenyésztési értékek, tehát a külföldi referencia bázison alapuló értékek, aminél figyelembe kell venni, hogy a magyar állomány igen csekély részét képezi ennek a referenciabázisnak. Azt tapasztaltuk, hogy a genetikai kapcsoltság alacsonyabb szintje miatt az érték tipikusan kisebb, mint a bajor és osztrák állományoknál.

Ezután a szerzők megvizsgálták a tényleges termelési adatok alakulását, amit a következő grafikonon mutatnak be.

2. táblázat: Hazai és import bikavonalak hatása a tenyészték adatokra

Tulajdonság	Származás	Elemszám	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum	Sig.
Tej tenyészték	Osztrák	125	104,98	6,41	89	122	0,00
	Német	155	104,43	7,84	88	122	0,00
	Magyar	732	95,45	8,71	71	118	0,00
	Összesen	1012	98	9,29	71	122	0,00
Hús tenyészték	Osztrák	125	100,78	7,55	83	121	0,00
	Német	155	99,5	7,75	77	119	0,00
	Magyar	732	97,57	6,47	75	120	0,00
	Összesen	1012	98,26	6,91	75	121	0,00
Fitnessz tenyészték	Osztrák	125	102,38	8,17	84	121	0,00
	Német	155	100,01	8,34	77	126	0,00
	Magyar	732	96,29	8,53	66	121	0,00
	Összesen	1012	97,61	8,74	66	126	0,00



1. ábra: A tejtermelés genom tenyésztéke és a 305 napos fenotípusos termelési érték

A fenti grafikon a termelési fenotípusos adatokat mutatja be, a három országból származó apák bontásában. Bal tengelyen a tej tenyészték genom pontjai láthatók, amit a fenti táblázatban már elemeztünk. Itt a grafikonon jól látszik, hogy a tényleges termelés tekintetében a magyar apaságú egyedek jóval nagyobb tejtermelést produkálnak, mint az ahhoz rendelhető genomtenyészték által prognosztizált termelés. Ez a haza állomány nagyobb távolságának tudható be a referencia állományhoz képest, valamint a kapcsolódási mátrix lazább, mint a külföldi apaságú állatok esetében. Továbbá fontos megemlíteni, hogy a tejtermelés gyengén öröklődő tulajdonság, amit a környezet nagy mértékben befolyásol, tehát a környezeti tényezők javításával adott időben nagyobb produktum érhető el, mint a genetikai érték javításával.

4. Következtetések, javaslatok

A szerzők az elvégzett vizsgálatok tükrében megállapították, hogy a haza populáció kis mérete indokolja a vérfrissítés további folytatását. A táblázatos adatokban látható, hogy a genotípus alapján becsült termelés még nem teljesen ad pontos adatot minden tulajdonságban. 65

termelési paraméter vizsgálata történik egyidőben, amiből mi csak 3 fő tulajdonság csoportot emeltük ki, s elsősorban tejtermelést vizsgáltuk. A genom tenyészték pontosításához elengedhetetlen a további mintagyűjtés és a referencia populáció folyamatos bővítése, hogy minél nagyobb legyen a magyar állatok aránya a rendszerben. Ugyanakkor a genom adatok alkalmasak ez előzetes szelekció elvégzésére, akár a bikanevelő tehenek akár a tenyészbika jelöltek esetében. A tenyésztő szervezet által meghatározott tenyészcél érdekében bizonyos tulajdonságcsoportok mint például az A2A2 béta kazein polimorfizmus vagy a szarvatlanság génjének behozatalához szükséges a genom szintű adatok pontos ismerete és a hazai állományok vizsgálata, az előre haladás mértékének ellenőrzése céljából. Az ilyen és ehhez hasonló elemzések jó visszacsatolás lehet a tenyésztő szervezet számára, a következő bikapark és bikanevelő párosítások tervezéséhez.

Hasznos lehet további elemzések elvégzése is, részletesebben kibontva, akár bikavonalakra, akár apákra, illetve apai féltestvér csoportokra is tenyészetenként, illetve hasznosítási típusonként külön szűrve.

5. Felhasznált irodalom

- Bocskor G. (1960). A magyar tarka marha. Kiadó: Akadémia Kiadó, Budapest pp. (1–10)
- Bognár L. (2013). Új irányzatok a tejtermelő szarvasmarhatenyésztésben. Genomikus tenyésztékbecslés. Állattenyésztés és takarmányozás. 62(4) pp.367–373.
- Füller I., Kovács-Mesterházy Z. (2021). Genomikus tenyésztékbecslés a magyartarka fajtában. Magyar Mezőgazdaság
- Kovács-Mesterházy Z. (2023). A Magyartarka Tenyésztők egyesületének 2022 évi munkabeszámolója
- Kovács Á. P., Polgár J. P. (2020). A családtenyésztés lehetősége a magyartarka tenyészbika-előállítás folyamatában In: Bene, Szabolcs (szerk.) XXVI. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Kar Állattudományok szekció/08, 5 p.
- Polgár, J. Péter; Kovács, Ákos (2019). A családtenyésztés jelentősége, lehetősége magyartarka fejt állományokban A MAGYARTARKA 19: 4 pp. 12–14., 3 p.
- Polgár J. P., Kovács Á. (2021). Genomszelekciós eljárás a magyartarka-tenyésztésben A MAGYARTARKA 21: 2 pp. 7–9., 3 p.
- Polgár, J. P., Kovács Á. P. (2021). A hús ITV 20 éve A MAGYARTARKA 21.: 4. pp. 8.-10. Tudományos
- Polgár J. P., Kovács Á., Benedek Zs., Bene Sz. (2021). Magyar tarka növendék bikák hús ivadékvizsgálati eredményeinek trendjei In: LXIII. Georgikon Napok előadások kivonatai és szekcióik programja: Agrár-környezetgazdaságunk a járványok és a környezeti kihívások árnyékában 73 p. pp. 22–22., 1 p.
- Stefler J. szerk. (2014). A Magyartarka Tenyésztése, Magyartarka Tenyésztők Egyesülete pp. (1–105)
- Internet 1: <https://academic.oup.com/genetics/article/178/1/553/6062311>
- Internet 2: <https://kormany.hu/hirek/lezarult-a-magyartarka-genom-projekt-első-szakasza>
- Internet 3: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0079_antal_bioinformatika/ar01s02.html
- Internet 4: <https://www.cmsch.cz/>
- Internet 5: <https://www.illumina.com/>
- Internet 6: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(10\)00718-6/fulltext#back-bib0045](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(10)00718-6/fulltext#back-bib0045)
- Internet 7: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30812-8/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30812-8/fulltext)
- Internet 8: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(20\)30309-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(20)30309-X/fulltext)
- Internet 9: <https://www.lfl.bayern.de/verschiedenes/en/index.php>
- Internet 10: <https://www.pnas.org/content/113/28/E3995>

A funkcionális tulajdonságok (hosszú hasznos élettartam, takarmányértékesítő-képesség) értékelése a szarvasmarha fajban irodalmi adatok tükrében

Holló Gabriella – Antalovics Máté – Szabari Miklós

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

hollo.gabriella@uni-mate.hu

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben a szarvasmarha tenyésztési programjaiban a termelés növelés és fenntartása mellett, a funkcionális tulajdonságok javítása is előtérbe került (élettartam, takarmányértékesítő-képesség). Mindez azért is indokolt, hogy a termelékenység növelésével egyidejűleg az állati termék-előállítás környezeti lábnyoma is kisebb legyen. A tanulmányban a funkcionális tulajdonságokra (hosszú hasznos élettartam, takarmányértékesítő-képesség) vonatkozó külföldi és hazai kutatási eredményeket foglaljuk össze.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Hasznos élettartamnak nevezzük az első elléstől a kiesésig eltelt időszakot, ami nem tartalmazza a felnevelés időszakát (*Kerslake és mtsai, 2018; De Vries, 2020*). A kívánatos hasznos élettartam tenyésztői megítélése meglehetősen ellentmondásos. Minél hosszabb a hasznos élettartam, annál hosszabb termelési időszakra oszlik el az üszők felnevelési költsége és ez javíthatja a tejtermelés gazdaságosságát. A hosszabb élettartamú és többször ellő tehenek csökkentik a tenyésztőutánpótláshoz szükséges üszőborjak számát. A nyilvánvaló előnyök mellett szólni kell az ellentétes hatásokról is. Hatékony nemesítők munkát feltételezve ugyanis az egymást követő generációk értékesebbek a megelőzőknél, és ha a teheneket túl hosszú ideig termelésben tartjuk, korlátozzuk az utódgenerációk érvényesülését, és nő a generáció intervallum. A hazai selejtezési arányt (25-30%) figyelembe véve a tehénállomány 3-4 év alatt kicserélődik (*Holló és Szabó, 2016*).

A tejelő tehen élettartama fontos gazdasági értékmérő tulajdonság, amely a tenyészértéket meghatározó számos más termelési jellemzővel összefügg. A hazai nagyüzemi tartási körülmények között a tejelő tehenek várható élettartama drasztikusan lecsökkent: a 2.-3. laktáció után a tehenek döntő többsége már nincs termelésben (*Borbély és mtsai, 2023*). Mindezekből következően a hosszú hasznos élettartamra történő szelekció csak indirekt módon végezhető el. A hosszú hasznos élettartam alacsony örökölhetőségű tulajdonság ($h^2=0,01-0,3$), így jövőbeli bekövetkezését nehéz megítélni. A becslés megbízhatóságának javítására küllemi bírálati információkat is felhasználnak (*HFTE, 2019*), mivel a küllemi bírálati tulajdonságok több szerző (*Szögi és mtsai, 2011; Borbély és mtsai, 2023*) által bizonyítottan pozitívan befolyásolhatják az egyed élettartamát, ételteljesítményét. A kondíció, a tejtermelési mutatók, a szaporodásbiológiai jellemzők és az egészségességet befolyásoló tényezők lehetnek indikátorok a tejhasznú tehenek hosszú hasznos élettartamának értékelésében.

Takarmányértékesítő képességen azt értjük, hogy a szarvasmarha az elfogyasztott takarmányban lévő táplálóanyagokból mennyi állati terméket (tej, hús) állít elő. A takarmányértékesítő képesség tehát a hatékonyság mutatója. A tulajdonság sokféle mérőszámmal kifejezhető, pl. az 1 kg tömeggyarapodásra vagy 1 kg tejtermelésre felhasznált energia - illetve fehérje mennyiség, vagy az elméleti szükséglethez viszonyított tényleges táplálóanyag felhasználás. E

tulajdonság közepesen öröklődik ($h^2=0,4$ körüli), jelentősen befolyásolja a hasznosítási típus, az ivar és a kor (Holló és Szabó, 2016). Reziduális takarmányértékesítőképeség, egy olyan hatékonysági mutató, ami az állat által ténylegesen elfogyasztott takarmány és a szükségletei kielégítésére elvárt takarmányfelvétel közötti különbséget mutatja meg. Ennek megfelelően a mutató, ha negatív azok az állatok hatékonyabbak, mint a pozitív RFI értékkel rendelkezők. A tenyésztési programokban az RFI beépítése egyre népszerűbb, ugyanakkor az alkalmazhatóság feltétele, az egyedi takarmányfelvétel mérése.

2. Anyag és módszer

Az irodalmi feldolgozás során felhasznált forrásmunkákat a tudományos keresőrendszerek (PubMed, Web of Science, Scopus és Google Scholar) segítségével, illetve a 2020 és 2023 közötti időszak kiválasztásával végeztük magyar és angol nyelven. A keresés során megadott kulcsszavak magyar nyelven: szarvasmarha, hosszú hasznos élettartam, takarmányértékesítő-képeség, holstein-fríz, angol nyelven: cattle, longevity, feed efficiency, Holstein.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. Hosszú hasznos élettartam

A hosszú élettartam meghatározására több angol nyelvű definíció (longevity, stayability) született, és gyakori probléma, hogy az elnevezések, kifejezések felcserélésre kerülnek, és több megnevezéssel is találkozhatunk (Zhang és mtsai, 2021, Hu és mtsai, 2021).

A produktív élettartam alatt: az első elléstől az utolsó ellésig, vagy az állat selejtezéséig eltelt napok számát míg a fejési élettartam alatt szintén ezt az időszakot értik, csak ez utóbbi nem veszi figyelembe a szárazon állás időszakát (Zhang és mtsai, 2021). Mások csak ellések, laktációk számára hivatkozva fejezik ki ezt a tulajdonságot, vagy napokra, vagy hónapokra határozzák meg. Egy további mutatószám, az állományban maradóképeség azt határozza meg, hogy az állat képes-e megtéríteni a felnevelési költségeit vagyis, hogy elég ideig marad-e termelésben (Costa és mtsai, 2020). Más megfogalmazásban, a megmaradás a tehen azon képességére utal, hogy meddig marad a tehen állományban és kerüli el a selejtezést. Jellemzően időpontra vonatkoztatva értékelik, állományban marad-e az egyed egy megadott életkorig, vagy ellésszámig, vagy termelési szint eléréséig (Schuster és mtsai, 2020). A selejtezéshez vezető ok lehet közvetlen vagy más néven önkéntes selejtezés, ami jellemzően az állat kevés tejtermelés miatt történik. A másik pedig, közvetett, nem önkéntes selejtezési ok (szaporodásbiológiai, anyagforgalmi betegségek, sántaság) miatt kerül ki az állat az állományból. Valódi élettartammal szemben a funkcionális élettartam az állat azon képessége, hogy mennyire tudja késleltetni a nem önkéntes selejtezés idejét (Rostellatto és mtsai, 2020).

A kanadai adatok szerint a holstein-fríz üszőknek 24 hónapos életkorra történő felnevelési költségének, ami 2650 kanadai dollár, átlagosan 42 hónapos korig (1,5 laktáció) kell megtérülnie (Schuster és mtsai, 2020). A magyar számítások szerint (Borbély és mtsai, 2023), gazdaságilag a tehenet termelésben tartani a 6. laktációig lehetne, figyelembe véve a genetikai lehetőségeit. Ehhez képest 2,1 laktációs átlag, rendkívül kevésnek tűnik, vagyis a hasznos élettartamot tekintve jelentős tartalékok vannak még a hazai tejtermelésben.

A világ legnagyobb tejtermelő országaiban, az elmúlt időszakban a hosszú hasznos élettartam szignifikánsan csökkent, a legkisebb mértékben Írországból 1970-2019 között 0,9/év, illetve a legnagyobb mértékben pedig 2010-2019 között 3,04/év Lengyelországban. A vizsgált 10 ország közül egyedül Új-Zéland esetében tapasztaltak növekedést a hosszú hasznos élettartamban, amely különbség a többi tejtermelő országhoz viszonyítva eltérő termelési

rendszerével (leelőre alapozott) és az ebből adódó kisebb tejtermelésével magyarázható. Az Új-Zélandon mért hosszú hasznos élettartam 2,5-ször nagyobb, mint Kanadában és 1,5 szer hosszabb, mint Hollandiában (*Dallago és mtsai, 2021*).

Több szerző (*Borbély és mtsai, 2023, Török, 2022*) szerint a hosszabb termelési idő és hasznos élettartam csökkenti az üsző nevelés költségét. Az üszőnevelés költségén az üsző borjú megszületésétől egészen az első ellésig terjedő ráfordítások pénzben kifejezett értékét értjük. Hazai körülmények között már sikerült az első borjazás idejét 24 hónapra csökkenteni, amely nemzetközi összehasonlításban is jónak számít (*Borbély és mtsai, 2023*). Korábbi tanulmány (*Valchehev és mtsai, 2020*) azt is kimutatta, hogy az életkor és az elléskori élősúlynak jelentős hatása lehet a későbbi tejtermelésre és a produktív élettartamra, bár az eredmények nem mindig egyértelmű tendenciát mutatnak. *Valchehev és mtsai (2020)* és *Anim és mtsai (2020)* szerint a 29 hónaposnál, illetve a 30 hónapsnál idősebb első ellési életkorú egyedek rövidebb hasznos élettartammal rendelkeznek. Ez a mutató a nagy tejtermelő országokban 24,6- 32,6 hónap között változik (*Dallago és mtsai, 2021*). *Kučević és mtsai (2020)* szerint gyenge negatív (-0,23) szignifikáns korreláció áll fenn a produktív élethossz és az első ellési életkor között; vagyis a megkésett első ellés kori életkor csökkent reprodukív teljesítményhez vezet, ami az egyik fő oka a rövidebb hasznos élettartamnak. Magyar adatok (*Fodor és mtsai, 2020*) szerint a 30 hónapos első ellési életkor 5,52-szer nagyobb valószínűséggel növeli a selejtezés kockázatát, szemben a 22 hónapos koruk előtt ellett üszőkkel. A nehéz ellés szintén nagyobb selejtezési kockázattal függ össze. További reprodukív mutatók vonatkozásában, pl. az első ellés után a következő ellésig eltelt idő, ha hosszabb, kedvezőbben alakul az életteljesítmény, és emellett kisebb a korai selejtezés valószínűsége, ami a hasznos élettartam alakulás szempontjából is kedvezőbb (*Remmik és mtsai, 2020*). A születési körülmények: ikerellés, születési súly és könnyű ellés, mint korai indikátorok felhasználhatók a hasznos élettartam értékelésére (*Dallago és mtsai, 2022*).

Jól ismert, hogy a küllemi tulajdonságok kapcsolatban állnak a hasznos élettartammal, az elülső tőgyfél illesztése, és tőgymélysége, a korrekt lábállás, a kisebb testméret és mellkasmélység befolyásolja azt (*Török és mtsai, 2021*). A küllemi tulajdonságkombinációk a gyenge tőgyfüggesztés és a mély tőgy kombinációja, valamint a hosszú és vastag tőgybimbók együttes megjelenése kedvezőtlen a hosszú hasznos élettartam szempontjából (*Török és Posta, 2023*).

A hosszú élettartamú állományokra jellemző a kisebb borjú- és tehénmortalitás, a magas szomatikus sejtszámmal rendelkező tehenek százalékos aránya, az üszőknél kevesebb, a tehenek viszont több termékenyítésszám és nagyobb antibiotikum-használat teheneknél és kisebb antibiotikum-használat borjaknál az átlagos holland tejelő állományhoz képest (*Bishop és mtsai, 2022*). Ugyanakkor komplex tenyésztői döntés, hogy egy állatot leselejtezzek vagy sem, amit számos környezeti tényező (gazdálkodók befektetési döntései, a gazdaság-specifikus jellemzők, állattartási gyakorlatok). Egy svéd tanulmány szerint (*Owusu-Sekyere és mtsai, 2023*) az élettartamot meghosszabbító termelési változók közé tartozik a nagyobb tejhozam és a hosszabb ellési intervallum.

3.2. Takarmányértékesítő-képesség

A takarmányköltség a tejtermelő tehenészetekben, csak úgy, mint számos állattenyésztéssel foglalkozó ágazati szektorban a legnagyobb, akár 60%-os kiadást is jelent. Emiatt is szükséges az állatok takarmányértékesítőképeségének javítása. Mindez történhet, egyrészt az azonos tejtermelési szint eléréséhez szükséges takarmány csökkentésével, vagy a takarmányfelvétel fenntartásával és a tejtermelés növelésével. Mivel a takarmányértékesítőképeség javítása a takarmányköltségek csökkenését úgy éri el, hogy a tejtermelés nem csökken, hozzájárul az állomány jövedelmezőségének javulásához is (*Madilindi és mtsai, 2022*). Ezen túlmenően, a

takarmányozás hatékonyságának növekedése összefüggésbe hozható a főbb üvegházhatású gázok, köztük a metán (CH₄) kibocsátásának csökkenésével is (*Manzanilla-Pech és mtsai, 2022*).

A genomikus szelekció az egyik módja annak, hogy a populáció szinten nehezen összegyűjtendő tenyésztékre vonatkozó adatokat értékeljük. Ennek a lényege, hogy a populáció egyedeinek egy részére állnak rendelkezésre fenotípusos adatok, ennek alapján genotípusos adatokat kalkulálnak a többi állatra, amelyeknek alapján már lesz genotípusos tenyészték adata ez, de nem rendelkezik fenotípusos adattal. Bár ez a megközelítés elfogadható, a referenciapopuláció mérete, amelyből a genominális adatok származnak, jelenleg túl kicsik az egyes országokon belül ahhoz, hogy így ez kielégítő módon használható legyen a szelekcióban. A takarmányértékesítőképeség értékelésekor az egyedi takarmányfelvételt (szárazanyagfelvétel) kell mérnünk. Az egyedi takarmányfelvétel mérése csak korlátozott módon végezhető el speciális erre a célra kifejlesztett eszközökkel. Kiegészítő adatok pl. a tej összetétele vagy az élősúly, kondíció értékelése, melyek mérése egyszerűbb és olcsóbb, ugyanakkor szintén felhasználhatók az előrejelzésre. A takarmányértékesítőképeségre irányuló genetikai szelekció pontossága tehát nagymértékben függ a rendelkezésre álló és mérhető adatok nagyságától.

A takarmányértékesítőképeségre vonatkozóan elsőként Ausztráliában 2015-ben, majd Hollandiában és az USA-ban számítottak genomikus tenyésztéket (*Jamrozik és mtsai, 2021*).

A várható szárazanyag-bevitelt a tejhozamból, a zsírtartalomból és a becsült testsúlyból származtatják. A zsír-fehérjére korrigált tejet pedig a zsír-, fehérje- és tejhozamból határozzák meg. A két mutató aránya alapján becsülik a takarmányértékesítőképeséget. A becsült takarmányértékesítőképeség olasz holstein-fríznel $1,27 \pm 0,18$ kg/nap, örökölhetősége pedig 0,32 (*Finocchiaro és mtsai, 2020*).

Az Egyesült Királyságban 2021-ben vezették be az un „Feed Advantage” tenyésztéket. A genomiális tenyészték tartalmazza a jobb takarmányértékesítés miatt a megtakarított takarmány mennyiségét és a megtakarított takarmányköltségét is. Az örökölhetősége 0,18. A szárazanyagfelvétel előrejelzésének pontossága 0,30-0,68 között változott (*Li és mtsai, 2021*). A kanadai holstein-fríz esetében az RFI örökölhetőségét két laktációs időszakra is megadják, melyek értékei 0,05 és 0,10 (*Jamrozik és mtsai, 2021*) változik.

A kedvező reziduális takarmányértékesítőképeségű (RFI) tehenekre jellemző volt, hogy a laktáció első 15 hetében a testsúlyukat és kondíciójukat meg tudták tartani, a pozitív RFI-értékű (rossz takarmányértékesítőképeségű) tehenek erre nem képesek (*Marinho és mtsai, 2020*).

Megfigyelték, hogy a magasabb rosttartalmú és alacsonyabb energiatartalmú takarmányt a kedvezőbb RFI értékű vemhes üsző csoport jobban értékesíti, mint rossz RFI csoport. Ugyanakkor a két csoport között a borjú születési súlyban és a laktációs termelésben nincs különbség (*Williams és mtsai, 2020*). Fontos figyelembe venni, hogy az RFI értékek változhatnak a laktációk során, illetve az etetett takarmányféleségek szerint (*Fregulia és mtsai, 2021*). Ez utóbbi háttérben a takarmányok emészthetősége játszik szerepet. A hatékonyabb RFI-vel rendelkező állatoknak jobb a szénhidrát, fehérje és rost emésztése. Emellett a bendő mérete, pH-értéke, valamint a bendő mikroba összetétele és a bendő metabolitjai szintén kapcsolatban van a takarmányértékesítőképeséggel (*Li és mtsai, 2019, cit. Fregulia és mtsai, 2021*).

Tempelman és Lu (2020) felhívja a figyelmet arra, hogy az RFI antagonisztikus kapcsolatban áll az egészségességgel és a reprodukció tulajdonságokkal. Ezzel szemben *Martin és mtsai (2021)* megállapították, hogy a különböző megbetegedések a takarmányértékesítőképeségre nem hatnak, de hosszan tartó hatással lehetnek az állatok viselkedésére.

Több tanulmányban igazolták, hogy a takarmányfogyasztás üteme, éttekesség (viselkedés) kapcsolatban van az RFI-vel. A hosszabb ideig, és többet fogyasztó állatok kevésbé jó takarmányértékesítőképeséggel rendelkeznek (*Fregulia és mtsai, 2021*).

4. Következtetések és javaslatok

A tejelő szarvasmarha ágazat az elmúlt évtizedekben a tejhozam maximalizálására összpontosított, a tejtermelés hatékonyságára egészen a közelmúltig lényegesen kevesebb figyelmet fordított. A tejtermelés biológiai hatékonyságának értékelésében, két funkcionális értékmérő tulajdonság is fontos szerepet játszik, ezek pedig a hosszú hasznos élettartam és takarmányértékesítőképeség. Mindkettőt számos tényező befolyásolja, és amelyekre hatással van a tehén biológiai állapota (pl. életkor, laktációs állapot, egészségi állapot, termelési szint, környezeti feltételek), genetikai tényezők és a takarmányozási körülmények.

A takarmányértékesítőképeséget tekintve, a fentieken kívül, az emésztőrendszer és az azzal összefüggő jellemzők pl. táplálkozási viselkedés, bendő fermentáció, bendő mikroba összetétel is fontos szerepet játszanak. A takarmányértékesítőképeség javítása azért kiemelkedően fontos, mert a takarmányfelhasználást és az üvegházhatású gázok kibocsátását is egységnyi előállított termékre vetítve csökkenti. Ennek következtében, a tejelő szarvasmarha ágazat fenntarthatóságának mindhárom alapelemére, - mind a társadalmi, mind a gazdasági mind a környezeti szempontokra - pozitív hatást gyakorol.

5. Felhasznált irodalom

- Anim, I., Res, J., Kuevi, D., Dragin, S., Mirkov M. (2020). Effect of age at first calving and other non-genetic factors on longevity and production traits in holstein cattle under Vojvodina province condition, Serbia. *Indian J Anim.* 54, 499–505.
- Bisschop, P. I. H., Santman-Berends, I. M. G. A., Nijhoving, G. H., Muskens, J., van Schaik, G. (2023). Longevity and the association with cattle health in Dutch dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 210, 105797.
- Borbély Cs., Szabari M., Pupos C. (2023). A hasznos élettartam gazdasági jelentősége a tejelő szarvasmarha tartásban. *Holstein Magazin*, 1. 14–19.
- Costa, E. V., Ventura, H. T., Veroneze, R., Silva, F. F., Pereira, M. A., Lopes P. S. (2020). Estimated genetic associations among reproductive traits in Nellore cattle using Bayesian analysis. *Anim. Reprod. Sci.* 214:106305. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106305
- Dallago, G. M., Cue, R. I., Wade, K. M., Lacroix, R., Vasseur, E. (2022). Birth conditions affect the longevity of Holstein offspring. *J. Dairy Sci.*, 105, 1255-1264.
- Dallago, G.M., Wade, K.M., Cue, R.I., McClure, J.T., Lacroix, R., Pellerin, D., Vasseur, E. (2021). Keeping Dairy Cows for Longer: A Critical Literature Review on Dairy Cow Longevity in High Milk-Producing Countries. *Animals*, 11, 808.
- De Vries, A. (2020). Why revisit dairy cattle productive lifespan? *J. Dairy Sci.* 103,3838–3845.
- Finocchiaro, R., Omodei Zorini, F., van Kaam, J., Invernizzi, G., Marusi, M., Bobbo, T, Savoini, G. (2020). Predicted feed efficiency index applied to Italian Holstein Friesian cattle population. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 23(Monothematic Issue), 329–333.
- Fodor, I., Lang, Z., Ózsvári, L. (2020). Relationship of dairy heifer reproduction with survival to first calving, milk yield and culling risk in the first lactation. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.*, 33, 1360.
- Fregulia, P., Neves, A. L. A., Dias, R. J. P., Campos, M. M. (2021). A review of rumen parameters in bovines with divergent feed efficiencies: What do these parameters tell us about improving animal productivity and sustainability? *Livestock Sci.*, 254, 104761.
- HFTE (2019). A magyar holstein-fríz fajta tenyésztési programja. Holstein-fríz Tenyésztők Egyesülete, Budapest
- Holló I., Szabó F. szerk. (2016). Szarvasmarhatenyésztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Wang, X. P., Ma, Y. (2021). Analysis of longevity traits in Holstein cattle: A review. *Frontiers in Genetics*. 12, 1–2. 695543.
- Jamrozik, J., Kistemaker, G., Sullivan, P., Van Doormaal, B., Chud, T., Baes, C., Shenckel F.S., Miglior, F. (2021). Genomic evaluation for feed efficiency in Canadian Holsteins. *Interbull Bulletin*, (56), 153-161.
- Kerslake, J. I., Amero, P. R., O’Neil, P. L., Wong, S. L., Rosche, J. R., Phyn, C. V. C. (2018). Economic costs of recorded reasons for cow mortality and culling in a pasture-based dairy industry. *J. Dairy Sci.* 101, 1795–1803. doi: 10.3168/jds.2017-13124
- Kučević, D., Trivunović, S., Šoronja, Ž., Janković, D., Stanojević, D., Djedović, R., Papović, T. (2020). Association between age at first calving and milk production in first lactation on longevity traits in Holstein cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 36(1), 27–35.

- Madilindi, M. A., Zishiri, O. T., Dube, B., Banga, C. B. (2022). Technological advances in genetic improvement of feed efficiency in dairy cattle: a review. *Livestock Sci.*, 104871.
- Manzanilla-Pech, C. I. V., Gordo, D. M., Difford, G. F., Pryce, J. E., Schenkel, F., Wegmann, S., Miglior, F., Chud, T. C., Moate, P. J., Williams, S. R. O., Richardson, C. M., Stothard, P., Lassen, J. (2021). Breeding for reduced methane emission and feed-efficient Holstein cows: An international response. *J. Dairy Sci.*, 104, 8983–9001.
- Marinho, M. N., Zimpel, R., Peñagaricano, F., Santos, J. E. P. (2021). Assessing feed efficiency in early and mid lactation and its associations with performance and health in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 104, 5493–5507.
- Martin, M.J., Weigel, K.A., White, H.M. (2021). Assessment of the relationship between postpartum health and mid-lactation performance, behavior, and feed efficiency in Holstein dairy cows. *Animals*, 11, 1385.
- Li, B., Mrode, R., Id-Lahoucine, S., Winters, M., Coffey, M. (2021). Genomic Evaluation for Feed Advantage—Towards Feed Efficient Cows in UK Dairy Cattle. In: *INTERBULL MEETING 2021* (pp. 125–130)
- Owusu-Sekyere, E., Nyman, A. K., Lindberg, M., Adamie, B. A., Agenäs, S., Hansson, H. (2023). Dairy cow longevity: Impact of animal health and farmers' investment decisions. *J. Dairy Sci.*, 106, 3509–3524.
- Remmik, A., Värnik, R., Kask, K. (2020). Impact of calving interval on milk yield and longevity of primiparous Estonian Holstein cows. *Czech J. Anim. Sci.*, 65(10), 365–372.
- Rostellato, R.- Promp, J., Leclerc, H., Mattalia, S., Friggens, N. C., Boichard, D., Ducrocq, V. (2021). Influence of production, reproduction, morphology, and health traits on true and functional longevity in French Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 104, 12664–12678.
- Schuster, J. C., Barkema, H. W., De Vries, A., Kelton, D. F., Orsel, K. (2020). Invited review: Academic and applied approach to evaluating longevity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 103, 11008–11024.
- Szögi Sz., Bokor Á., Bokor J., Leonhardt B., Bakos G., Horváth B., Holló I., Szabari M (2011). Néhány küllemi tulajdonság és a hasznos élettartam közötti kapcsolat holstein-fríz fajtában. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 15, 37–43.
- Tempelman, R. J., Lu, Y. (2020). Symposium review: Genetic relationships between different measures of feed efficiency and the implications for dairy cattle selection indexes. *J. Dairy Sci.*, 103, 5327–5345.
- Török E., Posta J. (2023). Kiesési kockázatok értékelése a hazai tejtermelő szarvasmarha állományokban. *A Magyarartarka*. 1. 12–13.
- Török E. (2022). Kiesési kockázatok értékelése a hazai tejtermelő szarvasmarha állományokban. PhD értekezés Debrecen
- Török, E., Komlósi, I., Szónyi, V., Béri, B., Mészáros, G., Posta, J. (2021). Combinations of Linear Type Traits Affecting the Longevity in Hungarian Holstein-Friesian Cows. *Animals*, 11, 3065.
- Valchev, V., Marinov, I., Angelova, T. (2020). Relationship between age at first calving and longevity and productive life in Holstein cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68, 867–874.
- Williams, K. T., Weigel, K. A., Coblenz, W. K., Esser, N. M., Schlessler, H., Hoffman, P. C., Ogden, R., Su, H., Akins, M. S. (2022). Effect of diet energy level and genomic residual feed intake on bred Holstein dairy heifer growth and feed efficiency. *J Dairy Sci.*, 105, 2201–2214.
- Zhang, H., Liu, A., Wang, Y., Luo, H., Yan, X., Guo, X. (2021). Genetic parameters and genome-wide association studies of eight longevity traits representing either full or partial lifespan in chinese Holsteins. *Front. Genet.* 12:634986. doi: 10.3389/fgene.2021.634986

Magyar hidegvérű lovak testméreteinek elemzése

Gyovai Petra – Unger Helga – Bokor Árpád

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

Gyovai.Petra@uni-mate.hu

Összefoglalás

Munkánk során 1950 és 2016 között született, 2598 (1176 kanca és 1422 mén) magyar hidegvérű kanca és mén bottal mért marmagasságát, övméretét és szárkörméretét elemeztük. A 66 különböző évből származó adatokat ivaronként négy különböző időszakra (1950-1981; 1982-1992; 1993-2009; 2010-2016) osztva vizsgáltuk. A rendelkezésünkre álló állományról elmondható, hogy marmagassága kb. 148 cm és 163 cm között alakul. A vizsgált időtartam alatt 154 cm-ről 158 cm-re nőtt a ménék és 153 cm-ről 157 cm-re nőtt a kancák marmagassága. A vizsgált állomány öv- és szárkörméretének változása ivaronként eltérő. Míg a ménék esetében mindkét tulajdonságban statisztikailag igazolható a csökkenés a 2. és a 3. időszakban a fajta kialakulásának kezdetét magába foglaló 1. időszak átlagos öv- és szárkörméretéhez képest, addig a kancáknál folyamatos növekedés tapasztalható az egy- mászt követő időszakok átlagaiban a szóban forgó tulajdonságokra nézve. Ennek oka lehet, hogy a kancákhoz viszonyítva a ménék nagyobb hányada rendelkezik testméret adattal. A vizsgált időtartam alatt az övméret 204 cm-ről 209 cm-re nőtt a ménéknél, a kancáknál pedig 201 cm-ről 208 cm-re változott. A szárkörméret a vizsgált időtartam alatt ménéknél 25,2 cm-ről 25,8 cm-re nőtt, kancáknál pedig 23,1 cm-ről 24,1 cm-re változott.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hazai hidegvérű lóállomány konszolidálására 1948-49-ben Belgiumból 59 belga-ardenni, Franciaországból pedig 17, főleg ardenni jellegű, de különböző fajtájú mént hoztak Magyarországra. Az import méneket 157 cm-es átlagos marmagasság, 206 cm-es övméret, 28,5 cm átlagos szárkörméret és 883 kg átlagos élősúly jellemezte, fenotípusosan és genotípusosan is egyöntetűek (Markos, 1986). A gépesítést követően (1970-es évek) a hidegvérű ló felhasználása is gyökeresen megváltozott: az új nem hivatalos tenyészcél a minél nagyobb választási súlyú csikó előállítására lett. Ennek érdekében a '80-as években percheron fajtájú import ménék kerültek az országba. 1395 Percheron-1 és 1396 Percheron-2 1980 novemberében, 1543 Percheron-3 és 1544 Percheron-4 1982-ben álltak tenyésztésbe, majd 1992-ben kapott fedeztetési engedélyt Percheron-201 Bizsu. Az 5 import mén közül 4-nek sikerült genealógiai vonalat alapítania. A 4 vonalból származó fedezőmén a 2011-es ménállomány közel felét teszik ki, melynek következtében már a fajta nukleusz állományát adó egyedek közt is alig találni génimigrációt nem mutató származásokat (Mihók, 2017). A korábban és jelenleg érvényben lévő fajtastandardeket az 1. táblázat mutatja be.

A fajtában jelentkező nemkívánatos küllemi tulajdonságok (a szárkörméret csökkenése) megjelenésének feltételezett okaként az állományban megnövekedett percheron génhányadot említi a fajta tenyésztését irányító Egyesület. A fajtatenyésztő Egyesület szorgalmazta a fajta őshonos státuszba emelését (2009). Az őshonos génmegőrzési program (2010) pedig sikeresen szorította vissza az idegen génhányad növekedését és ezzel nemkívánatos, például küllemi tulajdonságok, megjelenését a populációban. Munkánkban arra voltunk kíváncsiak, hogy hogyan változnak a fajta egyedek egyes testméretei a fajta különböző tenyésztési korszakaiban.

1. táblázat: A magyar hidegvérű fajtában előírt standard testméretek 1947-2018 között (saját szerk. ¹Mihók, 2017; ²MNOSZ, 1954; ³MHLOE Tenyésztési program, 2018 alapján)

Év	Ivar	Marmagasság	Övméret (relatív övméret)	Szárkörméret
1947 ⁽¹⁾	vegyes	160-165 cm	190-200 cm	22-24 cm
1949 ⁽¹⁾	mén	150-165 cm	-	-
1954 ⁽²⁾	kanca	148-158 cm	178-190 cm (Marmagasság 120 %-a)	22 cm
2018 ⁽³⁾	mén	150-175 cm	195-227 cm (Marmagasság 130 %-a)	min. 24 cm
2018 ⁽³⁾	kanca	150-170 cm	187-212 cm (Marmagasság 125 %-a)	min. 23 cm

2. Anyag és módszer

Munkánk során 1950 és 2016 között született, 2598 (1176 kanca és 1422 mén) magyar hidegvérű kanca és mén bottal mért marmagasságát, övméretét és szárkörméretét elemeztük. A 66 különböző évből származó adatokat ivaronként négy különböző időszakra osztva vizsgáltuk:

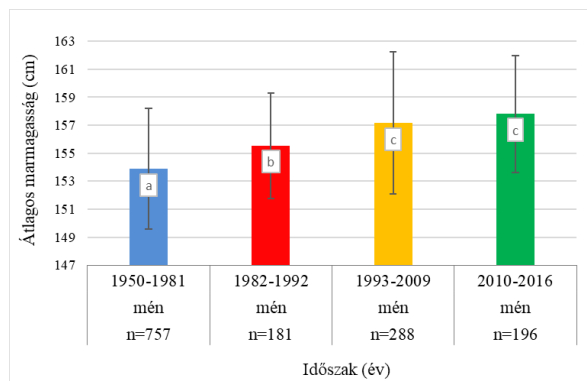
Az 1. időszak az 59 belga-ardenni ménimport után született lovakat tartalmazza az első percheron importig (1950-1981 között született lovak). A 2. időszak a percheron importok ivadékait is tartalmazza (1982-1992 között született lovak). A 3. időszak, F1-es kancák percheron ménnek utáni ivadékokait is tartalmaz (1993-2009 között született lovak). A 4. időszak lovai a fajta őshonos génmegőrzési programjának kezdete után született lovakat tartalmazza (2010-2016 között született lovak).

Az adatelőkészítéshez és ábrázoláshoz a Microsoft Access és a Microsoft Excel programokat használtuk. Az alapadatok normál eloszlását Kolmogorov-Smirnov teszttel állapítottuk meg. Az időszakonkénti elemszámok eltérése miatt a csoportok közötti különbségek elemzésekor a legkisebb négyzetek elvét alkalmaztuk. A négy időszakban a testméretekre vonatkozó különbségeket ivaronként egytényezős varianciaanalízissel elemeztük a SAS 9.4 (2013) szoftvert segítségével.

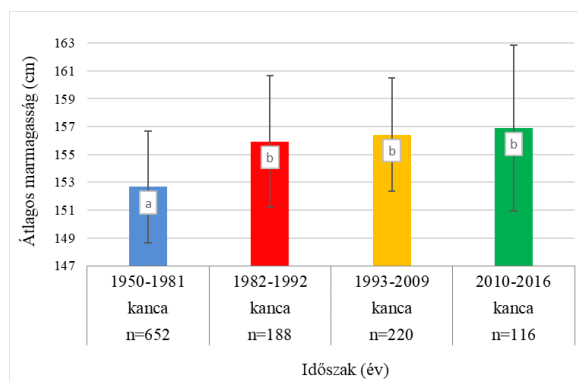
3. Eredmények és értékelésük

Az 1993 évi és az azt követő években (3. és 4. időszak) született ménnek átlagos marmagassága (157,1±5,1 cm és 157,8±4,2 cm) között nincs igazolható különbség (1. ábra), de együttesen statisztikailag igazolhatóan különböznek a 1. és 2. időszakban született ménektől (153,9±4,3 cm és 155,5±3,8 cm), ahogy az 1. és 2. időszakban született ménnek is különböznek egymástól a marmagasságukat illetően. A kapott marmagasság átlagok a korábbi és a jelenlegi standard méret-tartományoknak is a minimumához közelítenek (1. táblázat). A magyar hidegvérű fajtára jellemző marmagasságot, különböző tartományokban, 148 cm és 160 cm közöttinek írják le más szerzők (Döhrmann, 1926; Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001) mely tartományba belesznek az általunk kapott eredmények is. A kancák esetében (2. ábra) is növekszik az vizsgált állomány átlagos marmagassága, de statisztikailag igazolhatóan csak az 1. időszak lovainak marmagassága (152,7±4,0 cm) különbözik a későbbi időszakok lovainak marmagasság-átlagától (sorrendben: 155,9±4,7 cm; 156,4±4,1 cm; 156,9±6,0 cm). A kancák marmagassága ≈ 3-4 cm-el növekszik a percheron ménnek intenzív használatának időszakában (1982-től).

1. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű mének átlagos marmagasságának változása (P < 0,05)



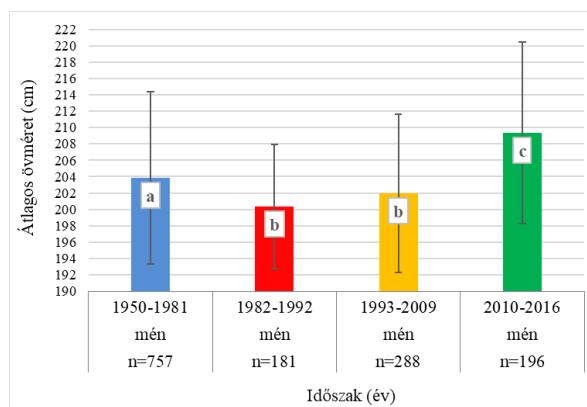
2. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű kancák átlagos marmagasságának változása (P < 0,05)



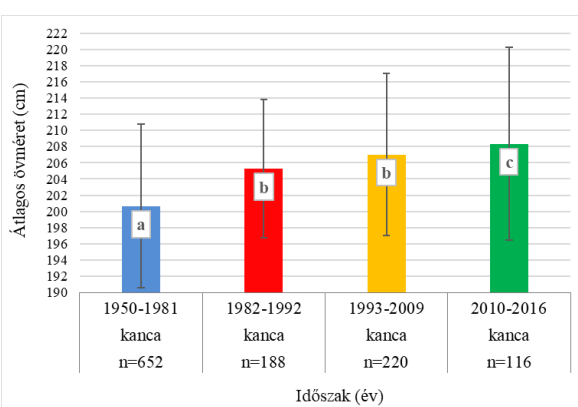
Bene és mtsai, 2017-ben 159,8±4,96 cm-es átlagos marmagasságot állapított meg több Dunántúli tenyészet magyar hidegvérű kancáit lemérve. A kapott eredményünk beleesik korábbi szerzők (Döhrmann, 1926; Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001) által megfogalmazott marmagasság-tartományba.

A percheron mének használatának időszakában (2. és 3. időszakban) a legalacsonyabb a vizsgált állomány átlagos övmérete (200±7,6 cm és 202±9,7 cm) (3. ábra).

3. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű mének átlagos övméretének változása (P < 0,05)



4. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű kancák átlagos övméretének változása (P < 0,05)

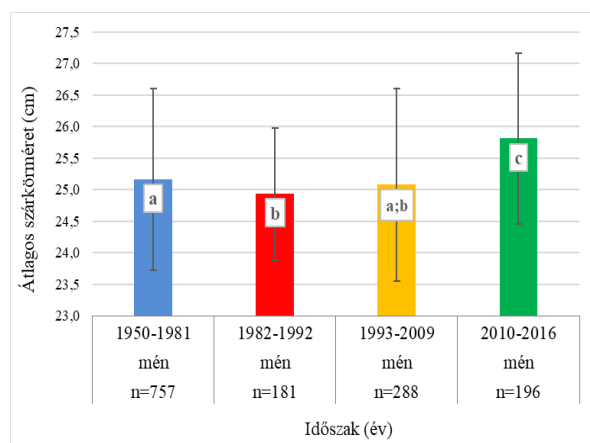


Ezek az átlagok statisztikailag nem különböztek egymástól, de különböztek mind az 1. (204±11cm), mind a 4. időszak átlagától (209±11 cm). A tenyésztési célkitűzések szempontjából fontos, pozitív változás, hogy a 4. időszakban, azaz a túl magas idegen génhányaddal rendelkező egyedek kiszелеktálásának időszakában jelentősen nő az állományra jellemző övméret és statisztikailag igazolt növekedést jelent a fajta kiinduló populációjának, azaz az 1. időszak állományának átlagos övméretétől. A jelenleg érvényben lévő fajtastandardnek megfelelnek a vizsgált egyedek. A magyar hidegvérű fajtára jellemző övméretet, különböző tartományokban, 178 cm és 200 cm közöttinek írják le más szerzők (Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001) melyet az általunk kapott eredmények meghaladnak.

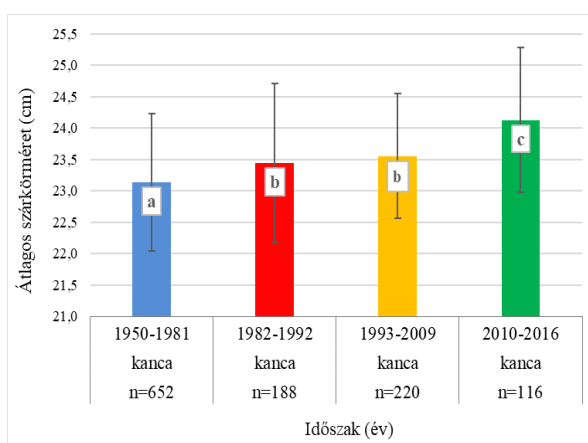
Kancák esetében (4. ábra) a méneknél tapasztaltakkal ellentétben a percheron mének használatának (2. és 3.) időszakában növekedés tapasztalható az övméret átlagokban az 1. időszakhoz képest ellentétben a méneknél tapasztaltakkal. A 2. és 3. időszakok átlagos övméretei ($205\pm 8,5$ cm és 207 ± 10 cm) statisztikailag igazolhatóan nem különböznek egymástól, de különböznek mind a vizsgálat 1. időszakára (201 ± 10 cm), mind a 4. időszakára jellemző (208 ± 12 cm) övmérettől és a két utóbbi időszak övméretbeli különbségét is igazolta a statisztikai próba. Az 1. időszak átlagos övmérete meghaladja a szakirodalomban olvasható megkívánt övméretet, de a 2., 3. és 4. időszakban megfelel akár a 2018 évi tenyésztési programban előírtaknak is. A szakirodalomban közölt (Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001) övméreteket az általunk kapott eredmények meghaladják. A dunántúli tenyészetekben mért hidegvérű kancák átlagos övméretét, $212,2\pm 9,16$ cm-t (Bene és mtsai, 2017) nem érték el az általunk vizsgált kancák, azok inkább a Druml és mtsai, (2008) által közölt 205,8 cm-es értékhez hasonlítanak melyet nóri fajtájú lovakon vettek fel.

Az vizsgálatba vont 1950 és 2016 között született magyar hidegvérű mének átlagos szárkörméretének változásait a vizsgált időszakokban az 5. ábra szemlélteti.

5. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű mének átlagos szárkörméretének változása ($P < 0,05$)



6. ábra: Az 1950 és 2016 között különböző időszakokban született magyar hidegvérű kancák átlagos szárkörméretének változása ($P < 0,05$)



Az 1950 és 1981 között született és vizsgálatba vont mének átlagos szárkörmérete $25,2\pm 1,4$ cm, melynél statisztikailag igazolhatóan kisebb az import percheron mének aktív időszakában (1982-1992) született mének szárkörmérete ($24,9\pm 1,0$ cm). A következő időszak (1993-2009) átlagos szárkörmérete ($25,1\pm 1,5$ cm) nem különbözik az előző két időszakban mértektől, de a 2010-2016 között született mének átlagos szárkörmérete ($25,8\pm 1,3$) már ismét igazolhatóan nőtt az előző három időszakra jellemző mérethez képest. A fajta szárkörméretére vonatkozó irodalmi adatok 20 és 25 cm közötti tartományokat említenek (Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001). Az általunk kapott átlag méretek a 2. időszakot kivéve mind meghaladják a korábban, más szerzők által közölt értékeket.

Kancák esetében a 2. és 3. időszakot jellemző szárkörméreteket ($23,4\pm 1,3$ cm és $23,5\pm 1,0$ cm) nem tekinthetjük különbözőnek egymástól (6. ábra). Együttesen viszont nagyobbak az 1950-1981-es időszakra jellemző szárkörméretnél ($23,1\pm 1,1$ cm), de kisebbek a 4. időszakban (2010-2016) született lovak átlagos szárkörméreténél ($24,1\pm 1,1$ cm). A kancák esetében kapott eredmények egybeesnek a más szerzők által korábban közölt méret-tartományokkal (Hámori, 1964; Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976; Bodó és Hecker, 2013; Mihók és mtsai, 2001) viszont elmaradnak Bene és mtsai által 2017-ben közölt, a fajta kancáira vonatkozó

szárkörmérettől ($24,8 \pm 1,52$ cm). A fajta tenyésztési programjában megfogalmazott minimális szárkörméretet (23 cm) az első három időszak 0,1-0,5 cm-el haladja csak meg, de a 4. időszakban született kancáké már 1 cm-el meghaladja a testméretre vonatkozó minimális méretet.

4. Következtetések, javaslatok

Az általunk vizsgált magyar hidegvérű fajtájú loállományról elmondható, hogy marmagassága kb. 148 cm és 163 cm között alakul. A vizsgálat 66 éve alatt bővült a standardben megfogalmazott, marmagasságra vonatkozó tartomány. Jelenleg 25 cm különbség is lehet az egyes lovak marmagasságai között a tenyésztési program szerint. A széles határok között mozgó standard marmagasság jellemző a magyar hidegvérű kialakításában jelentős szerepet játszó belga-ardenni és percheron fajtákban is. A fajta kialakulásában szerepet játszó többi fajta (breton, nóri, shire, stb.) standard marmagassága sokkal szűkebb tartományban mozog. Véleményem szerint a magyar hidegvérű fajta egyöntetűbbé válásához egy olyan keresztezési partner választására lenne szükség, amely fajta marmagasságában sokkal egyöntetűbbnek mondható. Amennyiben erre nincs mód, célszerű lenne a fajta tenyésztési programjában a marmagasságra vonatkozó méretintervallumot szűkíteni. A fogatpárok kiválasztásakor is fontos, hogy a lovak közel azonos marmagasságúak legyenek. A mének marmagasságának növekedése megállt az 1993-2009-es időszakban, a kancáké pedig a '80-as évek óta lényegében nem változik. A növekedést felfoghatjuk az ez idő tájt történt import mének tenyésztésbe állításának is, de más egyéb oka is lehet. A vizsgált időtartam alatt 154 cm-ről 158 cm-re nőtt a mének és 153 cm-ről 157 cm-re nőtt a kancák marmagassága.

A vizsgált állomány öv- és szárkörméretének változása ivaronként eltérő. Míg a mének esetében mindkét tulajdonságban statisztikailag igazolható a csökkenés a 2. és a 3. időszakban, a fajta kialakulásának kezdetét magába foglaló 1. időszak átlagos öv- és szárkörméretéhez képest, addig a kancáknál folyamatos növekedés tapasztalható az egymást követő időszakok átlagaiban a szóban forgó tulajdonságokra nézve. A vizsgált időtartam alatt az övméret 204 cm-ről 209 cm-re nőtt a méneknél, a kancáknál pedig 201 cm-ről 208 cm-re változott.

Az állomány szárkörméretének csökkenése mindig figyelmeztető jel kell, hogy legyen a tenyésztők számára. A csökkenő szárkörméret a fogyatkozó csontalpra figyelmeztet. Egy hústermelésre és nagy erő kifejtésre szánt fajta esetében elengedhetetlen a megfelelő vastagságú csontokkal rendelkező egyed létrehozása az utódgenerációkban. Az vizsgálat utolsó időszakában tapasztalt 25,8 cm-es, átlagos szárkörméret a hímivarban jónak mondható, de ha megnézzük például a lengyel hidegvérű, a belga-ardenni vagy akár a percheron fajtában jellemző szárkörméreteket, akkor sorrendben 26 cm, 27 cm, 25 cm-es minimum értékeket találunk. A szárkörméret a vizsgált időtartam alatt méneknél 25,2 cm-ről 25,8 cm-re nőtt, kancáknál pedig 23,1 cm-ről 24,1 cm-re változott.

Az említett testméreteken túl javasoljuk további testméretek rögzítését is, melyek többlet információja révén pontosabban leírhatók az évjáratok, észrevehetőbbek a finomabb változások és további, a fajta -, a tenyésztési cél szempontjából hasznos, informatív indexek számolhatók belőlük. Azt, hogy milyen további testméretek felvétele lenne célszerű, azt a javítani kívánt testméret vagy testarány határozza meg.

5. Felhasznált irodalom

- Bene Sz., Polgár J.P., Gulyás L., Makray S., Szabó F. (2017). Magyar hidegvérű tenyészkancák élősúlya és testméretei. XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely
- Bodó I., Hecker W. (2013). Lótenyésztés, lótenyésztés, lóhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest pp. 21–23; 62–63; 120;
- Döhrmann H. (1926). Lótenyésztés. Horse Breeding. In: Magyarország Állattenyésztése. Animal Breeding in Hungary. II. pp. 260.
- Druml T., Baumungk, R., Sölkner, J. (2008). Morphological analysis and effect of selection for conformation in the Noriker draught horse population. Liv. Sci.,115.2-3. 118–128.
- Hámori D. (1946). Lótenyésztés. Atheneum Kiadó, Budapest. pp. 143–172.
- Magyar Hidegvérű Lótenyésztő Országos Egyesület, Tenyésztési Program és Szabályzat, (2018): <https://hidegverulotenyesztok.hu/wp-content/uploads/2018/10/Teny%C3%A9szt%C3%A9si-program-%C3%A9s-szab%C3%A1lyzat-v%C3%A9gleges-%C3%A1llapot-2018.pdf> (letöltés: 2022.07.12.)
- Markos J. (1986). Az 1948-49. évi import belga-ardenni ménnek hatása a magyar hidegvérű ló kialakításában. Szakdolgozat, Agrártudományi Egyetem, Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Állattenyésztési Tanszék, pp.
- Mihók S., Pataki B., Kalm E., Ernst, J. (2001). Gazdasági állataink – Fajtatan. Ló és számár. Mezőgazda Kiadó Budapest. pp. 165–210.
- Mihók S. (2017). A magyar hidegvérű ló. Mezőgazda Kiadó, Budapest pp. 9–15.
- MNOSZ (1954). Magyar Népköztársasági Országos Szabvány 6804-53, A ló törzskönyvi Küllemi Bírálata, A csikó küllemi minősítése, Tervgazdasági Könyvkiadó, Budapest, pp. 6.
- Ócsag I., FEHÉR D. (1976). Lótenyésztés. In: Horn A. /szerk/ Állattenyésztés II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 384–397.
- Schandl J. (1955). Lótenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 13–18.
- SAS (2013): Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary.

Tenyészmének testméreteinek elemzése hidegvérű lófajtákban

Unger Helga – Bokor Árpád – Gyovai Petra

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

helga.unger5@gmail.com

Összefoglalás

2004-2019 és a 2020-2022 között felvett testméretadatok alapján elemeztem a lengyel hidegvérű (LH), a sztumski (SZT) és a sokólski (SK) fajta 3 éves fedezőménjeire vonatkozó különböző testméretadatok éves átlagainak változásait a fajta tenyésztési programok (TP) függvényében. Statisztikailag igazolható különbségeket kerestem a három típus testméretei között, illetve azt vizsgáltam, hogy a 2015-ben módosított tenyésztési programnak milyen hatása volt a testméretekre. A marmagasság átlaga a LH és a SK fajtájú 3 éves fedezőménnek esetében kb. 1 cm-el nőtt, LH és SZT nem különbözik. Övméret egységesebb, LH és SZT különbsége megmaradt, SK és SZT nem különíthető el. Szárkörméter átlaga LH-nél nőtt, SK esetében jelentős a csökkenés, igazolható a különbség a 3 fajta esetében. Mellkasfejlődés index LH esetében nem volt változás, SZT és SK fajták esetében az állomány finomodott. 2015 előtt elkülönült a 3 fajta mellkasindex értéke, ezt követően LH és SK már nem elkülöníthető. A B&C index LH esetében nem csökkent, SK és SZT viszont 2 %-os csökkenés mutat. A vizsgált 3 éves fedezőménnek marmagassága, övmérete és szárkörmérete megfelel a fajtastandardnak. LH, SK és SZT egyes testméretekben jól elkülöníthetők egymástól, a 3 fajta hároméves fedezőménjeinek igazolható testméretbeli különbségein egyelőre nem változtatott a tenyésztési program módosítása.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A lengyel hidegvérű lovaknak kb. 200 éve még több típusa létezett. A második világháborút követően is a küllem, az alkat és a méretek alapján ezek a tájfajták megkülönböztethetők voltak. Az 1960-as években agrárpolitikai változásai nyomán az eredeti funkciók, mint a mezőgazdasági munkára való alkalmasság, a vontatás, a teherhordás már nem volt tenyészcél és nem volt feltétlen az ezekre a feladatokra évezredek alatt kialakult alkati alkalmasság. Közös hidegvérű méneskönyvben kezdték vezetni az összes lengyel hidegvérű típust, egységes tenyésztési program vonatkozott minden lengyel hidegvérű fajtára és tájfajtára (köztük a sztumski és sokólskira is) és hamarosan szinte teljesen eltűntek a fajták/tájfajták közti méretbeli különbségek. Sok tájfajta, mint például a Lidzbarski, Lowicki, Kopczyk Podlaski örökre eltűnt (*Internet 1; Internet 5*). 2008-ban Lengyelországban elindították a helyi lópopulációk genetikai sokféleségének védelmét célzó programot, melyben a korábban tájfajtaként számon tartott, hidegvérű fajtacsoportban tartozó sztumski és sokólski is helyet kaphatott. 2010 óta a lengyel hidegvérűt, a sokólskit és sztumskit három külön fajtaként tartják számon, emellett a lengyel hidegvérű fajta új testméret-standardeket kapott, míg a sokólski és a sztumski fajtákra külön testméret-követelményeket fogalmaztak meg (*Internet, 4*).

Visszaállítani az eredeti alkati és tájfajtára jellemző küllemi sajátosságokat hosszú folyamat és tudatos, következetes munkát igényel az elhivatott szakemberektől és tenyésztőktől. Ennek érdekében dolgozták ki a sokólski és sztumski fajtájú lovak genetikai erőforrásainak védelmét biztosító programot, melynek célja a fajtarekonstrukció, fajtánkénti egységes állományok kialakítása, az utódok minőségének, genetikai értékének és tenyészértékének növelése.

1. táblázat: A lengyel hidegvérű lófajták ménjeinek standard testméretei (Internet 6)

Fajta	Marmagasság (cm)	Övméret (cm)	Szárkörméret (cm)
2004-2014			
Lengyel hidegvérű (+Sokólski és Sztumski)	158-162	200-225	26-28
2015-2023			
Lengyel hidegvérű	158-165	200 felett	26-28
Sokólski	155-165	200 felett	25-27
Sztumski	157-169	210 felett	26-30

Munkánk célja az volt, hogy a 2004-2022 között felvett testméretadatok alapján elemezzük a lengyel hidegvérű, a sztumski és a sokólski fajta 3 éves fedezőménjeire vonatkozó különböző testméretadatok éves átlagainak változásait a vizsgált időszak alatt érvényben lévő tenyésztési programok függvényében. Vizsgáltuk tehát, hogy van-e statisztikailag igazolható különbség a három fajta testméretei között, illetve hogy a 2015 évben módosított tenyésztési programnak volt-e hatása a programmódosítás utáni időszakban született állományok testméreteire?

2. Anyag és módszer

Az adatbázis a Lengyel Lótenyésztők Országos Szövetségének (*Internet 2; Internet 3*) hivatalos mérésadataiból származik. A rendelkezésre álló adatbázisból leválogattuk azokat a lengyel hidegvérű, sztumski és sokólski fajtájú 3 éves fedezőméneket melyek rendelkeztek testméret adatokkal. Az adatbázisban így összesen 2660 lengyel hidegvérű, 1120 sztumski és 820 sokólski 3 éves fedezőmén bottal mért marmagassága (MM), övmérete (ÖM), szárkörmérete (SZM) szerepelt, melyből Baron és Crevat indexet ($B\&C = \frac{\text{ÖM}^2}{\text{MM}/100}$) valamint mellkasfejlődés indexet ($MF = \frac{\text{ÖM}}{\text{MM}}$) számoltunk (*McManus, 2008; Chacón és mtsai, 2011.*). A három fajta testméreteinek és a képzett indexszámok változását a tenyésztési program (TP) 2015. augusztusi módosítása előtt született (2001-2016) 3 éves ménekre (TP módosítás előtti időszak) és a TP 2015. augusztusi módosítása után született (2017-2019) 3 éves ménekre (TP módosítás utáni időszak) vonatkozóan vizsgáltam. Az újonnan elfogadott tenyésztési programban a lengyel hidegvérű marmagasságán növeltek 2 cm-t, illetve külön standard testméreteket fogalmaztak meg annál a sokólski és sztumski fajtáknál melyre korábban a lengyel hidegvérű tájfajtáiként tekintettek.

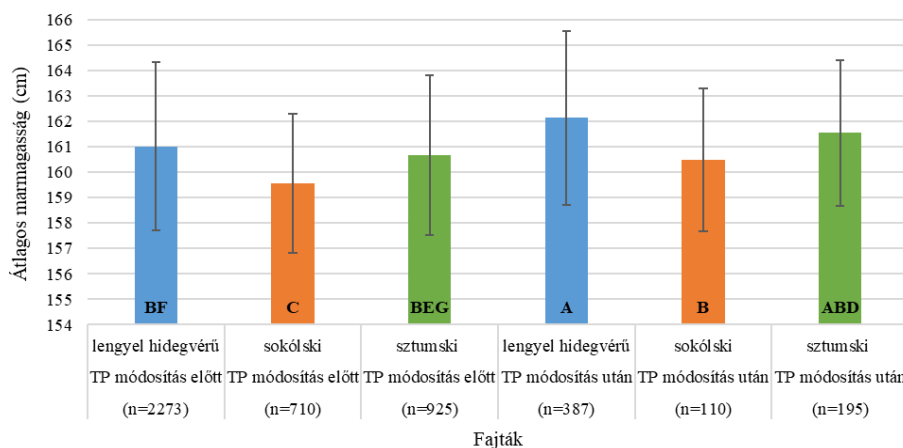
Az alapadatok eloszlását Kolmogorov-Smirnov teszttel elemeztük, azok mindegyike normál eloszlást mutatott. A csoportonkénti elemszámok eltérése miatt a csoportok közötti különbségek elemzésekor a legkisebb négyzetek elvét alkalmaztuk. A két időszakban a testméretekre és indexekre vonatkozó különbségeket a fajták között és a fajtán belül többtényezős varianciaanalízissel, általános lineáris modell használatával elemeztük a SAS 9.4 (2013) szoftvert segítségével.

3. Eredmények és értékelésük

A bázisként szolgáló adatok alapján a vizsgált 3 éves fedezőmének marmagassága, övmérete és szárkörmérete megfelel a fajtastandardnak. 2015-ben a lengyel hidegvérű fajtában új testméretstandardeket határoztak meg, a sokólski és a sztumski fajták pedig külön méretkategóriákat kaptak (*1. táblázat*). Ennek hatására 2019-ben fedezhettek elsőként azon ménnek, melyek ezen elvek alapján lettek tenyésztve.

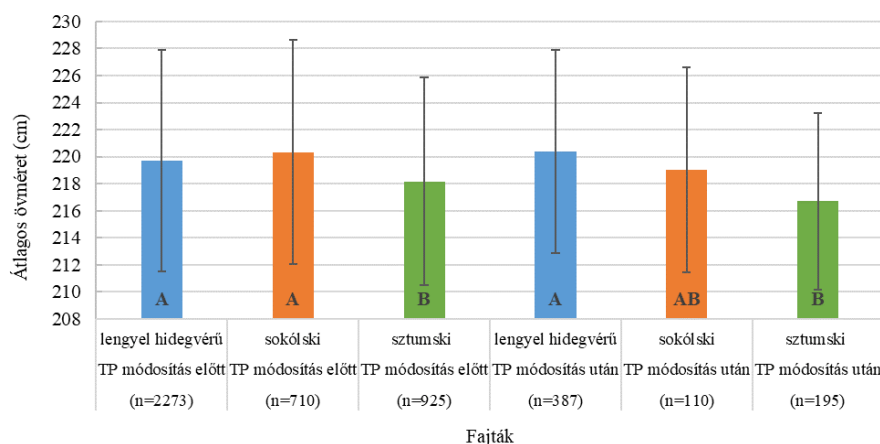
A marmagasság átlagainak változása a TP szerinti optimális méreten belül, de egyértelmű növekedést mutat mindhárom fajtában. A TP 2015 évi változásának hatására a lengyel és a

sokólski fajta marmagasság ≈ 1 cm-el nőtt (1. ábra), ugyanakkor a lengyel hidegvérű és a sztumski fajta továbbra sem különbözik a vizsgált tulajdonságban.



1. ábra: A lengyel hidegvérű, a sokólski és a sztumski fajtájú, 3 éves fedezőmének átlagos marmagassága a tenyésztési program 2015 évi módosítása előtti (2004–2019) és utáni (2020–2022) időszakban

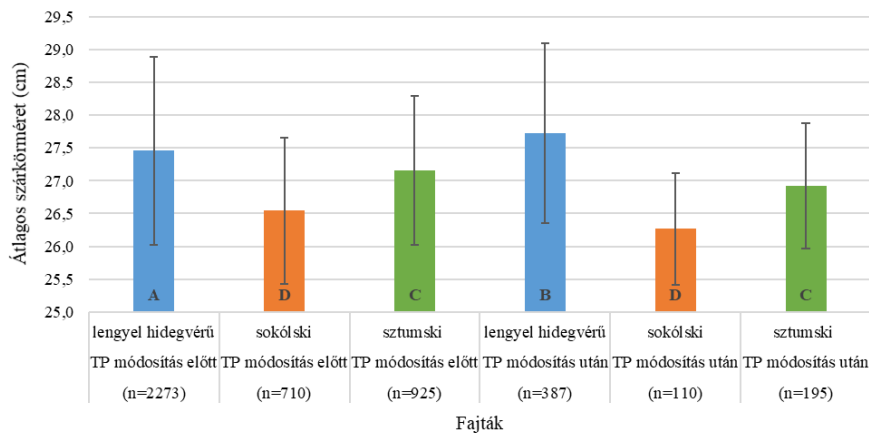
A törzskönyvbe kerülési szabályok szigorítását követően a fajták átlagos övmérete egyöntetűbb (2. ábra). A TP megváltoztatása nem mutatkozott meg különösebben az eredményekben.



2. ábra: A lengyel hidegvérű, a sokólski és a sztumski fajtájú, 3 éves fedezőmének átlagos övmérete a tenyésztési program 2015 évi módosítása előtti (2004–2019) és utáni (2020–2022) időszakban

A lengyel hidegvérű és a sztumski fajta közötti különbség továbbra is megmaradt, bár amíg a lengyel hidegvérű övmérete 0,67 cm-rel nőtt, addig a sztumski fajtáé 1,46 cm-rel csökkent. A sokólski fajta pedig már az övméretet tekintve nem különíthető el a sztumskitól (övméret TP módosítás előtt: 2,19 cm, TP módosítása után: 2,35 cm).

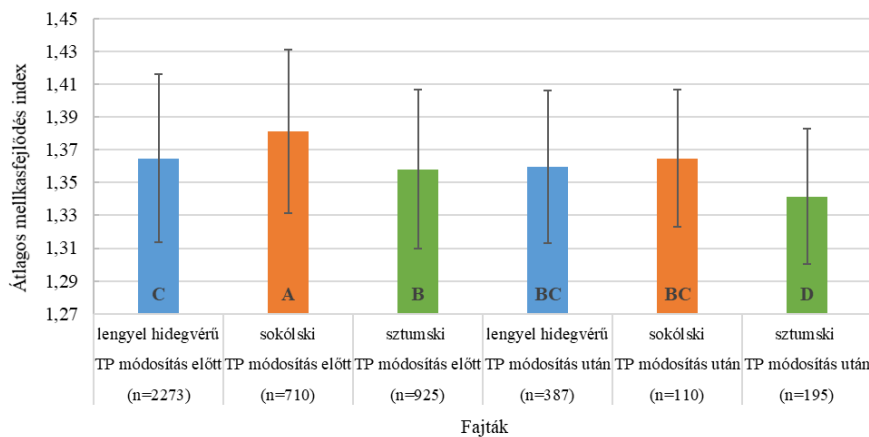
A szárkörméret átlagaiban a lengyel hidegvérű és a sztumski fajtában növekedés tapasztalható, a sokólski fajta egyedének 3 éves kori szárkörmérete jelentősen csökken a 2008-as szabályozást követő éveken született egyedeknél (3. ábra).



3. ábra: A lengyel hidegvérű, a sokólski és a sztumski fajtájú, 3 éves fedezőmének átlagos szárkörmérete a tenyésztési program 2015 évi módosítása előtti (2004–2019) és utáni (2020–2022) időszakban

Az átlagos szárkörméret esetében a lengyel hidegvérűnél igazolható növekedés volt tapasztalható. A tenyésztési program 2015 évi módosítását követően született és fedeztetési engedélyt kapott mének szárkörmérete 0,27 cm-rel meghaladta a program módosítása előtt született mének méreteit. A sokólski és sztumski fajták esetében az adatok alapján ugyan csökkenés volt tapasztalható, azonban ez nem volt igazolható. A 3 fajta közötti igazolható különbségeken nem változtatott a tenyésztési program módosítása egyelőre.

A TP módosítása hatással volt az állomány mellkasfejlődési indexének alakulására is. Míg a szabályozás előtt a 3 fajta 3 éves fedezőménei elkülönültek, azt követően a lengyel hidegvérű és a sokólski fajtájú 3 éves fedezőmének esetében már nem volt különbség (4. ábra).

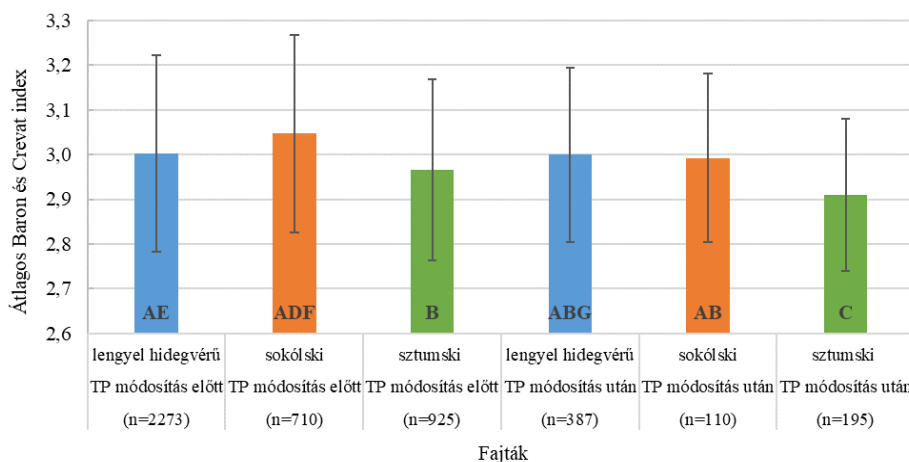


4. ábra: A lengyel hidegvérű, a sokólski és a sztumski fajtájú, 3 éves fedezőmének átlagos mellkasfejlődés indexe a tenyésztési program 2015 évi módosítása előtti (2004 – 2019) és utáni (202–2022) időszakban

A Baron & Crevat index esetében a 2,1 feletti érték vetíti előre az állat jó vontatási képességét. A sokólski lovak rendelkeznek a legjobb igavonó képességgel (5. ábra).

A nagyobb átlag marmagasságú lengyel hidegvérű lovak indexe közepes a sztumski lovaké pedig a legalacsonyabb. A lengyel hidegvérű, illetve a sokólski fajtában nem találunk különbséget sem a tenyésztési program módosítása előtti és utáni állapotban, sem a csoportok között, bár míg a lengyel hidegvérű indexe nem csökkent, addig a sokólski fajtában közel 2%-os csökkenés volt tapasztalható. A sztumski fajta kisebb index pont átlagai megmaradtak a tenyésztési

program módosítását követően is a másik két csoporthoz képest, azonban a közel 2%-os csökkenés itt már a tenyésztési program változásával magyarázható.



5. ábra: A lengyel hidegvérű, a sokólski és a sztumski fajtájú, 3 éves fedezőmének átlagos Baron és Crevat indexe a tenyésztési program 2015 évi módosítása előtti (2004–2019) és utáni (2020–2022) időszakban

4. Következtetések, javaslatok

A lengyel hidegvérű lótenyésztők munkájának eredményeit jól mutatják a méretváltozásokkal kapcsolatos vizsgálatok. A tenyésztési program módosításával az volt a cél az, hogy a lengyel hidegvérű, a sokólski, és a sztumski lovat olyan méretekkel és külalakkal őrizzék meg a jövő számára, ahogy az a múltban, Lengyelországban kialakult tehát a fajták újra küllemükben is hordozzák azokat a jellegzetességeket, amik korábban jellemzték őket. A lengyel hidegvérű fajtacsoporthoz tartozó populáció mérete igen nagy (138.000 egyed) - ami jelentős szelekciós lehetőséget hordoz magában - így fontosnak tartjuk a tenyésztői és piaci igények finomhangolását úgy elvégezni, hogy a fajta, vagy annak típusai megőrizhessék küllemi sajátosságait. Javasoljuk, hogy a hidegvérű fajtákban a méretfelvételek metodikáját standardizálják és hitelesítsék az adatokat. Javasoljuk, hogy a sikeresnek mondható lengyel példát követve a hazai hidegvérű lótenyésztés is átgondolásra kerüljön, különös tekintettel az adatfelvételezések időszakára, illetve a fajta tenyésztési programjában főleg a marmagasságra vonatkozó méretintervallum pontosabb meghatározására, szűkítésére. Míg a lengyel fajták esetében elvárt marmagassági standardecet 4–10 cm közötti intervallumban határozták meg, addig a magyar hidegvérű standard marmagasság intervalluma 25 cm. Ha egy állomány egyedeinek marmagassága túl széles határok között mozog, az például megnehezíti a hasonló marmagasságú egyedekkel kialakítani kívánt fogatpárok kiválogatását.

5. Felhasznált irodalom

- Chacón E., Macedo F., Velázquez F., Rezende Paiva S., Pineda E., McManus C (2011). Morphological measurements and body indices for Cuban Creole goats and their crossbreeds. R. Bras. Zootec., v.40, n.8, p.1671–1679
- McManus C.M., Santos S.A., Silva J.A., Louvandini H., Abreu U.G.P., Sereno, J.R.B., Mariante, A.S. (2008). Body indices for the pantaneiro horse. Braz. J. vet. Res. anim. Sci., Sao Paulo, v.45, n.5, pp. 362–370.
- SAS (2013). Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary.
- Internet 1: Polak G.: Zmiany cech fenotypowych populacji koni sztumskich i sokólskich objętych programem ochrony zasobów genetycznych w latach: <https://docplayer.pl/18858328-Zmiany-cech-fenotypowych-populacji-koni-sztumskich-i-sokólskich-objętych-programem-ochrony-zasobow-genetycznych-w-latach-2008-2014.html> [letöltve: 2020.03.17.]

- Internet 2: Lengyel lótenyésztők országos egyesülete - Statisztika <https://www.pzhk.pl/hodowla/poglowie-koni-polsce/> [letöltve: 2022.10.19.]
- Internet 3: Lengyel lótenyésztők országos egyesülete - Ményilvántartás <https://www.pzhk.pl/hodowla/rejestr-ogierow/> [letöltve: 2022.05.10.]
- Internet 4: Polak G. (2016): Nowe Programy ochrony zasobów genetycznych koni sztumskich i sokólskich <https://www.hij.com.pl/nowe-programy-ochrony-zasobow-genetycznych-koni-sztumskich-isokolskich/> [letöltve: 2022. 07. 18.]
- Internet 5: Polak G. (2012): Konie zimmokrwiste w typie sztumskim i sokólskim w Programach ochrony zasobów genetycznych zwierząt https://witrynawiejska-org-pl.translate.goog/2012/02/22/konie-zimmokrwiste-w-typie-sztumskim-i-sokolskim-w-programach-ochrony-zasobow-genetycznych-zwierzat/?_x_tr_sl=pl&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc (letöltve: 2022.08.30.)
- Internet 6: Lengyel Lótenyésztő Egyesület: Tenyésztési program és szabályzat: Program Hodowli Koni Rasy, Polski Koń Zimmokrwisty (2020) [letöltve: 2022. 07. 18.]

Spermium szubpopulációk változásai swim-up kezelés alatt, flow-CASA alkalmazásával értékelve

Tokár Alexandra^{1,2} – Debnár Viktória Johanna² – Bodó Szilárd² – Nagy Szabolcs Tamás³

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola, Keszthely

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék, Kaposvár

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék, Georgikon Campus, Keszthely

tokar.alexandra@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Szarvasmarha in vitro fertilizációs programban alkalmazott sperma előkezelés, az úgynevezett swim-up technika hatékonyságát vizsgáltuk kétféle, 30 és 60 perces kezelési időtartammal, számítógépes motilitásvizsgálat (CASA) alkalmazásával. Az adatelemzéshez flow citométeres analitikai szoftvert és a citometriában használt megközelítéseket, kétdimenziós ábrázolást és kvadránsanalízist használtunk. A kiindulási értékekhez képest a swim up kezelése hatására szignifikánsan csökkent a CASA által értékelt sejtek száma, illetve nőtt a gyors progresszív motilitást mutató ondósejtek százalékos aránya. Eredményeink szerint a sikeres swim up kezeléshez szükséges a 60 perces inkubáció, tekintve a nagy egyedi eltéréseket, a vizsgálatot nagyobb mintaszámon lenne célszerű megismételni. A CASA adatok flow citométeres szoftverrel történő elemzése azonban új utakat nyithat a spermatológiai kutatásokban.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A spermiumok megfelelő motilitása alapvető követelmény a termékenyítőképesség szempontjából, hiszen a nőivarú állat szaporítószervrendszerében el kell jutniuk a méhnyaktól egészen a petevezető tölcéséig (*De Mott és Suarez, 1992*). Útjuk során ugyan a méh és a petevezető simaizomzata segíti haladásukat, de szükség van saját energiatartalékaik használatára is. A zona pellucidán való áthaladáskor a spermiumok hiperaktívvá válnak, végbemegy a kapacitáció, majd akroszóma reakció történik (*Liu és Baker 1996*).

A mélyhűtött, majd felolvasztott termékenyítőanyagból spermium szelekciós módszer segítségével lehet elkülöníteni egy feltétezetten jó termékenyítőképes spermium szubpopulációt. Erre a célra az 1980-as években kezdték el alkalmazni a swim up (SU) avagy felúsztatásos technikát, számos laboratóriumban a szarvasmarha petesejtek in vitro fertilizációja (IVF) során történő termékenyítéséhez. A SU által kiváló mozgékony spermiumokat nyerhetünk, amivel Parrish és munkatársai jelentősen jobb termékenyítési arányokat értek el, mint kezeletlen spermával (*Parrish és mtsai., 1984*). A spermium előkészítési és szelekciós technikák elkülönítik a mozgó spermiumokat a nem mozgóktól, eltávolítják az ondóplazmát, a krioprotektív anyagokat, ezzel egyidejűleg pedig beindítják a spermiumok kapacitációját (*Gordon, 2003*). E módszerek hatékonyságát különböző paraméterek segítségével lehet értékelni, mint például a spermiumok motilitása, morfológiája, koncentrációja, életképessége, membránaktivitása, az akroszóma állapota, a reaktív oxigénradikálok képződése, a kromatin érettsége és integritása (*Somfai, és mtsai., 2002*). Számos tanulmány foglalkozik azzal, hogy a swim-up, a Percoll-gradiens és más szeparációs technikák alkalmazásának milyen előnyei vannak az IVF-hez használt bika spermiumok szelektálása során (*Cesari és mtsai., 1995, Gotz 1995, Correa, és mtsai., 1997, Coscioni, és mtsai., 2001*).

Kísérleteink során megvizsgáltuk, hogy felolvasztott szarvasmarha spermaminták esetén a SU során kialakított spermium szubpopulációk milyen tulajdonságokban térnek el a kiindulási termékenyítő anyagtól.

Vizsgáltuk, hogy az SU idejének 30 percre csökkentésével elérhetünk-e ugyanolyan erős szelekciós hatást, mint a hagyományos 60 perces SU-al. A rövidebb idejű kezelés előnyös lenne a szarvasmarha IVF során, mivel a sperma előkészítési idő így jelentősen csökkenthető lenne.

Az egyes spermium szubpopulációk arányának, valamint különböző kezelések, mint pl. a spermamélyhűtés vagy SU ezen arányokra gyakorolt hatásainak vizsgálatára több objektív, műszeres mérési lehetőség is rendelkezésre áll, mint a flow citometria, illetve a számítógépes motilitásvizsgálat (CASA, Hallap, és mtsai., 2006). Ez utóbbi bár széles körben elterjedt és alkalmazott eszköz a rutin spermálaboratóriumokban és humán infertilitási klinikákon, a gyári szoftveres értékelés jelentős információvesztéssel jár (Nagy, Péntek, 2005). A spermiumok mozgási karakterisztikáinak egyedi értékelésére több megközelítés is lehetséges, mint a nyers adatok statisztikai szoftverbe való exportálása (Martinez-Pastor, és mtsai., 2011), vagy flow citométeres adatelemző szofverrel végzett, automatizált klaszteranalízis (Kovács és Nagy, 2023). A jelen előkísérletben ez utóbbi megközelítést alkalmaztuk a SU hatására bekövetkező spermium szubpopuláció-változások detektálására.

2. Anyag és módszer

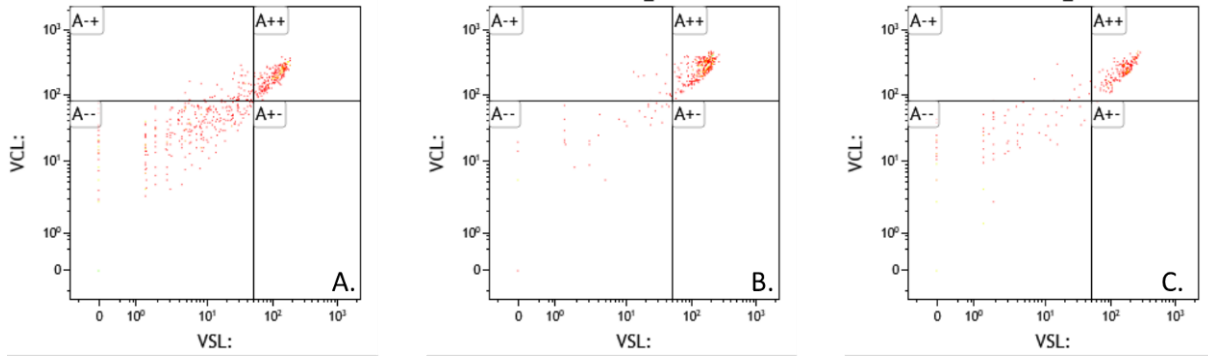
A kísérletek során 250 μ l-es műszalmákban fagyasztott, folyékony nitrogénben (-196°C) tárolt holstein fríz szarvasmarha spermát (n=4) használtunk. A mintákat 37,5°C-os vízfürdőben, 30 másodperc alatt olvasztottuk fel.

A SU kísérletek során egy széles körűen alkalmazott médiumot, Sperm TALP-ot használtunk, amit magunk készítettünk el.

Az előkészített minták kezdeti motilitását CASA-val mértük, majd kétféle SU kísérletnek vetettük alá. A hagyományos SU során 1 ml 39°C-os SpermTALP médiumot 15 ml-es centrifugacsőbe töltünk, majd a médium alá rétegeztünk 150 μ l spermát, ezt követően 30 vagy 60 percig inkubáltuk a mintákat 39°C-on, majd a felülúszót eltávolítottuk és 3ml 39°C-os Sperm TALP médiumba szuszpendáltuk. Ezt követően 330 x g-n 10 percig centrifugáltuk, utolsó lépésként pedig eltávolítottuk a felülúszót, hogy a végtérfogat 150 μ l legyen.

A motilis spermiumok arányát és a mozgási karakterisztika paramétereit CASA rendszeren mértük (Verstegen és mtsai., 2002). Az alábbi paramétereket vizsgáltuk: motilitás (%), progresszív motilitás (%), VAP – átlagérték (μ m/s), VCL – ívsebesség (μ m/s), VSL – egyenes vonali sebesség (μ m/s), STR – egyenes haladási index (%), LIN – linearitási index (%), WOB - oszcillációs index (%), ALH - a fej oldalirányú elmozdulásának amplitúdója (%), BCF – farok csapások gyakorisága (Hz) értékeket.

A CASA adatfájlokat Microsoft Excel szoftverrel rendeztük táblázatba, majd txt formátumban mentettük. A txt fájlok fcs (flow cytometry standard) formátumba való transzformálásához CytoSpec64 szoftvert (v.11.8., <http://www.cyto.purdue.edu/cytospec>) alkalmaztunk. Az adatelemzést Kaluza Analysis flow citométeres szoftverrel (v.2.1., Beckman Coulter) végeztük. A spermium szubpopulációk változásainak követésére lin-log transzformációt követően a VCL és VSL adatok kétdimenziós dot-plot ábráin kvadránsanalízist használtunk (Holt, 1996) alapján, rögzítve a teljes eseményszámot, valamint az A++ kvadráns: gyors, progresszív motilitású spermiumok arányát (1. ábra).



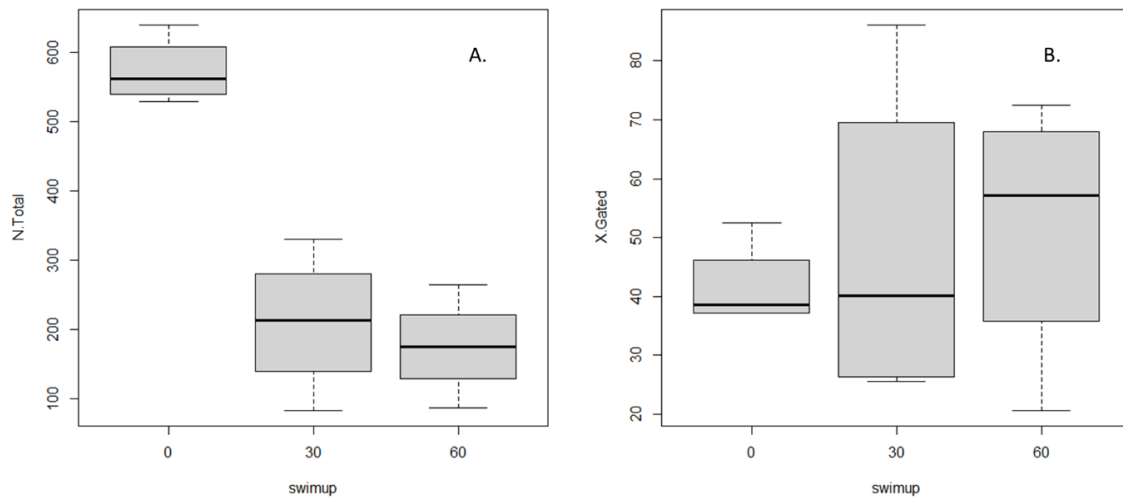
1. ábra: Spermiumok VCL-VSL értékei swim-up előtt (A.), 30 (B.), illetve 60 perc (C.) swim-up kezelés után

A 30 és 60 perces SU kezelés hatásait az A++ kvadránsba eső spermiumok arányára a kiindulási kontrollhoz képest nemparaméteres Friedman ANOVA és post hoc Wilcoxon rank sum teszt alkalmazásával értékeltük R-környezetben (R version 4.2.2).

3. Eredmények és értékelésük

A CASA értékelés során spermiumként azonosított események száma szignifikánsan csökkent ($p < 0,05$, Friedman ANOVA) a SU kezelésekre hatására a kiinduló értékhez képest, míg az egyes SU kezelése között nem volt szignifikáns eltérés (2.A. ábra).

Az A++ kvadránsba eső, gyors, progresszív motilitású spermiumok aránya nőtt a SU-kezelések hatására, ez azonban nem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak ($p > 0,05$, Friedman ANOVA). A 2.B. ábrán látható nagy variabilitás a SU-kezelésre adott, egyedileg eltérő válasz mellett a 2.A. ábrán megfigyelhető sejtszám-csökkenéssel is magyarázható.



2. ábra: Értékelt spermiumok száma (N.Total, A.), illetve az A++ kvadránsba eső sejtek aránya (X.Gated, B.) SU kezelés előtt (0), 30 perc (30) és 60 perc (60) SU kezelés után. Medián (vonal), alsó-felső kvartilisek által behatárolt 50% (doboz) és a minimum-maximum értékek

4. Következtetések, javaslatok

Eredményeink arra utalnak, hogy a 30 perces SU kezelés nem felel meg a szarvasmarha IVF-programban való alkalmazhatóságnak, tekintve, hogy 30 perc után erős egyedi eltéréseket tapasztaltunk, amelyek csökkentek a 60 perces kezelés után. Ennek ismeretében továbbra is a 60 perces inkubáció alkalmazása a javasolt, de a nagy egyedi variabilitás ismeretében további, nagyobb egyedszámmal végzett vizsgálatok szükségesek.

A flow citométeres adatelemző szoftverrel végzett értékelés a transzformált adatokon könnyen elvégezhető, részletes, sejszintű elemzést tesz lehetővé. További vizsgálatok szükségesek azonban az értékelt sejszámok standardizálásának elérésére, amely azonban további technikai kihívásokat jelent, mivel ehhez hosszabb videofájl rögzítés, vagy több mikroszkópos mező értékelése lesz szükséges. A számítógépes motilitásvizsgálat sejszintű végrehajtása azonban új utakat nyithat a spermológiai kutatómunkában.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás támogatója: NKFIH – NKFI K-139145, „Újgenerációs citomikai alkalmazások a mesterséges termékenyítésre használt sperma minőségellenőrzésére” pályázat.

5. Felhasznált irodalom

- Cesari, A., C. Iudica, A. Alberio (1995). Use of the swim-up and Percoll gradient techniques for the selection of frozen bull semen for in vitro fertilization. *Revista Argentina de Produccion Animal* 15: 988–990.
- Correa, J. R., P. N. Zavos, P. M. Zavos (1997). Quantitative and qualitative characteristics of frozen–thawed bovine spermatozoa recovered via a conventional and a standardized swim-up technique. *Tohoku Journal of Experimental Medicine* 181, 267–274.
- Coscioni, A. c., H. D. Reichenbach, J. Schwartz, V. S.N. La Falci, J. L. Rodrigues, A. Brandelli (2001). Sperm function and production of bovine embryos in vitro after swim-up with different calcium and caffeine concentration. *Animal Reproduction Science* 67, 59–67.
- De Mott, R. P., és S. S. Suarez (1992). Hyperactivated sperm progress in the mouse oviduct. *Biology of Reproduction* 46: 779–785.
- Gordon, I. (2003). *Laboratory Production of Cattle Embryos*. Trowbridge: Cromwell Press.
- Gotz, F. (1995). Investigations on the effect of different sperm separation procedures (Percoll density gradient centrifugation and the swim-up technique) on in vitro fertilization of cattle oocytes with reference to the addition of pentoxifylline to semen. *Tierärztliche Hochschule Hannover, Thesis*, 77p.
- Hallap; T., Nagy, Sz., Jaakma; Ü., Johannisson; A., Rodriguez-Martinez, H. (2006). Usefulness of a triple fluorochrome combination Merocyanine 540/Yo-Pro 1/Hoechst 33342 in assessing membrane stability of viable frozen-thawed spermatozoa from Estonian Holstein AI bulls. *Theriogenology* 65: 6 pp. 1122–1136., 15 p.
- Holt, V.W. (1995). Can we predict fertility rates? Making sense of sperm motility. *Reproduction in Domestic Animals*, 31, 1, 17–24 p.
- Kovács, A., R.H. Foote. (1992). Viability and acrosome staining of bull, boar and rabbit spermatozoa. *Biotechnic and Histochemistry*, 67: 119–124.
- Kovács, B.M.; Nagy, Sz.T. (2023). Flow-CASA: motilitási paraméterek gyors, automatizált klaszteranalízise flow citometriás adatelemző szoftver alkalmazásával. *Állattenyésztés és takarmányozás* 72: 1 pp. 22–28., 7 p.
- Liu, D. Y., H. W. Baker (1996). Relationship between the zona pellucida (ZP) and ionophore A23187-induced acrosome reaction and the ability of sperm to penetrate the ZP in men with normal sperm-ZP binding. (*Fertility and Sterility*) 66(2): 312–315.
- Martínez-Pastor F, Tizado EJ, Garde JJ, Anel L, de Paz P. (2011). Statistical Series: Opportunities and challenges of sperm motility subpopulation analysis. *Theriogenology*. 75(5):783–95.
- Nagy, Sz., Házás, G.; Papp, A.B.; Iváncsics, J.; Szász, F.; Szász, F. Jr.; Kovács, A.; Foote, R.H. (1999). Evaluation of sperm tail membrane integrity by light microscopy. *Theriogenology*, 1153–9.
- Nagy Sz., Péntek I. (2005). Motilitásról másképp. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 54 pp. 198–203., 6 p.
- Parrish, J. J., J. L. Parrish, N. L. First. (1984). Effect of swim-up separation and heparin pretreatment of frozen-thawed spermatozoa on in vitro fertilization of bovine oocytes. 30, 112.
- Somfai, T., Bodó, Sz.; Nagy, Sz.; Papp, Á. B.; Iváncsics, J.; Baranyai, B.; Gócza, E.; Kovács, A. (2002). Effect of Swim up and Percoll Treatment on Viability and Acrosome Integrity. (*Reprod Dom Anim*) 37, 285–290.

Verstegen, J., M. Iguer-Ouada, K. Onclin (2002). Computer assisted semen analysers in andrology. (Theriogenology) 57, 149–179.

A hőstressz hatása az *in vivo* módon előállított szarvasmarha embriók minőségére

Nagy Katalin¹ – Jakab Judit¹ – Zomborszky Zoltán¹ – Gócza Elen²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

²Magyar Agrár- és Élettudományi egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

nagy.katalin.eti@uni-mate.hu

Összefoglalás

A szerzők hőstresszes időszakban előállított *in vivo* szarvasmarha embriók minőségét hasonlították össze a nem hőstresszes időszakban előállított embriók minőségével. A blasztociszta stádiumú embriók minősítését Leica M205C típusú sztereomikroszkóp 40x-es és 100x-os nagyítása alatt végezték az IETS kézikönyv alapján. Vizsgálatuk során következetesen azt tapasztalták, hogy a hőstresszes időszakban nyert embriókban a blasztomerek szemcsézettebbek, szemben a nem hőstresszes időszakban előállított embriókkal. Eredményeik alapján megállapították, hogy a hőstresszes időszakban előállított *in vivo* embriók eltérnek a nem hőstresszes időszakban nyert embriók blasztomerjeinek homogenitásában.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az éghajlatváltozás mezőgazdasági termelésre és állattenyésztésre gyakorolt hatása világszerte fontos és időszerű kutatási téma a hőstressz lehetséges következményei miatt (Vitt *et al.*, 2017). A hőstressz fogalmát az állatfajonként, fajtánként és az egyedi különbségek miatt nehéz meghatározni. Általánosságban úgy definiálható, hogy az a környezeti hőmérséklet és a test anyagcseréjéből származó hőtermelés közötti egyensúly hiánya, amelyet az állati szervezet hőtorlódás estén már nem képes kompenzálni (Brown-Brandl, 2018). A hőstressz következtében az állatok testhőmérséklete megemelkedik (Collier *et al.*, 2017), és olyan élettani és viselkedési reakciókat vált ki, amelyek negatívan befolyásolják a haszonállatok termelését és reprodukcióját (Nardone *et al.*, 2010). A nyári hőstressz termékenységre kifejtett hatása többcélű probléma, amely számos szövet élettani és sejtfunkcióját érinti. Kutatók kimutatták, hogy a hőstressz mellett, hogy negatív hatást gyakorol a tüszőnövekedésre (Wolfenson *et al.*, 1995), endokrin zavarokat idéz elő, befolyásolja a hormonális szekréciót (Roth *et al.*, 2000; Wolfenson *et al.* 1995), a méh véráramlását (Roman-Ponce *et al.*, 1978), az endometriumot (Malayer *et al.*, 1988) és az embrionális funkciókat (Paula-Lopes és Hansen, 2002), nagymértékben csökkenti a petesejtek fejlődési potenciálját is (Al-Katanani *et al.*, 2002; Paula-Lopes *et al.*, 2008). Ezek következménye az ivarzási viselkedés megváltozása, a csendes ivarzások gyakorisága (Schüller *et al.*, 2017), a petesejtek minőségének a romlása (Torres-Júnior *et al.*, 2008), valamint az embriók túlélési arányának a csökkenése (Hansen, 2013).

In vivo és *in vitro* kísérletek azt mutatták, hogy a szarvasmarha petesejtek magasabb hőmérsékletnek való kitétele befolyásolja az érésükhöz, termékenyülésükhöz és a beültetés előtti embrionális fejlődéshez szükséges folyamatokat (Ferreira *et al.*, 2011; Paula-Lopes *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 1998; Torres-Júnior *et al.*, 2008). Az embriók hőérzékenységét stádiumfüggőnek tekintik (Hansen *et al.*, 2001; Hansen, 2007; Sakatani *et al.*, 2004). A korai stádiumú embriók hőstresszre való nagy érzékenységének oka az, hogy ebben a szakaszban a transzkripció korlátozott. A zigótától a nyolcsejtes stádiumú embrióig a génextpresszió anyai (oocita)

eredetű. Az embrionális génaktiváció (EGA) a nyolcsejtes stádium után kezdődik, és a morula stádium után drámaian megnövekszik (*Memili és First, 2000*). A hőstresszre való érzékenység az embrionális génaktiváció (EGA) szakaszáig van leginkább jelen. Így a korai stádiumú kettő-nyolc sejtes embriók érzékenyebbek a magasabb hőmérsékletre, mint az előrehaladott fejlődési stádiumú morulák vagy blasztociszták (*Bonilla et al., 2011; Hansen, 2007; Sakatani et al., 2004, 2012*). Kísérletekben kimutatták, hogy 40,0°C és 42,0°C közötti hőhatás különböző mértékben jelentősen csökkentette az kettő-nyolc sejtes stádiumú embriók fejlődési potenciálját, de a morula és a blasztociszta stádiumokban alig vagy egyáltalán nem mutatott hatást (*Rivera és Hansen, 2001; Sakatani et al., 2012*). A hőmérséklet emelkedése növeli az apoptotikus sejtek számát a kétsejtes stádiumú embriókban (*Fear és Hansen, 2011*).

A hőmérséklet-emelkedésből eredő oxidatív stressz valószínűsíthetően egy olyan lényeges tényező, mely a reaktív oxigén fajták (ROS) káros hatásian keresztül negatív hatással van az embrionális fejlődésre. *Matsuzuku et al., (2005); Ozawa et al., (2002)* és *Sakatani et al. (2004)* *in vitro* kísérleteikben az embriókat különböző szakaszokban (0., azaz a petesejtek termékenyítésének napján, a 2., 4. és 6. napokon) 41,0°C-os hőmérsékletnek tették ki 6 órán keresztül, majd értékelték az oxidatív stressz szintjét és az embrionális fejlődést. A termékenyítés napján és a második napon hősokknak kitett embriókban a reaktív oxigén gyökök szintje magasabb, a glutation-szint (GSH) alacsonyabb volt, míg a negyedik és hatodik napon hősokknak kitett embriók ROS- és GSH-szintjét nem befolyásolta a kezelés. A glutation egy tioltartalmú peptid, a petesejtek fő antioxidáns komponense, amely képes megkötni a reaktív oxigénfajtákat. Az antioxidáns hatású glutation mennyisége az embriófejlődés korai szakaszában alacsony, és csak a nyolc-tizenhat sejtes szakaszban kezd növekedni (*Edwards et al., 2001*).

A HSPA1 gén által kódolt hősokk-fehérje (HSP70) fontos szerepet játszik molekuláris chaperonként és különféle stresszviszonyok, köztük a hőstressz miatti apoptózis megelőzésében (*Arya et al., 2007*). Érdekes módon a HSPA1 transzkripciója és a HSP70 szintézise fokozott a korai stádiumú embriókban, még akkor is, ha az embrionális génaktiváció még nem történt meg (*Al-Katanani és Hansen, 2002*). *Sakatani et al. (2012)* kimutatták, hogy a HSPA1 transzkripció szintje sokkal magasabb a 2 sejtes embriókban, mint a termotoleráns morula stádiumú embriókban. A HSPA1 mRNS-szintje azonban a hőstressznek kitett morulákban sokkal magasabb (9,72-szeres kontrollhoz képest), mint a hőstressznek kitett, kétsejtes stádiumú embriókban (1,83-szoros a 2 sejtes kontrollhoz képest). Fontos megemlíteni, hogy a hősokk-fehérjék két kategóriába sorolhatók: konstitutív és indukálható. A konstitutív HSP-k elengedhetetlenek a normál proliferációhoz, és stresszmentes körülmények között is stabilan expresszálódnak. Az indukálható HSP-k expresszióját stresszes körülmények, például hőstressz aktiválják (*Driver és Khatib, 2013*). A korai stádiumú embriók magasabb HSPA1 expressziós szintje a konstitutív hősokk-proteinekre vonatkozik, és kevésbé járulhat hozzá a hőstressz reakcióhoz. Az indukálható hősokk-fehérjék hőstressz hatására aktiválódhatnak, és mérsékelhetik a hőmérséklet-emelkedés káros hatását előrehaladott, például morula stádiumban. A HSP-k pontos funkciója az embriók hőstressz-válaszában még mindig nem világos, és további vizsgálatokat igényel. A termotoleráns morula stádiumú embriók globális génexpressziós analízise kimutatta, hogy hősokk-fehérjékkel rokon gének expresszióját hőstressz indukálta (*Sakatani et al., 2013*). Ezenkívül a hőstressz indukálta az ubiquitin útvonalakban részt vevő gének expresszióját, amelyek kritikusak a külső stressz által károsodott fehérjék eltávolításában. Így az előrehaladott stádiumú embriók termotoleranciája részben olyan fejlődési mechanizmusoknak köszönhető, amelyek megakadályozzák a denaturált fehérjék felhalmozódását és az oxidatív stressz okozta károsodást. (*Sakatani et al., 2013*).

2. Anyag és módszer

A vizsgálatot hőstresszes (2022.06.01.-2022-09.30.) és nem hőstresszes (2022.10.01.-2022.12.31.) időszakban előállított szarvasmarha embriókon végeztük. Az *in vivo* embrió-előállítás során a MATE Kaposvári Campus Tanüzem tenyészetében található Holstein-fríz üszőkkel dolgoztunk, melyek életkora meghaladta a nyolc hónapot. A donor állatok takarmányozására és ciklusdiagnosztikájára kifejezett figyelmet fordítottunk.

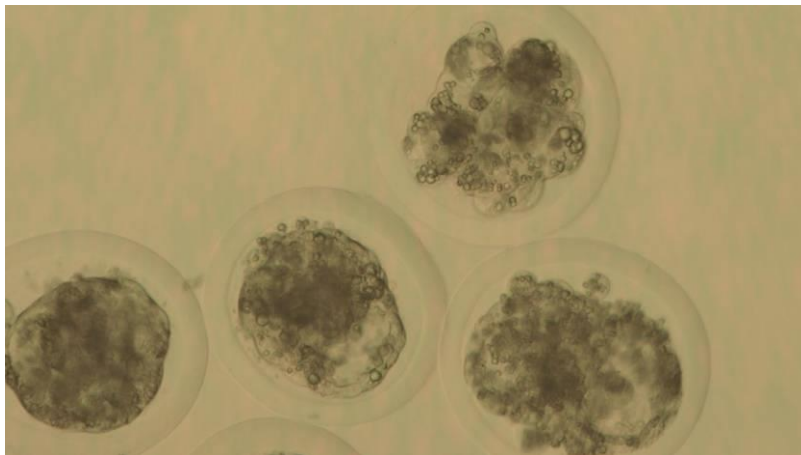
A donor állatok hormonális stimulációja egyszeri intramuszkuláris, 2 ml, kloprosztenol-tartalmú PGF Veyx Forte injekcióval kezdődött, - amennyiben az utolsó ivarzás időpontja nem volt pontosan ismert - amelyet ultrahang diagnosztikát követően, csökkenő adagban FSH és LH-tartalmú Pluset (Laboratorios Calier, S.A., Barcelona, Spanyolország) injekciók követtek. Álló ivarzáskor az egyedek intramuszkulárisan 1-2 ml, Gonadorelin (6-D-Phe) tartalmú Gonavet Veyx injekciót (Veyx-Pharma GmbH, Schwarzenborn, Németország) kaptak, ezt követően kettő, szükség esetén három mesterséges termékenyítés történt. Az utolsó termékenyítéstől számítva egy héttel később történt az ún. embrió-mosás, melynek során az embriók a donor állat méhéből kerültek „kimosásra”.

A mosás megkezdése előtt a donor állatot mosókalodába hajtottuk, biztonságosan rögzítettük, illetve epidurális érzéstelenítést kapott (3-4 ml Detosedan (Vetpharma Animal Health S.L., Barcelona, Spanyolország)). Ezután az állatot rektális úton vizsgáltuk, majd a péra és a végbél tájékát Betadine-oldattal és vízzel lemostuk. A Minitube mosófolyadékot rögzítettük, összeállítottuk a Minitube EmSafe szűrőt és az egyéb szükséges eszközöket előkészítettük. A mosás lépései a következők voltak: a méhszáj tágítása, katéter bevezetése, ballon felfújása, mandrin eltávolítása, y-szerelék csatlakoztatása, mosás (a donor méhét méhszarvanként minimum tízszer öblítettük át annak érdekében, hogy az embriókat kinyerjük). A mosás végeztével a donor állat 2-3 ml prosztaglandin-tartalmú (OvarelinR 50 (Ceva-Phylaxia Oltóanyaggyártó Zrt., Budapest, Magyarország) injekcióban és szükség esetén antibiotikumos kezelésben részesült.

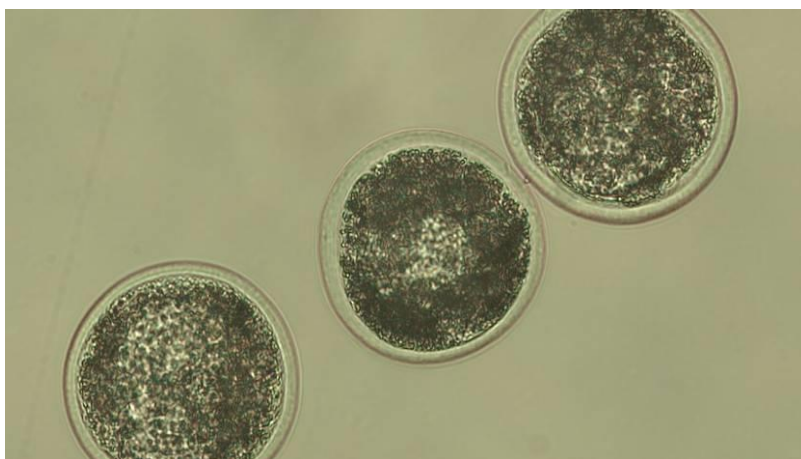
Az embrió-mosás végeztével a szűrőt minél hamarabb, hőszigetelt dobozban a laboratóriumba szállítottuk. A folyadékot a szűrőn keresztül többször, mosófolyadék fecskendővel történő hozzáadásával leöblítettük, így mikroszkóppal átlátható folyadékot kaptunk. Ezután a szűrőt Leica M205C típusú sztereomikroszkóp alá, 35°C-ra melegített laboratóriumi fűtőlapra helyeztük, és az embriókat 20X-os nagyításon kerestük. A fellelt embriókat 35 mm-es petricsészébe, 3 ml BoviHold médiumba helyeztük, majd lépésenként 3 ml BoviHold médiumban tíz fázisban mostuk át, fázisonként három-négy percig annak érdekében, hogy az esetleges szennyeződésektől megtisztítsuk őket. A blasztocisza stádiumú embriók minősítését Leica M205C típusú sztereomikroszkóp 40x-es és 100x-os nagyítása alatt végeztük az IETS kézikönyv alapján.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgálat során az embriókat sztereomikroszkóp 40x-es és 100x-os nagyítása alatt vizsgálva következetesen azt tapasztaltuk, hogy a hőstresszes időszakban nyert embriókban a blasztomerek szemcsézettebbek, szemben a nem hőstresszes időszakban előállított embriókkal.



1. kép: Hőstresszes időszakban előállított embriók



2. kép: Nem hőstresszes időszakban előállított embriók

4. Következtetések, javaslatok

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a hőstresszes időszakban előállított *in vivo* embriók eltérnek a nem hőstresszes időszakban nyert embriók blasztomerjeinek homogenitásában, mely valószínűleg a HSPA1 gén által expresszált hősokk fehérjékre vezethető vissza. PhD kutatásom során célom annak molekuláris feltérképezése, hogy hazai éghajlati körülmények között a természetes hőstressz hogyan hat az *in vivo* eljárással, valamint kísérletes körülmények között a mesterséges hőstressznek kitett *in vitro* eljárással előállított szarvasmarha-embriók immunkompetenciájára, a hőstressz-fehérjékre, illetve a hozzájuk kapcsolódó jelátviteli utakra, expressziós szintekre.

5. Felhasznált irodalom

- Al-Katanani YM, Hansen PJ (2002). Induced thermotolerance in bovine two-cell embryos and the role of heat shock protein 70 in embryonic development. *Molecular Reproduction and Development* 62:174–180.
- Al-Katanani YM, Paula-Lopes FF, Hansen PJ (2002). Effect of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 85:390–396.
- Arya R, Mallik M, Lakhota SC (2007). Heat shock genes - integrating cell survival and death. *Journal of Biosciences* 32:595–610.
- Bó GA, Mapletoft RJ (2013). Evaluation and classification of bovine embryos *Animal Reproduction* 10(3):344–348.

- Bonilla AQS, Oliveira LJ, Ozawa M, Newsom EM, Lucy MC, Hansen PJ (2011). Developmental changes in thermoprotective actions of insulin-like growth factor-1 on the preimplantation bovine embryo. *Molecular and Cellular Endocrinology* 332:170–179.
- Brown-Brandl TM (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Brazilian Journal of Animal Science* 47:e20160414. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>
- Collier RJ, Renquist BJ, Xiao Y (2017). A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. *Journal of Dairy Science* 100(12):10367–10380. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>
- de S Torres-Júnior JR, de F A Pires M, de Sá WF, de M Ferreira A, Viana JH, Camargo LS, Ramos AA, Folhadella IM, Polisseni J, de Freitas C, Clemente CA, de Sá Filho MF, Paula-Lopes FF, Baruselli PS (2008). Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology* 69(2):155–166. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.06.023>
- Driver AM, Khatib H (2013). Physiology and Endocrinology Symposium: heat shock proteins: potentially powerful markers for preimplantation embryonic development and fertility in livestock species. *Journal of Animal Science* 91:1154–1161.
- Edwards JL, King WA, Kawarsky SJ, Ealy AD (2001). Responsiveness of early embryos to environmental insults: potential protective roles of HSP70 and glutathione. *Theriogenology* 55:209–223.
- Fear JM, Hansen PJ (2011). Developmental changes in expression of genes involved in regulation of apoptosis in the bovine preimplantation embryo. *Biology of Reproduction* 84: 43–51.
- Ferreira RM, Ayres H, Chiaratti MR, Ferraz ML, Araújo AB, Rodrigues CA, Watanabe YF, Vireque AA, Joaquim DC, Smith LC, Meirelles FV, Baruselli PS (2011). The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. *Journal of Dairy Science* 94:2383–2392.
- Hansen PJ, Drost M, Rivera RM, Paula-Lopes FF, al-Katanani YM, Krininger CE 3rd, Chase CC Jr (2001). Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology* 55: 91–103.
- Hansen PJ (2007). Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology* 68(S1): S242–S249.
- Hansen PJ (2013). Antecedents of mammalian fertility: Lessons from the heat-stressed cow regarding the importance of oocyte competence for fertilization and embryonic development. *Animal Frontiers* 3(4):34–39.
- Hazeleger NL, Hill DJ, Stubbing RB, Walton JS (1995). Relationship of morphology and follicular fluid environment of bovine oocytes to their developmental potential in vitro. *Theriogenology* 43(2):509–522.
- Malayer JR, Hansen PJ, Buhi WC (1988). Effect of day of oestrus cycle, side of the reproductive tract and heat shock on in-vitro protein secretion by bovine endometrium. *Journal of Reproduction and Fertility* 84:567–578.
- Matsuzuka T, Ozawa M, Nakamura A, Ushitani A, Hirabayashi M, Kanai Y (2005). Effects of heat stress on the redox status in the oviduct and early embryonic development in mice. *Journal of Reproduction and Development* 51:281–287.
- Memili E, First NL (2000). Zygotic and embryonic gene expression in cow: a review of timing and mechanisms of early gene expression as compared with other species. *Zygote* 8:87–96.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science* 130(1-3):57–69.
- Ozawa M, Hirabayashi M, Kanai Y (2002). Developmental competence and oxidative state of mouse zygotes heat-stressed maternally or in vitro. *Reproduction* 124: 683–689.
- Paula-Lopes FF, Hansen PJ (2002). Heat shock-induced apoptosis in preimplantation bovine embryos is a developmentally regulated phenomenon. *Biology of Reproduction* 66:1169–1177.
- Paula-Lopes FF, Milazzotto M, Assumpcao MEOA, Visintin JA (2008). Heat shock-induced damage in bovine oocytes. *Reproduction, Fertility and Development* 43:208.
- Pfaffl MW (2001). A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. *Nucleic Acids Research*, 29(9):e45. <https://doi.org/10.1093/nar/29.9.e45>
- Rivera RM, Hansen PJ (2001). Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. *Reproduction* 121: 107–115.
- Rocha A, Randel RD, Broussard JR, Lim JM, Blair RM, Roussel JD, Godke RA, Hansel W (1998). High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 49:657–665.
- Roth Z, Meidan R, Braw-Tal R, Wolfenson D (2000). Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 120(1):83–90.
- Roman-Ponce H, Thatcher WW, Canton D, Barron DH, Wilcox CJ (1978). Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *Journal of Animal Science* 46:175–180.

- Sakatani M, Alvarez NV, Takahashi M, Hansen PJ. (2012). Consequences of physiological heat shock beginning at the zygote stage on embryonic development and expression of stress response genes in cattle. *Journal of Dairy Science* 95:3080–3091.
- Sakatani M, Bonilla L, Dobbs KB, Block J, Ozawa M, Shanker S, Yao J, Hansen PJ (2013). Changes in the transcriptome of morula-stage bovine embryos caused by heat shock: relationship to developmental acquisition of thermotolerance. *Reproductive Biology and Endocrinology* 11:3.
- Sakatani M, Kobayashi S, Takahashi M (2004). Effects of heat shock on in vitro development and intracellular oxidative state of bovine preimplantation embryos. *Molecular Reproduction and Development* 67:77–82.
- Schüller LK, Michaelis I, Heuwieser W (2017). Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field conditions in dairy cows. *Theriogenology* 102:48–53.
- Torres-Júnior JR, Pires MF, Sá WF, Ferreira MA, Viana JH, Camargo LS, Ramos AA, Folhadella IM, Polisseni J, Freitas C, Clemente CA, Sá Filho MF, Paula-Lopes FF, Baruselli PS (2008). Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology* 69:155–166.
- Vitt R, Weber L, Zollitsch W, Hörtenhuber SJ, Baumgartner J, Niebuhr K, Piringer M, Anders I, Andre K, Hennig-Pauka I, Schönhart M, Schauburger G (2017). Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. *Biosystems Engineering* 164:85–97. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.013>
- Wolfenson D, Thatcher WW, Badinga L, Savio JD, Meidan R, Lew BJ, Braw-Tal R, Berman A (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of Reproduction* 52:1106–1113.
- Wolfenson D, Roth Z, Meidan R (2000). Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Animal Reproduction Science* 60-61:535–547. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00102-0)

2. Baromfitenyésztés és -tartás

Különböző tojótyúk genotípusok üllőrúd használatának vizsgálata alternatív fülkés tartástechnológiában

Farkas Tamás Péter – Guzsván Csenge – Pető Lilla – Mezőszentgyörgyi Dávid –
Sütő Zoltán – Szász Sándor

*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Precíziós
Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék*

farkas.tamas.peter@uni-mate.hu

Összefoglalás

A vizsgálat célul tűzte ki az alternatív fülkés tartástechnológiában tartott különböző genotípusú tojótyúkok üllőrúd használati viselkedésének vizsgálatát. A kutatást a MATE Kaposvári Campus Baromfi Tesztelepén végeztük a Bábolna TETRA Kft. három tojótyúk genotípusával [Kereskedelmi hibrid; tiszta vonalú anyai ivadécsop. (Anyai); tiszta vonalú apai ivadécsop. (Apai)] (N=318; n=106 db/genotípus; 53 db/fülke). A 6 db 5,68 m²-es alternatív fülke mindegyikébe 53-53 db, 19 hetes esőrkurtítatlan jércét helyeztünk (1072 cm²/tyúk). A fülkék területének 1/3-a forgáccsal almolt kaparótér, a 2/3-a emelt műanyag rácspadozat volt. Napi 16 órás megvilágítást alkalmaztunk (5:00-21:00). Fülkénként alsó és felső szinten elhelyezett 14 db tojófészek előtt, szintenként 2-2 tölgyfából készült üllőrúd segítette a fészkek megközelítését. 6 fülke fölé infravörös (éjjel is látható) kamerát szereltünk és a vizsgálati napon 24 órás felvételeket készítettünk a 25. életheten. Megfigyeltük, hogy a különböző napszakokban mennyi állat tartózkodik az üllőrúdon. Eredményeinkben a Kereskedelmi hibrideknél 9:00-13:00 között kimagasló volt az üllőrúdon tartózkodó tyúkok aránya (6,5 %). Jelentős csökkenés 17:00-21:00 közötti intervallumban volt (6,7-ről 3,9%-ra). Az Apai és Anyai genotípusnál az üllőrúdhaználatra való hajlam az idő előrehaladtával egyre kisebb mértékű volt (Apai: 2,4%-ról 0%-ig, Anyai: 5,9%-ról 1,9%-ra). Az Apai genotípus az éjszakai órákban egyáltalán nem használta az üllőrúdat. Érdekes, hogy a tojótyúkok viszonylag alacsony arányban választották éjszakázáshoz az üllőrúdat. Több napszakban a Kereskedelmi hibrid szignifikánsan többet tartózkodott az üllőrúdon, mint az Apai és az Anyai genotípus, ebből arra következtettünk, hogy a Kereskedelmi hibridre jobban jellemző a felgallyazási viselkedés.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Mi emberek egész életünk közel harmadát, bizonyos életszakaszban pedig több mint a felét alvással töltjük. Hasonlóképpen van ez az árutojástermelésben tartott tojótyúkok esetében is, hogy a termelésben eltöltött életük közel egyharmadát éjszakázással, alvással töltik (Horn, 2011). Ezért kulcsfontosságú állattjóléti és termelési oldalról is, hogy ez az időszak milyen körülmények között telik el. Az éjszakázás minősége befolyásolhatja a termelés minőségét, gazdaságosságát. A megfelelő körülmények között eltöltött éjszaka pozitív hatással lehet az állat stresszhormon szintjének alakulására, az agresszió arányának csökkenésére, továbbá ez az egyik alapja a tojótyúk optimális színvonalú tojástermelésének. Éppen ezért fontos, látni hogy a tojótyúk az egyes tartástérben, melyik technológiai elemen éjszakázik, az milyen anyagú és hogy kényelmes tartástechnológiai elemmel érintkez-e a lába az egész élete során. Számos kutatás vizsgálta a tojótyúkok viselkedési repertoárjának napközbeni alakulását, leginkább a fészkelési, vagy agresszív viselkedésre kiterjedően (Oden és mtsai, 2002; Appleby és mtsai, 2004). Ugyanakkor ott van a háttérben az ugyanolyan izgalmas és hasonló fontossággal bíró üllőrúd használati viselkedés megismerésének kérdése is, amelynek vizsgálatával tovább gazdagítjuk, teljessé tehetjük az állatok etológiájával kapcsolatos ismereteinket. A tyúkok nagyon szeretnek felgallyazni (Olsson és Keeling, 2002), az ágakon való kapaszkodás javíthatja a láb

szerkezetét (*Duncan és mtsai, 1992; Barnett és mtsai, 1997*). Tehát az ülőrúd is fontos tényezője a tojótyúktartásnak, aminek jelentőségét hajlamosak lehetünk alábecsülni. Ugyanis az állatjóléti tényezők mellett számos gazdasági, illetve anyagi előnyre is szert tehetünk a különböző technológiai eszközök, köztük az ülőrúd helyes használatával.

2. Anyag és módszer

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus Tan- és Kísérleti Üzem Baromfi Teszttelepén, az I. számú tojóistállóban végeztük.

Kutatásunkban három különböző genotípusú tojótyúk állomány [a₁ = Kereskedelmi hibrid (K); a₂ = tiszta vonalú anyai ivadékcsoport (Anyai); a₃ = tiszta vonalú apai ivadékcsoport (Apai)] ülőrúdhasználati viselkedését vizsgáltuk. A tojótyúk genotípusokat Bábolna TETRA Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. A vizsgálatban résztvevő tojótyúkok létszáma: N = 318; n = 106 db/genotípus; 53 db/fülke. A tojótyúkok csőre intakt volt. A 6 db 5,68 m² alapterületű alternatív fülke mindegyikébe 53-53 db, 19 hetes jércét helyeztünk el (1072 cm²/tyúk). A fülkék alapterületének 1/3-a faforgáccsal almolt kaparótér (8-10 cm vastagságban), a 2/3 alapterületnyi rész emelt szintű műanyag rácpadozat volt. A vizsgálat időtartama alatt a tojóházban általában 14-18 °C-os hőmérséklet tartottunk. Napi 16 órás megvilágítást alkalmaztunk (5:00-21:00), 25-30 LUX fényerősséggel.

A tojófészkekbe és az ülőrudakra a műanyag rácpadozatról juthattak az állatok.

Fülkénként az alsó és a felső szinten elhelyezett, 7-7, azaz összesen 14 db tojófészek előtt, szintenként 2-2 ülőrúd segítette a fészkek megközelítését. Alsó ülőrúd 9 cm, a felső ülőrúd 52 cm magasságban helyezkedett el a műanyag rácpadozattól mérve.

A fából készült ülőrudak anyaga kocsányos tölgy volt, melynek felső élei le voltak kerekítve.

Az ülőrúd méretei: (Szélesség: 2,8 cm; Magasság: 2,8 cm; Hosszúság: 200 cm)

A vizsgált 6 db alternatív fülke fölé infravörös (éjjel is látó) kamerát (GeoVision Target H.265 4,0 Mpixel kültéri IP Eyeball dóm kamera) szereltünk, és egy speciális program (GeoVision GV-NVR System) segítségével a vizsgálati napon 24 órás felvételeket készítettünk. A tojótyúkok viselkedésének megfigyelése, a videofelvételek elkészítése a 25. élethéten történt, a termelés 6. hetében, amikor az állatok már megfelelően megszokták a helyüket, a technológiát. A vizsgálat időpontjának megválasztásában az is jelentős szempont volt, hogy a tojástermelési időszak elején legyen az állomány, a csúcshintenzitáshoz közel, amikor nagy intenzitáson folyik a tojástermelés, az elhullási arány alacsony. A vizsgálati napon fülkénként 96 alkalommal (negyedóránként), megfigyeltük, hogy mennyi állat tartózkodik az ülőrudakon. Kutatásunkban egy vizsgálati nap videójának értékelését végeztük el mindegyik genotípus esetében 2 ismétléssel, vagyis mindösszesen (6 x 96 =) 576 felvételt elemeztünk ki. Az ülőrudak használatának gyakoriságát Likelihood Ratio teszttel SPSS 10.0 programcsomag segítségével értékeltük.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgált állományokra összességében elmondható, hogy a nappali órákban sokkal gyakrabban használták az ülőrudakat (*1. táblázat*), mint az éjszakai órákban, ami érdekes jelenség, hiszen a szakirodalomban ennek az ellenkezőjével is találkozhatunk (*Appleby és mtsai, 2004*). Ez részben azzal is magyarázható, hogy míg napközben az adott genotípus egyedei váltogatták egymást az ülőrudakon, addig éjszaka az időintervallum teljes hosszában ugyanazok az egyedek használták. A Kereskedelmi hibridek esetében 9:00-13:00 óra között kimagasló volt az ülőrúdon tartózkodó tojótyúkok száma, ennek az a jól ismert tény áll a háttérben, hogy a tojótyúkok mintegy 70%-a a tojásait délelőtt 11:00-ig rakja le.

1. táblázat: Az üllőrudakon tartózkodó egyedek arányának alakulása a különböző napszakokban genotípustól függően, %

Napszakok	Genotípusok			Prob.
	Kereskedelmi hibrid	Apai	Anyai	
5:00-9:00	6,5 ^{bC}	2,4 ^{aC}	5,9 ^{bC}	< 0,001
9:00-13:00	7,4 ^{cC}	1,9 ^{aBC}	5,2 ^{bC}	< 0,001
13:00-17:00	6,7 ^{cC}	1,7 ^{aBC}	4,8 ^{bBC}	< 0,001
17:00-21:00	3,9 ^{bB}	1,3 ^{aB}	3,6 ^{bB}	< 0,001
21:00-5:00	2,8 ^{cA}	0,0 ^{aA}	1,9 ^{bA}	< 0,001
Prob.	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-

^{a, b, c} Az eltérő betűk a különböző genotípusok közti szignifikáns különbségeket jelölik (P<0,05)

^{A, B, C} Az eltérő betűk a különböző napszakok közti szignifikáns különbségeket jelölik (P<0,05)

Az általunk vizsgált technológiában az üllőrudak elsősorban a tojófészkek megközelítését szolgálják, esetleg a felszabaduló fészkekre való várakozási időt itt tölthetik el a tyúkok. Emellett másodlagos funkciója, hogy teret ad a felgallyazási viselkedésforma megvalósításának és "menekülőhely" lehet az esetleges agressziót elszenvedő egyedek számára. Az üllőrud használat arányának jelentős csökkenése a 17:00-21:00 közötti intervallumban figyelhető meg, mely azal magyarázható, hogy az éjszakai időszak közeledtével a tojótyúkok aktivitása csökken, készülnék az éjszakázási viselkedésre. Az Apai genotípus esetében az üllőrudhasználat az idő előrehaladtával egyre kisebb mértékben mutatkozott meg a nap folyamán. Ezt a csökkenő tendenciát „követve”, az éjszakai órákban végül egyetlen egyed sem használta az üllőrudat, ami meglepő eredmény. Ugyanis a tyúkokra jellemző, hogy éjjel üllőrudakon pihennek, és nappal is használják őket, bár a genotípusok között van eltérés (Faure és Jones, 1982a, Braastad, 1990; Duncan és mtsai, 1992; Appleby és mtsai, 1992, 1993; Appleby, 1995; Abrahamsson, 1996; Lambe és Scott, 1998; Newberry és mtsai, 2001; Oden és mtsai, 2002; Campbell és mtsai, 2016).

Annak ismeretében, hogy mindhárom genotípus esetében a vizsgált egyedszám megegyezett, az egész napot tekintve a Kereskedelmi hibridhez mérten az Apai genotípus egyedei jóval kisebb arányban használták az üllőrudat minden napszakban. A 17:00-21:00 óra közötti időintervallum a Kereskedelmi hibridhez hasonlóan ugyancsak csökkenést mutatott üllőrud használatban az azt megelőző időszakhoz képest, azonban, ez a csökkenés az Apai genotípusnál folyamatos volt a reggeli órától, így csak részben vonhatunk párhuzamot a két genotípus között.

Az Anyai vonal a nap egészét tekintve hasonló arányban használt üllőrudat mint a tojóhibrid egyedei, azonban az Apai genotípushoz hasonlóan, itt is jelentős csökkenés volt megfigyelhető a reggeli órától az éjszakai időszakig. Ellentétben az Apai genotípussal, az Anyai genotípus vizsgálata esetében is volt éjszakai üllőrudhasználat, bár annak aránya a Kereskedelmi hibridét nem érte el.

Az Apai és Anyai genotípusokkal ellentétben az üllőrudhasználat csúcса nem a reggeli, hanem a 9:00-13:00 óra közötti időszakban magasodott ki a Kereskedelmi hibrid esetében. Érdekes felvetés lehet, hogy mi állhat a kezdetben eltérő irányú tendencia hátterében. Véleményünk szerint ennek egyik oka az lehet, hogy a Kereskedelmi hibrid az Apai és az Anyai genotípusnál jobb tojástermelő, ehhez több fészkefelkeresés kell, előtte pedig több üllőrud használat lehet szükséges.

Az első napszakban az Apai genotípus tartózkodott a legkevesebbet az üllőrudakon. Ezzel szemben a Kereskedelmi hibrid és az Anyai genotípus szignifikánsan többet használta az üllőrudakat, mint az Apai genotípus. Az Apai genotípushoz hasonlítva viszont minden időszakban magasabb százalékos adatot kaptunk a Kereskedelmi hibridnél, ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a hibrid esetében sokkal nagyobb a hajlandóság a felgallyazásra, mint az Apai

vonásban. Az Anyai genotípussal összehasonlítva ezzel szemben már egymáshoz közelebb eső értékeket láthatunk minden egyes időintervallumban a nap folyamán. Csak az Apai genotípusnál figyelhető meg, hogy az első három napszakban (5:00-17:00-ig) kismértékű csökkenést leszámítva, hasonló ülőrúdhasználati arányt tapasztaltunk. Ugyanakkor az Anyai vonal esetében az egész időszakot lefedő, ennél jóval kisebb léptékben megnyilvánuló csökkenést mértünk.

Megfigyeléseink alapján a Kereskedelmi hibridek esetében a felső és alsó ülőrúd egymáshoz viszonyított használati arányában jól látható, az alsó ülőrúd preferenciája (1. ábra). Ugyanakkor a felgallyazási viselkedésre enged következtetni az a tény, hogy a felső ülőrúd használatra kapott legnagyobb érték közül a két legmagasabb szám adatot az éjszakai (33,3%) és a reggeli (34,2%) időszakban kaptam. Jól megfigyelhető az is, hogy délután (13:00-17:00) tetőzött az alsó rudak használatának aránya.

Farkas és mtsai (2022) megfigyeléseiben az összes tojótyúk genotípus előnyben részesítette, azaz gyakrabban használta az alsó tojófészkeket a felsőkkel szemben.

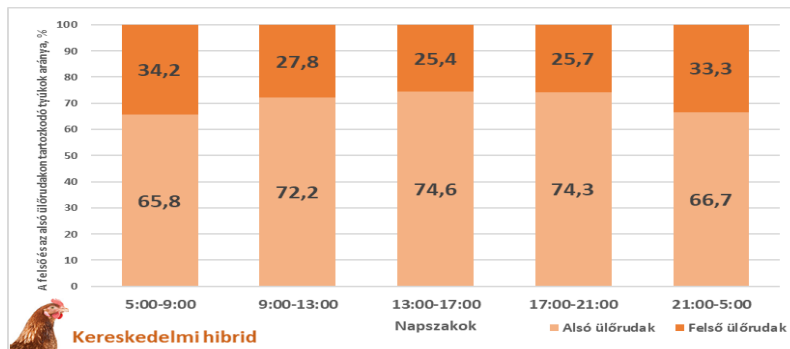
Tény, hogy a felső ülőrúd használata nem igazán haladta meg az 1/3-os arányt.

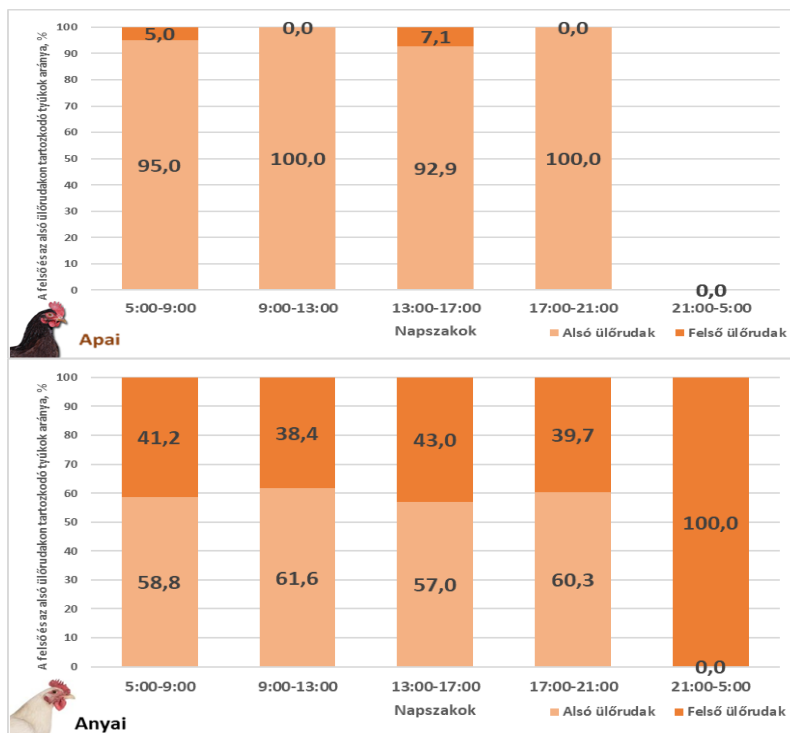
Az Apai genotípus esetében a felső ülőrúd használat csupán két nappali időintervallumban történt, a többi időszakban nem volt rá példa (1. ábra). Meglepő módon, a tárgyalt viselkedésforma éjszaka, sem az alsó, sem a felső ülőrúd használatában nem nyilvánult meg. Ez a korábban, az ülőrúdon történő tartózkodás arányának vizsgálatok tapasztalt, felgallyazási viselkedésre való motiváció hiányára enged következtetni. A felső rudak csekély használata egybe cseng az 1. táblázat eredményeivel, azaz, ez a genotípus eleve kevésbé hajlamos az ülőrúd használatra, és amikor mégis használja, akkor is inkább az alsókat részesíti előnyben.

A három genotípus közül a felső ülőrúd használatában a legmagasabb értéket az Anyai genotípus mutatta. De az arány még itt sem haladta meg a 43%-ot, tehát, az ülőrúdhasználatok több mint felét, így is az alsó ülőrúd foglalása tette ki.

A kapott százalékos adatok a különböző intervallumokban nappal kismértékű fluktuációt eredményeztek, ezzel szemben az éjszakázáshoz az Anyai genotípus csak a felső ülőrúdat használta. Nagy valószínűséggel az ősi túlélési ösztönök következtében maradt meg ebben a genotípusban a magasabb helyek iránti preferencia. Szorosabb összefüggés inkább az anyai genotípus és a Kereskedelmi hibrid között állapítható meg, hivatkozva a felső és alsó ülőrúd nappali használatának megoszlásra.

Brendler és mtsai (2014) vizsgálataikban más eredmény adódott, ők azt tapasztalták, hogy a magasabban elhelyezkedő ülőrúdat a tyúkok előnyben részesítették az alsókkal szemben.





1. ábra: Az alsó és a felső ülőrudakon tartózkodó egyedek arányának megoszlása a különböző napszakokban **Kereskedelmi hibrid**, az **Apai**, és az **Anyai** genotípus esetében

4. Következtetések, javaslatok

Mivel több napszakban a Kereskedelmi hibrid szignifikánsan többet tartózkodott az ülőrudakon, mint az Apai és az Anyai genotípus, ezért az a következtetésünk, hogy a Kereskedelmi hibridre jobban jellemző a felgallyazási viselkedés. Az összes vizsgált tojótyúk genotípus a világos periódus összes időszakában előnyben részesítette az alsó ülőrudakat a felsőkkel szemben, következtetésünk szerint azért, mert az alsó tojófészkeket jobban preferálják a tojótyúkok, aminek a megközelítéséhez az ülőrudakat használják és megőrizték a vadtyúk fajokra jellemző magatartásformát, hogy talajszinten fészkelnek. Feltételezhető, hogy az Anyai genotípus erős motivációja a felgallyazásra tovább öröklődhetett a Kereskedelmi genotípusba. Ugyanakkor az intenzív ülőrúd használatban, az alacsonyabb szinten elhelyezetteket részesítette előnyben. Az ülőrudak kis arányú használata miatt nem lenne szükséges több ülőrúd kialakítására a tojófészkek elé, ugyanakkor érdemes lehet más helyekre is beszerezni őket, főleg alacsonyabb elhelyezéssel ingergazdagítás képpen. A más helyekre történő ülőrúd beszerelés azért is előnyös lehet, hogy az esetleges agresszió elől menekülő egyedek, ne a tojófészkek közelében található ülőrudakat használják és zavarják a tojásrakást.

5. Felhasznált irodalom

- Abrahamsson, P., Tauson, R., Appleby, M.C. (1996). Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages Br. Poult. Sci., 37 (1996), pp. 521–540
- Appleby, M. C. (1995). Perch length in cages for medium hybrid laying hens, British Poultry Science, 36
- Appleby, M. C., Mench J. A. & Hughes B. O. (2004). Poultry behaviour and welfare. CABI publishing, division of CAB International, Cambridge. 2., 30–67.
- Appleby, M.C., Smith, S.F., Hughes, B.O. (1992). Individual perching behaviour of laying hens and its effects in cages, Br. Poult. Sci., 33 (1992), pp. 227–238
- Appleby, M.C., Smith, S.F., Hughes, B.O. (1993). Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: effects of design on behaviour and welfare, Br. Poult. Sci., 34 (1993), pp. 835–847

- Barnett, J.L., Glatz, P.C., Newman, E.A., Cronin, G.M. (1997). Effects of modifying layer cages with perches on stress physiology, plumage, pecking and bone strength of hens, *Aust. J. Exp. Agric.*, 37 (1997), pp. 523–529
- Braastad, B.O. (1990). Effects on behaviour and plumage of a key-stimuli floor and a perch in triple cages for laying hens, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 27 (1990) pp. 127–139
- Brendler, C., Kipper, S., Schrader, L. (2014). Vigilance and roosting behaviour of laying hens on different perch heights, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 157 (2014), pp. 93–99
- Campbell, D.L.M., Makagon, M.M.J., Swanson, C., Siegford, J.M. (2016). Perch use by laying hens in a commercial aviary, *Poultry Science* 95, 1736–1742.
- Duncan, E.T., Appleby, M.C., Hughes, B.O. (1992). Effect of perches in laying cages on welfare and production of hens, *Br. Poult. Sci.*, 33 (1992), pp. 25–35
- Farkas, T.P., Szász, S., Orbán, A., Mezöszentgyörgyi, D., Pető, L., Sütő, Z. (2022). Examination of nesting behavior of laying hens of different genotypes housed in indoor alternative pens using a video system, *Applied Sciences*, 2076-3417 12 (18) Paper: 9093, 16 p.
- Faure, J.M., Jones, R.B. (1982a). Effects of sex, strain and type of perch on perching behaviour in the domestic fowl, *Appl. Anim. Ethol.*, 8 (1982), pp. 281–293
- Horn, P., Sütő, Z., Gaál, K., Kovács, G., Bangó, L., Bábolna Agrária Kft., Kállay, B. (2011). Baromfitenyésztés: „E-tananyag” az Állattenyésztő mérnöki BSc szak hallgatói számára
- Lambe, N.R., Scott, G.B. (1998). Perching behaviour and preferences for different perch designs among laying hens, *Anim. Welf.*, 7 (1998), pp. 203–216
- Newberry, R.C., Estevez, I., Keeling, L.J. (2001). Group size and perching behaviour in young domestic fowl, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 73 (2001), pp. 117–129
- Oden, K., Vestergaard, K.S., Algers B. (2002). Behaviour of laying hens in two types of aviary systems on 25 commercial farms in Sweden, *Br. Poult. Sci.*, 43 (2002), pp. 169–181
- Olsson, I.A.S., Keeling, L.J. (2002). The push-door for measuring motivation in hens: hens are motivated to perch at night, *Anim. Welf.*, 11 (2002), pp. 11–19

Az alomtojások keltethetőségének vizsgálata broiler szülőpár állományok esetében

Schermann Kornél¹ – Such Nikoletta¹ – Csitári Gábor¹ – Kesete Goitom Tewelde¹ – Kiss Brigitta¹ – Bartos Ádám¹ – Menyhárt László² – Pál László¹ – Farkas Valéria¹ – Dubblecz Károly¹

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, Takarmányozási és Takarmányozás-élettani Tanszék, Keszthely

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, Alkalmazott Statisztika Tanszék, Keszthely

kornel.schermann@agrofeed.hu

Összefoglalás

A broiler szülőpár telepeken a technológia és menedzsment függvényében jelentős veszteséget okozhat az alomtojások aránya. A szerzők célja annak meghatározása volt, hogy a broiler szülőpár állományoktól származó alommal szennyezett keltetőtojások felhasználása milyen módon befolyásolja a tojánhéjak mikrobiológiai státuszát és a keltethetőséget. A vizsgálatokat különböző korú szülőpár állományokkal is elvégeztük, mivel a tojánhéj permeabilitásának változása az idősebb állományoknál befolyásolhatja a tojásba kerülő baktériumok mennyiségét. Az alomtojások között csupán a 16 órás alomtojások keltethetősége csökkent szignifikánsan a kontroll tojásokhoz képest. A fiatalabb szülőpár állomány tojásainak keltethetősége statisztikailag kimutathatóan magasabb volt, mint az idősebb állományé. Szintén csupán a 16 órás kezelés eredményezett szignifikánsan nagyobb csiraszámot a tojás felszínén.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Egy tyúknak számos oka lehet arra, hogy a direkt a fészkelésre kialakított, viszonylag tiszta fészek helyett más helyet választ magának tojás rakásra. Ilyen okok lehetnek például a nem megfelelő tartástechnológiai körülmények, a különféle stresszhelyzet, állománykezelések és a hierarchia viszonyokból adódó agresszió a madarak között. A tyúkok viselkedését tekintve szeretnek csoportosan fészkelni, valamint ahol látnak tojást, oda ők maguk is szívesebben fészkelnek. Alomtojások ideális esetben nem keletkeznek, de minden állományban találkozunk bizonyos mennyiségű alomba tojt tojással. Ha az alomtojások száma az állomány teljes élettartama alatt meghaladja a 2-3%-ot, akkor probléma van. A termelés kezdetén ezen tojások száma jelentősen magasabb, de a csúcstermelés elérésére le kell csökkenni 1-2%-ra (Aviagen, 2015). A kutatás során nem az előbb említett mennyiségek redukálásával szeretnék foglalkozni, hiszen számos irodalom található ezen tématerületről. A szennyezett tojások keltethetőségéről azonban relatíve kevesebb információ áll rendelkezésünkre.

A baromfi keltető üzemek az alomból összegyűjtött tojást egyáltalán nem-, vagy csak végszükség esetén keltetik. Ezen tojásokat többnyire feldolgozó üzemek számára értékesítik olcsóbban, ezáltal jelentősen alacsonyabb bevételre téve szert.

Régóta ismert, hogy a tojás rendelkezik természetes védekező mechanizmusokkal, amelyek megakadályozzák a baktériumok behatolását a tojásokba, de azt teljes mértékben nem tudják megakadályozni (Berrang és mtsai, 1999). De Reu és mtsai (2009) szerint a tiszta fészekbe tojt tojásokkal ellentétben az alomtojások több baktériumot tartalmaznak a tojánhéjon, gyakrabban

törnek el és több repedést tartalmaznak. *Fasenko és mtsai* (2000) állítása alapján az alomtojások nem alkalmasak a keltetésre a nagyobb fertőzésveszély és alacsonyabb keltethetőség miatt.

Az alomtojások aránya 0,1-18% között változik (*Vekić és mtsai*, 2021), de fiatal állományokban akár elérheti a 25%-ot is (*Sheppard és Duncan*, 2011). Előfordulhat azonban, hogy szükségessé válik az alomtojásoknak keltetése, mikor nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségben keltetőtojás (*Vekić és mtsai*, 2021). Egy másik kutatás magasabb számú embrionális mortalitásról, továbbá alacsonyabb termékenyülésről számolt be alomtojások keltetése esetén (*Van Den Brandt és mtsai*, 2016).

A baromfi gyomor-bél traktusban bejutó mikrobióta forrása modern termelési folyamatok alkalmazásával megváltozott. *Stanley és mtsai* (2013) eredményei alapján természetes körülmények között a tojások folyamatos kapcsolatban voltak a tyúkkal és a fészkek környezetével a kotlás és keltetés időszaka alatt, amely közvetlen mikrobióta forrást biztosított a számukra. A modern baromfitenyésztés során a tojások tyúkokkal való érintkezését minimálisra redukálják, amely csökkenti a mikrobióta vertikális átvitelének lehetőségét a csibékbe (*Vasdal és mtsai*, 2019). Emiatt a keltetőben kelő csibék kolonizációja esetleges (*Ballou és mtsai*, 2016).

Kutatásunk célja annak meghatározása volt, hogy a broiler szülőpár állományoktól származó alommal szennyezett keltetőtojások felhasználása milyen módon befolyásolja a tojáshéjak mikrobiológiai státuszát és a keltethetőséget.

2. Anyag és módszer

A kutatás elvégzéséhez szükséges tojások gyűjtéséhez két különböző termelési időszakában lévő szülőpár állományt választottunk ki a Gallus Kft. munkatársai segítségével. Egy fiatal, a termelés elején lévő 22-23 hetes és egy idős, a termelés végén lévő 65-66 hetes állománytól történtek a tojásgyűjtések. A telepek kiválasztását követően a keltetői termékenységi adatok segítségével meghatároztuk azt a 1-1 ólat, amelyek a legjobb termékenyülési százalékkal termeltek a két telepen belül.

Az ólakban konvektor szalagra guruló keltetőtojásokat két alkalommal gyűjtik össze. Az első alkalommal még olyan tojások is lehetnek a szalagon, amelyeket az előző napi utolsó tojásszedést követően tojtak a tyúkok. Ezekből kifolyólag én az aznapi második szedés során gyűjtöttem a tojásokat a szalagról, ezáltal biztosítva a megtojt tojások frissességét és megtojtásuk időpontjának szempontjából egyöntetűségét.

A kutatás során 4 különböző mintával dolgoztam telepenként, amelyeket az alomban töltött idő különböztetett meg. Ezalapján a következő minták voltak: 3 órát töltött az alomban (továbbiakban 3 órás), 6 órát töltött alomban (továbbiakban 6 órás), 16 órát töltött alomban (továbbiakban 16 órás) és végül a kontroll tojások azok, amelyek egyáltalán nem érintkeztek az alommal. Telepenként 730 tojás gyűjtésére került sor.

A tojásokat a jobb keltetési eredmény és a reprezentatív keltető gyakorlat érdekében a megtojtást követő 4. napon felmelegítették, majd visszahűtötték egy, az erre a műveletre szánt előkeltető gépben. A melegítési program 10 órán keresztül végzi a tojások felmelegítését 32 °C-ra, úgy, hogy 4-5 órán keresztül az előbb említett hőmérsékleten tartja őket. A melegítés végeztével a tojásokat visszahűtötték a tárolási hőmérsékletre (17 °C).

A tojások átrakása, lámpázása és in ovo oltása az embrionális fejlődés 18. napján, egy időben történik. A lámpázás során kiválogattuk a terméketlen, sérült és záp tojásokat, valamint azokat, amelyekben elkezdődött az embrionális fejlődés, de egy szinten megragadt. Ezen tojásokat feltártam és fejlődési stádiumuk alapján megállapítottam a befulladás napját. Azok a tojások, amelyekből a keltetés 21. napján nem kelt ki csibe, szintén kiválogattam.

A vizsgált tojásokból összesen 40 mintát különítettünk el összecsíraszám és *Enterobacteriaceae* szám vizsgálatra. A vizsgálatot a Gallus Baromfitenyésztő és Keltető Kft.

Mikrobiológiai laboratóriumában (8460 Devecser, Levente telep 1.) végezték el. Az összecsíraszám vizsgálat az MSZ EN ISO 4833-1:2014 szabványa alapján 72 óra $37\pm 1^\circ\text{C}$ -os inkubációval, az *Enterobacteriaceae* szám vizsgálat az MSZ EN ISO 21528-2:2017 szabvány alapján 24 óra $37\pm 1^\circ\text{C}$ -os inkubációval történt.

3. Eredmények és értékelésük

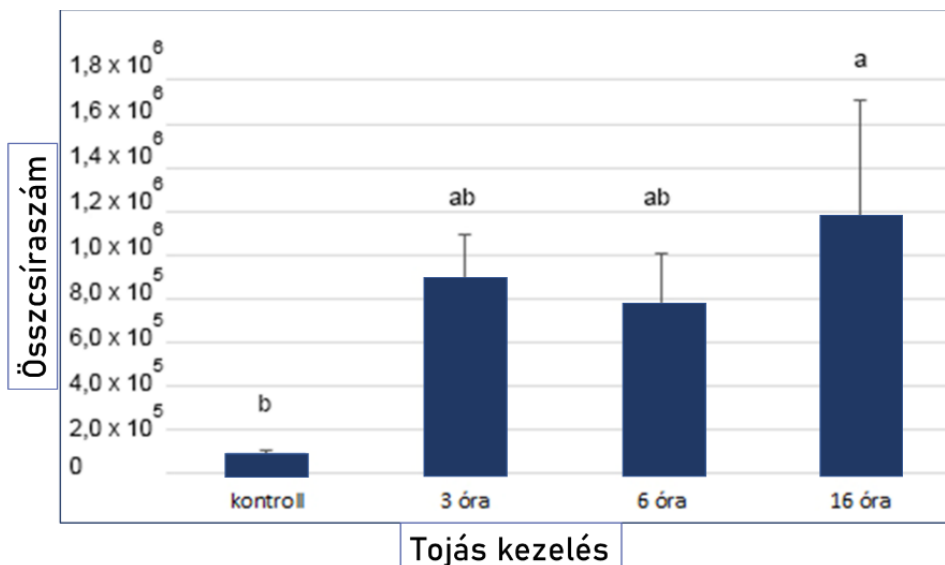
A keltethetőség vizsgálata során meghatároztuk a szennyezett tojások alomban töltött idejének hatását a sérült tojások, az elhalt embriók, a termékenyült, valamint az összes tojásból kikelt csibék arányára. A sérült tojásokhoz a záp és a beszáradt tojásokat számoltuk. Megállapítottuk, hogy az irodalmi adatoknak megfelelően a fiatal állománytól származó tojások magasabb termékenyülési és kelési arányt mutattak, azonban ez csak tendenciálisan volt kimutatható. Feltehetően nagyobb ismétlésszám mellett ez a hatás szignifikáns lenne. Azonban 16 órát alomban töltött tojásoknál szignifikánsan alacsonyabb kelési arányt állapítottunk meg a 3 és a 6 órás kezeléshez képest (1. táblázat).

1. táblázat: A tojáskezelések és szülőpár állományok életkorának hatása a különböző keltethetőségi paraméterekre

	Termékenyült tojások (%)	Sérült tojások (%)	Elhalt tojások (%)	Termékenyültből kikelt (%)	Összesből kikelt (%)
<i>Tojás típusa</i>					
K	96,3	0,28	5,0 ^{ab}	94,8 ^{ab}	91,3 ^{ab}
3 óra	97,5	0,28	4,16 ^b	95,7 ^a	93,3 ^a
6 óra	96,9	0,28	3,33 ^b	96,5 ^a	93,6 ^a
16 óra	96,5	0,56	8,05 ^a	91,5 ^b	87,5 ^b
<i>Szülőpár kora</i>					
Idős	95,6	0,56	5,83	93,8	89,2 ^b
Fiatal	97,5	0,14	4,44	95,4	92,9 ^a
<i>Tojás típus x Szülőpár kora</i>					
K x Fiatal	96,6	0,00	5,00	94,8	91,6
K x Idős	96,1	0,56	5,00	94,7	91,1
3 óra x Fiatal	97,2	0,00	5,56	97,1	94,4
3 óra x Idős	97,7	0,56	2,78	94,3	92,2
6 óra x Fiatal	98,8	0,00	3,33	96,6	95,1
6 óra x Idős	95	0,56	3,33	96,4	91,6
16 óra x Fiatal	97,2	0,56	9,44	93,1	90,5
16 óra x Idős	93,8	0,56	6,67	89,9	84,4
SEM	1,58	0,29	2,17	2,33	3,30
<i>p-érték</i>					
Tojás típusa	ns	ns	<0,05	<0,05	<0,05
Szülőpár kora	ns	ns	ns	ns	<0,05
Tojás típusa x Szülőpár kora	ns	ns	ns	ns	ns

Az *Enterobacteriaceae* tenyésztés eredményei azt mutatták, hogy a minták szennyezettsége nem haladta meg a megengedett értéket, 1 minta kivételével ($1,6 \times 10^4$) minden esetben 1×10^2 alatti értékeket kaptunk. A nagy egyedi különbségek miatt a minták átlaga nem volt homogén eloszlású, emiatt nem paraméteres tesztet alkalmaztunk az eredmények kiértékeléséhez. A Kruskal-Wallis teszt használatával megállapítottuk, hogy szignifikáns különbség van a

csoportok között összcsíraszám tekintetében ($p > 0,000$). Láthatóan az alommal szennyezett tojások héján minden időtartam esetében nőtt az összcsíraszám, ez azonban csak a 16 órát alomban töltött minták esetében eredményezett szignifikáns különbséget (1. ábra). A szülőpár állomány korának nem volt hatása erre a vizsgált paraméterre.



1. ábra: A vizsgált tojások héjáról végzett összcsíraszám meghatározás eredménye

A magas szórás értékek jól mutatják a nagy egyedi különbségeket. Egy mintát az értékelhetőség érdekében ki kellett zárni a vizsgálatból, mivel ennél a mintánál nagyságrendekkel magasabb értékeket kaptunk. A minták átlagos összcsíraszámja $2,2 \times 10^6$ volt, míg ennek az egy mintának az értéke $6,1 \times 10^7$ volt. Ennél a mintánál a laboratóriumi jegyzőkönyvben is feljegyezték, hogy a P6/1. jelű minta alomanyagot tartalmazott.

4. Következtetések, javaslatok

A bevezetésben szó esett az alomtojások mennyiségéről, miszerint az arányukat 0-2%-ig jónak, 2-4% között pedig elfogadhatónak tekintik. Ez a mennyiség nem tűnhet számottevőnek, azonban az ágazatra jellemző hirtelen piaci ingadozások és a folyamatosan változó gazdasági helyzet indokoltá teszi minden lehetőség megragadását.

A szakirodalomban is olvasható, továbbá a kutatásunk is igazolta, hogy az alomtojások keltethetősége alacsonyabb a keltetőtojásokhoz képest. Az eredmény azzal magyarázható, hogy az alomba kerülő tojások több időt töltenek kontrollálatlan körülmények között azon keltetőtojásokhoz képest, amelyek a megtojást követően néhány órán belül a szállító szalagról a temperált tároló helységbe kerülnek.

Az irodalmi ismeretink alapján elmondható, hogy az alomtojások nagyobb kockázatot jelentenek a keltetőben fertőzésveszély szempontjából, ugyanis a formalingázos fertőtlenítés során nem sterilizálható a tojáshéj teljes mértékben. Néhány spóráképző baktérium képes megtelepedni a tojás héján, ezzel veszélyforrást jelentve. Így javasolnám ezen tojásoknak külön kezelését és keltetését.

A bevezetésben megfogalmaztam az alomtojásokból származó bevételi lehetőséget, miszerint feldolgozó cégek számára értékesíthetőek, de lényegesen olcsóbban. Ennek ellenére nem árt figyelembe venni a bevételi lehetőségek közötti különbséget. Jelenlegi árakat tekintve egy feldolgozási célból árusított tojás ára 30-35 Ft/db, míg egy keltetésre szánt tojás ára 100 Ft/db,

egy napocsibe ára pedig 160 Ft/db. Mindezek tudatában érdemes megfontolni az alomtojások keltetését és egy külön protokoll kidolgozását a keltetésükre.

A kutatás során számos kérdéskört érintettünk és jártunk körbe. Valahány új, eddig megválaszolatlan kérdés merült fel, amelyek a későbbiekben újabb kutatásokra nyújtanak lehetőséget. A vizsgálatokat a reprezentativitás érdekében javasolnám nagyobb mennyiségű ismétlésszám-ban való elvégzésre.

Köszönetnyilvánítás



„A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

5. Felhasznált irodalom

- Aviagen (2015). Best Practice in the Breeder House: Preventing Floor Eggs
- Ballou, A.L.; Ali, R.A.; Mendoza, M.A.; Ellis, J.C.; Hassan, H.M.; Croom, W.J. et al. (2016). Development of the Chick microbiome: how early exposure influences future microbial diversity. *Front Vet Sci.* 3:2.
- Berrang, M.E.; Cox, N.A.; Frank, J.F.; Buhr, R.J. (1999). Bacterial penetration of the eggshell and shell membranes of the chicken hatching egg: a review *J. Appl. Poult. Res.*, (8): pp. 499–504
- De Reu, K.; Rodenburg, T.B.; Grijspeerdt, K.; Messens, W.; Heyndrickx, M.; Tuytens, F.A.M.; Sonck, B.; Zoons, J.; Herman, L. (2009). Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: an international on-farm comparison *Poult. Sci.*, 88: pp. 2442–2448
- Fasenko, G. M.; Robinson, F. E.; Hittinger, M. G.; MacLean, M. A.; White, B. A. (2000). Evaluating the hatchability of broiler chicks from washed and unwashed nest and floor eggs. In *Poultry Science Association 89th Annual Meeting Abstracts*, pp. 18–20.
- Sheppard, K.C.; Duncan, I.J.H. (2011). Feeding motivation on the incidence of floor eggs and extraneously calcified eggs laid by broiler breeder hens *Br. Poult. Sci.*, 52, pp. 20–29
- Stanley, D.; Geier, M.S.; Hughes, R.J.; Denman, S.E.; Moore, R.J. (2013). Highly variable microbiota development in the chicken gastrointestinal tract. *PLoS One.*;8(12): 84290.
- Van den Brand, H.; Sosef, M.P.; Luorens, A.; Harn, J. van (2016). Effects of floor eggs on hatchability and later life performance in broiler chickens, *Poult. Sci.*, 95, pp. 1025–1032
- Vasdal, G.; Granquist, E.G.; Skjerve, E.; de Jong, I.C.; Berg, C.; Michel, V. et al. (2019). Associations between carcass weight uniformity and production measures on farm and at slaughter in commercial broiler flocks. *Poult Sci.*;98(10): pp. 4261–4268
- Vekić, M.; Gvozdenović, M.; Perić, L.; Savić, Đ.; Jotanović, S.; Mitraković, M.; (2021). Influence of floor egg shell cleanliness and cleaning treatment on hatchability and chick quality *Biotechnol. Anim. Husb.*, 37, pp. 99–107

A szülőpár korának és a kelés idejének hatása 11 napos brojlercsirkék vakbél mikrobióta összetételére

Such Nikoletta¹ – Csitári Gábor¹ – Schermann Kornél¹ – Kesete Goitom Tewelde¹ – Kiss Brigitta¹ – Bartos Ádám¹ – Menyhárt László² – Pál László¹ – Farkas Valéria¹ – Dubblecz Károly¹

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, Takarmányozási és Takarmányozás-élettani Tanszék, Keszthely

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, Alkalmazott Statisztika Tanszék, Keszthely

such.nikoletta.amanda@uni-mate.hu

Összefoglalás

Kísérletünkben a brojler szülőpár korának, és a naposcsibék kelési idejének hatását vizsgáltuk 11 napos brojlercsirkék bélbakterióta összetételére. A kísérlet során csoportonként 12 csirke vakbél béltartalom minta került gyűjtésre. A minták mikrobiális összetétele 16S rRNS (V3-V4 régiók) gén alapú Illumina MiSeq szekvenálással került meghatározásra. A vizsgálati paraméterek a vakbél béltartalom minták diverzitását nem befolyásolták nagymértékben, azonban a kelésidő (E és V) esetében több szignifikáns különbség volt megfigyelhető. A kelésidő hatására a *Firmicutes* ($p=0,048$), *Bacteroidetes* ($p=0,056$) és *Actinobacteria* ($p=0,089$) törzsek esetén tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbségeket. A *Bacteroidetes* (11,1% - 16,9%) és *Actinobacteria* törzs (0,05% - 0,08%;) a későn kelt egyedeknél statisztikailag kimutatható módon nagyobb gyakorisággal volt jelen a vakbélben, míg a *Firmicutes* törzs (84,6% - 81,8%) gyakorisága kisebb volt.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az intenzív állati termék előállítás során a hozamok maximalizálásának elérése érdekében a potenciális erőforrásokat teljes mértékben ki kell használni. Köztudott, hogy a bélflóra stabilitása nagyban hozzájárul a gazdasági állatok hatékonyabb takarmányértékesítéséhez. Az anyaállattal való kezdeti érintkezés nagyban hozzájárul a bélflóra kialakulásához. A baromfiban a bélflóra fejlődése kutatott téma, mivel az intenzív termelés során ez az anyaállattal való kapcsolat hiányzik (Pedroso, 2016). Emiatt a bélflóra kialakulását leginkább a környezeti tényezők befolyásolják. A korábbi kutatások ellentmondásosak azzal kapcsolatban, hogy mi van rá a legnagyobb hatással. Több szerző szerint a környezeti források határozzák meg elsősorban a fejlődő fióka bélflóráját, kevésbé a tojás héj vagy a tojás mikrobái (Volf és mtsai., 2021; Rychlik és mtsai., 2020), mások szerint a tojásból származó mikrobák aránya is jelentős (Shehata és mtsai., 2021; Stout és mtsai., 2013). Baromfi esetén továbbá régóta ismert probléma a keltetőben a kelési ablak problémája. Ez azt jelenti, hogy a fiókák a keltetőben nem egyszerre kelnek ki. Míg egyes állatok csak rövid időt töltenek ott, addig más fiókák akár 1 vagy 2 napot is eltölthetnek anélkül, hogy takarmányhoz és ivóvízhez jutnának. Ennek a várakozási időszaknak a csibe élettani folyamataira viszonylag többet (Uni és mtsai., 1999; Lamot és mtsai., 2014) de a bélflóra fejlődésére gyakorolt hatásáról keveset tudunk. A napos állatok egyöntetűsége hozzájárul az átlagos napi súlygyarapodás, a vágási testtömeghez, valamint a takarmányértékesítés hatékonyságának növeléséhez, és a kisebb arányú elhulláshoz. Az egységes, egészséges, jól fejlett csirkék előállítása különösen fontos a brojlertermelés szempontjából. Ebben a

tekintetben a baromfi keltetés minőségének a szerepe jelentősen megnő (*Shcherbatov és mtsai, 2018*). Új megközelítésként azt vizsgáltuk, hogy a kikelt csibék bújtatóban eltöltött ideje a kikelés után befolyásolhatja-e a bélmikrobióta kezdeti állapotát. A másik vizsgált paraméter kutatásunk során a szülőpárok kora volt. Köztudott, hogy az idősebb szülők tojásai nagyobbak. Emellett a nagyobb tojásokból kikelt fiókák mérete is nagyobb. Ezeknek a tojásoknak nagyobb pórusai is vannak, amelyeken potenciálisan több patogén baktérium tud átjutni. Keveset tudunk arról, hogy a szülőpár életkorának milyen hatása van a kikelt madár bélflórájára.

Tanulmányunk célja az volt, hogy megvizsgálja a szülőpár állomány életkorának, a kelési időnek, valamint ezeknek a kölcsönhatását a brojlercsirkék vakbél mikrobióta összetételére a nevelési korai időszakában.

2. Anyag és módszer

A Gallus Kft. (8460 Devecser, Levente Telep 1.) keltetőjében a naposcsibéket kelési idejük és a szülőpár kora alapján csoportosítottuk. Összesen 574 vegyes ivarú ROSS 308 típusú naposcsibét osztottunk 4 csoportra: FE – fiatal állománytól származó, korai kelésű; FV – fiatal állománytól származó, késői kelésű; ÖE – idős állománytól származó, korai kelésű; ÖV – idős állománytól származó, késői kelésű. A csibéket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusának állatházába szállítottuk. A naposcsibéket automata, számítógéppel vezérelt optimális környezeti feltételeket biztosító zárt helyiségben helyeztük el, 10 csibe/m² sűrűségben. Kezelésenként 6 ismétlést (24 állat fülkénként) alkalmaztunk. A csoportos tartás szecskázott búzaszalma mélyalommal ellátott, horganyzott lemezből és huzalból készített fülkékben történt. A kísérleti takarmányokat úgy alakítottuk, hogy azonos energia- és fehérjetartalommal rendelkezzenek, valamint, hogy a választott fajta igényeinek megfeleljenek a tenyésztő ajánlása alapján (*Aviagen, 2019, 1.-2. táblázat*). Az állatoknak *ad libitum* hozzáférést biztosítottunk a takarmányhoz és az ívóvízhez a kísérlet teljes ideje alatt. A nevelés 11. napján kezelésenként 12 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 és mtsai, 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. A kiváló minőségű szekvenciákat ezt követően osztályozó Silva referenciaadatbázis segítségével csoportosítottuk (*Bokulich és mtsai., 2018; Quast és mtsai, 2013*).

A vizsgált minták taxonómiai analízise során az eredmények relatív gyakoriságban kerültek kifejezésre. Az alacsony gyakoriságú szekvenciákat tartalmazó OTU-k (operatív taxonómiai egység) szűrése a MicrobiomAnalyst web alapú elemzőprogram alap beállításai alapján történt (*Chong és mtsai., 2020*).

A mintacsoportok rendszertani szintenként (pl. törzs, nemzetség) kiértékelt gyakorisági értékeinek összehasonlításához kéttényezős varianciaanalízist használtunk SPSS 23.0 statisztikai program segítségével. A fő tényező a szülőpár kora és a kelés ideje volt. A szignifikancia értéket Benjamini-Hochberg FDR (hamis felfedezési arány) korrekcióval $p < 0,1$ -re határoztuk meg. Az eredményeket 5 taxonómiai szinten értékeltük (törzs, osztály, rend, család, nemzetség).

1. táblázat: A kísérleti táp összetétele (g/kg)

Összetétel	Indító (1-11. nap)
Kukorica	391
Búza	100
Extrahált szójadara	407
Napraforgó olaj	51
Takarmánymész	16,5
Monokalciium-foszfát	13,2
L-Lizin	4,1
DL-Metionin	4,0
L-Threonin	1,4
L-Izoleucin	0,3
L-Arginin	0,3
Valin	1,0
NaCl	3,0
NaHCO ₃	1,0
Premix ¹	5,0
Xilanáz	0,2
Fitáz	0,1
Kokcidiosztatikum	0,6 ³
Összes	1000

¹Premix: UBM Kft. (Pilisvörösvár, Magyarország).

2. táblázat: A kísérleti táp táplálóanyag-tartalma (%)

Táplálóanyag	Indító táp (1-11. nap)
AME _n (MJ/kg)	12,55
Nyersfehérje	22,4
Nyerszsír	7,2
Nyersrost	3,3
Ca	1,06
P (összes)	0,61
emészthető lizin	1,30
emészthető metionin	0,69
emészthető metionin + cisztin	0,98

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgálat során a 48 mintából összesen 799 166 jó minőségű 16S rRNS leolvasás állt rendelkezésre a minőségi szűrést követően. Az átlagos, minőség-ellenőrzött szekvenciaszám 16 649 (min.: 3136; max: 24402) volt. Ezek a szekvenciák az alacsony gyakoriságúak szűrése után 701 OTU-ba (operational taxonomic unit) kerültek besorolásra. A diverzitási indexeket leginkább a csirkék életkora befolyásolta, kismértékben a szülők életkora és a kelés ideje.

Az első vizsgált időpontban 6, a második időpontban 8 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 szülőpár korának nem volt befolyása a törzs szintű eredményekre, a kelés ideje azonban 3 törzsre is hatást gyakorolt. (3. táblázat).

A 11 napos korú korán kelt egyedek esetén a *Firmicutes* törzs (84,6% - 81,8%; $p=0,048$), a későn kelt egyedeknél pedig a *Bacteroidetes* (11,1% - 16,9%; $p=0,056$) és az *Actinobacteria* (0,05% - 0,08%; $p=0,089$) törzs szignifikánsan nagyobb arányban volt jelen.

3. táblázat: A kelés idő és a szülőpár korának hatása 11 napos brojlercsirkék vakbél mikrobióta összetételére törzs szinten (%).

Törzs	Kelésidő	Szülőpár kora			FDR p-érték		
		Fiatal szülőpár	Idős szülőpár	Átlag (kelésidő)	Kelésidő	Kor	Interakció
<i>Firmicutes</i>	korán kelt	84,830	92,146	84,067	0,048		0,290
	későn kelt	83,304	71,476	81,811			
	Átlag (kor)	88,488	77,390		0,625		
<i>Bacteroidetes</i>	korán kelt	9,917	6,047	11,188	0,056		0,170
	későn kelt	12,458	27,759	16,903			
	Átlag (kor)	7,982	20,108		0,290		
<i>Proteobacteria</i>	korán kelt	0,161	0,429	1,046	0,104		0,122
	későn kelt	1,932	0,400	0,415			
	Átlag (kor)	0,295	1,166		0,269		
<i>Actinobacteria</i>	korán kelt	0,077	0,096	0,059	0,089		0,913
	későn kelt	0,042	0,063	0,080			
	Átlag (kor)	0,086	0,053		0,250		
<i>Cyanobacteria</i>	korán kelt	1,513	0,085	0,842	0,187		0,313
	későn kelt	0,171	0,000	0,043			
	Átlag (kor)	0,799	0,086		0,342		
<i>Tenericutes</i>	korán kelt	3,502	1,198	2,798	0,157		0,896
	későn kelt	2,093	0,302	0,750			
	Átlag (kor)	2,350	1,197		0,100		

Az nagyüzemi, automatizált keltetés eredményeképpen a naposcsibék nem érintkeznek a tojótyúk mikrobiotájával (Pedroso, 2016). Vizsgálatunk során a különböző korú szülőpártól származó madarak vakbél mikrobióta összetételében nem találtunk szignifikáns eltéréseket.

A baromfi immun- és hőszabályozó rendszere, valamint a gyomor-bél traktusa a kelést követő időszakban jelentős fiziológiai átalakulásokon megy keresztül. A béltraktus fejlődésében ez az időszak nagymértékben befolyásolja a bél teljes hosszúságának és tömegének, valamint a bélbolyhok hosszának és területének alakulását (Uni és mtsai., 1999). Kutatások szerint a takarmányhoz és vízhez való késleltetett hozzáférés a kikelés utáni első napokban, rövid és hosszú távon gátolhatja a bélfejlődést, amit a bél kisebb súlya, rövidebb hossza, alacsonyabb enzimaktivitása, megváltozott bolyhok és kripta sejtsűrűsége, valamint alacsonyabb kripta mélysége és boholymagassága tükröz (Lamot és mtsai., 2014). Kevés kutatás áll rendelkezésre azonban arról, hogy ennek milyen hatása van a bél mikrobaközösség kialakulására.

Vizsgálatunk során a későn kelt csirkék esetén nagyobb *Bacteroidetes* és *Actinobacteria*, valamint kisebb *Firmicutes* arányt tudtunk kimutatni. Az *Actinobaktérium* a bélmikrobióta négy fő törzsének egyike, és bár csak kis százalékot képviselnek, kulcsfontosságúak a bél homeosztázisának fenntartásában, mivel tagjai illózsírsavakat termelnek (Binda és mtsai., 2018). Számos kutatás foglalkozik a *Bacteroidetes* és *Firmicutes* törzs gyakoriságának fontosságával (Polansky és mtsai., 2016; Molnár és mtsai., 2020; Sakaridis és mtsai., 2018). A *Bacteroidetes* törzs

gyakorisága 10-57% között változik vágási korban lévő egyedeknél. Kutatások szerint lényeges különbség, hogy míg a *Firmicutes* tagjai fukóz izomerázt, addig a *Bacteroidetes* tagjai xilóz izomerázt expresszálnak (Polansky és mtsai., 2016). Ennek következtében a *Bacteroidetes* törzs erőteljes táplálóanyag-hasznosítási képességekkel rendelkezik, különösen a komplex poliszacharidok lebontásának képessége miatt. Ezenkívül antimikrobiális peptidek szekréciója is a törzs tagjainak jellemző tulajdonsága, ami szintén támogatja a *Bacteroidetes* jobb ökológiai alkalmasságát a *Firmicutes* törzshöz képest (Molnár és mtsai. 2020). Kutatások szerint ennek ellenére az élet korai szakaszában mégis a *Firmicutes* törzs dominanciája az előnyösebb, mivel számos tagja butiráttermelő. A *Firmicutesek* butiráttermelése legalább részben megmagyarázhatja dominanciájukat a fiatal csirkékben, amelyeknek nagy a butirátigényük a bél sejtjeinek intenzív növekedése miatt. Az állat 18 hetes korára éri el a végső testtömegét, ekkor már nincs szükség a maximális butiráttermelésre. Ehelyett a komplex poliszacharidok *Bacteroidetes* képviselői általi emésztése propionát és butirát termelődését eredményezi, ami előnyös egyensúlyt eredményez a homeosztázis fenntartása és a rendelkezésre álló tápanyagokból elegendő energia előállítására között (Polansky és mtsai, 2016). A későn kelt egyedek esetén magasabb *Bacteroidetes* törzs gyakoriság oka lehet, hogy a korán kelt egyedek akár 2 napot is eltölthetnek úgy, hogy csak a szikzacskó táplálóanyagait hasznosítják. Ez leginkább zsírokat és fehérjét tartalmaz, szénhidrátot nem (Van der Wagt és mtsai., 2020). A későn kelt egyedek azonban a kolonizáció elején hamarabb jutnak szénhidrátot is tartalmazó takarmányhoz, ami elősegítheti a *Bacteroidetes* törzs nagyobb arányú elszaporodását a bélben.

4. Következtetések, javaslatok

A nevelés korai, indító szakaszának végén látható, hogy a kelés ideje törzs szinten a domináns törzsek gyakoriságát befolyásolhatja. További kutatásra van ahhoz szükség, hogy jobban megértsük az kezdeti bélflóra kialakulása és a kelés ideje közötti kölcsönhatást, és ebből következő hatásait a baromfi egészségére és termelésére.

Köszönetnyilvánítás



Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-4-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

5. Felhasznált irodalom

- Aviagen (2019). Nutrition Specifications for Ross 308 Broilers
- Binda, C., Lopetuso, L. R., Rizzatti, G., Gibiino, G., Cennamo, V., Gasbarrini, A. (2018). Actinobacteria: A relevant minority for the maintenance of gut homeostasis. *Digestive and Liver Disease*, 50, 5, pp. 421–428, <https://doi.org/10.1016/j.dld.2018.02.012>.
- 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.
- 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.
- Chong, J., Liu, P., Zhou, G., Xia, J. (2020). Using MicrobiomeAnalyst for comprehensive statistical - functional - and meta-analysis of microbiome data. *Nature Protocols*, 15. pp. 799–821.
- Lamot, D.M., Van de Linde, I. B., Molenaar, R., Van der Pol, C. W., Wijtten, P. J. A., Kemp, B., Van den Brand, H. (2014). Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. *Poultry Science*, 93. 10. pp. 2604–2614, <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04123>.

- Molnár, A., Such, N., Farkas, V., Pál, L., Menyhárt, L., Wágner, L., Husvéth, F., Dublec, K. (2020). Effects of Wheat Bran and *Clostridium butyricum* Supplementation on Cecal Microbiota, Short-Chain Fatty Acid Concentration, pH and Histomorphometry in Broiler Chickens. *Animals*, 10, 2230; doi:10.3390/ani10122230
- Pedroso, A. A., Batal, A. B., Lee, M. D. (2016). Effect of in ovo administration of an adult-derived microbiota on establishment of the intestinal microbiome in chickens. *American Journal of Veterinary Research*, 77. 5. <https://doi.org/10.2460/ajvr.77.5.514>
- Polansky, O., Sekelova, Z., Faldynova, M., Sebkova, A., Sisak, F., Rychlik, I. (2016). Important Metabolic Pathways and Biological Processes Expressed by Chicken Cecal Microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*, 82. 5. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.03473-15>
- Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P. (2013). The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Research*, 41. pp. 590–596. doi: 10.1093/nar/gks1219
- Rychlik I. (2020). Composition and Function of Chicken Gut Microbiota. *Animals*, 8; 10. 1. pp. 103. doi: 10.3390/ani10010103.
- Shcherbatov, V. I., Sidorenko, L. I., Koshchaev, A. G., Vorokov, V. K., Skvortsova, L. N. (2018). Chicken hatching synchronization for artificial incubation. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10. 1. pp. 148–151.
- Shcherbatov, V.I. (2015). Rezhimy inkubatsii i myasnaya produktivnost' tsyplyat-broylerov [Incubation Regimes and Meat Production of Broiler Chickens]. *Poultry*, 1. pp. 17–23.
- Shehata, A. M., Paswan, V.K., Attia, Y.A., Abdel-Moneim, A.M.E., Abougabal, M.S. et al. (2021). Managing gut microbiota through in ovo nutrition influences early-life programming in broiler chickens. *Animals*, 11. pp.1–24. <https://doi.org/10.3390/ani11123491>
- Stout, M. J., Conlon, B., Landeau, M., Lee, I., Bower, C., Zhao, Q. et al. (2013). Identification of intracellular bacteria in the basal plate of the human placenta in term and preterm gestations. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 208, 226.e1–226.e7. doi: 10.1016/j.ajog.2013.01.018
- Uni, Z., Noy, Y., Sklan, D. (1999). Posthatch development of small intestinal function in the poult *Poultry Science*, 78. pp. 215–222.
- Volf, J., Crhanova, M., Karasova, D., Faldynova, M., Kubasova, T., Seidlerova, Z. et al. (2021). Eggshell and feed microbiota do not represent major sources of gut anaerobes for chickens in commercial production. *Microorganisms* 9. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071480>
- Zabudskiy, Yu. (1986). Osobennosti biologii razvitiya tsyplyat v vyvodnom inkubatore [Biological Features of the Development of Chickens in a Hatchery Incubator]. *Poultry*, 2. pp 13.
- Van der Wagt, I., De Jong, I. C., Mitchell, M. A., Molenaar, R., Van den Brand, H. (2020). A review on yolk sac utilization in poultry. *Poultry Science*, 99. 4. pp. 2162–2175. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.041>

A genotípus hatása az étkezési tojás tulajdonságaira az életkortól és a tartási rendszertől függően

Antalovics Máté

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

kockawarrior@gmail.com

Összefoglalás

Egyre gyarapodó világunkban, nem csak az élelmiszerek minősége, hanem azok származása is a tudatos vásárlás komoly részét képezi. A vásárlóknak ma már sokkalta jobban számít, az állatjólét mint egykoron. A következőkben szeretném ismertetni annak a kutatásnak egy részét, amiben volt szerencsém részt venni a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem baromfi tesztistállójában. A kutatás rámutat egyes genotípusú madarak eltérő étkezési tojással kapcsolatos értékmérőjének a változásaira, illetve a tartástechnológia befolyására. Így a tudatos vásárló, egy kiváló képet kap, ami az esetleges előítéleteket eloszlatja majd a ketreces tartással kapcsolatban. Az utóbbi években nagy vízhangja volt a ketreces tartás elítélésének, hogy az nemmegfelelő élettér a madaraknak, illetve az onnan származó tojás más beltartalmi mutatókkal rendelkezik. Mikor is a ketreces tartásnak van a legkisebb ökológiai lábnyoma kisebb, mint a mostanság sokak által preferált mélyalmos tartásmódnak. Szerencsémre a tesztistállókban háromféle tartástechnológiát vethettem össze egymással, a 2012 előtti mára EU-által betiltott ketreceket, a mai szabvány ketreceket, illetve az alternatív fülkés tartásmódot (rácspadló és mélyalom kombinációja).

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban olyan megállapítások láttak napvilágot, hogy komolyabb szelekciós előrehaladás történt értékmérő tulajdonságokban, melyek hatással vannak a tojástermelés hatékonyságára és gazdaságosságára (*Sütő és Horn, 1999*). Hazánkban számos szakirodalom foglalkozik tyúk faj genomjával, amit annak idején 2004-ben fel is térképeztek, ami nagyon kecsegtető eredményt hozott, mely a következő volt mint 2,8 millió egyedi nukleotid polimorfizmust (SMP), hála ennek számos kérdést válaszoltak meg a hazai kutatók. A nagy teljesítményű vonalak genetikai variabilitásának felmérése is megtörtént az elmúlt évtizedben (*Sütő és Horn 2008*). A tojóhibrideket alapvetően két típusra osztjuk elsőként a könnyű testű, Leghorn típusú madarak, melyek tojása fehér méshéjú és a középnehéz, illetve Rhode típusú madarak melyek tojása barna méshéjú (*Sütő és Szász, 2013*). A tojás kiváló minőségű fehérje forrás, emellett megtalálható benne a folsav, ribonflavin és sok más tápanyag. Kevés élelmiszer tartalmaz magában ennyi vitamint, mint a tojás. Ilyenek D- és K-vitaminok, de tartalmaz még A-, E-, B12 vitaminokat is (*Applegate, 2000*) Biológiai értéke vetekszik az anyatejével (*Légrády, 2001*). A tojásban található zsírok is fontos szerepet töltenek be a táplálkozásban (*Ágoston 2004*) A tojás összes zsírtartalma a szikben található, melynek része a koleszterin. Ez viszont elengedhetetlen fontosságú a szervezet számára, amely fontos elő anyaga a D-vitaminnak, az epesavnak és több hormonnak. A legtöbb koleszterint a máj termeli meg az elfogyasztott táplálékkal bevitt zsírokból (*Rigó, 2007*). A tojásnál kevés egészségesebb élelmiszer létezik a világon. Kutatások bizonyítják, hogy napi egy tojás fogyasztása nincs összefüggésben a koszorúér megbetegedés, és a stroke kialakulása kockázatának növekedésével (*Rong és mtsai, 2013*). A középkorú japán férfiak és nők, akik naponta fogyasztottak tojást, nem találtak összefüggés a szív- és érrendszeri betegségek előfordulásának gyakoriságában (*Nakamura és mtsai, 2006*) Az étkezési tojás esetében a minőségi tulajdonságokat két nagy csoportra lehet osztani. Egyik csoport a külső megjelenést

befolyásoló értékmérő tulajdonságok, mint például a tojás tömege és alakja, a héj színe, a héj vastagsága és annak szilárdsága. A másik csoportba sorolhatók a héjon belüli tulajdonságok, mint a szik színének intenzitása, a sűrű fehérje magassága, illetve a hús- és vérfoltok előfordulása, azok gyakoriságának aránya (*Sütő és Áprily, 2013*) Az 53 gramm alatti tojások S, az 53-63 gramm közöttiek M, a 63-73 gramm közöttiek L és 73 gramm felettek XL kategóriába tartoznak. A tojás ára a kategóriák szerint eltérő lehet (*Sütő és Áprily, 2013*).

2. Anyag és módszer

Vizsgálataimat Leghorn és Rhode típusú vonalak tesztparosításaiból származó ivadékcsoportokkal végeztem, melynek célja az alábbi kérdések megválaszolása volt:

Hogyan befolyásolja a tojó típusa (Leghorn vs. Rhode típus) és az életkora a tojás minőségi paramétereit? Az eltérő tojó típusba tartozó kísérleti ivadékcsoportok teljesítménye mutat-e bármiféle kölcsönhatást a tartásmóddal? A különböző genotípusok tojással kapcsolatos értékmérő tulajdonságait mennyiben befolyásolja a tojótyúkok eltérő zárttéri tartásmódja?

A vizsgálatra a Kaposvári Campus Tan és Kísérleti Üzemének I. számú tesztállójában került sor. A vizsgálat kísérlettechnikai paramétereit a következők voltak: (G) genotípusok száma = 6 [a1-2-3 = Leghorn típus (Tetra LW), a4-5-6 = közepnehéz (v. Rhode) típus (Tetra Brown)]; (T) tojóházi tartás módja = 3 [b1 = EU-kompatibilis módosított vagy berendezett ketrec (756 cm² /tyúk); b2 = 2012. január 1-ig engedélyezett hagyományos ketrec (630 cm² /tyúk) férőhely biztosításával; b3 = zárttéri alternatív tartásmód (1042 cm² /tyúk)]; (r) ismétlések száma = 12-6-2 a tartásmódtól függően és azok sorrendjében. A beállított kísérleti csoportok száma összesen = 102; a csoportonkénti egyedszám = 20-12-53 16 tojótyúk volt a tartásmódtól függően és azok sorrendjében, továbbá +20% tartalékállomány. A teljes kísérleti állomány létszáma = 2.508 tojótyúk (+ 20% tartalék) volt. A tojással összefüggő valamennyi értékmérő tulajdonságot a Magyar Tenyésztési Hatóság által közzétett módszertani útmutató, a Tyúk és pulyka teljesítmény-vizsgálati Kódex 4. előírásai szerint vizsgáltuk. A kísérleti állomány adatainak gyűjtésére és feldolgozására tojóhónaponként került sor.

A tojástermelési időszak alatt összesen 12 alkalommal végeztünk műszeres tojás minőségvizsgálatot, így összesen 3.817 tojás adatait rendszereztem és dolgoztam fel Windows 10 alatt futó Excel 2016-os program segítségével. A tojás minőségi jellemzőinek meghatározásához Egg Quality Microprocessor Range – EQM és QCS-2 típusú szoftverét használtuk. A kísérleti állományt a vizsgálat ideje alatt ad libitum módon és egységesen takarmányoztuk a kereskedelmi forgalomban kapható tápokkal. Az ivóvíz szintúgy korlátozás nélkül állt rendelkezésre a tyúkok számára. A nevelés és a tojóházi tartás időszaka alatt a Tetra hibridek számára ajánlott tartástechnológiai irányelveket követtük.

3. Eredmények és értékelésük

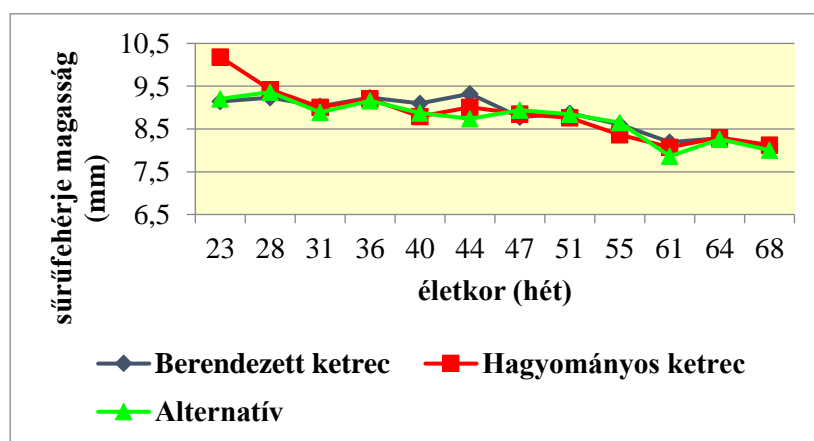
A Rhode típusú ivadékcsoportok héjszínét sem az életkor, sem pedig a tartás módja nem befolyásolta lényegesen, hisz a berendezett ketrecben mért átlagteljesítményhez képest a mindössze $\pm 0,6-0,7\%$ -os relatív eltérés nem tekinthető számottevőnek.

Az 1. táblázat a Leghorn és Rhode típusú kísérleti tojóhibridek átlagos tojástömegére vonatkozó adatokat tartalmazza. A táblázat eredményeiből jól látható, hogy azonos tartásmódban, egyes típusok fő átlagai között 1,1-2,1 g (1,7-3,5%) különbség látható. Mindkét típus esetében az alternatív tartásban nagyobb tömegű tojásokat tojtak a tyúkok, míg a berendezett és hagyományos ketrecben közel azonos súlyúakat. Míg a tartás módja minimálisan befolyásolta a tojások átlagtömegét, a tojó életkorának előrehaladtával ez az értékmérő tulajdonság folyamatosan növekedett, melynek mértéke a tojóidőszak végére akár 9,2-13,6 g-ot is elérte.

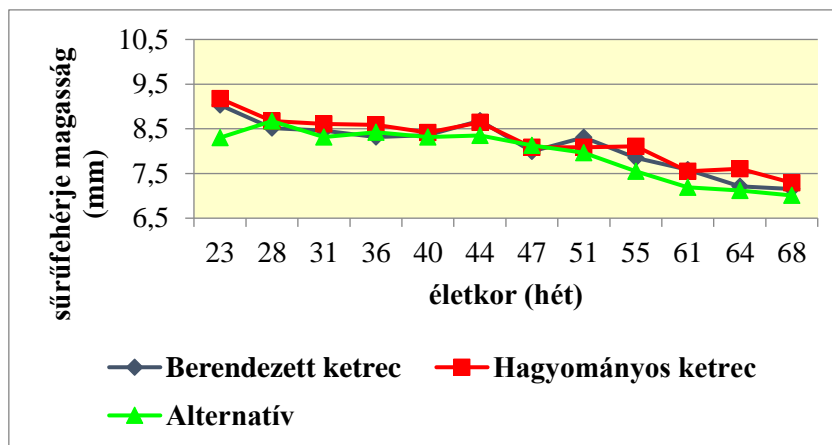
1. táblázat: A Leghorn és Rhode típusú ivadékcsoportok tojástömegének átlagos változása az életkortól és a tartás módjától függően (g)

Életkor (élethét)	Tartásmód					
	Berendezett ketrec		Hagyományos kertec		Alternatív tartás	
	Leghorn típus	Rhode típus	Leghorn típus	Rhode típus	Leghorn típus	Rhode típus
23	49,8	50,1	48,7	48,3	52,0	51,7
28	55,4	54,1	54,7	52,7	57,1	55,7
31	55,0	54,4	54,7	55,0	59,7	58,5
36	56,3	56,0	56,5	55,6	60,2	57,2
40	58,7	58,1	58,9	56,6	61,7	59,6
44	60,3	57,7	59,3	57,2	62,2	61,3
47	59,7	59,5	61,3	58,7	62,7	61,0
51	60,6	60,4	60,7	59,5	63,2	61,0
55	61,1	57,9	59,8	58,9	64,0	60,2
61	61,2	59,9	61,7	60,4	65,3	61,6
64	62,8	60,6	62,6	59,0	63,6	61,0
68	62,9	62,9	63,0	60,1	64,3	61,2
Átlag	58,7	57,6	58,5	56,8	61,3	59,2
Relatív eltérés:	100,0%	100,0%	99,7%	98,6%	104,5%	102,6%

A Leghorn tojások fehérjemagassága nagyobb értékről indul és magasabb értéken is marad az életkor előre haladtával, mint a Rhode típusú tojóké. Az 1. – 2. ábra szerint nem csak az életkor haladtával, hanem azonos tartásmódon belül is tapasztalható differencia, amely mértéke 7,9-9%.



1. ábra: Leghorn típusú kísérleti ivadékcsoportok átlagos sűrűfehérje magassága a tartásmódtól és az életkortól függően



2. ábra: Rhode típusú kísérleti ivadékcsoportok átlagos sűrűfehérje magassága a tartásmódtól és az életkortól függően

A HAUGH-egység (HU) a tojás frissességét kifejező minőségi tulajdonság, amely szoros kapcsolatban van a sűrűfehérje magasságával) és a tojás tömegével. Mind a Leghorn, mind a Rhode típusú csoportok esetében csökkent a tojások Haugh-Unit értéke a tojástermelési időszak során. Azonban az is megfigyelhető, hogy a típusok között a Leghorn esetében kisebb mértékű a csökkenés. A két típus közötti különbség azonos tartásmódon belül 4-4,3% eltérés tapasztalható. A tojások száraz héjtömege szoros összefüggésben van a tojások átlagtömegével.

A Rhode típusú tojók tojásai átlagosan 10 μm -rel voltak vastagabbak, mint a Leghorn típusú tojók tojásai. Azonos tartásmódban a tojó típusok között 1,7-3,6%-os eltérés lehetséges. A tartásmódokat tekintve mindkét típus esetében az alternatív tartásban volt nagyobb a héj súlya, átlagosan 3-6,2%-kal. A tojáshéj sűrűsége a tojáshéj szerkezetéről, mátrixáról nyújt információt. Ez a tulajdonság szoros korrelációban áll a héj vastagságával. Ezt a tulajdonságot nemcsak a tojó típusa, hanem a tartás módja is jelentősen befolyásolta, akár 3,71 g/cm^2 , azaz 2,3-3,2% relatív eltérés is lehet típusonként azonos tartásmódon belül. Ezt a tulajdonságot kevésbé befolyásolja a tojó korának változása. A különböző tojótípusba tartozó ivadékcsoportok tojásaiban a hús- és vérfoltok együttes arányát tekintve a középnehéz típusnál nagyjából négyszer gyakoribb az ilyen rendellenesség előfordulása, mint a Leghorn típusnál. A két típus közti különbséget jól szemlélteti a 2. táblázat. Az életkor előre haladtával a Rhode típusnál nő ezen rendellenesség előfordulási aránya. Az eredmények szerint az életkor kisebb mértékében, a tojó típusa lényegesen jobban befolyásolja ennek a rendellenességnek az előfordulási gyakoriságát.

4. Következtetések

A vizsgálat eredményeiből megállapítottam, hogy a Rhode típusú hibridek tojásainak barna színét sem a tojó életkora, sem pedig a tartás módja nem befolyásolta. Míg az életkor változása és a tojó típusa a tojások tömegére gyakorol jelentős mértékű növekedést (9,2-13,6 gramm), addig a héj súlyára csak az életkor változása növeli azt, miközben a HU-egységet és a sűrűfehérje magasságát viszont csökkenti. A tojó típusa a héj minőségével kapcsolatos értékmérő tulajdonságokat befolyásolja jelentősen, hisz a héjvastagság eltérése akár 10 μm is lehet típusonként, a héj sűrűségének változása pedig akár 3,71 g/cm^2 eltérést is okozhat azonos tartásmódon belül. A szik színének intenzitását egyik vizsgált tényező sem befolyásolta érdemben, azok hatása nem volt kimutatható. A tojó típusa viszont erősen befolyásolja a vér- és hús foltok előfordulásának arányát, és a genotípustól függően növelte annak gyakoriságát az idő elteltével. A kapott eredmények szerint a régi, 2012 előtti hagyományos ketrecek és a jelenleg használt EU-komfort ketrecekben a különböző teszt párosításból származó ivadékcsoportok hasonlóan

teljesítettek, eltérést csak a zárt alternatív tartásmódban találtam. Úgy tűnik, hogy a különböző tartásmódokban nem mindegy, hogy melyik tojótípust alkalmazzuk, mert egy-másik minőségi tulajdonságnál a genotípus számottevően befolyásolta az eredményeket. Néhány tojásminőségi tulajdonság úgy, mint a tojások átlagtömege, HU-indexe és a száraz héj tömege a tojó életkorával jelentősen változik. Egy biztos, annak állítása, hogy a különböző tartásmódok képesek lennének lényegesen befolyásolni a tojás biológiai – és annak táplálkozási értékét – nem megalapozott.

2. táblázat: A Leghorn és a Rhode tojásokban előforduló hús- és vérfoltok átlagos száma az életkor előre haladtával és tartásmódtól függően

Életkor	Leghorn			Rhode		
	Nem EU ketrec	EU ketrec	Alternatív	Nem EU ketrec	EU ketrec	Alternatív
23	0,0	0,1	0,3	0,7	1,0	0,4
28	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
31	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3
36	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1
40	0,1	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3
44	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2
47	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3	0,4
51	0,1	0,1	0,2	0,5	0,3	0,3
55	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5
61	0,2	0,2	0,2	0,8	1,0	0,5
64	0,1	0,1	0,1	0,7	0,6	0,5
68	0,2	0,3	0,1	0,9	0,8	0,6

5. Felhasznált irodalom

- Ágoston H. (2004). A tápanyagok csoportjai és forrásai, valamint az élelmiszercsoportok. Táplálkozás és Tudomány. 5 (4) pp. 2–5.
- Applegate, E (2000). Introduction: Nutritional and functional roles of eggs in the Diet. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 19, No. 5. 495S–498S
- Légrády P. (2001). Tojás, táplálkozás, egészség. Mecenas Könyvkiadó Budapest 255 p. <https://hu.scribd.com/doc/99692741/Legrady-Peter-Tojas-taplalkozasegesze>

- Rigó J. (2007). *Dietetika*. Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest.
- Sütő Z., Áprily SZ. (2013). Az étkezési minőségi tulajdonságai. (In: Pupos T. – Sütő Z. – Szöllősi L. (szerk.): *Versenyképes tojástermelés*. pp. 87–93. Szaktudás
- Sütő Z., Horn P (1999). Közös cél a tojótyúkok egységes európai teljesítményvizsgálata. *Magyar Baromfi*. 44. évf. (1) 25–29.p. Budapest.
- Sütő Z., Horn P. (2008). A tyúkfélék és a pulyka tenyésztésének helyzete és jövője. In: *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 57. (5) 403–413.p
- Sütő Z. – Szász S. (2013). Az étkezési tojástermelés biológiai alapjai (In: Pupos T., Sütő Z., Szöllősi L. (szerk.): *Versenyképes tojástermelés*. pp. 97–109. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest. (Profimax sorozat) (ISBN 978-615-5224-42-3)
- Rong Y., Chen L., Zhu T., Song Y., Yu M., Shan Z., Sands A., Hu F. B., Liu L. (2006). Egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies <https://www.bmj.com/content/bmj/346/bmj.e8539.full.pdf>
- Nakamura Y., Iso H., Kita Y., Ueshima H., Okada K., Konishi M., Inoue M., Tsugane S. (2006). Egg consumption, serum total cholesterol concentrations and coronary heart disease incidence: Japan Public Health Center-based prospective study <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/egg-consumption-serum-total-cholesterol-concentrations-and-coronary-heart-disease-incidence-japan-public-health-center-based-prospective-study/2A24A859FCD996E218BE5F41D42343B>

T-2 és zearalenon mikotoxinok házityúk embriogenezisére gyakorolt hatásának vizsgálata – Előzetes eredmények

Tóth Arnold¹ – Szőke Zsuzsanna¹ – Urbán Martin¹ – Gócza Elen¹ –
Ferenczi Szilamér Imre^{1,2} – Tóth Roland Imre¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gödöllő

²Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet

Toth.Arnold@uni-mate.hu

Összefoglalás

A globálisan és hazánkban is évről-évre egyre magasabb hőmérséklet és rendkívül aszályos nyarak kedvező feltételeket teremtenek penészgombák megjelenésének a gabonafélék, takarmányok és élelmiszerek esetében, ami egyre magasabb mennyiségű és egyszerre többféle mikotoxin jelenlétéhez vezet. Ez nem csak takarmányozási és élelmiszerbiztonsági kockázatot jelent, de az egyes organizmusok embrionális fejlődését is érinti. Kutatásunkban házityúk fejlődését vizsgáljuk T-2, Zearalenon, valamint ezek együttes ún. multi-mikotoxikózis hatására. Fejlődési rendellenességeket, génexpressziós változásokat és toxin akkumulációs helyeket keresünk. A szerzők a jelen cikkben az előzetes vizsgálati eredményekről számolnak be, ami alapján elmondható, hogy a túlélési arányt nem befolyásolják a kísérletben használt koncentrációban az egyes toxin kezelések.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A téma aktualitását a globális környezetváltozás, az évről-évre egyre magasabb hőmérséklet és szélsőséges időjárás adja. Hazánkban is egyre aszályosabb nyarak és enyhébb telek figyelhetők meg. Ez a jelenség kedvez a szántóföldi penészgombák folyamatos terjedésének és a mikotoxinok széles spektrumú jelenlétének.

A mikotoxinok egyes penészgombák másodlagos anyagcseretermékei, melyek alacsony molekulásúak, toxikus hatást fejtenek ki, emberekre és állatokra egyaránt. Jelen vannak a legtöbb élelmiszerben, legyen az növényi vagy állati eredetű. Megtalálhatók a gabonafélékben, az olajos magvakban, a gyümölcsökben, a tejtermékekben és a borban is. Előfordulási gyakoriságuk eltér a különböző földrajzi helyeken, például az Afrikai országokban jellemzően magasabbak a mikotoxin koncentrációk, mivel a magas hőmérséklet és a páratartalom kedvez ezeknek a gombáknak a szaporodásában (*Drusch és Ragab, 2003, Khoury et al., 2006, Martins et al., 2007, Khoury et al., 2008, Doi és Uetsuka, 2011, Darwish et al., 2014, Nleya et al., 2018, Khoury et al., 2019*).

A gabona alapú összetevők mikotoxin szennyeződése a feldolgozás előtt és után is megtörténhet, mivel az ezeket termelő gombák jelen lehetnek a növény vegetációs időszakától, a betakarításon át, a feldolgozásig bárhol. A gombák növekedését számos faktor elősegítheti, az éghajlat, időjárás, domborzati viszonyok, a betakarítás ideje, vagy a tárolási és szállítási körülmények. A zearalenon (ZEA) toxin elsősorban a betakarítást megelőzően szokott képződni, de a nem megfelelő raktári tárolás során is megjelenhet. Gyakran más *Fusarium* mikotoxinokkal együtt jelenik meg, főleg deoxynivalenol (DON) mellett (*Martins, 2007, Rohweder et al., 2011, Grenier és Applegate, 2013, Murugesan et al., 2015*).

A gabonafélék és a belőlük készült állati takarmányok a háziállatok takarmányozásának rendkívül lényeges összetevői. Nagy gondot jelent a gabonafélék etetése során azok mikotoxin

tartalma, mivel a gabona alapú takarmányok körülbelül 70%-a szennyezett legalább egyféle mikotoxinnal (*Diekman és Green, 1992, Streit et al., 2013*).

A Zearalenon erősen citotoxikus és genotoxikus hatású, de a fő kockázati forrást ösztrogén hatása jelenti (*Dellafiora et al., 2017*). A xenoösztrogének közé tartozik, kémiai szerkezete hasonlít a természetes ösztrogén szerkezetéhez, mint pl.: a 17β -ösztradiol, így képes az ösztrogén receptorhoz kötődni, ezzel képes a hormonháztartást megzavarni, ami számos szaporodásbiológiai problémához vezethet (*Kowalska, 2016*). A ZEA képes a gazdasági haszonállatoknál ösztrogén dominanciát, szaporodásbiológiai és fertilitási problémákat okozni.

A baromfifajták viszonylag toleránsak a ZEA toxicitásával szemben, ami feltehetőleg a baromfi vérében található magas ösztrogén szintnek köszönhető. A természetesen előforduló ösztrogének magasabb receptor affinitással rendelkeznek, a *Fusarium* toxinokkal szemben (*Völkel, 2011*). Azonban a ZEA serkentő hatása lehet a petefészek fejlődésére nőivarban, továbbá hímeknél késést okozhat a here fejlődésében (*Allen, 1981*). Alacsony dózisu ZEA bevitel ugyan nem jelent teljesítményfokozó hatást a baromfiféléknél, de folyamatos fogyasztás esetén a ZEA, vagy metabolitjai kimutathatók lesznek a vérből, a májból és a bélsárból is (*Liu és Applegate, 2020*).

2. Anyag és módszer

Vizsgálatainkban Erdélyi Kendermagos Kopasznyakú házityúk fajtától származó tojásokat használtunk, a MATE Genetika és Biotechnológiai Intézetében. A tojásokat a NBGK Haszonállat Génmegőrzési Intézetéből kaptuk. A keltetés a GBI-ben, a kísérleti keltetőben történt $37,8^{\circ}\text{C}$ -on, 60 %-os páratartalom mellett. A tojásokat az embrionális fejlődés 3. napjáig inkubáltuk. A tojások tompa végén egy kis lyukat ütöttünk a légkamrán, hogy az embrió ne legyen olyan közel a tojáshéjhoz. A tojás oldalán egy nagyobb lyukat készítettünk és a különböző koncentrációjú toxinokat közvetlenül a háromnapos embriók szívébe injektáltuk vissza egy üvegkapilláris segítségével.

T-2 és ZEA mikotoxin tartalmú oldatokat injektáltunk. A toxin oldatok oldószere minden esetben DMEM médium és steril H_2O 2:1 arányú keveréke volt, valamint a kontroll csoport oldatai 1-1% -ban tartalmaztak metanolt és etanolt is, mivel a toxinok törzsoldatok is ezekben lettek feloldva. T-2-t 5 ng/ μl koncentrációban, ZEA-t 20 ng/ μl koncentrációban, valamint a két toxin kevert oldatát T-2/ZEA: 5 ng/ μl T-2-t és 20 ng/ μl -es ZEA-t tartalmazó oldatokat. Az injektálásoknál 4 vizsgálati csoportot alkalmaztunk: kontroll, 5ng T-2, 20ng ZEA, 5/20-T-2/ZEA. 3 vizsgálati alkalommal végeztünk injektálásokat, minden esetben 10 injektált embrió/csoport volt a tervezett szűrés. Összesen 180 tojást használtunk fel.

Az injektálások után a tojásokat laboratóriumi parafilmmel lezártuk és tovább inkubáltuk a fejlődés 10. napjáig. 10 napos korban azt vizsgáltuk, hogy látható-e fejlődési rendellenesség, illetve, hogy kimutatható-e a toxin akkumulációja különböző szervekben (máj, ivarszerv, elővese, szik, fehérje). Az embriókból izolált szervekből nukleinsav (DNS, RNS) izolálást, qPCR analízist, illetve a minták egy részének fixálását követően, immunfestést is tervezünk végezni.

A szövetmintákból Proteináz K és lízis pufferes emésztést követően, egy általános fenol – chloroformos protokollal DNS-t izoláltunk, amit PCR alapú ivarmeghatározáshoz használtunk CHD1 primerpárokat felhasználva. A PCR termékeket 1,5%-os agaróz gélen futtattuk meg.

A qPCR-es analízishez gyűjtött szerveket 300 μl TRIzol® oldatban, -70°C -on tároltuk. RNS-t izoláltunk az elrakott mintákból. Az izolált RNS mintákat egységnyire hígítottuk és cDNS-t írtunk. A cDNS íráshoz High Capacity cDNA Reverse Transcription Kit-et (Life Technologies) használunk. A qPCR reakcióhoz 0,75 μl cDNS oldatot és SYBR Green festéket és a primereket tartalmazó qPCR mixet fogunk használni 15 μl -es végtérfogattal, wellenként.

Minden minta/primer esetében 3 párhuzamos mérést fogunk végezni. Belső kontrollként (ház-tartási génként) *GAPDH*-t alkalmazunk és Eppendorf Mastercycler Realplex készülékkel dolgozunk.

A metszetkészítéshez a szerveket 24-es plate-re gyűjtöttük steril PBS-be, majd a fixálás előtt a májat, valamint az ivarszervet (IVSZ) és a *mesonephros*-t megtisztítottuk a rajta maradt kötőszövetektől, majd a szerveket 4%-os PFA-ban fixáltuk. Ezt követően 10%, 20%, 30% -os szukróz oldatsorba helyeztük egy-egy hétre. A mintákat ezek után 7,5%-os zselatin oldatba ágyasztuk, majd tömény izopentánban -50°C -on lefagyasztottuk. A fagyott zselatin kockából kriosztát segítségével metszeteket tudunk készíteni. A metszeteken toxin specifikus antitesttel tudjuk detektálni a *mesonephros*-ban, vagy az ivarszervben felhalmozódott toxinokat.

A szik és fehérje minták mikotoxin tartalmát, valamint az állatokkal etetett takarmányt és az injektált oldatok valós toxin koncentrációját ELISA alapú kvantitatív *immunoassay* vizsgálattal mértük meg. Minden esetben a kit gyártójának ajánlása alapján végeztük az extrakciókat és a vizsgálatokat. A mérési eredményeket MS Excel program segítségével elemeztük.

Munkánk célja, hogy eredményeink alapján következtetéseket tudjunk levonni a T-2 és a zearalenon mikotoxinoknak a baromfi embriófejlődésre gyakorolt hatásáról.

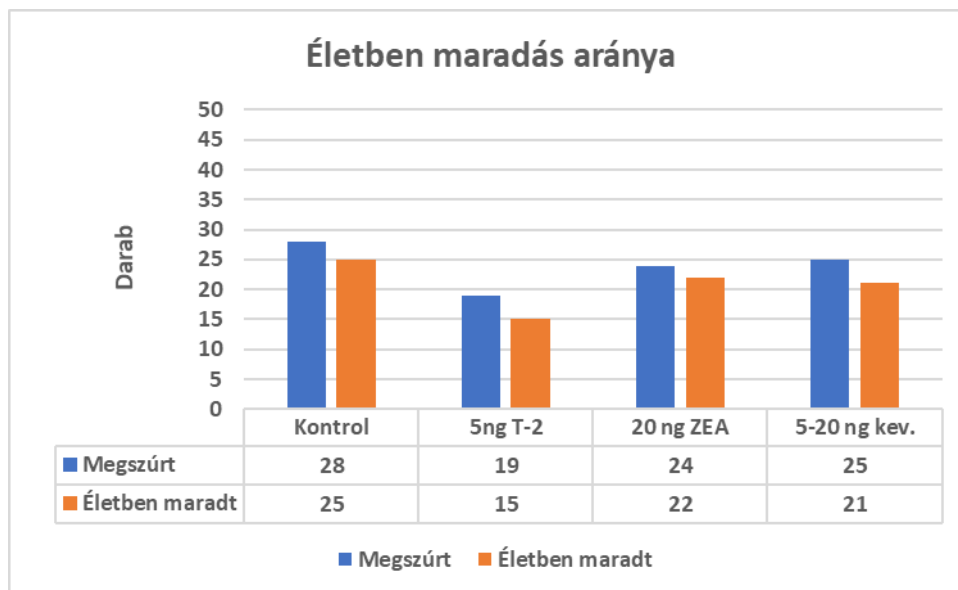
3. Eredmények és értékelésük

Három ismétlésben és ismétlésenként négy vizsgálati csoporttal dolgozva összesen 121 embrióba injektáltunk oldatot. 96 embrió esetében tekinthető az injektálás sikeresnek. A kizárt egyedek azok voltak, amelyek közvetlenül az injektálás után pusztultak el. Ezek az embriók az injektálási hiba következtében, nem pedig a toxin hatása miatt pusztulhattak el. 83 embrió fejlődött el a keltetés 10. napjáig. A kontroll egyedek 89,3%-ban maradtak életben. A toxin kezelt csoportokból a T-2 esetében 78,9%, ZEA esetében 91,7%, a kevert oldatot kapott egyedeknél pedig 84% volt a túlélési arány (1. ábra).

Az 1. táblázatban látható az összes leggyűjtött minta, valamint ezek vizsgálati csoportokra való lebontása. Szik és fehérje mintákat kivétel nélkül minden injektált tojásból gyűjtöttünk. Azon embriók esetében, melyek sikeresen elfejlődtek a keltetés 10. napjáig, minden mintatípusból tettünk el. Az inkubáció során, de már az embrionális fejlődés 10. napjához közeli stádiumban elpusztult egyedektől szövetmintán túl, próbáltuk a lehető legtöbb mintát izolálni további vizsgálatokhoz.

Egész embriókat abban az esetben raktunk el, hogyha az inkubáció során elpusztultak és még túl kicsik voltak ahhoz, hogy a szerveket izoláljunk, azonban ezekből is lehetséges ELISA módszerrel a toxin tartalom kimutatása.

Ezeket az oldatokat ELISA *immunoassay* vizsgálattal ellenőriztük le, hogy az oldatok valós koncentrációit megismerjük. Ezek az értékek a 2. táblázatban láthatók. Az anyaállatokkal etetett takarmány toxin koncentrációját is megmértük, referenciatakarmanéhoz viszonyítva. Ennek az eredménye is a 2. táblázatban látható. A takarmány zearalenon tartalma 8,73 ng/g, ami elhanyagolható mennyiségű háttérnek tekinthető. A T-2 toxintartalom visszamérésére még nem került sor.



1. ábra: Injektált tyúkembriók életben maradásának arányai

1. táblázat: A mintavételezés során gyűjtött minták típusai és mennyiségei

Minta típusa	Összesen (db)	Kontroll (db)	5ng T2 (db)	20ng ZEA (db)	T2/ZEA (5/20ng) (db)
Szik	121	31	29	29	32
Fehérje	121	31	29	29	32
IVSZ + Nephros (fixált)	85	25	16	23	21
Máj, nagy lebeny (fixált)	84	25	15	23	21
Máj kis lebeny (qPCR)	85	25	15	24	21
Izomszövet	105	29	25	26	25
Egész embrió	19	4	8	2	5

2. táblázat: Visszamért injektált toxin oldatok és az etetett tyúk takarmány zearalenon koncentrációja

Injektált toxin oldatok	
1. ZEA 20ng	13,64 ng/μl
2. ZEA 20ng	19,68 ng/μl
3. ZEA 20ng	15,42 ng/μl
1. ZEA/T2 5/20ng	23,30 ng/μl
2. ZEA/T2 5/20ng	14,51 ng/μl
3. ZEA/T2 5/20ng	26,64 ng/μl
Tyúk takarmány	8,73 ng/g

4. Következtetések, javaslatok

A fentebb bemutatott, előzetes eredmények messzemenő következtetésére még nem alkalmasak. Jelenleg megállapítható, hogy az injektált koncentrációjú toxinok nem voltak jelentős hatással a halálozási arányra. A gyűjtött minták mennyisége lehetővé teszi további vizsgálatok lefolytatását, valamint azok statisztikai analízisét.

További vizsgálatainkat ELISA-tesztekkel, immunhisztokémiával, qPCR-el, fehérjéből és a szikból visszaellenőrizve a toxinok jelenlétét, azok akkumulációs mértékét és a toxin kezelések hatására létrejött génexpressziós változásokat szeretnénk megvizsgálni májszövetben.

A munkát a H2020-RUR-2020-1 CSA 101000728 NETPOULSAFE; TKP2020-NKA-24; MTKG20; IH-185 2019-2.1.11-TÉT-2019-00036 és az „Agrár-biotecnológia és precíziós nevelés az élelmiszerbiztonságért” elnevezésű RRF-2.3.1-21-2022-00007 pályázatok támogatták.

5. Felhasznált irodalom

- Allen, N. K., Mirocha, C. J., Weaver, G., Aakhus-Allen, S. & Bates, F. (1981). Effects of dietary zearalenone on finishing broiler chickens and young turkey poults. *Poult. Sci.* 60, 124–131
- Darwish, W. S., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M. M. & Ishizuka, M. (2014). An overview on mycotoxin contamination of foods in Africa. *J. Vet. Med. Sci.* 76, 789–797
- Dellafiora, L. et al. (2017). Molecular insights on xenoestrogenic potential of zearalenone-14-glucoside through a mixed in vitro/in silico approach. *Food Chem. Toxicol.* 108, 257–266
- Diala El. Khoury, Salma Fayjaloun, Marc Nassar, Joseph Sahakian, and Pauline Y. Aad (2019). Updates on the Effect of Mycotoxins on Male Reproductive Efficiency in Mammals. *Toxins (Basel)*. 2019 Sep; 11(9): 515.
- Diekman, M. A. & Green, M. L. (1992). Mycotoxins and reproduction in domestic livestock1. *J. Anim. Sci.* 70, 1615–1627
- Doi, K. & Uetsuka, K. (2011). Mechanisms of mycotoxin-induced neurotoxicity through oxidative stress-associated pathways. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 5213–5237
- Drusch, S. & Ragab, W. (2003). Mycotoxins in fruits, fruit juices, and dried fruits. *J. Food Prot.* 66, 1514–1527
- El Khoury, A. et al. (2006). Occurrence of ochratoxin A- and aflatoxin B1-producing fungi in Lebanese grapes and ochratoxin a content in musts and finished wines during 2004. *J. Agric. Food Chem.* 54, 8977–8982
- El Khoury, A. et al. (2008). Fungal contamination and Aflatoxin B1 and Ochratoxin A in Lebanese wine-grapes and musts. *Food Chem. Toxicol. an Int. J. Publ. Br. Ind. Biol. Res. Assoc.* 46, 2244–2250
- Grenier, B. & Applegate, T. J. (2013). Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: Meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins (Basel)*. 5, 396–430
- Kowalska, K., Habrowska-Górczyńska, D. E. & Piastowska-Ciesielska, A. W. (2016). Zearalenone as an endocrine disruptor in humans. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 48, 141–149
- Liu, J. & Applegate, T. (2020). Zearalenone (ZEN) in Livestock and Poultry: Dose, toxicokinetics, toxicity and estrogenicity. *Toxins (Basel)*. 12,
- Martins, H. M., Guerra, M. M. M. & Bernardo, F. M. D. A. (2007). Occurrence of aflatoxin B1 in dairy cow's feed over 10 years in Portugal (1995-2004). *Rev. Iberoam. Micol.* 24, 69–71
- Murugesan, G. R. et al. Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poult. Sci.* 94, 1298–1315 (2015).
- Nleya, N., Adetunji, M. C. & Mwanza, M. (2018). Current Status of Mycotoxin Contamination of Food Commodities in Zimbabwe. *Toxins (Basel)*. 10,
- Rohweder, D. et al. (2011). Effect of different storage conditions on the mycotoxin contamination of *Fusarium culmorum*-infected and non-infected wheat straw. *Mycotoxin Res.* 27, 145–153
- Streit, E. et al. (2013). Multi-mycotoxin screening reveals the occurrence of 139 different secondary metabolites in feed and feed ingredients. *Toxins (Basel)*. 5, 504–523
- Völkel, I., Schröer-Merker, E. & Czerny, C.-P. (2011). The Carry-Over of Mycotoxins in Products of Animal Origin with Special Regard to Its Implications for the European Food Safety Legislation. *Food Nutr. Sci.* 02, 852–867

Prokloráz hatóanyagú fungicid dóziszfüggő toxicitásának vizsgálata házityúk-embrión a fejlődés korai szakaszában

Major László¹ – Budai Péter¹ – Nadhirah Binti Saidon¹ – Buda István¹ – Buzás Anna² – Balázs Bence² – Lehel József² – Szabó Rita¹

¹MATE Georgikon Campus, Növényvédelmi Intézet, Növényvédelmi Tanszék, Keszthely

²Allatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék, Budapest

Major.Laszlo@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunkban a Faxer (450 g/l prokloráz) gombaölő permetezőszer házityúk-embrió tesztszervezetre gyakorolt korai embriókárosító hatását tanulmányoztuk. A növényvédő szer engedélyokiratában rögzített legmagasabb koncentráció (3,33 µl/ml) mellett, a túldozírozás által kiváltott méreghatás megítélése céljából a gyakorlati permetlé-töménység kétszeres (6,66 µl/ml) és ötszörös (16,65 µl/ml) dózisa is beállításra került. A keltetés megkezdése előtt a fungicid három koncentrációjából készült emulziókat 0,1 ml végtérfogatban a tyúktojások légkamrájába injektáltuk. Az inkubáció 3. napján, csoportonként tíz tojás feltáráásával és csírákorong metszetek készítésével feljegyztük az embriómortalitást, valamint a mikroszkóposan detektálható fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságát és típusát. A vizsgálatból származó adatok biometria értékéle Fisher-féle egzakt teszttel történt. Az eredmények alapján megállapítható a prokloráz tartalmú peszticid dóziszfüggő embriótoxikus hatása háromnapos házityúk-embrión. A koncentráció növelésével fokozódott az embrionális halandóság, amely az ötszörös dózis esetében szignifikáns mértékű ($p < 0,05$) mortalitás-emelkedést eredményezett a kontroll csoporthoz viszonyítva. Ezzel szemben statisztikailag igazolható növekedés a malformációk előfordulásában sem a gyakorlati permetlé koncentráció, sem pedig az emelt dózisu kezelésekre hatására nem mutatkozott a kontrollhoz képest, így teratogén hatás nem volt igazolható. A sporadikusan fellépő fejlődési rendellenességek gyengén fejlett test és szikérhálózat formájában jelentkeztek.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A prokloráz gombaölő hatású imidazol-származék. Gátolja a citokróm P450 (CYP) szterol 14 α -demetilázt (CYP51), és zavart okoz az ergoszterol bioszintézisben, amely a gombasejtmembrán-károsodását eredményezi (Haselman és mtsai, 2018).

Számos imidazol-típusú vegyület fungisztatikus vagy fungicid hatása a triazol-származékokhoz hasonló, lehetővé téve az állat- és humángyógyászati, továbbá a növényvédelmi felhasználásukat (Heise és mtsai, 2018). Utóbbi esetében - a prokloráz példájánál maradva - az elsődleges szántóföldi növényvédelmi kezelésekk mellett, a betakarítás utáni (posztharvest) alkalmazás élelmiszer-toxicológiai kockázata folyamatos hatósági ellenőrzést tesz szükségessé, amit a proklorázzal kezelt citrusfélék héján, a proklorázra meghatározott MRL-érték (10000 ng/g) figyelembevételével szükséges elvégezni (Buzás és mtsai, 2023).

Méregetani veszély a prokloráz molekula nem specifikus kötődéséből fakad, miáltal más citokróm P450-függő enzim aktivitását is képes gátolni (Stein és mtsai, 2014).

Hímivarú patkányokon elvégzett toxicológiai kutatás eredményei endokrin diszruptor és reprodukciót károsító hatásokról számolnak be a prokloráz szájon át történő (50, 100 és 200 mg/ttkg) adagolása esetén, mivel a molekula a szteroidhormonok bioszintézisét katalizáló enzimek működését gátolhatja, valamint potenciálisan androgénreceptor-antagonista hatású,

következésképpen a gonádok és az ivarszervek fejlődési és működési zavarát okozhatja (Vinggaard és mtsai, 2002).

Fejlődésbiológiai és reprodukciós toxicitási vizsgálatokban a prokloráz zebra-dánió-embriókra teratogén hatást gyakorolt, valamint a kifejlett halakon ivari fejlődési rendellenességeket idézett elő (Domingues és mtsai, 2013; Baumann és mtsai, 2015).

A prokloráz továbbá negatívan befolyásolhatja a méhek reprodukciós képességét, így a populáció túlélésének valószínűségét is (Glavinic és mtsai, 2019).

A kémiai növényvédelem során kijuttatott peszticidek a nem előírás szerinti alkalmazásból és az esetleges túldozírozásból adódó veszélyek következtében nem csupán a célszervezeteket (károsító rovarok, gombák, gyomok), hanem a művelt területen élő vadmadarakat (fácán, fogoly, fűri) és azok szaporulatát - az előírtól magasabb dózisban való alkalmazás esetén fokozottabban - is károsíthatják (Lehel és mtsai, 2014). Madárteratológiai vizsgálatainkat annak igazolása érdekében végezzük, hogy a növényvédő szerek természetes körülmények között érvényesülő expozíciója embriótoxikus hatású lehet-e.

2. Anyag és módszer

Kísérletünkben a $40,5 \pm 2,0$ m/m% prokloráz hatóanyagot tartalmazó Faxer (Belchim Crop Protection Hungary Kft., Magyarország) gombaölő permetezőszert háromféle koncentrációban alkalmaztuk: 3,33 µl/ml (a fungicid engedélykiratában rögzített legmagasabb koncentráció), 6,66 µl/ml (a gyakorlati permetlé-töménység kétszeres dózisa) és 16,65 µl/ml (az engedélyezett legmagasabb permetlé-töménység ötszörös dózisa).

A vizsgálathoz szükséges, jó termékenységi mutatókkal rendelkező tyúktojások a Goldavis Baromfikeltező Kft. (Sármellék, Magyarország) vegyes hasznosítású, Avicolor fajtájú tenyésztéséből kerültek beszerzésre. A tojásokat méretük és tömegük alapján hasonló eloszlásban négy csoportba osztottuk ($\Sigma 40$ db tojás, $n=10$ /csoport).

A kezelést injektálásos módszerrel hajtottuk végre az inkubáció megkezdése előtt. A tojások héján lyukat fűrtünk, amelyen keresztül a vizsgálati anyag meghatározott koncentrációjú emulzióit mikropipettával, 0,1 ml végtérfogatban injektáltuk a tyúktojások légkamrájába. A lyukakat paraffinnal zártuk le. A tyúktojásokat a keltetőbe helyeztük és elindítottuk az inkubációt.

A keltetés RAGUS® (Bécs, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben történt, az embriófejlődéshez megfelelő hőmérséklet (37-38 °C) és relatív páratartalom (65-75%) biztosítása mellett. A letapadás elkerülése érdekében a keltetőben lévő tojásokat naponta kétszer forgattuk (Bogenfurst, 2004).

A tojás és az embriók feldolgozására az inkubáció 3. napján került sor. A vizsgálat során a tojásokat laborcipesz és olló segítségével a légkamránál felbontottuk. Eltávolításra került a légkamrát fedő mézhéj és az embriót határoló héjmembrán, valamint az embrió feletti felesleges tojásfehérjét leöntöttük. A csírákorongra 1 csepp, 0,01%-os ozmium-tetroxidot cseppenttünk, megfestve és fixálva az embriót, ami így könnyebben vizsgálhatóvá vált. Ezt követően szűrőpapír-korongot helyeztünk a csírapajzsra, ami mentén körbevágtuk a szikhártyát. A szűrőpapír-korongról leválasztott házityúk-embriót madárfiziológiás sóoldatban (0,75tf% NaCl) tárgylemezre úsztattuk, és az így elkészített csírákorong metszeteket fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk (Szabó, 2009).

A korai embrionális fejlődési vizsgálatban kapott embriómortalitási adatok és fejlődési rendellenességek biometriai értékelése Fisher-féle egzakt teszt alkalmazásával történt.

3. Eredmények és értékelésük

A kezeletlen kontroll csoportban embrióelhalást nem tapasztaltunk (0%). Egy élő házityúk-embrió esetében gyengébben fejlett testet és szikérhálózatot figyeltünk meg (10%).

A gombaölő szerrel gyakorlati permetlé-töménységnek megfelelő koncentrációban (3,33 µl/ml) elvégzett kezelés hatására kettő embrió pusztult el (20%), valamint két élő házityúk-embriónál detektáltunk morfológiai elváltozást (25%).

A kétszeres dózisu (6,66 µl/ml) proklorázzal kezelt csoportban szintén kettő házityúk-embrió elhalását (20%) és két élő embrió malformációját (25%) tapasztaltuk.

Ezen két koncentráció kapcsán elmondható, hogy a kezelésekre hatására az embriómortalitás mértéke és a malformációk előfordulási gyakorisága a kontroll csoporthoz képest nőtt, de nem szignifikáns mértékben.

A gyakorlati permetlé-töménység ötszörös dózisának (16,65 µl/ml) hatására az embrionális fejlődés kezdeti szakaszában négy korai embrióelhalás (40%) jelentkezett. A hat élő házityúk-embrióból egynél tapasztaltunk fejlődési rendellenességet (16,66%). A kezelés eredményeként a kontroll csoporthoz viszonyítva szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben fokozódott az embriómortalitás. A fejlődési rendellenességek statisztikailag igazolható növekedést nem mutattak.

A kezelésekre hatására a mikroszkóposan detektálható malformációk típusánál minden esetben gyengén fejlett test, valamint gyengén fejlett szikérhálózat (vérgyűrű és vérszigetek formájában megnyilvánuló gátolt angiogenezis) került feljegyzésre.

4. Következtetések, javaslatok

Vizsgálatunk eredményei azt mutatták, hogy a prokloráz hatóanyagú Faxer fungicid embriótóxicus hatása a koncentráció növelésével fokozódott. Házityúk-embrió (*Gallus gallus domesticus*) tesztszervezeten az ötszörös dózistartományban szignifikáns mértékű ($p < 0,05$) mortalitás-emelkedés volt megfigyelhető a kontroll csoporthoz viszonyítva, ami dózisfüggő mérgehatást feltételez. Ellenben teratogenitást a vizsgált koncentrációk (3,33 µl/ml; 6,66 µl/ml; 16,65 µl/ml) esetében nem tapasztaltunk az embrionális fejlődés harmadik napján.

Haselman és munkatársai (2018) *Xenopus laevis* kétéltűfajon a krónikus prokloráz-expozíció hatásait több életszakaszon keresztül vizsgálták. A kezeléseket embriókorban kezdték, 0; 6,7; 20; 60 és 180 µg/L koncentrációkkal. A kórszövettani vizsgálat során az általuk detektált hepatotoxikus és nefrotoxikus elváltozás a dózis növelésével pozitívan korrelált. Továbbá a kutatás megerősítette a prokloráz antiandrogén (androgénreceptor-antagonista), valamint endokrin diszruptor hatását a hipotalamusz-hipofízis-gonád (HPG), -pajzsmirigy (HPT) és -mellékvesekéreg (HPA) tengelyek érintettségével.

Domingues és munkatársai (2013) zebraadánió-embriók (*Danio rerio*) és kifejlett zebraadániók közötti érzékenységbeli különbségeket tanulmányoztak 4,6 és 8,5 mg/L közötti prokloráz-koncentrációk hatására, 96 órás expozíciós időt követően. OECD által rögzített vizsgálati irányelvek alapján dolgoztak, amelyet kiegészítettek kolinészteráz, glutation-S-transzferáz és laktát-dehidrogenáz biomarkerek elemzése céljából. Ezen biomarkerek változása kapcsán arra a következtetésre jutottak, hogy a korai életszakasz szubletális szinten nagyobb érzékenységet mutat, mint az adult stádium. Vizsgálatukban közepes koncentrációnál a prokloráz teratogénnek (gerincdeformációk, ödémák, pigmentációhiány, szívfrekvencia-lassulás) bizonyult. A zebraadánió érzékenysége tehát nagyban függ annak fejlődési stádiumától.

Az általunk házityúk-embrión elvégzett vizsgálatban a prokloráz-tartalmú fungicid dózisfüggő embriótóxicitása az ötszörös dózistartományban az embriók fatális, szignifikáns mértékű ($p < 0,05$) károsodását indukálta. Teratogén hatás nem volt igazolható.

Teratológiai kutatásaink alátámasztják azon tézisünket, miszerint a madárembrió jól alkalmazható a fejlődésbiológiai vizsgálatokban, mivel megfelelő érzékenységgel jelzi a különböző kémiai ágensek károsító hatását (*Várnagy és mtsai, 2003*).

5. Felhasznált irodalom

- Baumann, L., Knörr, S., Keiter, S., Nagel, T., Segner, H., Braunbeck, T. (2015). Prochloraz causes irreversible masculinization of zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22(21):16417–16422.
- Bogenfürst F. (2004). A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó, Budapest, 42–63.
- Buzás A., Major L., Batta S., Lányi K. (2023). A prochloráz penetrációja a növényi szövetekbe posztharvest alkalmazás során és mérgező hatása házityúk-embriókra. *Georgikon for Agriculture*. 27(1): 117–122.
- Domingues, I., Oliveira, R., Musso, C., Cardoso, M., Soares, A. M. V. M., Loureiro, S. (2013). Prochloraz effects on biomarkers activity in zebrafish early life stages and adults. *Environ. Toxicol.*, 28(3): 155–163.
- Glavinic, U., Tesovnik, T., Stevanovic, J., Zorc, M., Cizelj, I., Stanimirovic, Z., Narat, M. (2019). Response of adult honey bees treated in larval stage with prochloraz to infection with *Nosema ceranae*. *PeerJ.*, 7.e6325. doi: 10.7717/peerj.6325. eCollection 2019.
- Haselman, J. T., Kosian, P. A., Korte, J. J., Olmstead, A. W., Degitz, S. J. (2018). Effects of multiple life stage exposure to the fungicide prochloraz in *Xenopus laevis*: manifestations of antiandrogenic and other modes of toxicity. *Aquat. Toxicol.*, 199: 240–251.
- Heise, T., Schmidt, F., Knebel, C., Rieke, S., Haider, W., Geburek, I., Niemann, L., Marx-Stoeltin, P. (2018). Hepatotoxic combination effects of three azole fungicides in a broad dose range. *Arch. Toxicol.*, 92(2): 859–872.
- Lehel J., Szabó R., Gajcsi D., Jakab Cs., Grúz A., Kormos É., Budai P. (2014). A réz-szulfát és a klórpírifosz interakciós toxicitási vizsgálata csirkeembrión. *Magy. Áo. Lapja*, 136(8). 494–500.
- Stein, B., Michalski, B., Martin, S., Pfeil, R., Ritz, V., Solecki, R. (2014). Human health risk assessment from combined exposure in the framework of plant protection products and biocidal products. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 9: 367–376
- Szabó R. (2009). Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (Dual Gold 960 EC, Stomp 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriókon. PhD. értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 77–85.
- 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.
- Vinggaard, A. M., Nellemann, C., Dalgaard, M., Jørgensen, E. B., Andersen, H. R. (2002). Antiandrogenic effects in vitro and in vivo of the fungicide prochloraz. *Toxicol. Sci.*, 69(2): 344–353. doi: 10.1093/toxsci/69.2.344.

Tojástól a tyúkig: mikrobaközösségeik változásai és kapcsolatai

Csitári Gábor

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

csitari.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben az újgenerációs DNS szekvenálási eljárások elterjedése miatt hatalmas fejlődés történt a tojás külső és belső szennyezettségének vizsgálatában, összefüggésben a broilerek bélcsatornájában élő mikroorganizmusok alaposabb megismerésével. A kikelő csibe bél mikrobióta időbeli változásának megismerése, a tojótyúk és a környezet hatásának tisztázása során a tojótyúk és a csibe közti mikrobiális terjedési, átviteli utakat, az ismert horizontális útvonalak mellett a vertikális terjedést (tojóból a csibebe) is sikerült jobban jellemezni. A mikrobiális közösségek pontosabb leírása, funkcióik jobb megismerése lehetővé tette azt is, hogy a mikrobaközösségek összetételének célzott módosításával javítsák a csirke növekedési jellemzőit, betegségekkel szembeni ellenállóságát. Az újabb ismeretek a mikrobiális közösségek összetételéről és terjedési útjairól lehetővé teszik a pre- és probiotikumok hatékonyabb alkalmazását.

1. Általános bevezetés

A brojlercsirkék tenyésztésének jelenlegi üzemi körülményei között a csibék szinte steril körülmények között kelnek ki. Ez merőben eltér a természetes körülményektől. A kiscsirkék a fészekben a tojóval/kotlóssal szoros kapcsolatban nőttek fel élő környezetben, míg jelenleg tiszta keltetőkhöz, a tojótól elszakítva. A tojóval való kapcsolat hiányában nincs közvetlen anyai mikrobióta átadás, így a csibe bél mikrobiótája folyamatos változáson megy keresztül amíg eléri az ivarérett madárra jellemző állapotot. A korai „éretlen” állapot miatt a csibék érzékenyek a különböző mikrobiális fertőzésekre. A csibe bél mikrobióta változását számos külső, környezeti tényező befolyásolja. A csirke bél mikrobióták és időbeli változásuk mostanra jól leírt folyamat (Rychlík, 2020). A vakbélben az első héten a Gram-negatív *Proteobacteria* törzs tagjai, főleg az *Escherichia coli* dominál, majd azt a második hét alatt a *Firmicutes* törzsbe, *Lachnospiraceae* és *Ruminococcaceae* osztályokba tartozó Gram-pozitív mikrobák váltják. Később a *Bacteroidetes* törzs és *Veillonellaceae* család (*Firmicutes*) tagjai is megjelennek. A *Firmicutes* dominanciát az élet későbbi részében a *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae* és *Porphyromonadaceae* családokba (*Bacteroidetes*) tartozó Gram-negatív mikrobák csökkentik. Ezek a változások a mesterséges tenyésztési körülmények miatt alakultak ki, a tojóval együtt tartott csibebe átjutnak a tojó mikrobái, így bél mikrobiótája sokkal hamarabb eléri az érett állapotot. A csibe bél mikrobióta időbeli változást lehet és gyakran érdemes is mesterségesen befolyásolni, pl. különböző probiotikumok alkalmazásával. A kutatások során azonban azt is igazolták, hogy a tojótól való elszigetelés még a jelenlegi állattenyésztési rendszerekben sem teljes, történik anyai mikroba átvitel. Ezekben a vizsgálatokban kulcs szerepe volt, van az újgenerációs szekvenálási (*next generation sequencing*, NGS) módszereknek, amelyek alkalmazása korábban nem is feltételezett mennyiségű új ismeretet eredményezett.

A 16S rDNS szekvenciák, pontosabban azok 200-400 nukleotid hosszúságú részének bioinformatikai feldolgozása után a mikroorganizmusok különböző szintű rendszertani szinteken azonosíthatók és a közöttük levő kapcsolatok statisztikai módszerekkel vizsgálhatók. A DNS alapú módszerek segítségével a nem tenyészthető mikroorganizmusok is azonosíthatók lettek,

és a kimutatási határ is csökkent (Gupta és mtsai, 2019). Az NGS a többi módszerhez képest nem sokkal drágább, és alkalmas nagyszámú minta feldolgozására is. Számos előnye mellett az NGS hátrányokkal is rendelkezik. Ideális esetben adott mintából az összes DNS-t izolálni lehet, és az izolált DNS teljes egésze felhasználható az eljárás során. A gyakorlatban azonban ez nincs így. A minta kezelése, homogenizálása, a DNS kivonása és tisztítása, a szekvencia adatok feldolgozási módja mind erősen befolyásolja, hogy a folyamat végén mennyire hűen kapjuk meg a vizsgált mikrobióta eredeti összetételét (Wintzingerode és mtsai, 1997).

A továbbiakban röviden jellemezzük a tojás és a csibék mikrobiális közösségeit és azok egymással való kapcsolatait, a mikrobák terjedési útvonalait. A csibe fejlődése a tojásból indul, így a tojánhéj mikrobiótájának jellemzésével kezdjük a leírást.

2. A tojánhéj mikrobiótája

A tojások, a tojánhéj mikrobiális szennyezettség vizsgálatának alapvetően egészségügyi okai voltak. Több kórokozó, elsősorban a *Salmonella* Enteritidis a tojásból készült ételek elfogyasztása után súlyos ételfertőzéseket okozhat, ezért alapvető fontosságú az egészségügyi szempontból biztonságos tojások termelése. Az üzemi gyakorlat elsősorban a humán megbetegedések megelőzése szerint alakult, természetesen a termelés gazdaságossági szempontjait is figyelembe véve.

A tojánhéj mikrobióta vizsgálatáról számos eredményt tettek közzé, a 2000-es évekig főleg tenyésztéses vizsgálatok alapján. Ezek szerint a tojánhéj jellemző mikrobiótáját elsősorban Gram-pozitív mikroorganizmusok alkotják. A leggyakrabban leírt nemzetségek a *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Cytophaga*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* és *Staphylococcus* voltak (Mayes és Takeball, 1983). Ami a mikrobák mennyiségét illeti, azt 10^3 körüli értékre becsülték tojásonként.

A broilerek tojánhéj mikrobiótájáról, Maki és mtsai (2020) és Trudeau és mtsai (2020) közöltek részletes, NGS alkalmazásával kapott adatokat. Eredményeik alapján a *Firmicutes* a domináns törzs, a *Proteobacteria*, *Actinobacteria* és *Bacteroidetes* törzsek tagjai változó arányban találhatóak a tojánhéjon. Magasabb taxonómiai szinteken (törzs és család) viszonylag kevés az eltérés, nemzetség szinten már jóval több különbség található, nemcsak a különböző szerzők adatai, hanem adott kísérletnek különböző kezeléseik között is (Maki és mtsai, 2020). A tartástechnológia és más körülmények is erősen befolyásolják a mikrobióta összetételét, pl. a szabadon vagy ketrecben tartott csirkék esetén nagyon eltérő a *Fusobacterium* törzsbe tartozó mikrobák relatív gyakorisága (Trudeau és mtsai, 2020).

A tojánhéjon található mikrobiótának fontos szerepe lehet a csirke bélflóra kialakításában, mivel a kelés során, a csibe részben elfogyasztja a tojánhéjat, és az azon levő mikrobák szelektíven feldúsulhatnak, elszaporodhatnak a bélcsatornájában. A kutatók egy része szerint elsősorban a környezeti források határozzák meg a kifejlődő csibe bélflóráját (Rychlik, 2020; Volf és mtsai 2021), bár a leírt vizsgálati módszerek több ponton is vitathatóak. Az is lehetséges, hogy a mikrobák a tojánhéjről a tojás belsejébe penetrálnak, és az embrióba eljutva befolyásolják mikrobaközösségei összetételét (De Reu és mtsai, 2006). Maki és mtsai (2020) kísérletében egymástól elkülönítve vizsgálták a tojánhéj és a környezet hatásait. Megállapították, hogy a vakbél és vékonybél (*jejunum* és *ileum*) mikrobiális közösségeinek összetétele függött az alkalmazott mikrobiális forrástól (tojánhéj vagy környezet). A csirke bél mikrobióta végső közösségi összetétele valószínűleg a tojánhéjon levő (a tojó bélcsatornájából származó) és a környezetből származó mikroorganizmusok közötti komplex kölcsönhatások eredményeképp alakul ki, az egyik vagy másik forrás hiánya szignifikáns eltolódásokat okoz a mikrobiális közösség összetételében és fejlődésében (Maki és mtsai, 2020).

3. Tojánhéjra juttatott mikrobák

Feltételezhető, de még nem igazolt, hogy vannak olyan időszakok a csirke növekedése során, amikor sokkal fogékonyabb a bélflóra megváltoztatására, mint máskor. Ezek az időszakok ideálisak a mikrobiális készítmények bejuttatására. A tojánhéjra juttatott mikrobák alkalmazása ígéretes lehetőség a csibe bél mikrobióta korai befolyásolására, de hasznosságáról megoszló a szakirodalom. *Donaldson és mtsai (2017)* egy napos tojásokra juttattak hígított vakbél tartalmat, hogy vizsgálják annak a kikelő csibére gyakorolt hatását. A kezelések okoztak kimutatható változást a kikelő csibe vakbél mikrobiális közösségének összetételében, de a csirke termelésben fontos növekedési paramétereit nem változtatták meg. *Richard-Rios és mtsai (2020)* tojótyúkok vakbél tartalmát permetezték tojásokra a keltetés 2., 7., 14. és 18. napján. Vizsgálataik szerint ez a kezelés elegendő volt a spóráképző *Lachnospiraceae* és *Ruminococcaceae* családokba tartozó mikrobák átviteléhez. Azonban más a vakbél mikrobiótában fontos családok pl. *Bacteroidaceae*, *Lactobacillaceae*, *Bifidobacteriaceae* és *Burkholderiaceae* tagjaink átvitele nem volt kimutatható. A kezelés megváltoztatta a mikrobaközösség összetételét, ez a hatás a kelés utáni 3. napon volt a legjelentősebb. A csirkék későbbi növekedési paramétereit nem vizsgálták, és provokációs fertőzési tesztek se végeztek, hogy igazolják a csirkék megnövekedett ellenálló-képességét.

4. *In ovo* probiotikum alkalmazások

A probiotikumokat és más készítményeket nem csak kelés előtt a tojásra permetezve használják, de kipróbálták a kelés előtti tojásba juttatás (*in ovo*) alkalmazásukat is. Ilyen kísérleteket már akkor végeztek, amikor még nem igazolták, hogy a tojás belseje, a kifejlődő embrió bélcsatornája nem steril. 1992-ben *Cox és mtsai* egy kompetitív kizáráson alapuló probiotikum eredményes *in ovo* bejuttatásáról számoltak be. Azóta számos közlemény jelent meg az ismert vagy ismeretlen összetételű mikrobiális készítmények alkalmazásáról. *Leao és mtsai (2021)* 25 közleményt feldolgozó metaanalízisükben megállapították, hogy a szakirodalomban leírt *in ovo* probiotikum kezelések nem befolyásolták a kelési paramétereket és javították a kelés utáni teljesítményt, az alkalmazott mikrobától, inokulálástól és a broiler fajtájától függően. A legjobb eredményeket a *Bifidobacterium*, és az *Enterococcus* probiotikumok mutatták, és a tojássárgája bizonyult a legjobb inokulálási helynek. Valószínűleg azért, mert az *in ovo* inokulálások a keltetés 18. napja után történtek, amikor sárgája már be tud jutni az embrió bélcsatornájába (*Leao és mtsai, 2021*).

5. A tojásbelső bakteriótája

A tojánhéjra megtelepedő mikrobaközösség összetétele régóta ismert, a tojás belsejét azonban sokáig csíramentesnek gondolták. Egy 1983-ban megjelent szemle cikk szerint a tojások több mint 90%-a nem tartalmaz mikrobákat (*Mayes és Takeball, 1983*). Több jelenlegi tanulmányban is megjelenik az a vélemény, hogy a tojásrakáskor a tojás belseje, később az embrió és a tojásból kikelő madár is steril (*Richard-Rios és mtsai, 2020; Volf és mtsai, 2021*). Ezt a véleményt már korábban számos gyakorlati tapasztalat és megfigyelés kérdőjelezte meg. A leírt eseteket azonban kivételként kezelték és általában úgy gondolták, hogy tojás védekező mechanizmusai hatékonyan képesek megelőzni a mikrobák bejutását és elszaporodását a tojás belsejében. A tojótyúk szaporítószerveit sterilnek tartották, tehát onnan sem feltételezték mikrobáknak a tojásba jutását.

A tojás védekező mechanizmusai eltérő mértékben akadályozzák a különböző mikroorganizmusok bejutását és elszaporodását. A jól penetrálódó fajok közé tartoznak a *Campylobacter*

jejuni, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens* és az *Alcaligenes*, *Proteus*, *Pseudomonas* és *Salmonella* nemzetségek tagjai, amelyek a tojás romlásának gyakori okozói, illetve a különböző humán fertőzések kórokozói (Mayes és Takeball, 1983; Berrang és mtsai, 1999). A Gram-negatív mikrobák általában jobban alkalmazkodtak a tojás antimikrobiális hatású összetevőihöz, mint a Gram-pozitívak. Ezt támasztják alá Jin és mtsai (2022) eredményei is, amelyek szerint a tojásfehérje domináns törzse a tojásrakás időpontjában a *Proteobacteria* (60,3%), amit a *Firmicutes* (21,9%), *Bacteroidetes* (7,2%) és *Actinobacteria* (6,5%) követ. A keltetés alatt a tojásfehérje mikrobaközösségének diverzitása csökken, a *Proteobacterium* törzs aránya nő (a 12. napra 75,8%), a *Firmicutes* és *Bacteroidetes* aránya csökken (9,3% és 3,1%).

A tojássárgájában jellemzően a *Proteobacteria* törzs tagjai dominálnak (60-80%), a *Firmicutes* (15-30%), *Bacteroidetes* és *Actinobacteria* törzs tagjai jóval kisebb relatív gyakorisággal fordulnak elő (Ding és mtsai, 2021). Ez egyezik a korábbi, Gram-negatív mikrobák dominanciáját mutató tenyésztésen alapuló vizsgálatok eredményeivel. Ding és mtsai. (2021) eredményei azt mutatják, hogy a tojássárgája mikrobióta alig változik a keltetés alatt. Vizsgálataik szerint az embrionális fejlődés 19. napján törzs szinten nagy a hasonlóság a tojássárgája és az embrió bélcsatorna mikrobióta között, nemzetség szinten viszont számos különbség mutatható ki. Ez azt jelenti, hogy a tojássárgája mikroorganizmusainak többsége bejuthatott az embrió tápcsatornájába, és az új élőhely eltérő fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságai miatt különbözően képes adaptálódni a megváltozott körülményekhez. Az elvégzett forráskövetés vizsgálat szerint az embrió bélcsatorna mikrobióta 89%-a a tojássárgájából származott (Ding és mtsai, 2021). A probiotikumok és szimbiotikumok *in ovo* alkalmazásának eredményessége is részben a tojássárgája mikrobáinak embrióba jutásán alapul.

6. A tojótyúk reproduktív szerveinek mikrobiótája

A *Salmonella* fajok terjedésével és más patogénnel (pl. *Campylobacter*) kapcsolatos megfigyelések (Wales és Davis, 2011; Cox és mtsai, 2012) alapján ma már a tojótyúk reproduktív szerveit nem tartják sterilnek, ott nem csak kórokozók, hanem más mikroorganizmusok is megtelepedhetnek és elszaporodhatnak (Lee és mtsai, 2019; Su és mtsai, 2021). Harry (1963) tenyésztésen alapuló kísérleti eredményei során a vizsgált madarak petefészkeinek 43%-ból tudott *Lactococcus* és *Micrococcus* fajokat izolálni. Ismereteink szerint a tojó szaporítószerveinek mikrobiótáját csak Lee és mtsai (2019) és Su és mtsai (2021) vizsgálták NGS alkalmazásával. Eredményeik alapján a reproduktív szervek bakteriótáját elsősorban a *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* és *Actinobacteria* törzsekbe tartozó mikrobák alkotják. Nemzetség szinten a *Lactobacillus*, *Exiguobacterium*, *Bacteroides* és *Pseudomonas* a leggyakoribbak, és ezek alkotják a közös, a reproduktív szervek minden szakaszán előforduló nemzetségeket is. Lee és mtsai (2019) szerint a baktérium nemzetségek relatív gyakorisága állandó a petevezeték különböző szakaszaiban, és a baktérium fajok száma jelentősen megnő az ivarérettség elérése után. A különböző helyek (petevezeték, kloáka, tojásbél, tojásfehérje, embrió bélcsatorna) mikrobiótáját összehasonlítva 21 közös, mindegyikben előforduló fajt mutattak ki. Vizsgálataik alapján úgy tűnik, hogy az anyai petevezetékben élő mikrobióta egy része a tojásfehérjén keresztül átkerül az embrióba és ott a bélcsatorna mikrobáinak jelentős részét adja.

7. A csirke embrió bél bakteriótája

Számos korábbi és jelenlegi tanulmányban is megjelenik az a vélemény, hogy a tojás belseje nem tartalmaz mikroorganizmusokat, az abból kikelő madár steril (Volf és mtsai, 2021). Ezt cáfolva a csirke embrió bélflórájának összetételéről és időbeli változásáról az embriogenezis alatt három kutatócsoport is közölt 16S rDNS szekvenáláson alapuló részletes adatokat (Ding

és mtsai, 2017; Akinyemi és mtsai., 2020; Ding és mtsai, 2021). Megállapították, hogy az embrió nem steril, a kimutatott 28 törzs közül a *Proteobacteria* törzs a leggyakoribb (86%), amit a *Firmicutes* (5%), *Bacteroidetes* (4%) és *Actinobacteria* (3%) törzsek követnek. Az embrió mikrobióta időben változik is.

Ding és mtsai (2021) a 19 és 21 napos embriók bél bakteriótáját és annak a tojássárgája bakteriótájával való kapcsolatát vizsgálták. A 21. nap a kelés napja volt, így a kelés előtti embriónális állapotot és a kelés után a külső környezet és takarmány hatását is össze tudták hasonlítani. A keltetés 19. napján az embrió bélcsatornájában a domináns mikrobák relatív gyakorisága nagyon hasonló volt a tojássárgájában levő mikrobákéhoz. Mindkét helyen jellemző volt a *Proteobacteria* törzs dominanciája, amit a *Firmicutes* követett. A kelés utáni bél mikrobaközösség összetétele nagyobb fluktuációt mutatott az embriónálisnál, de a diverzitást jelző indexek értékei nem változtak szignifikánsan. A változatlan diverzitás mellett azonban a *Proteobacteria* törzs aránya csökkent, míg a *Firmicutes* törzs aránya nőtt.

8. Csirke bél mikrobióta megváltoztatásának lehetőségei

A probiotikumok más néven *direct-fed microbial* (DFM) olyan ismert élő nem-patogén mikrobák vagy keverékek, amelyek megfelelő mennyiségben adva egészségesebbé teszik a gazdaállatot (FAO definíció, Yadav és Jha, 2019). A broiler tenyésztésben jelenleg alkalmazott probiotikumok nagyrészt a *Lactobacillus* nemzetség különböző tagjai (*L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. lactis*, *L. salivarius*, *L. plantarum*) és a *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis*, *Bacillus* és *Bifidobacterium* fajok közé tartoznak. A felsorolt fajok fakultatív anaerobok, de mellettük anaerob fajok (pl. *Megamonas*, *Megasphaera* vagy *Bacteroides*) felhasználását is javasolják (Rychlik, 2020). A probiotikumok bejuttatása általában etetéssel történik, változó életkorban. A probiotikumok hatásmechanizmusuk sokféle lehet: patogének kompetitív kizárása, enterotoxinok semlegesítése, bél és immunrendszer érési folyamatainak gyorsítása, gyulladási folyamatok megelőzése, anyagcsere-folyamatok módosítása. Az alkalmazás időpontját, a probiotikum kiválasztását segítik azok az ismeretek, amelyek a tojás mikrobióták és a tojó bélcsatorna mikrobióták vizsgálatából állnak rendelkezésünkre. A tojás és tyúk mikrobaközösségeinek jobb megismerése, összetételének funkcióinak részletes vizsgálata jelentősen javította a probiotikum használat tudatosságát és talán hatékonyságát is. Mindazonáltal jelenleg a probiotikumok alkalmazásáról szóló közleményekben a számos pozitív eredmény mellett jónéhány olyan is található, ahol a kutatók nem igazolták az adott probiotikum mikrobaközösségeket megváltoztató vagy a madár növekedési paramétereit javító hatását (Waititu és mtsai, 2014; Yadav és Jha, 2019;). Ennek okainak feltárása, a környezet, az állat és a mikrobaközösségek közti kölcsönhatások jobb megismerése a további kutatások feladata.

9. Felhasznált irodalom

- Akinyemi, F. T., Ding, J., Zhou, H., Xu, K. He, C., Han, C., Zheng, Y., Luo, H., Yang, K., Gu, C., Huang, Q., Meng, H. (2020). Dynamic distribution of gut microbiota during embryonic development in chicken. *Poultry Science*, 99(10), 5079–5090.
- Berrang, M.E., Cox, N.A., Frank, J.F., Buhr, R.J. (1999). Bacterial penetration of the eggshell and shell membranes of the chicken hatching egg: A review, *Journal of Applied Poultry Research*, 8(4), 499-504.
- Cox, N. A., Richardson, L. J., Maurer, J. J. et al. (2012). Evidence for horizontal and vertical transmission in *Campylobacter* passage from hen to her progeny. *Journal of Food Protection*, 75(10), 1896–1902.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Messens, W., Heyndrick, M., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. (2006). Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella enteritidis*. *International Journal of Food Microbiology*, 112(3), 253–260.
- Ding, J., Dai, R., Yang, L., He, C., Xu, K., Liu, S., Zhao, W., Xiao, L., Luo, L., Zhang, Y., Meng, H. (2017). Inheritance and establishment of gut microbiota in chickens. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1967.

- Ding, P., Liu, H., Tong, Y., He, X., Yin, X., Yin, Y., Zhang, H., Song, Z. (2021). Developmental change of yolk microbiota and its role on early colonization of intestinal microbiota in chicken embryo. *Animals*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.3390/ani12010016>
- Donaldson, E. E., Stanley, D., Hughes, R. J., Moore, R. J. (2017). The time-course of broiler intestinal microbiota development after administration of cecal contents to incubating eggs. *PeerJ*, 5, e3587. <https://doi.org/10.7717/peerj.3587>
- Gupta, S., Mortensen, M.S., Schjørring, S. (2019). Amplicon sequencing provides more accurate microbiome information in healthy children compared to culturing. *Communications Biology*, 2, 291 (2019). <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0540-1>
- Harry, E.G. (1963). Some observations on the bacterial content of the ovary and oviduct of the fowl. *British Poultry Science*, 4:63–70.
- Leao, A.P.A., Alvarenga, R.R., Zangeronimo, M.G. (2021). In ovo inoculation of probiotics for broiler chickens: Systematic review and meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 280, 115080. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115080
- Lee, S., La, T.M., Lee, H.J. et al. (2019). Characterization of microbial communities in the chicken oviduct and the origin of chicken embryo gut microbiota. *Sci. Rep.*, 9, 6838. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43280-w>
- Maki, J.J., Bobeck, E.A., Sylte, M.J. et al. (2020). Eggshell and environmental bacteria contribute to the intestinal microbiota of growing chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 11, 60.
- Mayes, F. J., Takeballi, M. A. (1983). Microbial contamination of the hen's egg: A review. *Journal of food protection*, 46(12), 1092–1098.
- Nurmi, E., Nuotio, L., Schneitz, C. (1992). The competitive exclusion concept: development and future. *International Journal of Food Microbiology*, 15 (3-4), 237–240.
- Rantala M., Nurmi E. (1973). Prevention of the growth of *Salmonella infantis* in chicks by the flora of the alimentary tract of chickens. *British Poultry Science*, 14:627– 630.
- Rychlik I. (2020). Composition and function of chicken gut microbiota. *Animals*, 10 (1), 103. <https://doi.org/10.3390/ani10010103>
- Shehata, A. M., Paswan, V. K. et al. (2021). Managing gut microbiota through in ovo nutrition influences early-life programming in broiler chickens. *Animals*, 11(12), 3491. <https://doi.org/10.3390/ani11123491>
- Trudeau, S., Thibodeau, A., Côté, J. C., Gaucher, M. L., Fravallo, P. (2020). Contribution of the broiler breeders' fecal microbiota to the establishment of the eggshell microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 11, 666. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00666>
- Yadav, S., Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10, 2. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Volf, J., Crhanova, M. et al. (2021). Eggshell and feed microbiota do not represent major sources of gut anaerobes for chickens in commercial production. *Microorganisms*, 9, 1480. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071480>
- Wales, A. D., Davies, R. H. (2011). A critical review of *Salmonella Typhimurium* infection in laying hens. *Avian pathology*, 40(5), 429–436.
- Waititu, S. M., Yitbarek, A. et al. (2014). Effect of supplementing direct-fed microbials on broiler performance, nutrient digestibilities, and immune responses. *Poultry Science*, 93(3), 625–635. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03575>
- Wintzingerode, F., Göbel, U. B., Stackebrandt, E. (1997). Determination of microbial diversity in environmental samples: pitfalls of PCR-based rRNA analysis. *FEMS Microbiology Reviews*, 21(3), 213–229.

Tojásábrázolás az európai festészetben és az abból levonható tenyésztéstörténeti következtetések

Pető Lilla – Sütő Zoltán

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Állattenyésztési Tudományok

Intézet, Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék

petolilla0125@gmail.com

Összefoglalás

Gyűjtő és elemző munkát folytattunk a tojás 2000 éves európai festészeti ábrázolásával kapcsolatban, vizuális bizonyítékokat keresve, hogy a történelmi korokban milyen színű tojásokat örökítettek meg a művészek. A gyűjtőmunkát interneten, képtárakban és katalógusokban folytattuk, de a keresésben 'mesterséges intelligenciát' is igénybe vettünk. A festészeti alkotások tanulmányozása mellett 166 tyúkfajta leírását is feldolgoztuk. Az általunk talált 41 festményen a tojások színe egyértelműen nem 'barna', sokkal inkább a dzsungelyűkora jellemző világos, izabella szín. Az első századtól a XX. század első feléig kellett várni ahhoz, hogy a mai európai fogyasztók által annyira közkedvelt barna méshéjú tojás valamely festményről visszaköszöjjön ránk. Megállapítottuk, hogy Európában semmiképpen nem tekinthető ősinék vagy tradicionálisnak a barna színű tojás, ahogy ezt a fogyasztók többsége gondolja. A XIX. század második és a XX. század első felében a barna, vagy sötétbarna méshéjú tojásokat termelő fajták többségét az USA-ban és Kínában nemesítették ki. A barna színű tojások széleskörű elterjedése a XX. század közepétől a középnehéz testű (Rhode típusú) tojóhibridek népszerűvé válásának köszönhető, ami érdekes módon pont az intenzív termelési rendszerek elterjedését vonta maga után. A barna tojás tehát nem egyenlő az extenzív körülmények között előállított parasztojással.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hazai állattenyésztéstan oktatásának egyik alapműve *Horn Artúr* (1955) 'Általános állattenyésztés' című munkája. Ebben a Szerző *Albrecht Dürer* (1471) 'A tékozló fiú' (rézmetszet) című képét használta annak illusztrálására, hogy 500 év alatt a vaddisznó kinézetű házisertéstől, hova jutott el az állatnemesítés a XX. század közepére.

A baromfityenyésztés köréből több példa is ismert, amikor az egyes szakírók másképpen ítélik meg egy tenyésztéstörténeti kérdést. Ilyen az amerikai kontinensen őshonos és innen származó pulyka háziásítása, európai megjelenése és elterjedése. Hogy nézhetett ki az a pulyka, amit a spanyolok láttak és behoztak Európába?

Alexander Geraldini, aki Santo Domingo (Haiti) első püspöke volt, 1520 körül ajándékba küldött egy pár pulykát Rómába. A címzett vagy X. Leó pápa, vagy az ő pártfogoltja, az ugyancsak firenzei származású Lorenzo Pucci bíboros volt. A feljegyzések tanúsága szerint a tojó fehér színű volt (Sütő, 1997). A pulyka első megjelenése Rómában akkora feltűnést keltett, hogy 1522-23-ban a firenzei Giulio de 'Medici bíboros megbízta Giovanni da Udinet – Raffaello tanítványát – hogy római villájában (Villa Madama) a boltozatra fessen antik áldozati állatokat: struccot, pávát, kecskebakot és egy pulykát. Ez a pulyka első európai művészi ábrázolása, amely 1522-23-ból származik. Az oldalnézetben látható pulyka egy ivarérett, sátorozó kakas, aminek zsemle sárga színe még csak nem is emlékeztet a Közép- és Észak-Amerikában honos vadpulyka (*Meleagris gallopavo*, Linne, 1758) egyetlen alfajának színére sem.

Egy teória szerint a pulyka Észak-Amerikából a normannok közvetítésével jutott volna el Európába. Az ötletet az is táplálta, hogy a Schleswigi Dóm 1280 körül készített fal-festményén

pulykaábrázolást találtak (*Bökönyi és Jánossy, 1958*). A Német Szövetségi Köztársaságban 1951-ben nagy port kavart fel az a szándékos hamisítási ügy, ami során Lothar Malskat a lübecki rendőrségen feljelentette saját magát, hogy a Marienkirche összes freskóját középkori stílusban ő festette és bevallotta, hogy a schleswigi dómban az 1938-as helyreállítási munkálatok során átfestett egy freskócsoporthat, melyre pulykákat festett, pedig a pulykát Amerikában házasították, és az eredeti schleswigi freskók készítésekor még nem fedezték fel a kontinenst. A bíróság Malskatot 18 hónap börtönbüntetésre ítélte.

Agrártörténeti szempontból ugyancsak tanulságos a Feszty-körkép, *Feszty Árpád (1894)* 'A magyarok bejövetele' című körpanorámája a honfoglalásról, ami az ópusztaszeri Nemzeti Történeti Emlékparkban látható. A körképen a magyar szürkemarha ábrázolása a hétköznapi, laikus szemlélő számára azt sugallja, hogy a Kárpát-medencét elfoglaló magyarok már rendelkeztek ilyen jellegű szarvasmarhával. A fajtára vonatkozó tenyésztéstörténeti tény, hogy a magyar szürkemarhát a kunok hozták magukkal a XIII. században. Az Európa-szerre híres magyar szürkemarha, a középkori Magyarország külkereskedelmének legnagyobb értékű terméke volt, amely őshonos fajtaként mindmáig fennmaradt (*Horn, 2004*).

A művészet „a valóság visszatükrözése” a művész látásmódján átszűrve. Itt csak az a kérdés, hogy a művészi szabadság mennyiben ütköztethető az ábrázolás szakmai szempontból történő megítélésével. *Sütő (2018)* szerint a képzőművészet nagyon fontos segítséget adhat a történelemben összefüggéseket kereső kezébe, mert az állattenyésztés története elválaszthatatlan az emberi kultúra történetétől, az pedig az események látványát megörökítő művészi ábrázolásoktól.

A Leghorn fajtát a XIX. század első felében az Amerikai Egyesült Államokban tenyésztették ki úgy, hogy az olasz parlagi tyúkot keresztezték a wyandotte és a minorka fajtával. Nevét az olasz Livorno városáról kapta, ahol az Amerikába vitt olasz állományok döntő részét 1835 körül hajóra rakták. A fehér mészshjú tojást termelő Leghorn típusú hibridek mindegyikét ebből az alapfajtából kiindulva heterozisstenyésztéssel állították elő. A Rhode Island fajtát a XIX. század közepén tenyésztették ki ugyancsak az USA-ban. Alapjául a Rhode Island területén élő vörös parlagi tyúkfajtát használták, amelyet több (cochin, vörös maláji, szalmasárga sanghaji) fajtával is keresztezték, majd a tojástermelés növelése érdekében barna Leghorn kakasokat használtak keresztezési partnerként. Ma két színváltozatának van jelentősége: a vörös (arany) RIR és a fehér tollszínű (ezüst) RIW változatnak. Gazdasági jelentőségét főként annak köszönheti, hogy a tenyésztő vállalatok a fajtán belül kialakított számos vonalát használják fel a barna mészshjú tojást termelő tojóhibridek előállítására (*Sütő és Szász, 2013*).

Miután a két alapfajta tulajdonságait tekintve jelentősen eltér egymástól – ami a tojóhibridek két nagy csoportjának elkülönülését alapozta meg – ugyanakkor a fogyasztói piacok nagyon határozottan a tojáshéj színének preferenciája alapján különülnek el (ami vagy fehér vagy barna), ezért kísérleti céllal keresztezési konstrukciókat inkább csak a fajtatiszta tenyésztés időszakában találunk (*Warren, 1930, Godfrey és Jull, 1936, Knox és Olsen, 1937, Te Hennepe, 1937*). A 70-es, 80-as években a korai ivarérésre szelektált dél-afrikai Tokai plusz hibrid a krémszínű tojásaival nagy feltűnést keltett, de ugyanilyen tojásokat tojtak az amerikai Babcock és a kanadai Shaver cég hibridjei (Shaver 444 és 444T) is. Az ötlet mai létjogosultságát az adja, hogy ezzel a keresztezéssel a Rhode típusú hibridekhez képest csökkenthető a jércék felnevelési költsége és a beolazáskori élotömeg, így azonos tojástermelő képesség mellett javul a takarmányértékesítés, kisebb az ivóvíz-igény és a trágyatermelés, ami a barna színű tojást termelő régiókban (pl.: Európában és Afrikában) jó esélyt szolgáltat a környezeti (ökológiai) lábnyom csökkentéséhez.

2. Anyag és módszer

A gyűjtőmunkát interneten folytattuk (*Google Arts & Culture*) élve azzal a lehetőséggel, hogy a világ nagy képtárai ma már jelentős hozzáférést biztosítanak az általuk őrzött műkincsek távoli platformról történő megtekintéséhez, de számtalan katalógust és művészeti könyvet is (*Garas*, 1960; *Bavarian State Picture Coll.* 1986; *Stunkenbrock és Töpfer*, 1999; *Barkóczi és mtsai*, 2006) áttanulmányoztunk. A keresésébe még a mesterséges intelligenciát is igénybe vettük (*Google Lens*), ezzel együtt tévedés azt feltételezni, hogy a módszer a gyűjtő-munkát nagyon egyszerűvé tette volna. Tapasztalatunk szerint az egyetemes kultúrában a művészek és az alkotások lehetséges számához képest a tojásábrázolások száma rendkívül csekély. Munkánk során *Sütő* (2018) tanulmányát tekintettük referenciának és a célunk az volt, hogy az abban jegyzett festők listáját bővítsük a lehető legteljesebb mértékben úgy, hogy csak a tojásábrázolásokra szűkítsük le a kutatást. Összesen 42 ilyen tárgyú képet találtunk, melyeket azonosítottunk és katalogizáltunk.

Annak érdekében, hogy tanulmányunkban erősítsük a baromfitudományok szerepét, igen nagyszámú fajtaleírást tanulmányoztunk át (pl.: *American Standard of Perfection*, 1998; *Mihók és mtsai*, 2006; *Rijs és Verhoef*, 2004, 2004; *Tyúk-Lexikon*, 2006), melyek segítségével összeállítottunk egy olyan Excel táblázatot, amiben a különböző fajták neve, eredete a fajta-elismerés vagy az első említés ideje – ha ismert – és a fajtára jellemző tojás-héjszín tüntették fel, abból a célból, hogy ezek az információk a művészi ábrázolások mellé legyenek társíthatók. A festmények keletkezésének idejét alapul véve kronologikus sorrendbe állítottuk azokat, és igyekeztünk korszakonként és művészenként a legjellemzőbb alkotásokat kiválogatni lehetőleg úgy, hogy a festők Európa különböző országaiból származzanak. A különböző fajták megjelenési ideje – első leírás, kiállítás, fajtaelismerés, törzskönyv stb. – adhat támpontot ahhoz, hogy a képzőművészetben ábrázolt tojáshéjszín mögött vajon milyen fajták állhattak, vagy mik biztosan nem.

3. Eredmények és értékelésük

Az 1. táblázatban zöld háttérszínnel emeltük ki azoknak a művészeknek a nevét, akiket *Sütő* (2018) tanulmánya nem tartalmaz, ami azt jelenti, hogy a tojást ábrázoló művészek számát sikerült több, mint a duplájára növelni.

Összesen 166 fajta leírását néztük át, és a közölt adatokból a tojáshéj színét, a fajta eredetét és az első említés évszámát rögzítettük. 134 fajta esetében sikerült egyértelmű információhoz jutni a tojáshéj színét illetően, ami alapján a következő csoportosítást tudtuk elvégezni. (1) fehér tojást termelő – 61 db; (2) krémszínű, sárga vagy világosbarna – 42 db; (3) barna vagy sötétbarna – 30 db; (4) zöld, vagy türkíz – 1 db. A fehér tojást termelő fajták közül 7 volt nem európai, a második csoportban 14, míg a harmadik csoportban 16, a negyedik csoport pedig 100%-ban nem az öreg kontinensről származott. A fajtalistákat az első írásos említés ideje alapján állítottuk sorba. Sajnos a leírások igen gyakran nem tartalmaznak erre vonatkozó egyértelmű időbeni meghatározást. Miután a festményeken egészen a XX. század első feléig csak fehér színű tyúktojásokat látunk, ezért a fajták tojásszínének vizsgálatakor a fókuszban a barna, vagy sötétbarna színű tojásokat termelő genotípusokat helyeztük.

1. táblázat: Az európai egyetemes festőművészet alakjai, akik alkotásain fő- vagy mellékmotívumként tojás ábrázolás látható (max. a XX. sz. első feléig)

1.	Aertsen, Pieter (1508-1575)	22	Francesca, Piero della (ca.1420-1492)
2.	Andreevich, Koshelev Nikolai (1840-1918)	23	Greuze, Jean-Baptiste (1725-1805)
3.	Bassano, Jacopo (c.1515-1592)	24	Hublin, Emile-Auguste (1830-1891)
4.	Bassano, Francesco (1549-1592)	25	Huys, Pieter (c.1519-c.1584)
5.	Bassano, Gerolamo (1566-1621)	26	Ingels-Pauwaert, Marie (1884-1960)
6.	Bloemaert, Abraham (ca.1564/66-1651)	27	Maíno, Fray Juan Bautista (1569-1649)
7.	Bloemaert, Hendrick (1601/02-1672)	28	Meléndez, Luis Egidio (1716-1780)
8.	Bloot, Pieter de (1601-1658)	29	Monet, Claude-Oscar (1840-1926)
9.	Bogaerts, Jan (1878-1962)	30	Murillo, Bartolomé Esteban (1618-1682)
10	Bos, Hendrik 'Henk' (1901-1979)	31	Recco, Giovanni Battista (ca.1615-ca.1660)
11	Bosch, Hieronymus (1450-1516)	32	Rupp, Max (1908-2002)
12	Brueghel, ifj. Pieter (1564-1638)	33	Steen, Jan Havickszoon (c. 1626-1679)
13	Bueckelaer, Joachim (1530-1574)	34	Tiziano, Vecellio (1477/1485-1576)
14	Campi, Vincenzo (1536-1591)	35	van Horst, Jan (1550-?)
15	Chardin, Jean-Baptiste Siméon (1699-1779)	36	van Mieris, Frans id. (1635-1681)
16	Ceruti, Giacomo (1698-1767)	37	Velázquez, Diego Rodriguez (1599-1660)
17	Cézanne, Paul (1839-1906)	38	Vermehren, Gustav (1863-1931)
18	Comodi, Andrea (1560-1638)	39	Villach, Thomas von (c.1435/40-c.1523/29)
19	Dali, Salvador (1904-1989)	40	Verster, Floris (1861-1927)
20	de Bertry, Nicolas Henri Jeurat (1728-1796)	41	Vollon, Antoine (1833-1900)
21	Empoli, Jacopo da (1551-1640)	42	Wtewael, Peter (1596-1660)

Az adatokból megállapítottuk, hogy Európában barna mészhéjú tojást termelő fajta a XIX. század előtt nem fordult elő. Első megjelenésük az 1800-as években történt, de az eredet alapján az ilyen fajták több mint felét (56%-át) nem is Európában nemesítették ki. Ebben az időben

Európában a nagy baromfitenyésztési hagyományokkal rendelkező országokban (lásd: Anglia, Hollandia, Franciaország, Németország) 1-2 barna színű tojást termelő fajtát lehet csak találni a fajtaleírásokban. Érdekes, hogy a sötétbarna méshéjú tojást termelő fajták az európai nemesítésben még később, csak a XX. században jelentek meg, és az Európán kívüli nemesítés (USA, Kína) ebben az esetben is jelentős, mintegy 42%-ot tesz ki.

4. Következtetések, javaslatok

Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy az első századtól egészen az 1800-as évek kezdetéig az európai festészetben azért nem láthatunk barna színű tyúktojásokat, mert ilyen fajták egyszerűen nem voltak, ezek csak a XIX. században jelentek meg, és többségüket nem is Európában nemesítették ki. A sötétbarna héjszín a XIX. század végén ugyan megjelent az amerikai (USA) és a kínai baromfitenyésztésben, de ilyen tojást termelő európai fajtákat csak később, a XX. század első felében jegyezték le.

Ebből világosan következik, hogy a XX. század első feléig az európai tyúktartásra jellemző extenzív, külterjes tartásmód semmiképpen nem köthető a barna méshéjú tojást termelő fajtákhoz, sőt, bizonyossággal állítható, hogy a barna tojánhéj szín sokkal inkább tekinthető a modern tyúktenyésztés – a széleskörű elterjedés pedig a későbbi hibridizáció – eredményének, semmint a világos héjszín. Ha az európai fogyasztóknak ezt a téves ideáját sikerülne a 'helyére' tenni, akkor komoly létjogosultsága lenne a Leghorn (WL) és a Rhode (RIR, RIW) vonalak keresztezésével előállítható, igen tetszetős krém (beige) színű tojást termelő, Tint típusú hibridek elterjedésének. Talán nem véletlen, hogy napjainkban a nagy tenyésztő vállalatok közül a Hy-Line, a Lohmann és a TETRA is, de a kisebbek közül a cseh Dominant is rendelkezik már ilyen tojóhibriddel a fajtakinálatában.

A Tint típusú hibridek a keresztezési konstrukció jellegéből következően (WL x Rhode, vagy ennek reciproka) kisebb testűek, mint a barna héjú tojást termelők. Ezért olcsóbb a jércék előállítása, amik tojótyúkként kevesebb takarmányt igényelnek a létfenntartásra, kisebb az egy tojásra jutó takarmányfelhasználásuk, valamint az ivóvízigényük és a trágyatermelésük is, tehát összességében jobb hatékonysággal és kisebb környezeti (ökológiai) lábnyommal rendelkeznek a tojástermelés során. Az átállás pont azokon a kontinenseken lenne érdekes (lásd: Európa, Afrika) ahol a barna tojást termelő hibridek dominanciája érvényesül, mert itt egy fajtaváltás előmozdítása óriási lépés lenne a környezettudatosság irányába. A nagyságrendeket jól érzékelteti, hogy az európai 376 milliós tyúklétszámból ez 300 millió tojótyúkot érintene. Az előnyöknek azonban itt nincs vége, mert miközben a széles fogyasztói rétegek előtt kiderülne a tojánhéj szín eredetéről szóló igazság – és ezzel a tenyésztéstörténeti dilemma végére is pont kerülne, hogy mi volt előbb, és mi később – a szülőpárok okos megválasztása (a Leghorn vonal legyen az anyai partner) további komoly gazdasági előnnyel kecsegtet.

A projekt széles körű népszerűsítése sokat segítene azoknak a téves ideáknak a lebontásában, amik a tyúktojás összetételét szoros összefüggésbe hozzák a héj színével, azt állítva, hogy a tojások között jelentős különbség van a táplálkozási értéküket tekintve. Úgy gondoljuk, hogy a művészet – ami az esztétikai értékénél fogva – minden emberhez közelebb áll, mint a tudomány eredményeinek szajkózása, sokat tudna segíteni abban, hogy a fogyasztók edukálása – melyre egyre nagyobb igény és szükség van napjainkban – sikeres legyen, a tenyésztéstörténet valós megismerése érdekében. Ezért készült ez a dolgozat is!

5. Felhasznált irodalom

- American Poultry Association, Inc. (Standard Revision Committee: Malone, P., Donnelly, G., Leonard, W.) (1998). The American Standard of Perfection. Illustrated a complete description of all recognized breeds and varieties of domestic poultry. 1–367. p. Mendon, Massachusetts.
- Bavarian State Picture Collection, Alte Pinakothek Munich, Explanatory notes on the works exhibited (Official Guide). Bayerische Staatsgemäldesammlungen Munich (1986). pp. 1–638. Ed. Lipp, Karl M. Lipp Verlag. Munich.
- Barkóczi I., Contini, R., Fusenig, T., Kovács Z., Posada Kubissa, T., Lange, J., Lermer, A., Álvarez Lopera, J., Mai, E., Marx, H., Németh I., Nyerges É., Roldán, D., Portús, J., Schütz, K., Siefert, H., Weniger, M. (2006). El Greco, Velázquez, Goya Öt évszázad spanyol festészetének remekművei. A Szépművészeti Múzeum Centenáriumí éve 2005. december 1. – 2006. december 1. Katalógus, p. 1-323. Kiadja: Szépművészeti Múzeum, Budapest.
- Bökönyi S., Jánossy D. (1958). Adatok a pulyka Kolumbusz előtti Európai előfordulásához. Aquila, A Madártani Intézet (Növényvédelmi Kutató Intézet Madártani Osztálya) Évkönyve, Annales Instituti Ornitologici Hungarici, LXV. évf. Tom 65. Vol. 65. 265–269. p. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Garas K. (1960). Régi képtár, Remekművek a Szépművészeti Múzeumban. Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, 1–160.p. Budapest.
- Godfrey, A. B., Jull, M. A. (1936). Statistical studies on the inheritance of rate of laying in White Leghorns and Rhode Island Reds. Poult. Sci., Vol. 15, p. 63. (International Review of Poultry Science, Official Organ of The World's Poultry Science Association) Published by: Frifz Pfenningforff, Berlin.
- Horn A. (1955). Általános állattenyésztés. (Agrártudományi Egyetem tankönyvei) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Horn P. (2004). Agrárgazdaság – EU-kitekintéssel. In: Mindentudás Egyeteme (Szerk.: Hitseker M., Szilágyi Zs.) Vol. 2. 19–38.p. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Knox, C. W., Olsen, M. W. (1937). A test of crossbred chickens, single comb White Leghorns and Rhode Island Reds.
- Mihók S. (szerk.) (2006). Gazdasági állataink – Fajtatan Tyúk, gyöngytyúk, pulyka, kacs, pézsmaréce, lúd. 1-195.p. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Sciré, G. N. (2005). The Accademia Galleries in Venice. p. 1–254. Mondadori Electa S.p.A., Milan.
- Stunkenbrock, C., Töpper, B. (1999). 1000 Meisterwerke der europäishen Malerei. h.f. ullmann publishing GmbH., Hun. translation (2012). 1000 mestermű, európai festészet 1300-tól 1850-ig. Vince Kiadó, Budapest.
- Sütő Z. (1997). A pulyka. A Gazda és a Mezőgazda Kiadó közös kiadása, 1–180.p. Budapest.
- Sütő Z. (2018). Ecsetoll, vagy ecset és toll? Baromfi- és tojásbázis a festészetben egy állattenyésztő szemével. Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei 5. 65–78.p. Kaposvár.
- Sütő Z., Szász S. (2013). Az étkezési tojástermelés biológiai alapjai. (In: Pupos T., Sütő Z., Szöllösi L. (szerk.): Versenyképes tojástermelés. pp. 97-109. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest. (Profimax sorozat) (ISBN 978-615-5224-42-3)
- Rijs, A., E. Verhoef (2004). Tyúkok enciklopédiája. pp. 336. Ventus Libro Kiadó, Budapest.
- Te Hennepe, B. J. C. (Editor) (1937). Lancashire International Egg-Laying Test, 1936-37. The Lancashire Utility Poultry Society's Report, Vol. 11, 1937, No. 12. (International Review of Poultry Science, Official Organ of The World's Poultry Science Association, TOME X, No. 4).
- Tyúk-lexikon (ford.: Schmalzné Marék Gy.) 2005: 1-288.p. Pécsi Direkt Kft. Alexandra Kiadója, Pécs.
- Warren, D. C. (1930). Crossbred poultry. In: Kansas State Agriculture Experiment Station Bulletin 252: 1–54.

További források

<https://artsandculture.google.com>

<https://specialcollections.nal.usda.gov/guide-collections/worlds-poultry-science-association-wpsa-records>

<https://www.wga.hu/> (Web Gallery of Art)

3. Közgazdaságtan – Turizmus

Fogyatékossgal élők termékeinek értékesítése a nagykanizsai járás példáján

Kovács Kitti – Péter Erzsébet

Pannon Egyetem Nagykanizsa-Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ, Nagykanizsa

kitti.kovacs99@gmail.com

Összefoglalás

Kutatásunk célja a fogyasztói magatartás feltérképezése a megváltozott munkaképességű és fogyatékossgal élő személyek által a fejlesztő foglalkoztatás keretein belül előállított termékekkel kapcsolatban. Továbbá szeretnénk választ találni arra vonatkozóan, hogy az egész évben, illetve a szezonális időszakokban az általuk készített termékek rezervációs ára hogyan változik. A nagykanizsai járásban két intézmény termékeiről csak nehezen tud informálódni a vásárló, mivel sem online, sem offline, mint például katalóguson, szórólapokon keresztül nincs rá lehetőség. A fogyasztó kizárólag helyben vásárolhat az intézmény területén a meglévő készletből. Emellett lehetőség lenne saját honlapon, social média felületeken a termékek bemutatására, népszerűsítésére és rendelések fogadására, mely gazdasági- és humán erőforrás bővítéssel megoldható lenne. Az értékesítési csatornák bővítésével a vevőkör és a partnerek száma is egyaránt gyarapodhat.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A fogyatékossg megelerte egyidős az emberi léttel, ezért nem feltételezhető, hogy ezen állapot megjelenése az évek során, az emberi fejlődés későbbi szakaszában alakult ki. A korok különféle társadalmi szokásai nagymértékben közrejátszottak a fogyatékossg megítélésében, a fogyatékos emberek elítélésében.

Magyarországon 1998 évet követően kezdetét vette a műhelymunka, amely a fogyatékos személyek életszínvonalának javítását, társadalmi életbe történő aktív részvételét szolgálta. Napjainkban a fogyatékossgnak egyre nagyobb figyelmet szentelnek. A szegregált iskoláztatás hátránya a fogyatékossgal élő személyek számára a nehezen történő beilleszkedést jelenti. Egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek az integrált együttnevelésre, amely a társadalomba való integráció folyamatát könnyíti meg. Ezáltal minimalizálható a társadalmi előítélet (*Gordosné Szabó és mtsai.*, 2004:). Meglátásunk szerint a fogyatékos emberek diszkriminációjával és a mássággal kapcsolatos előítéleteket idővel fel kell számolni. Az évszázadok során is eltérő nézetek jelentek meg a fogyatékos személyekre vonatkozóan, melyek többnyire különböző vallási szemlélethez és kultúrákhoz köthetők. A csoportoknál felmerülő problémák megoldására és az egyenlőtlenségek kiküszöbölésére véleményünk szerint jelenleg is próbálnak nagy hangsúlyt fektetni, melyre a jövőben is egyaránt szükség lesz. Viszont a cél elérése érdekében nem csupán a törvényekben szükséges rögzíteni az egyenlőség elvét, hanem az emberek gondolkodásmódján is változtatni kell. Tehát a hatékony és ténylegesen jelenlévő egyenlőséghez mind az egyének, mind a jogérvényesítés együttműködésére szükség van.

A megváltozott munkaképességű személyek foglalkoztatása kifejezetten fontos és komplex terület. A társadalom egyik leghátrányosabb helyzetben lévő csoportját képezi (*László*, 2016). Az államszocializmus ideje alatt a fogyatékossgal élő személyek szegregációja volt a követendő ideológia Magyarországon, amely már gyermekkorban megkezdődött. Iskolázottságuk elmaradt az átlagtól, és az állami szerepvállalás a nevelésük és az oktatásuk terén csekély volt. A fogyatékossg devianciának számított a kommunizmus idején, így a társadalompolitika a

fogyatékos személyeket, mint kívülállókat megtúrta, viszont szegregálni próbálta. A fogyatékos személy nem felelt meg a marxista szemléletnek, a munkára és harcra kész emberi ideálnak. A rendszerváltást követően Magyarországon a szakemberek biztatónak találták a fogyatékosokkal élő emberek iránti figyelem növekedését, bár maguk az érintettek lassú folyamatúnak érezték a változások bekövetkeztét (*Gombás, 2016*).

Az Európai Unióhoz való csatlakozás óta a hazai foglalkoztatáspolitikai kiemelt figyelmet fordít a fogyatékosokkal és megváltozott munkaképességekkel élő személyek foglalkoztatására. Ezen csoport foglalkoztatása nem valósulhat meg az esélyegyenlőség, az egyenlő bánásmód biztosítása és a diszkrimináció tilalma nélkül (*Németh 2018; Németh-Pintér, 2014*). Az Európai Bizottság dokumentált adatai alapján a harmadik legnagyobb csoportba tartozik a fogyatékosokkal élő és a munkanélküli személyek segélyezése a szociális kiadások területén (*Bruckner, 2007*). A kutatási eredményeket figyelembe véve 2010. évtől 9 százalékról 18 százalékra növekedett a megváltozott munkaképességű személyek foglalkoztatási rátája, melyet a rehabilitációs kvótarendszer 2010-ben történő módosítása tett lehetővé. A Központi Statisztikai Hivatal 2007., 2010. és 2012. évben végzett felmérései szerint hátrányos megkülönböztetés éri a megváltozott munkaképességű és fogyatékos embereket munkáltatói körökben. Elsősorban a munkáltató az életkort, az egészségügyi állapotot és az iskolai végzettséget veszi figyelembe, amely alapján döntést hoz. A kutatás 2012. évi eredményei bemutatják, hogy a fogyatékos és megváltozott munkaképességű személyek alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkeznek, mint a lakosság többi része, valamint magasabb az 50 év feletti életkorúak száma. Ezen munkavállalási hátrányok nagy részben érintik a megváltozott munkaképességgel élő ember gazdasági aktivitását.

A Központi Statisztikai Hivatal adatai azt mutatták, hogy 2011. évben Magyarország népessége 9 millió 938 ezer fő volt, melyből 680.000 fő megváltozott munkaképességű embert volt. A megváltozott munkaképességű személyekből 20-64 év közöttiek 18,3 százalékát foglalkoztatták a regisztráltak alapján. 2015. évben az arány a 19-64 év közöttiekre vonatkozóan 28,8 százalék volt. 2020. II. negyedévi adatok szerint Magyarországon, a munkaerőpiacon 458.684 fő megváltozott munkaképességű munkavállaló volt. Ebből 19-64 év közötti korosztály 27,5 százaléka volt foglalkoztatva. A foglalkoztatási arányokat figyelembe véve az országban a megváltozott munkaképességű személyek és a nem megváltozott munkaképességű személyek közötti létszám nagyban eltér. A felmérés alapján Magyarország területén a gazdaságilag inaktív fogyatékosokkal élők és megváltozott munkaképességű emberek száma 318.888 fő volt, amely azt jelentette, hogy ők nem jelentek meg a munkaerőpiacon. Említésre méltó az érték, miszerint Nyugat-Dunántúlon 36,9 százalék volt mind a foglalkoztatási, mind az aktivitási arány 2020. év II. negyedévére vonatkozóan, amely azt igazolta, hogy minden megváltozott munkaképességű, foglalkoztatható személy munkát vállalt. 2020. évben Magyarország népességének száma 9 millió 770 ezer fő volt (*KSH, 2020*). Az adatok azt igazolják, hogy a társadalom életében jelen vannak, viszont a megváltozott munkaképességgel élők állományának foglalkoztatására nincs elég nagy hangsúly fektetve. Ennek kialakulásának oka, hogy napjainkban tabu témaként kezelik a fogyatékoságot, illetve munkáltatói oldalt tekintve félnek ezen csoport foglalkoztatásától. A legtöbb munkakör nem teszi lehetővé ezen kategóriába eső emberek alkalmazását veszélyes jellege, a tapasztalatok hiánya miatt. Továbbá a környezet átalakítása, változtatása, speciális munkakörök kialakítása válik szükségessé, amely lényeges anyagi beruházást igényel. Ennek ellenére vannak munkáltatók, akik egyre több fogyatékosokkal élő és megváltozott munkaképességű személynek nyújtanak lehetőséget a munkavállalásra. Budapesten a Nem Adom Fel Kávézó és Étterem ezen filozófia alapján jött létre, melyben az alkalmazottak 80 százaléka megváltozott munkaképességű vagy sérült. A kávézó a Nem Adjuk Fel Szociális Szövetkezet és a Nem Adom Fel Alapítvány együttműködésének köszönhetően jött létre. A szervezetek a vendéglátói tevékenységet, az ingatlant, a közösségi programok

szervezését, illetve a fogyatékossgal élő személyek foglalkoztatásával kapcsolatos szakmai háttérét biztosítják. Az Európai Szociális Alap és Magyarország Kormánya a “Kézbe vesszük a sorsunkat” – sérült emberek a társadalomért című, TAMOP-2.4.3.D.2-13/2-2013-0013 számú projekt támogatta a kávézó és étterem megalakulását. A kávézó célja, hogy minél több megváltozott munkaképességű személyt tudjon bevonni a kávézó legtöbb területére, illetve erősíteni szeretné az emberekben az elfogadás érzését. Fontosnak tartja, hogy a munkáltató ráébredjen, hogy érdemes ezen csoportba tartozó embereket alkalmazni. A Nem Adom Fel Kávézó és Étterem egy olyan közösségi hely, ahol bárkit szívesen látnak (*nemadomfelkavezo.hu*, 2023).

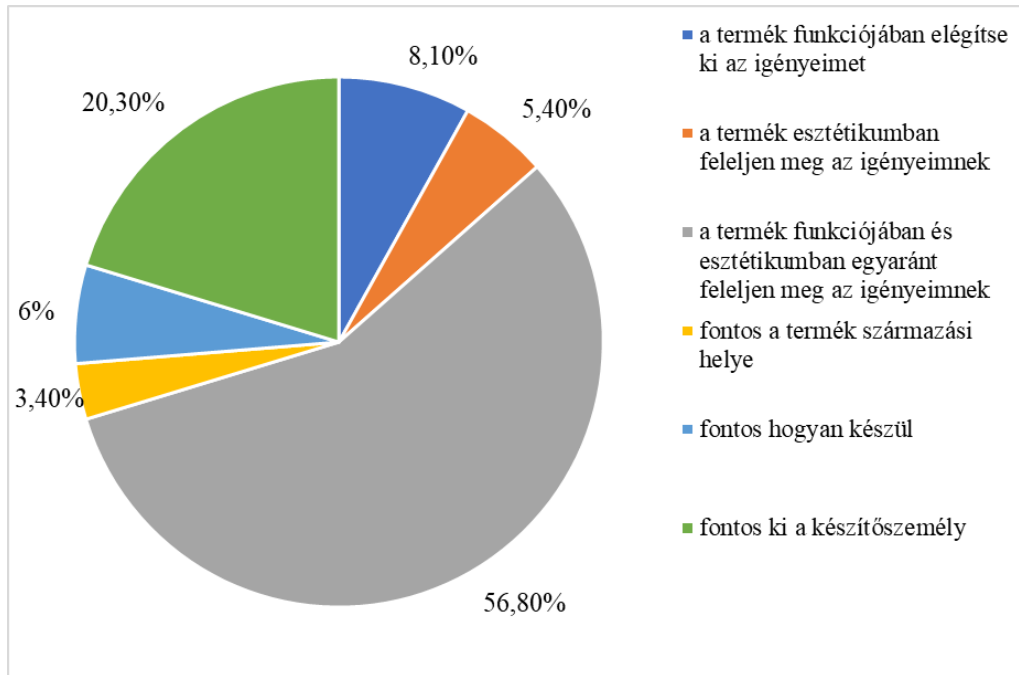
2. Anyag és módszer

Jelen kutatás során kvalitatív és kvantitatív kutatást egyaránt végeztünk. Kvalitatív vizsgálatnál a téma mélyebb megismerésének céljából Zala vármegyében a Szivárvány Integrált Szociális Intézményen belül zajló fejlesztő foglalkoztatás vezetőjével, Cserhátiné Farkas Ildikóval, Ádám Tímeával az intézmény megbízott szakmai intézményvezető-helyettesével, valamint Szirtes Balázssal, a Kanizsa Rehab Nonprofit Kft. ügyvezetőjével strukturált interjú készült 2023. év tavaszán. További interjú készült Fekete Tamással, egy enyhe fokú értelmi fogyatékos munkavállalóval a Szivárvány Integrált Szociális Intézmény fejlesztő foglalkoztatás szolgáltatásában végzett tevékenységének bemutatásáról, valamint a foglalkoztatásával kapcsolatos meglátásairól. A Kanizsa Rehab Nonprofit Kft. által alkalmazott 1 fő autizmussal élő, 1 fő mozgásában korlátozott munkavállalójával készített strukturált interjú nyújtott további segítséget kérdéseink megválaszolásában.

A kvantitatív kutatásnál 151 db kérdőív került lekérdezésre 2023. tavaszán. A kérdőív kitöltésére 2023. március és április hónapokban volt lehetőség. Az adatfelvétel elektronikus úton, a Google Drive űrlapkészítő program segítségével történt. A kérdőívhez való hozzáférési link elérhető volt social média felületen, valamint számos kitöltőt célzottan kerestünk fel a kérdőív kitöltésével személyes és elektronikus úton is egyaránt. A kapott válaszok és adatok rendszerezéséhez, valamint az egyszerű statisztika elkészítéséhez Microsoft Excel 2019 programot használtunk. A kutatás eredményeiről a továbbiakban SWOT analízis készült.

3. Eredmények és értékelésük

Kiinduló hipotézisünk szerint az emberek többségének nem fontos az áruk termékéletútja, inkább azt tartják szem előtt, hogy az adott termék funkciójában és esztétikumában egyaránt kielégítse a vevő igényeit. Vizsgálódásunk fókuszában állt az emberek preferenciarendszerének kutatása a fogyatékossgal élő személyek által gyártott termékek kapcsán. Érdekel, hogy a választott árunál vajon milyen szempont szerint választ a fogyasztó. Az *1. ábra* mutatja, hogy az emberek 56,8 százalékának fontos tényező, hogy a termék esztétikumában és funkciójában egyaránt kielégítse az igényeket.



1. ábra: Termékéletút fontossága a fogyasztó számára
(Forrás: Saját adat, 2023)

Ezen hipotézis teljes mértékben igazolódott, hiszen a válaszadók jelölték, hogy számukra a termék kinézete és hasznossága a legfontosabb tényező.

Fontosnak tartottuk megvizsgálni, hogy a fejlesztő foglalkoztatásban gyártott termékek nem találhatóak meg kis- és nagykereskedelmek polcain, mivel nincs kapacitás nagy mennyiség legyártására. A termékek népszerűsítésére nincs kialakult marketing stratégia, illetve a termékek árusítására hagyományos értékesítési módot alkalmaznak.

Ebben az esetben érdekelt bennünket, hogy a fejlesztő foglalkoztatásban dolgozó fogyatékos személyek által készült termékek értékesítésénél pontosan milyen módszert alkalmaz a Szivárvány Integrált Szociális Intézmény Zala Vármegye. Továbbá kíváncsiak voltunk, hogy milyen marketing eszközöket és stratégiát alkalmaznak.

A feltevésre kvalitatív kutatás, tehát strukturált interjú lefolytatásával kaptunk választ. Az intézmény és a fejlesztő foglalkoztatás vezető beosztású dolgozókkal folytatott beszélgetésnél kiderült, hogy a kézműves termékek értékesítésének esetében nincs kialakult marketing stratégia. A Szivárvány Integrált Szociális Intézménynél az áruk értékesítése hagyományos módon történik, mivel így érik el a legjobban a fogyasztóikat. Jellemző a különböző vásárokon, rendezvényeken való megjelenés, valamint kitelepülések. A legtöbb vásárló helyben az intézménynél vásárolja meg a kiválasztott terméket és informálódik is egyaránt.

Ezen hipotézis igazolódott, mivel az interjú során elmondottak alátámasztják, hogy nincs kapacitás nagyobb mennyiség legyártására, így a boltokban ezek a termékek nem elérhetők. Illetve az intézmény szeretné megtartani egyediségét és kerülni a sorozatgyártást.

4. Következtetések, javaslatok

Eredményeinkből kitűnik, hogy erősség a visszatérő vevőkör, az egyedi, rövid határidők teljesítése. Az a vevőkör, akinek fontos az egyediség, és a rövid határidő, áldozatot is vállal és kijön a foglalkoztatás helyszínére, vagy megtalálja azt a módot, hogy kapcsolatba lépjen az intézménnyel. A továbbiakban erősíteni kell az egyedi termékek eladásának körét, de meg kell találni azokat a csatornákat is, amelyek lehetővé teszik, hogy a termékekhez könnyebben

hozzáférjenek a fogyasztók. Fontos szerepet kap a termékfejlesztés és az értékesítési csatornák szélesebbé tétele. Továbbá a média felületeken lehetőség szerinti megjelenés.

5. Felhasznált irodalom

- Bruckner, L. (2007). Speciális szakiskolákban végzett fiatalok utógondozása. Budapest, Fogyatékos Gyermek, Tanulók Felzárkóztatásáért Országos Közalapítvány.
- Gombás, J. (2016). Budapesten élő, 18–65 év közötti látássérült személyek szabadidősportolási szokásainak, és a szabadidősport látássérültek számára akadálymentes hozzáféréseinek vizsgálata, <http://real-phd.mtak.hu/467/2/gombasjudit.m.pdf>, Letöltés ideje: 2023.01.20.
- Gordosné Szabó, A., Mesterházi, Z., Kelemen, M., Gilikter, Á., Illyés, S., Naftz, K., Maria, B. (2004). A fogyatékos embereket segítő-ellátó szociális intézmények modernizációs programja. Budapest, Nemzeti Család- és Szociálpolitikai Intézet-Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium.
- KSH (2020). 19–64 éves megváltozott és nem megváltozott munkaképességű népesség demográfiai jellemzői gazdasági aktivitás szerint, https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_megvamk9_16_01k.html, Letöltés ideje: 2023.02.28.
- László, G. (2021). Foglalkoztatáspolitikai, a munkaerőpiac és a foglalkoztatáspolitikai sajátos világa - Foglalkoztatáspolitikai eszközök változása. Budapest, Akadémia Kiadó.
- Németh, K., Pintér, G. (2014). The pillars of regional and municipal level energy-planning processes In: Bene, Szabolcs (szerk.) 20th Youth Scientific Forum: University of Pannonia Georgikon Faculty Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar 600, 297–307
- Németh K. (2018). Lokalitas és fenntarthatóság. Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém
- Nemadomfélkavező.hu (2023). Nem adom fél kávészó, <https://nemadomfélkavező.hu/rolunk/>, Letöltés ideje: 2023.03.05.

Fenntarthatósági gyakorlatok a nemzeti és hazai szállodák példáján

Jandzsó Alexa – Péter Erzsébet

Pannon Egyetem Nagykanizsa-Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ, Nagykanizsa

alexajandzso@gmail.com

Összefoglalás

A szállodaipar a globális idegenforgalmi ágazat fontos eleme, amely szállást, vendéglátó-ipari szolgáltatásokat és élményeket nyújt az utazóknak. A szállodaipar gyors növekedése és erőforrás-igényes működése azonban káros környezeti és társadalmi hatásokkal járhat. E hatások közé tartozik a túlzott energiafogyasztás, a vízhiány, a hulladéktermelés, a környezetszennyezés, valamint a helyi infrastruktúra és erőforrások megterhelése. Az ágazat felismerve ezeket a kihívásokat, elkezdte bevezetni a fenntarthatósági gyakorlatokat a káros hatások mérséklése és a pozitív változások előmozdítása érdekében. Több fajta intézkedést fogantatosított meg, például komposztálás, esővízgyűjtés, szelektív hulladékgyűjtés, megújuló energiaforrások használata.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szállodaipar a globális idegenforgalmi ágazat egyik legfontosabb eleme, amely szállást, vendéglátó szolgáltatásokat és élményeket nyújt az utazóknak. A szálláshelyek széles skáláját foglalja magában, beleértve a luxus üdülőhelyeket, a butikhotelleket, a kedvező áru szálláshelyeket és mindent, ami a kettő között van.

A szállodaipar gyors növekedése és erőforrás-igényes működése azonban káros hatással lehet a környezetre és a társadalomra. E hatások közé tartozik a túlzott energiafogyasztás, a vízhiány, a hulladéktermelés, a szennyezés, valamint a helyi infrastruktúra és erőforrások megterhelése. E kihívásokat felismerve az iparág elkezdte felkarolni a fenntarthatósági gyakorlatokat, hogy enyhítse a negatív hatásokat és elősegítse a pozitív változásokat.

A fenntartható intézkedések bevezetésével a szállodák minimalizálhatják környezeti lábnyomukat, takarékoskodhatnak az erőforrásokkal, csökkenthetik a kibocsátást, támogathatják a helyi közösségeket és javíthatják a vendégélményt.

Napjainkban a fenntarthatóság szó beépült a hétköznapi szóhasználatába. De azt kevesen tudják, hogy mi a tartalma, hogyan kell értelmezni, hogyan lehet megvalósítani és hogy mit is jelent a társadalomra nézve.

Az ENSZ az 1972-ben Stockholmban rendezett konferencián a megoldás keresése érdekében létrehozta a Brundtland-bizottságot (Környezet és Fejlődés Világbizottság). Az első korábbiakhoz képest meghatározó előrelépést a „Közös jövőnk” című jelentésük adta, mely 1987-ben jelent meg. Ebben a jelentésben fogalmazódott meg az ENSZ által ismert fenntartható fejlődés fogalma. A nemzeti szinten elfogadott, eredeti dokumentumban foglalt megfogalmazás: „a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék a szükségleteiket” (Simonyi és Zsótér, 2020).

2. Anyag és módszer

Célja, hogy feltárja a fenntarthatóság fogalmát a szállodaiiparban, és rávilágítson annak fontosságára, mélyrehatóan elemezze a fenntarthatóság környezeti, társadalmi és gazdasági dimenzióit a szállodákban. Továbbá, hogy megvitassa azokat a kihívásokat, amelyekkel a szállodáknak szembe kell nézniük a fenntartható gyakorlatok megvalósítása során, és meghatározza a különböző érdekelt felek szerepét a fenntarthatóság előmozdításában.

A fenntarthatóság integrálása a szállodaiiparba környezeti, társadalmi és gazdasági okokból egyaránt kulcsfontosságú. Környezeti lábnyomuk csökkentésével a szállodák hozzájárulhatnak a természeti erőforrások megőrzéséhez és az éghajlatváltozás mérsékléséhez. A közösségi szerepvállalás és az alkalmazottak jóléte révén a szállodák elősegíthetik a pozitív kapcsolatokat és a társadalmi jólétet. Gazdasági szempontból a fenntartható gyakorlatok költségmegtakarítást, fokozott piaci versenyképességet és a márka hírnevének javulását eredményezik.

Mintaértékelés során esettanulmányok módszerét használtuk hazai és nemzetközi példákön. Értékelésünk másodlagos adatfeldolgozáson alapszik.

3. Eredmények és értékelésük

A környezeti fenntarthatóság a szállodaiipar kritikus szempontja. A következőkben a szállodák előtt álló legfontosabb környezetvédelmi kihívásokat tárgyaljuk, és példákat mutatunk be a megvalósítható és fenntartható gyakorlatokra

A szállodák jelentős mennyiségű energiát fogyasztanak a fűtéshez, hűtéshez, világításhoz és a különböző kényelmi berendezések működtetéséhez. Ez a magas energiaigény hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásához és a környezet állapotának romlásához. A Hilton Los Angeles/Universal City 12%-kal csökkentette energiafogyasztását egy átfogó energiagazdálkodási programmal, amely magában foglalta az energiahatékony világítás és HVAC-szabályozás („Heating, Ventilation and Air Conditioning”) telepítését, valamint a személyzet energiatakarékosági képzését.

A szállodák jelentős mennyiségű vizet használnak fel a vendégek, a mosoda, a kertépítés és egyéb működési igények miatt. A vízhiány és a környezeti hatások számos régióban kihívást jelentenek. Például a San Franciscó-i Hotel Palomar 32%-kal csökkentette vízfogyasztását víztakarékos kezdeményezésekkel, beleértve az alacsony vízhozamú szerelvényeket, a vízhatékony mosórendszereket és a víztakarékoságot népszerűsítő vendégprogramokat.

A szállodák jelentős mennyiségű hulladékot termelnek, beleértve az élelmiszerhulladékot, a csomagolóanyagokat, a papírt és egyéb eldobható eszközöket. A nem megfelelő hulladékgazdálkodás hozzájárulhat a környezetszennyezéshez és a környezetkárosodáshoz. A bali Green Hotel egy átfogó hulladékgazdálkodási rendszer bevezetésével érte el a hulladékmentességet, beleértve az újrahasznosítást, a komposztálást, valamint a helyi szervezetekkel való együttműködést a hulladékgyűjtés és -feldolgozás terén.

A szállodaiipar az energiafogyasztás, a szállítás és a hulladékgazdálkodás révén járul hozzá a szén-dioxid-kibocsátáshoz. A szén-dioxid-kibocsátás hozzájárul az éghajlatváltozáshoz és a környezetromláshoz. A dél-afrikai Fokvárosban található Hotel Verde a világ egyik legzöldebb szállodája, amely energiahatékony intézkedések bevezetésével, megújuló energiaforrások felhasználásával és szén-dioxid-kompenzációs programok vásárlásával érte el a szén-dioxid-semleges státuszt.

E környezeti kihívások kezelésével és a fenntartható gyakorlatok bevezetésével a szállodák jelentősen csökkenthetik ökológiai lábnyomukat, és hozzájárulhatnak a környezetvédelemhez és -megőrzéshez. Ezek a példák azt mutatják, hogy a fenntartható kezdeményezések nemcsak

a környezet számára előnyök, hanem költségmegtakarítást, a vendégek elégedettségének javulását és a márka hírnevének növelését is eredményezhetik.

Íme néhány sikeres esettanulmány olyan szállodákról, amelyek figyelemre méltó fenntartható kezdeményezéseket valósítottak meg:

Proximity Hotel (Észak-Karolina, USA) egy LEED Platinum minősítésű szálloda az észak-karolinai Greensboróban. Számos fenntarthatósági intézkedést hajtott végre, többek között: az energiahatékony tervezést, beleértve a napenergiával működő melegvíz-rendszert és a geotermikus fűtést és hűtést; az újrahasznosított és helyi forrásból származó anyagok széleskörű használatát az építés során. Továbbá a víztakarékossági intézkedéseket, például esővízgyűjtés és alacsony vízhozamú szerelvények; az újrahasznosítási és komposztálási programokat, valamint a megmaradt élelmiszerek felajánlását helyi jótékonyági szervezeteknek. Ezenfelül az elektromos járműtöltő állomásokat és transzforszolgáltatást a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése érdekében (*Proximity Hotel*, 2023).

A Six Senses egy olyan luxushotel-márka, amelynek világszerte vannak ingatlanjai, és amely hangsúlyt fektet a fenntartható gyakorlatokra. Kezdeményezéseik közé tartoznak: a vízvédelmi intézkedések, például esővízgyűjtés és fejlett szennyvíztisztító rendszerek; a megújuló energiaforrások integrálása, beleértve a napelemeket és a geotermikus energiát. Emellett a helyi közösségek bevonása a helyi kézművesekkel és gazdálkodókkal való partnerségek révén, elősegítve a gazdasági szerepvállalást; a tengervédelmi programok és erőfeszítések a korallzátonyok védelmére és helyreállítására azokon a helyeken, ahol a vállalat működik (*Six Senses*, 2023).

A Scandic Hotels az északi régió vezető szállodalánca, amely fenntarthatósági törekvéseiről ismert. Számos kezdeményezést valósítottak meg, mint például: az átfogó hulladékgazdálkodás, beleértve az újrahasznosítást, a komposztálást és az élelmiszerhulladék csökkentését; az energiahatékony gyakorlatok, például LED-es világítás, energiafigyelő rendszerek és megújuló energiaforrások beszerzése, illetve a fenntartható élelmiszer-opciók támogatása, beleértve a bio- és helyi forrásból származó összetevőket, valamint a vendégek bevonása fenntarthatósági oktatással és a környezetbarát viselkedés ösztönzése a tartózkodásuk alatt (*Scandic Hotels*, 2023).

A Hilton Budapest City különböző fenntarthatósági kezdeményezéseket valósított meg, többek között: az energiatakarékossági intézkedések, például energiahatékony világítás és berendezések, a víztakarékossági kezdeményezések, például alacsony vízhozamú szerelvények és vízvisszaforgató rendszerek. Ezenkívül a hulladékcsökkentési és újrahasznosítási programok, a környezetbarát közlekedési lehetőségek, például kerékpárkölcsonzés és elektromos járműtöltő állomások, a közösségi szerepvállalás helyi partnerségek és jótékonyági ügyek támogatása révén (*Hilton Budapest City*, 2023).

A La Contessa Kastélyhotel, Szilvásváradon már többször is elnyerte a Zöld Szálloda címet. A honlapjukon nyilvánosságra hozzák az érdemi információkat, itt ismertetik a céljaikat és eredményeiket, ezenfelül igyekeznek legitimizálni céljaikat és elmagyarázzák a vendégeiknek, hogy mit, miért és hogyan alakítottak át a szállodában azért, hogy hozzájáruljanak a fenntarthatósághoz (*Grotte*, 2019). Kezdeményeseik közé tartozik az energiatakarékos fényforrások használata, hőcserélő rendszert alkalmazása, valamint oda figyelnek a zöld területek nagyságához és annak a védelmére (*La Contessa Kastélyhotel*, 2023).

Az Egerszalókon található Saliris Resort Spa és Konferencia Szálloda a „Környezetvédelem” menüpontjában írja le a tevékenységeit és intézkedéseit (*Grotte*, 2019). Ezek közé tartozik az energia- és vízfogyasztás napi mérése, a szelektív hulladékgyűjtés, a természetes irtóanyagok használata, illetve felhívják a vendégek figyelmét a fenntarthatóságra (*Saliris Resort Spa és Konferencia Szálloda*, 2023).

Ezek az esettanulmányok azt mutatják, hogy a fenntarthatóság sikeresen integrálható a szállodai működés különböző aspektusaiba, az építéstől és az energiagazdálkodástól kezdve a

hulladékcsökkentésén át a közösségi szerepvállalásig. A példák bemutatják, hogy a fenntartható kezdeményezések nemcsak a környezetvédelemhez járulnak hozzá, hanem fokozzák a vendégélményt, javítják a márka hírnevét és gazdasági előnyökkel járnak. A példák azt is megmutatják, hogy a fenntarthatósági gyakorlatok a magyarországi szállodák széles skáláján megtalálhatók, a luxusszállodáktól a nemzetközi láncokig. Az egyes szállodák fenntarthatósági kezdeményezései terjedelmükben és megvalósításukban eltérőek lehetnek, de együttesen hozzájárulnak a környezeti hatások csökkentéséhez és a felelős turizmus előmozdításához az országban.

A társadalmi fenntarthatóság a szállodaiparban a fenntarthatóság egyik alapvető szempontja. A közösségi szerepvállalás előmozdítására, a munkavállalók jólétének biztosítására és a kulturális örökség megőrzésére összpontosít.

A közösségi elkötelezettségre, a munkavállalók jólétére és a kulturális megőrzésre való összpontosítással a szállodák növelhetik társadalmi fenntarthatóságukat. Ezek az erőfeszítések hozzájárulnak a helyi közösségek jólétéhez, tartalmas vendégélményeket teremtenek, és erősítik a szállodaipar általános fenntarthatóságát.

4. Következtetések, javaslatok

Összefoglalva a fenntarthatóság szállodaiparba való integrálásának fontosságát, megvizsgáltuk a szállodák előtt álló környezetvédelmi kihívásokat, beleértve az energiafogyasztást, a vízhasználatot, a hulladékgazdálkodást és a szén-dioxid-kibocsátást. A fenntartható kezdeményezéseket megvalósító szállodák sikeres esettanulmányait is bemutatva a környezeti hatásuk csökkentése iránti elkötelezettségüket.

Továbbá, elmélyedtünk a fenntarthatóság társadalmi aspektusaiban, hangsúlyozva a közösségi elkötelezettség, a munkavállalók jóléte és a kulturális megőrzés jelentőségét. A helyi közösségek és vállalkozások támogatásával és a kulturális örökség megőrzésével a szállodák hozzájárulhatnak azon közösségek általános jólétéhez, amelyekben működnek.

A kutatók, az iparági szakemberek és a politikai döntéshozók számára elengedhetetlen, hogy együttműködjenek és tovább kutassák a szállodaipar fenntartható gyakorlatait. A legjobb gyakorlatok megosztása, az innovatív megoldások megvalósítása és a tudatosság előmozdítása előre mozdíthatja a fenntarthatósági erőfeszítéseket, pozitív hatást gyakorolva a környezetre, a társadalomra és az eredményre.

A fenntarthatóság alapelveként való elfogadásával a szállodaipar képes lehet a pozitív változások katalizátorává válni, emlékezetes élményeket nyújtva a vendégeknek, miközben óvja a bolygót és támogatja a helyi közösségeket. Most van itt az ideje a cselekvésnek, és közösen egy fenntarthatóbb és felelősségteljesebb jövőt alakíthatunk ki a szállodaipar számára.

5. Felhasznált irodalom

- Simonyi P., Zsótér B. (2020). „Fenntartható fejlődés, a fenntarthatóság értelmezési kérdései a megvalósítás érdekében”. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/jelenkori_tars-gazd_folyamatok/article/view/33921/32984
- Németh K. (2021). A körforgásos gazdaság alapjai, Pannon Egyetemi kiadó, Veszprém https://perepo-tananyag.uni-pannon.hu/id/eprint/35/1/Nemeth_Kornel_A_korforgasos_gazdasag_alapjai.pdf
- Gyurácz-Németh Petra, Hiezl Kitti, Németh Marietta, Búr Renáta (2021). A fenntarthatóság gyakorlati működésének összefüggései a magyar szálloda szektorban, in: TVT Turisztikai és Vidékfejlesztési Tanulmányok, 25–37 https://www.turisztikaitanulmanyok.hu/wpcontent/uploads/2021/08/TVT_6_evfolyam_2_szam.pdf
- proximityhotel.com (2023). Proximity Hotel - Sustainable practices <https://www.proximityhotel.com/features/sustainable-practices/>
- sixsenses.com (2023). Six Senses - sustainability <https://www.sixsenses.com/>
- scandichotelsgroup.com (2023): Scandic Hotels sustainability <https://www.scandichotelsgroup.com/sustainability/>

- hilton.com (2023). Hilton Budapest City <https://esg.hilton.com/>
- lacontessa.hu (2023). La Contessa Kastélyhotel <https://lacontessa.hu/zold-szalloda/>
- Grotte, J., Lukács, R. (2019). Zöld marketing és e-turizmus trendek a szállodaiparban, in: Annales Tomus XII, Vol. 12., Budapesti Metropolitan Egyetem, Budapest, 2019. ISSN: 1789-879X, 159–174 p. <https://www.metropolitan.hu/upload/96f2c692c3b393f1621551e6ff66f93a85aeca5d.pdf>
- salirisresort.hu (2023): Saliris Resort - Környezetvédelem <https://salirisresort.hu/kornyezetvedelem> Letöltés ideje: 2023.05.25.
- Ásványi, K., Komár, Z. (2018). Érték-e zöldnek lenni? Zöld szállodák és vendégeik. Turisztikai és Vidékfejlesztési Tanulmányok, III. évfolyam 1. szám, 20–33.p.

A lakossági jövedelmek modellezése földrajzilag súlyozott regresszióval

Csizmadia Adrián

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

csizmadia.adrian@gmail.com

Összefoglalás

Több földrajzilag súlyozott regressziós modell (GWR) segítségével igazoltuk, hogy az egy főre jutó összes belföldi jövedelemre az egyes magyarázóváltozók hatása a térben nem állandó. A globális (OLS) modellhez képest a lokális modellel (GWR) kimutattuk, hogy az egyes változók hatása az ország mely területén bír szignifikáns hatással a jövedelmi helyzetre, és mely területeken nem mutatható ki összefüggés. A település és járás szintű modellek között eltérés tapasztalható: amennyiben járás szinten aggregáljuk az adatokat, úgy kevesebb a szignifikáns tényező a modellben. Eredményeim arra is rámutatnak, hogy az iskolai végzettség több település/járas esetében befolyásolja az egy főre jutó összes belföldi jövedelmet, mint a gazdasági mutatók.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A területi jövedelmi vizsgálatoknak megvannak az eredendő nehézségei. Ezek közé sorolhatjuk térbeli függőséget (autokorrelációt) és a non-stacionaritást, azaz a kapcsolatok és folyamatok térbeli változását (*Bailey és Gatrell, 1995, idézi Yu, 2006*). Ezen problémák kezelésére az ún. globális módszerek nem alkalmasak. Globális módszernek azokat az eljárásokat nevezzük, amelyek a lokális módszerekkel szemben nem veszik figyelembe az adatok földrajzi vonatkozásait. (*Kalogirou és Hatzichristos, 2007*).

A lokális modellezés egyik legfejlettebb alkalmazott módszere a földrajzilag súlyozott regresszió (geographically weighted regression, GWR), amely a hagyományos regressziós keretrendszert azzal bővíti, hogy a globális paraméterek helyett lokális paraméterek becslését teszi lehetővé (*Fotheringham és Brunson 1999, idézi Kalogirou és Hatzichristos, 2007; Fábrián, 2013*). A GWR minden megfigyelési ponthoz regressziós modellt illeszt egy meghatározott szomszédságba eső összes megfigyelési pont alapján (*Qui-Wu, 2011*). Így a GWR egy olyan statisztikai módszer, amely információkat ad a regressziós eredmények térbeli változékonyságáról (non-stacionaritás) egy adott területen. Ennek köszönhetően az elemzés eredménye a helyi kapcsolatokat jelzi. (*Fotheringham és mtsai, 1998*). Ez a módszer az átlagos globális összefüggésektől való térbeli eltérést közvetlenül méri, nem pedig másodrendű hatásként a reziduuumok térbeli eloszlásán keresztül, mint a térbeli regresszió esetében (*Brunson és mtsai, 1999; Fotheringham és mtsai, 2002, idézi Yu, 2006*).

Fábrián (2012) a lokális módszer, így a GWR előnyét többek között abban látja, hogy a modell eredményéül szolgáló többértékű statisztika a globális adatokat szétbontja, jól térképezhető, a térbeli különbségeket hangsúlyozza, kivételeket és „forró foltokat” keres a térben. A GWR-ben egy megfigyelést az adott regressziós ponthoz való közelségének megfelelően súlyoznak. Az adott ponthoz közeli megfigyelések adatai nagyobb súlyt kapnak, mint a távolabbi megfigyelések adatai. A súlyokat általában a távolság folytonos függvényeként határozzák meg (*Fotheringham és Brunson, 1999*). A szakirodalom szerint a GWR a globális (OLS) modellekhez képest jobb specifikációnak bizonyul az egy főre jutó háztartási jövedelem

modellezésére. Ugyanis rávilágít a változók közötti kapcsolatok globális eredményekben teljesen rejtett aspektusaira, így olyan problémák, összefüggések tárulnak elénk, amelyekre hagyományos regressziós módszerekkel nem derült volna fény. Ezen túlmenően a GWR alkalmazása a mikroadatok térbeli előrejelzéséhez is segítséget nyújthat. (*Chasco és mtsai*, 2008.)

2. Anyag és módszer

Kutatásomban a gazdasági fejlettség mérésére jövedelmi mutatót használok, modelljeim eredményváltozója az egy munkaképes korú (15-64 évesek) lakosra jutó összes belföldi jövedelem. Annak érdekében, hogy a magyarázóváltozók hatásaira vonatkozó következtetések érvényesek legyenek, szükséges a magyarázóváltozók hatását különböző térbeli léptékeken vizsgálni és értelmezni. (*Qui-Wu*, 2011). Ezért vizsgálatomat települési és járási szinten is lefolytattam, így a gazdasági és társadalmi mutatókat tartalmazó magyarázóváltozók (*1. táblázat*) kiválasztásánál a szakirodalmi útmutatás mellett az is fontos szempont volt, hogy mindkét területi szinten elérhető legyenek a mutatók. Az adatok a TEIR-adatbázisából származnak, a 2019-es évre vonatkoznak. A kutatás kezdetekor ez volt az utolsó elérhető év, amelynek adatait még nem befolyásolta a Covid19-pandémia.

A GWR használata többek között akkor indokolt, ha adataink között térbeli autokorreláció áll fent. A globális autokorrelációs tesztek közül a Moran-féle I tesztet, a térbeli klaszteresedés azonosítására a lokális Moran-tesztet használtam (*Moran*, 1948; *Cliff-Ord*, 1981; *Anselin*, 1995, idézi *Varga*, 2002). A földrajzilag súlyozott regresszió egyenlete az alábbi: (*Fotheringham és mtsai*, 2002):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i,$$

ahol az (u_i, v_i) az i -edik adatpont földrajzi koordinátáit jelenti, a $\beta_k(u_i, v_i)$ a számított értéke $\beta_k(u, v)$ folytonos függvénynek az i -edik pontban (*Fábián*, 2012).

Minden egyes GWR-modell esetében adaptív térbeli szűrőt használtam, ugyanis a másik lehetőség, a fix térbeli szűrő esetén fennáll az a probléma, hogy ha az egyes térrészekeken sokkal ritkábban helyezkednek el az adatpontok, akkor a belőlük becsült lokális modellek hibátényezője is nagyobb (*Fábián*, 2012). A fix térbeli kernelfüggvények esetében egy optimális térbeli kernelt (sávszélességet) határoznak meg és alkalmaznak egységesen a vizsgált területen. Ez a megközelítés azonban, nagy helyi becslési varianciát eredményezhet olyan területeken, ahol az adatpontok ritkán helyezkednek el, ez pedig eltúlozhatja a non-stacionaritás mértékét. Viszont ott, ahol az adatpontok sűrűn helyezkednek el, a fix térbeli kernel elfedheti az alacsony térbeli non-stacionaritást. (*Fotheringham és mtsai*, 2002; *Yu*, 2006). Az adaptív szűrő sajátossága, hogy szélessége alkalmazkodni tud az adatpontok számához és sűrűségéhez, tehát ahol sűrűbben vannak az adatok, ott keskenyebb lesz, ahol ritkábban, ott szélesebb (*Fotheringham és mtsai*, 2002 idézi *Fábián*, 2012). Ez Magyarország esetében is releváns, hiszen például a Dunántúl és az Alföld településszerkezetének sűrűsége jelentősen eltér egymástól. Az adaptív kerneles vizsgálat során az N számú legközelebbi szomszéd módszerét alkalmaztam, különböző számú szomszédokkal. A távolság súlyozásánál a Gauss-görbén alapuló módszert alkalmaztam.

3. Eredmények és értékelésük

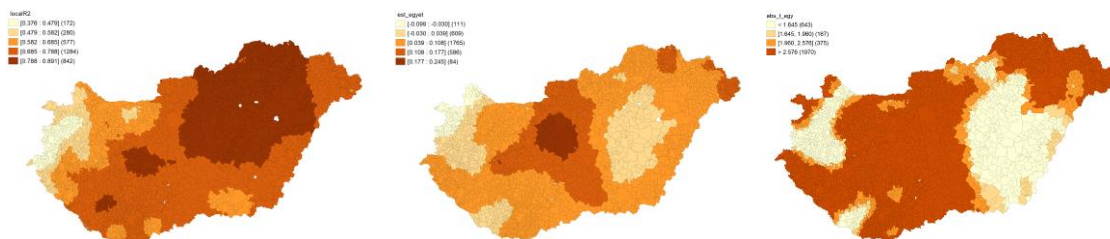
A település szintű globális modellbe összesen 12 magyarázóváltozó került beépítésre, ezek közül kettő nem bizonyult szignifikánsnak (a munkaképeskorú állandó népesség, valamint a 2015-2019 közötti uniós támogatások), így ezek a változók nem szerepelnek az *1. táblázatban*. A járás szintű OLS-modellben további négy változó nem bizonyult szignifikánsnak. A globális

modellben nem szignifikáns változók beépítése nem javasolt a GWR-modellbe. Az elemzéshez a változók logaritmizált értékeit használtam.

Az OLS-modellekben a regisztrált társas vállalkozások kivételével a magyarázóváltozók az előzetes feltételezéseinknek megfelelően befolyásolják az egy főre jutó összes belföldi jövedelmet. Növelő hatással van a jövedelemre az egyéni vállalkozások száma, a vállalkozások minél nagyobb mérlegfőösszege, az önkormányzati beruházások és a szakmai, valamint magasabb iskolai végzettséggel rendelkezők aránya. Az álláskeresők száma és a nagyobb városoktól (főváros, megyeszékhely) való távolság pedig csökkentő hatással van a jövedelemre.

Települési és járási szinten is két-két különböző GWR-modellt futtattam le. Egyik esetben a 20, a másik esetben az 50 legközelebbi szomszéd képezte a sáv szélességet. A szakirodalomban bemutatott elemzésekhez hasonlóan (Fábián, 2013) a sáv szélesség növekedésével csökkent a modellek magyarázóereje. Ez annak köszönhető, hogy a sáv szélesség növelésével egyre több olyan távoli terület egység is bekerül a modellbe, amelynek nincs tényleges hatása a kiindulási terület egység lakóinak jövedelmére. A GWR-modellek eredményei széleskörű elemzési és térképes ábrázolási lehetőségeket nyújtanak (az eredeti és a becsült jövedelemértékek összevetése, lokális R^2 -ek elemzése, az egyes változók eltérő hatása területenként stb.), de e tanulmány rövid terjedelme miatt itt példaként csupán néhány alapvető összefüggést mutatok be. A GWR-modellek legnagyobb érdekessége, hogy a globális modellben megfigyelt hatáshoz képest az egyes változók lokálisan akár ellentétes módon is hathatnak az eredményváltozóra. A földrajzilag súlyozott regresszió minden egyes terület egységre kiszámolja az egyes változók koefficienseit (béta-értékeit), tehát annyi béta-érték áll rendelkezésünkre, ahány terület egységet a vizsgálatba bevontunk. Azonban fontos, hogy minden terület egység esetében megvizsgáljuk az adott béta-együtthatóhoz tartozó t-értéket, amelyből az együttható szignifikanciájára tudunk következtetni (1. ábra, harmadik térkép). Az 1. táblázat utolsó négy oszlopában az egyes változók béta-értékeinek minimuma, maximuma, a két szélsőérték közti különbség, valamint a koefficiensek átlaga látható.

Az 1. ábrán első térképén látható, hogy a település szintű 50 legközelebbi szomszédot figyelembe vevő GWR-modell magyarázóereje Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Jász-Nagykun-Szolnok, Hajdú-Bihar és Pest vármegye területén a legnagyobb. Ezekben a területeken az R^2 értéke 0,79 és 0,89 között mozog. Viszont a nyugati határszélen a modell már csak körülbelül fele ekkora mértékben magyarázza az egy főre jutó összes belföldi jövedelmet, ott ugyanis az R^2 értéke 0,38 és 0,58 között változik.



1. ábra: lokális R^2 -ek; A diplomások arányának hatása a jövedelemre, valamint az ehhez tartozó t-értékek (település szintű, az 50 legközelebbi szomszédot figyelembe vevő modell)

A második térképén azt látjuk, hogy a diplomások magasabb aránya Budapesten és vonzáskörzetében növeli leginkább a jövedelmeket.

1. táblázat: A regressziós modellek eredményei

Változók	Település			Település		Járás	
	OLS	OLS		GWR	GWR	GWR	GWR
Konstans	12.974*** (0.093)	10.977*** (0.597)	Min.	-22.535	7.479	8.157	10.113
			Max.	47.258	26.577	14.255	12.570
			Range	69.792	19.098	6.098	2.457
			Átlag	13.115	13.204	11.696	11.141
1000 fő munkaképes korú lakosra jutó regisztrált egyéni vállalkozások	0.040*** (0.007)	n.sz.	Min.	-0.206	-0.139	-	-
			Max.	0.322	0.239	-	-
			Range	0.528	0.378	-	-
			Átlag	0.022	0.026	-	-
1000 fő munkaképes korú lakosra jutó regisztrált társas vállalkozások	-0.02*** (0.005)	n.sz.	Min.	-0.166	-0.098	-	-
			Max.	0.142	0.030	-	-
			Range	0.308	0.127	-	-
			Átlag	-0.022	-0.026	-	-
1000 fő munkaképes korú lakosra mérlegfőösszeg	0.002** (0.001)	0.029*** (0.010)	Min.	-0.022	-0.011	0.014	0.021
			Max.	0.043	0.028	0.052	0.039
			Range	0.065	0.039	0.038	0.018
			Átlag	0.007	0.006	0.034	0.030
1000 fő munkaképes korú lakosra jutó álláskeresők száma	-0.080*** (0.004)	-0.071*** (0.017)	Min.	-0.316	-0.194	-0.164	-0.118
			Max.	0.079	0.029	0.054	-0.041
			Range	0.395	0.223	0.218	0.076
			Átlag	-0.065	-0.062	-0.075	-0.079
1000 fő munkaképes korú lakosra jutó helyi önkormányzati beruházás	0.002* (0.001)	n.sz.	Min.	-0.027	-0.009	-	-
			Max.	0.025	0.017	-	-
			Range	0.053	0.026	-	-
			Átlag	0.002	0.003	-	-
Fővárostól való távolság	-0.148*** (0.007)	-0.079*** (0.013)	Min.	-7.398	-2.800	-0.179	-0.080
			Max.	8.009	1.202	0.072	-0.038
			Range	15.407	4.002	0.251	0.042
			Átlag	-0.180	-0.195	-0.068	-0.065
Megyeszékhelytől való távolság	-0.059*** (0.005)	-0.037** (0.014)	Min.	-2.639	-0.321	-0.160	-0.071
			Max.	1.657	0.301	0.028	0.003
			Range	4.297	0.623	0.188	0.073
			Átlag	-0.039	-0.042	-0.038	-0.029
Szakmai végzettséggel rendelkezők aránya	0.182*** (0.013)	0.209*** (0.064)	Min.	-0.281	-0.155	-0.179	0.104
			Max.	0.639	0.511	0.294	0.240
			Range	0.920	0.666	0.473	0.136
			Átlag	0.182	0.181	0.108	0.167
Érettségivel rendelkezők aránya	0.252*** (0.012)	0.469*** (0.064)	Min.	-0.111	-0.044	0.119	0.290
			Max.	0.628	0.446	0.787	0.580
			Range	0.739	0.491	0.667	0.290
			Átlag	0.227	0.228	0.414	0.463
Egyetemi, főiskolai oklevéllel rendelkezők aránya	0.053*** (0.012)	n.sz.	Min.	-0.181	-0.099	-	-
			Max.	0.287	0.245	-	-
			Range	0.469	0.344	-	-
			Átlag	0.073	0.070	-	-
-Megfigyelések	3155	175		3155	3155	175	175
Sávszélesség (legközelebbi szomszéd)	-	-		20	50	20	50
Módosított R ²	0.689	0.776		0.833	0.804	0.844	0.805
AICc	-2127.736	-322.743		3498.343	3391.200	367.197	342.622

Forrás: saját szerkesztés; *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$; n. sz.: nem szignifikáns

Azokon a területeken, ahol a diplomások magasabb aránya negatív irányba befolyásolja a jövedelmeket a modell szerint, ott nem szignifikáns a kapcsolat a diplomások aránya és a jövedelem nagysága között (harmadik térkép).

A település és járás szintű eredmények között nagyfokú egyezés tapasztalható, valamint az is megfigyelhető, hogy a GWR-modellekben a változók koefficienseinek átlageredménye nagyon közel állnak a globális modellek béta-értékeihez (1. táblázat). Viszont területileg nagy különbség figyelhető meg az egyes változók hatásában, szinte mindegyik változóra igaz, hogy egyes területeken negatív, míg más területeken pozitív hatással vannak a jövedelemre. Viszont nagyon fontos, hogy mindig megvizsgáljuk azt is, hogy az adott területen az adott változó hatása szignifikáns-e a jövedelem nagyságára.

4. Következtetések, javaslatok

GWR-modell segítségével igazoltam, hogy a helyi modellek több információt szolgáltatnak a jövedelemre ható tényezők feltárásában, mint a globális modellek. A GWR-modell alkalmas arra, hogy az OLS modell által elfedett területi különbségeket feltárja, így a térben nem állandó kapcsolatok kimutatására is lehetőséget ad, azaz helyi viszonylatban tudjuk meghatározni, hogy a modellek mely változói befolyásolják a jövedelmet, és képet kaphatunk arról, hogy ez befolyásoló hatás mekkora. Eredményeim azt mutatják, hogy a változók közötti összefüggés nem egyforma módon és mértékben érvényes az összes településre/járasra. A módszer legnagyobb előnye a térképezhetőség, amelynek segítségével szemléletes módon lehet bemutatni az egyes magyarázóváltozók eltérő hatását.

A kutatás további fontos eredménye, hogy az oktatásra vonatkozó változók (szakmai végzettséggel, érettségivel, diplomával rendelkezők aránya) több területegység esetében bizonyultak szignifikáns tényezőnek, mint a gazdasági jellegű mutatók (egyéni és társas vállalkozások száma, egy főre jutó mérlegfőösszeg). Tehát e modellek szerint az iskolai végzettség szerepe területi szempontból sokkal széleskörűbb, mint a gazdasági tényezőké.

Természetesen a fenti kutatásnak is megvannak a maga korlátai, hiszen például nem vettük figyelembe az országhatárokon túlról jövő hatásokat. A kutatás további lépését jelentheti, hogy standardizált bétaértékek segítségével összehasonlítsuk az egyes magyarázóváltozók eredményváltozóra gyakorolt hatásának erősségét.

Köszönetnyilvánítás

„A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3-II-MATE/14 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

5. Felhasznált irodalom

- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association – LISA Geographical Analysis, 27.2.93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Bailey, T. C., Gatrell, A. C. (1995). Interactive Spatial Data Analysis. Longman Scientific and Technical, Essex
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S. Charlton, M. (1999). Some Notes on Parametric Significance Tests for Geographically Weighted Regression. Journal of Regional Science, 39.3.497–524. <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00146>
- Chasco, C., Rodríguez, I., Otero, J. (2008). Modeling Spatial Variations in Household Disposable Income with Geographically Weighted Regression MPRA Paper (9581). https://mpra.ub.uni-muenchen.de/9581/1/MPRA_paper_9581.pdf (letöltés ideje: 2022. május 6.)
- Cliff, A.-Ord, J. (1981). Spatial Processes, Models and Applications. Pion, London.

- Fábián Zs. (2012). A földrajzilag súlyozott regresszió. In: Bottlik Zs., Czirfusz, M., Gyapay B., Kőszegi M. Pfenning V. /szerk./: Társadalomföldrajz – Területfejlesztés – Regionális tudomány. ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola, Budapest
- Fábián Zs. (2013). A földrajzilag súlyozott regresszió módszere és alkalmazhatósági példája. *Területi Statisztika*, 53.1.5–20.
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., Charlton, M. E. (1998). Geographically Weighted Regression: A Natural Evolution of the Expansion Method for Spatial Data Analysis. *Environment and Planning A*, 30.11.1905–1927. <https://doi.org/10.1068/a301905>
- Fotheringham, A. S., Brunson, C. (1999). Local forms of spatial analysis, *Geographical Analysis*, 31.4.340–358. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1999.tb00989.x>
- Fotheringham, A. S. – Brunson, C. – Charlton, M. E. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. University of Newcastle, Newcastle
- Kalogirou, S., Hatzichristos, T. (2007). A Spatial Modelling Framework for Income Estimation. *Spatial Economic Analysis* 2.3.297–316. <https://doi.org/10.1080/17421770701576921>
- Moran, P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of The Royal Statistical Society B*, 10.2.243–251. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- Qiu X., Wu S. (2011). Global and Local Regression Analysis of Factors of American College Test (ACT) Score for Public High Schools in the State of Missouri. *Annals of the Association of American Geographers*, 101.1.63–83.
- Varga, A. (2002). Térökonometria. *Statisztikai Szemle*, 80.4.354–370.
- Yu, D-L. (2006). Spatially Varying Development Mechanisms in The Greater Beijing Area: A Geographically Weighted Regression Investigation. *The Annals of Regional Science*, 40.173–190. <https://doi.org/10.1007/s00168-005-0038-2>

A morális tudás és alkotás jövője (1) – elmélet

Faragó Péter

Budapesti Corvinus Egyetem

peter.farago1982@gmail.com

Összefoglalás

Napjainkban a globalizáció hatásait érezhetjük magunkon, aminek köszönhetően világunk napról-napra változik és talán fejlődik. A változásoknak két oldala van: vannak olyan momentumok, amelyek valóban a társadalom felemelkedését szolgálják, és persze a fejlődésnek vannak a civilizáció fejlődésére károsan ható árnyoldalai is. Sajnos ez utóbbiról nagyon kevés szó esik, holott nem kevésbé fontos a problémákat is görcső alá venni. A fejlődésnek fenntarthatónak kell lennie, vagyis a jövő generáció igényeinek kielégíthetőségét nem szabad veszélyeztetni. Ehhez azonban paradigmaváltásra van szükség, ami eddig jellemzően csak szóban, semmint tettekben mutatkozik meg. A világrend kiépítéséhez szükséges feltételeket biztosítani kell, amelynek egyik meghatározó lépése az elképzelések felvázolása. Ez a tanulmány a fenntarthatósággal kapcsolatos egy elgondolást ismertet.

1. Bevezetés

Alighanem mindenki számára egyértelmű, hogy jelenleg a világ fejlődése eddig nem látott ütemben halad. A globalizáció mély változásokat eredményezett a gazdaságban, a társadalomban és az élet minden más területén is.

Ezek a változások részint az emberiség javát szolgálják, másik oldalról vannak olyan következmények, amelyek kifejezetten veszélyt okoznak az emberiség számára. Az előnyöket minduntalan szeretjük hajtogatni, azonban a hátrányokat sokkal inkább a szőnyeg alá akarjuk seperi. Ez egy nagyon rossz megoldás, s a paradigmaváltást hiába emlegetjük mind untalan, ennek gyakorlati megnyilvánulása nem, vagy csak korlátos értelemben van.

Napjainkban, azaz a modern világban a távolságot egészen másképp értelmezzük, mint egy-két évszázada. Korábban órákba, napokba telt A pontból B pontba eljutni, valamint a postai levelezés is lassabban haladt. A XXI. századra ezek a folyamatok felgyorsultak: a légitársaságok miatt gyorsabban elérünk egy másik helyre, míg az elektronikus lehetőségek az üzenetváltást, az információszerezést és a komfortos életet nagyban megkönnyítették.

Az internet azonban számos veszélyt is rejt magában. Amennyire előnyös az anonim felület, úgy ugyanez egyben hátrány is lehet, hiszen a profilok ismeretlensége mellett sosem lehetünk 100%-ig biztosak az online tárolt adataink kezelésében. Az elektronikus folyamatok nem mindig kiszámíthatók, és a közösségi oldalakon is megjelentek az ártalmas tartalmak. A világháló és az ehhez nélkülözhetetlen primer eszköz, az okostelefon döntően befolyásolta az életünket; kihat az önértékelésre, bomlasztja a közösségeket, sok esetben kifejezetten kockázatos.

Napjainkban számos problémával kell szembenéznünk, amelyek valahol összefüggnek a digitális világrend térnyerésével. A tanulmányban arra keresem a választ, hogy a jövőbeli változások mutathatnak-e jó irányba, megvan-e hozzá az a tudás, az a morál és egyéb humán jellemző, ami szükséges a modern világ által okozott nehézség leküzdésére.

2. Trendek Magyarországon a 2010-es években

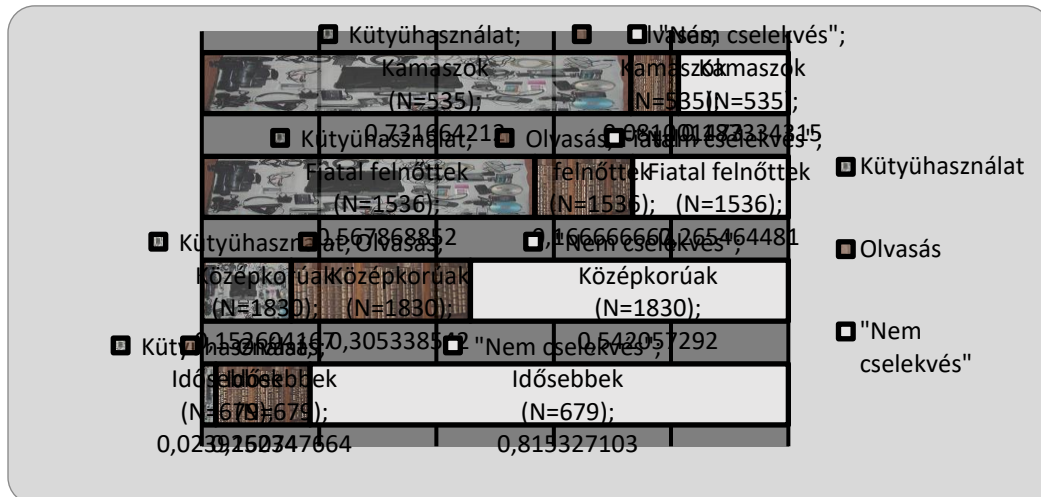
A világtrend egyre inkább a predesztináció elvéhez igazodik. Mindenkinek megvan már születésétől kezdve írva, milyen életpályát írhat le, és az esetek 99%-ban szilárd az az üvegplafon, amelyet alig-alig lehet áttörni. Az üvegplafon az adott egyén által elérhető maximális társadalmi státuszt és megbecsülést szimbolizálja. A predesztináció elve fagyasztja be az ember és ember között fennálló mély szakadékot, hogy míg az egyiknek kenyérre is alig telik, addig a másik meg ingatlanok tucatjával rendelkezik. A szélsőségesen egyenlőtlen társadalom egyben azt is eredményezi, hogy adott ügyeket akár tudás, akár kapcsolatok, akár egyebek segítségével el tudnak intézni, míg mások ezek hiányában erre képtelenek. Mindebből már logikusan következik, hogy a valós, gyakorlatban is érezhető problémák csak nagyon kis százalékban kerülnek megoldásra, hiszen addig el sem jut a probléma, hogy a magasabb státuszú emberek komolyan vegyék azokat.

Az egyik komoly problémát a környezetszennyezés jelenti. Napjainkban az energiaszükségletünket jellemzően fosszilis energiaforrások felhasználásával fedezzük, s csak kisebb részben alkalmazzuk a megújuló energiaforrásokat. Jelen elképzelés szerint nagyobb teret kell adni a megújuló energiahordozóknak, azonban azok arányaival kapcsolatban már nincs teljes egyetértés. A jelenleg is divatosnak számító elgondolás szerint paradigmaváltásra van szükségünk, ami nem csak a fosszilis nyersanyagok leváltását jelenti, hanem az emberiség életvitelének megváltoztatását is, miszerint energiaszegényebb életvitelt kellene élnünk. A nagy szavaknak a gyakorlatban semmi jelentősége; a paradigmaváltás a gyakorlati életben szinte egyáltalán nem valósul meg. Évről-évre ugyanazokat a köröket rójuk, tudatosságnak nemigen látni a körvonalait, hiszen ugyanúgy vesszük az elektronikai eszközöket, az emberek jelentős része ugyanúgy szemel, ugyanúgy termeli a felesleges háztartási hulladékot.

A közlekedésben kiválóan megmutatkozik az emberek habitusa, környezethez és egyáltalán a komplex dolgokhoz való hozzáállása. Nagyon gyakran panaszkodnak az emberek arra, hogy nincs igazából pénzük mindarra, amit szeretnének. Ez sok esetben arra vezethető vissza, hogy irreális dolgokra, esetleg függőséget okozó luxustermékekre adnak ki nem kevés pénzt. Az okostelefonok tömeges használata mellett a közlekedésben az autóval való járás valahol egy ilyen alternatíva, hiszen azért az autók nyilvánvalóan komfortosabbak, viszont kevésbé hatékonyak, ami a környezethez való viszonyt illeti.

A statisztikai adatok arról árulkodnak, hogy a forgalomban lévő gépkocsik száma folyamatosan növekszik. Az ebben az évezredben eddig eltelt 22 év során az autók száma nagyjából 60%-kal nőtt, hiszen míg 2001-ben hozzávetőlegesen 2,5 millió kocsi közlekedett az utakon, addig ez a szám 2022 év végén meghaladta a 4 milliót. Az autóvásárlás okának boncolása egy érdekes kérdés, hiszen az évezred első éveiben tömegesen kerültek forgalomba a fiatalabb (esetben új) autók. Ezt támasztja alá az is, miszerint 2001-ben 11,7 év volt a gépkocsik átlagos kora, míg a 2010-es évek közepére ez 10,5 évre csökkent. Az utakon közlekedő autó számának további emelkedése mellett az autóállomány innen kezdve folyamatosan öregedni kezdett és 2022-ben már 15,4 év volt a személygépjárművek átlagos életkora (KSH, 2023).

A trend jól látható: a fiatalabbak szeretnek energiapazarló életvitelt élni. A közlekedésben megmutatkozik, hogy magas az autóval utazók aránya. Ugyan közlekedhetnénk tömegközlekedéssel, kerékpárral (valamint az ehhez hasonló eszközökkel – „kütyükkel”) vagy akár gyalogosan is, mégis a gépkocsi közkedvelt lehetőség. A 2010-es években elvégzett kutatások rámutatnak arra, hogy az autók mintegy 70%-ában egyetlen személy ül, míg a további negyedében 2 ember. A környezeti viszonyok kapcsán ez igen aggasztó, hiszen így az egy főre vetített emisszió igen magas, holott megfelelő szervezéssel, a komfortból vagy egyéb társadalmi igényből lejjebb adva ez csökkenthető lenne. Amennyiben egy autóbusszal csak 1-2 tucat ember lenne, már az is nagyban hozzájárulhatna a levegő minőségének javításához.



1. ábra: Utazási szokások a 2010-es évek közepén – generációs bontásban

A tömegközlekedési eszközökön való utazásnál jellemző, hogy idősebbek passzívak, nem igazán folytatnak semmilyen tevékenységet, azonban a fiatalok és a középkorúak sokkal inkább aktivizálják magukat. Jellemző továbbá az is, hogy a fiatalok túlnyomó többsége okostelefonját használja, míg a középkorúak inkább az olvasás miatt nem vesznek igazán tudomást a környezetükről. Természetesen a külvilág ignorálása számos akut konfliktushoz vezet, amelyek semmilyen statisztikában nem szerepelnek, éppen ezért rejtett történések, így az ezekből következő bármilyenemű következmény is szintúgy. A kutatás azonban rámutatott a jövő vonatkozásában arra a jelenségre, hogy a teenagerek mintegy 80%-a nem képes függetleníteni magát a digitális világtól, a közösségi oldalaktól vagy éppen a zenehallgatástól.

A felelőtlen viselkedés nagyon sok energiát igényel. Ez természetesen megmutatkozik az országok energiamérlegében. A Föld energiatartalékai igencsak kimerülőben vannak, aminek egyrészt az az oka, hogy a fosszilis energiahordozók továbbra is az energiatermelés alappillérei, másrészt pedig az életvitel és az életszemlélet nem engedi az önmegtartóztató életet. Ez utóbbi ok valódiságára mutatnak rá a tanulmányban eddig ismert trendek.

A globális társadalom nem csak energiafelhasználásra hatott alapjaiban. Az okoseszközök, valamint az internet, azon belül is a közösségi oldalak térnyerésével a személyes kapcsolatok elkopnak, és egyre többen esnek abba a csapdába, hogy életük nagy részét online élik. Fennáll a veszélye annak, hogy összekeverik az online és az offline dimenziót, valamint túlságosan beszippanjtja őket az online világ. Napjainkban a kapcsolatteremtési rutin már gyakran az internet segítségével, vagy még inkább arra alapozva történik, és egyre kevesebben vannak azok, akik gyakorlottan tudnak kommunikálni a valós életben.

Az értékrend átalakulását nem mindenki viseli azonosan. Egyesek az online tér kihívásainak nem képesek megfelelni. Ez gyakorta stresszkezelési problémákat okoz, ami egyben konfrontálja őket a környezetükkel. Napjainkban a családi konfliktusok mindennaposak, mint ahogy a kortárs kapcsolatok kezelése is igen sokszor problémába ütközik. A társadalmi feszültségek egyes kultúrákban igen komoly gondokat okoznak, és az online tér által kitaruló illúzióktól vezérelt világ hazánkban is jelentős devianciákat eredményezett.

A stressz leküzdése a modern civilizációban igen nehézkes. Lelki állapotuk alapján az embereket 4 kategóriába lehet sorolni: nyugodt, eustresszel, enyhe és komoly distresszel élő. Az eustressz ugyan nem okoz problémákat, azonban a distressz már annál inkább. Fontos kiemelni, hogy adott személy nem mindig nyugodt vagy stresszes, hanem a lelki állapotuk állandóan változik a körülmények függvényében. A tapasztalatok azt mutatják, hogy egyre több esetben válik nyilvánvalóvá a pszichés betegségek jelenléte. Persze lehet keresni az egyedi okokat, mégis szembe kell nézni azzal a ténnyel, miszerint a stresszkezelési problémák alapokai jellemzően a

családban keresendők. A családi élet konfliktusai egyre szélesebb körben okoznak komolyabb szorongást, önértékelési problémát. A teljesség igénye nélkül sok esetben találkozunk depresszióval, szociális szorongással, anorexia nervosával vagy épp személyiségzavarokkal.

Természetesen ezek a problémák behatárolják az egyének világát, lehetőségeiket és így persze a jövőképet is rontja. Másképp megközelítve: a pszichés zavarok veszélyeztetik nem csak a társadalom, a közösség, hanem az egyén jövőbeli várakozásait is, vagyis ezen keresztül a globális problémák megoldása is igencsak lehetetlennek tűnik.

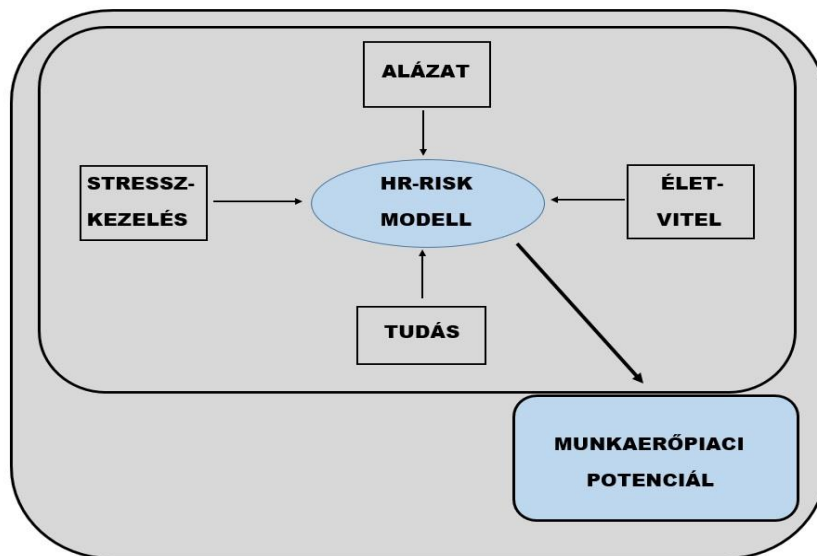
Miért is? A fenntarthatóság nézetének a középpontjában az áll, hogy úgy tartsuk fenn a jelen generáció életszínvonalát, hogy ez ne veszélyeztesse a jövő generáció igényeinek kielégítését. Az előzőekben leírtak alapján az világosan látszik, hogy a jelen trendek, a jelenben való gondolkodás a fenntarthatóság megvalósítását erősen kérdésessé teszi, hisz példának okáért a szorongásos problémák a jövő generációt (teenagerek, gyerekek) komolyan fenyegetik.

3. Modellek

Mint az jól látható, napjainkban a globális problémák komoly akadályokat eredményeztek. Ezek az akadályok csak abban az esetben orvosolhatók, ha rendelkezésre állnak az eszközök és mai divatos szóval megvalósul a paradigmaváltás, ami eddig csak gondolat szinten történt meg.

A szemléletmódváltás alapja az, hogy legyen a társadalomban egy olyan réteg, amelyik hordozza magában a krízishelyzet megoldásához szükséges jellemvonásokat. A szükséges jellemvonásokat nehéz megfelelően osztályozni, mégis vannak olyan modellek, amelyek ezt a célt tűzték ki célul. A 2010-es évek második felében elvégzett kutatások rámutattak arra, hogy a jövőorientált munkaerőpiacon négy tényező lehet fontos, amely tényezőkkel a magasan kvalifikált munkavállalóknak rendeznie kell.

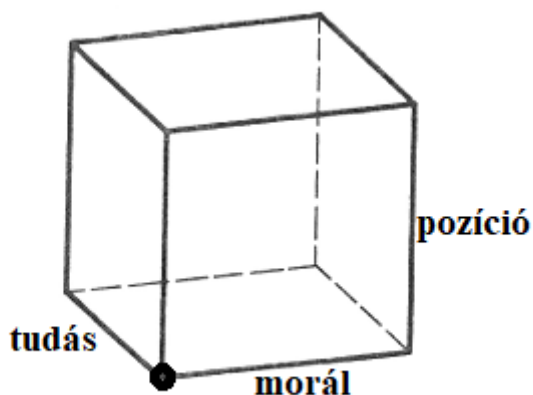
A HR-RISK modell az egyetemi hallgatók habitusát hivatott felmérni. A modell fő kérdése az, hogy az egyetemeken milyen arányban találhatunk olyan hallgatókat, akik rendelkeznek a jövő munkaerőpiacához szükséges minden fontos készséggel. A RISK szó egy mozaikszó, amely az idegen kifejezéseket használva magában foglalja a (szakmai és a lexikális) tudást (R), az életvitelt (I), a stresszkezelést (S) és az alázatot (K).



2. ábra: A HR-RISK modell felépítése

Ezek mélyreható vizsgálata nélkül alighanem valóban csak kockázati tényezőt jelent minden, a fenntarthatóságot szem előtt tartó számára a fiatal diplomások felvétele. A fent leírt tényezők

együttesen kiadnak egy olyan értéket, amellyel mérhető egy adott személy munkaerőpotenciálja egy zöldülő munkaerőpiacon.



3. ábra: Az alkotás érvényesítése egy jövőorientált világrendben – szemléltetés

A modellt továbbgondolva rá kell ébrednünk arra, hogy az iskolapadok között alkalmas modell nem használható a tanulmányok befejezése után. A világban hiába rendelkezünk tudással, hiába van alázatunk, vagy tökéletes életvitelünk, ha nem vagyunk abban a pozícióban, hogy az alkotás iránti motivációnkat valóra is tudjuk váltani. Nyilvánvaló, hogy a döntéshozók és a kulcsemberek körében kifejezetten fontos a morális alkotás, hiszen az ő hatalmukban áll a szálakat mozgatni, meghatározni az irányvonalakat, az elveket. A pozícióban lévő individuumok esetében nagyon fontos, hogy mik motiválják őket és rendelkezzenek is az alkotáshoz szükséges tudással. Ugyan más jellemzők is szerepet játszhatnak, de talán a HR-RISK modellben alkalmazott stressz sokkal inkább tekinthető egyfajta exogén változónak.

4. Következtetések

A modern világ számos kihívást gördít az ember elé. Ezeket problémákat csak abban az esetben lehet kezelni, ha megvalósul az a paradigmaváltás, amiről az utóbbi években oly sok szó esik.

A problémák leküzdéséhez okvetlen szükség van a társadalmi összefogásra, hiszen mind a magasan kvalifikált munkaerőre szükség van, mind azokra, akik szakmunkát végeznek. Jelenleg hogy is állunk a rendelkezésre álló személyi feltételekkel? E kérdés megválaszolása további kutatómunkát igényel. Mindenekelőtt fel kell vázolni egy olyan sémát, amellyel értékelni lehet az egyének várható szerepét a globális kihívások elleni harcban. Fontos tudnunk, megfelelő mennyiségben rendelkezésre áll-e a magasan kvalifikált munkavállaló, amely alkalmas egy ilyen horderejű fejlesztést managelni, illetve rendelkezésre áll-e az a réteg, amely az elveket biztosító vezetői réteg utasításait végre tudja hajtani.

Úgy vélem, a modellek, elképzelések felvázolása csak az első lépése egy soklépcsős folyamatnak, azonban mindenképp egy fontos mozzanata. Ez adhat lehetőséget arra, hogy későbbi kutatások keretein belül felmérjük, mennyire állnak rendelkezésre az erőforrások.

5. Felhasznált források

KSH (2023). A közúti gépjárművek száma járműnemenként, az év végén, https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0023.html

KSH (2023). A személygépkocsi-állomány átlagos kora gyártmányok szerint, https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0026.html

A morális tudás és alkotás jövője (2) – empirikus adatok

Faragó Péter

Budapesti Corvinus Egyetem

peter.farago1982@gmail.com

Összefoglalás

A fenntarthatóság szellemében úgy kell megtanulnunk kielégíteni saját igényeinket, hogy ezzel párhuzamosan nem rontjuk a következő generációk életkilátásait. Figyelembe véve a jelenleg érvényesülő trendet, ki kell jeleníteni, hogy a jövő generáció igényeinek kielégítésére nem állnak rendelkezésre az eszközök. Divatos szóval élve: paradigmaváltásra van szükség, amely ugyan a szakmai berkekben gyakran hangoztatott szófordulat, mégis a gyakorlati életben ez nem, vagy csak alig-alig valósul meg. A tanulmányban arra a kérdésre keresem a választ, hogy vajon az elkövetkezendő 1-2 évtizedben kialakulhat-e egy olyan vezető réteg, amely réteg rendelkezik a paradigmaváltáshoz szükséges morális alkotni tudással.

1. Bevezetés

Alighanem mindenki számára egyértelmű, hogy a világ fejlődése napjainkban halad a leggyorsabban. A globalizáció mély változásokat okozott a gazdaságban, a társadalomban és az élet minden más területén is. A fenntarthatóság, valamint a jövő generációinak igényei számos platformon középpontba kerültek. Az világosan látszik, hogy a világunk élhetővé varázslása csak egy totális paradigmaváltás után valósulhat meg. Ennek az új szemléletmódnak át kell itatnia az egész társadalmat, továbbá minden tudományágat, annak minden rutinját. Jelenleg ettől messze állunk; a reális jövőkép alapján beláthatatlannak tűnik, hogy valaha is megérünk erre a szintre.

Az oktatási rendszernek nagy szerepe van abban, hogy egyfajta zöldülő világrend alakuljon ki itthon és a nagyvilágban. Az oktatási rendszernek olyan új, friss tudással rendelkező fiatal munkavállalókat kellene kinevelni, akik rendelkeznek az ehhez szükséges összes személyi kompetenciával, továbbá mentesek azon berögzült rossz rutinoktól, amelyek mentén a „szürke világ” napjainkban működik. E szakemberek létjogosultsága csak akkor hagyhat nyomot a fejlődés útján, ha a kulcs emberek megfelelő pozícióba kerülnek. A HR-RISK modell leírja azon kompetenciákat, amelyekkel rendelkeznie kell egy zöldülő világrend kialakításában aktívan részt venni kívánó szellemi munkát irányító munkavállaló, amelyet kiegészítve a pozíció betöltésével megkapjuk a civilizációs fejlődés kulcsát.

A tanulmány a személyi kompetenciák meglétét hivatott felmérni. A közeljövő és a hosszabb távon való gondolkodásnál vajon mennyire számíthatunk a friss diplomás fehér gallérosokra? Vajon a közelmúlt, a jelen egyetemista rétege, továbbá az „utánpótlásban” mennyire vannak meg a fenntarthatósághoz szükséges kompetenciák csírái? E kérdésekre keresem a választ, amely válaszokat az elmúlt 10 év kutatásaira alapozva adom meg.

2. Anyag és módszer

Az elmúlt 10 év folyamán számos kutatást folytattam a téma kapcsán, amely során kvantitatív és kvalitatív eszközöket egyaránt alkalmaztam.

A 2010-es években jellemzően kérdőíves felmérésekkel igyekeztem rávilágítani a felsőoktatási anomáliákra. Évente 100-200 hallgatót kérdeztem meg arról, milyen attitűddel rendelkezik, milyen taktikával tanul, és közülük minden évben 30-40 válaszadóval mélyebben, struktúrálatlanul beszéltem arról, milyen tapasztalatai vannak a felsőoktatással kapcsolatban. A 2013-2020-as időszakban így mintegy 1000 kérdőíves lekérdezést végeztem, továbbá nagyjából 200-300 mélyinterjút folytattam le.

Az utóbbi időszakban kisebb mintájú kérdőíves felméréseket végeztem, és egyre nagyobb szerepet kaptak a kvalitatív eszközök. A mélyinterjúk mellett a megfigyelések is fontos szerepet kaptak.

A minél szélesebb körű felméréshez szükséges felismerni, hogy egyes körülményeket, okozati folyamatokat nehezebb kérdőívvel megérteni, semmint valamely kvalitatív módszer alkalmazásával. Ennek tükrében egy részkutatás keretein belül több ezer hallgató egyetemi viselkedését figyeltem meg, amely kihatott a morálra, az egyetemeken történő megjelenésre, valamint a tanulás módszertanára is.

A 10 éven át tartó kutatás lehetőséget adott arra, hogy feltérképezsem az oktatási rendszer anomáliáit, továbbá megválaszoljam a tanulmány elején felvetett kérdéseimet, nevezetesen: az egyetemen tanuló fiatalok alkalmasak-e egy zöldülő világrend kialakítására, továbbá milyen jövőképünk lehet az egyetemi és a középszintű oktatásban részt vevő diákok habitusát szem előtt tartva.

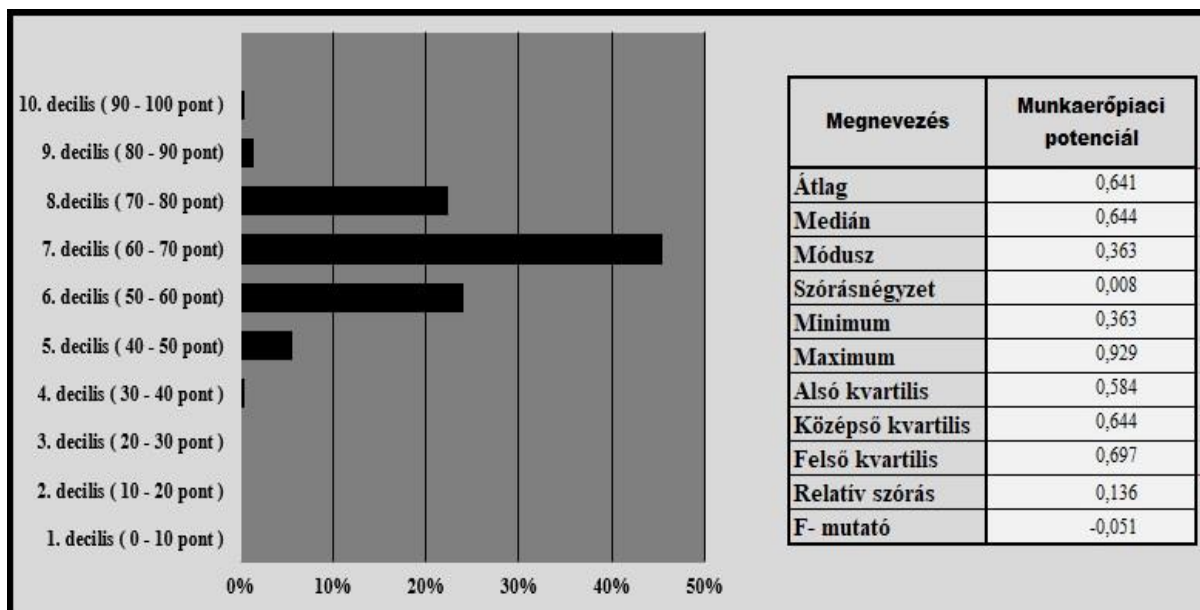
3. Eredmények

A közeljövő (5-10 év) vonatkozásában azokra a kutatásokra kell támaszkodni, amelyek a 2010-es évek egyetemistáira vonatkozó adatokat tartalmazza. Ez a réteg már kilépett a munkaerőpiacra, azonban nincsenek még a szálak mozgatóját jelentő szervező, döntéshozói pozíciókban. Ettől függetlenül a morális alkotáshoz a morállal, azaz a fontos jellemvonásokkal már rendelkezniük kell.

A morális alkotás feltételezi azt, hogy a fiatalok rendelkeznek tudással, megfelelő az életvitelük, jó a stresszkezelésük és persze a munkához, élethez való hozzáállásuk is példás. Az egyetemi tanulmányok során ezeknek az értékeknek meg kell már mutatkozniuk. A 2010-es években a kutatás középpontjában ezen tényezők felmérése állt a középpontban, ezzel felmérve a fiatalok munkaerőpiaci potenciálját.

A kutatások rámutattak, hogy a felsőoktatásba járó fiatalok csupán minimális része lenne képes megállni a helyét egy olyan munkaerőpiacon, ami egy paradigmaváltáson átesett, fenntarthatóságot tartja szem előtt. Ez egyben azt is jelenti, hogy körükben nem találjuk meg a kellő számban azokat a potenciális munkavállalókat, kulcsjátékosokat, döntéshozókat és -előkészítőket, akik képesek lennének megfelelő módon vezetni az alkotótevékenységet.

A morális alkotásnak leginkább a morális értékrend hiánya jelenti az akadályt, ugyanis a fiatalok alázata, a munkához való hozzáállása igencsak kérdőjeles, s sok esetben igencsak hanyag. Az órákon tanúsított destruktív magatartás mindenképp abba az irányba mutat, hogy a hallgatókat nem igazán érdekli az, amit épp tanulnak. Az órákon való étkezés, az okostelefonnyomogatás, vagy épp az órák kerülése, mondván, hogy felesleges, semmiképp nem arra enged következtetni, hogy a megkérdezettek rendelkeznek az optimális értékrenddel. Az sem túl dicséretes, hogy a 2015-ös, a 2017-es és a 2019-es adatok is egyöntetűen hozták ki az eredményt: az egyetemisták kb. 10%-a képes és hajlandó köszönni az egyetemre való érkezéskor, s ez megint egy jellembeli hiányosságot mutat.



1. ábra: A kutatásban részt vevő hallgatók munkaerőpiaci potenciálja

A stresszkezelés kapcsán is akadtak problémák: a válaszadók között nagyjából azonos arányban vannak azok, akik nyugodtak, illetve azok, akik kis feszültséget éreznek. Elsősorban a vizsgahelyzet miatt akadnak olyan egyetemisták, akik szorongással mennek be az egyetemre a számonkérés napján, esetleg leblokkolnak. Ez komolyan a teljesítmény rovására megy, sőt, vannak olyan esetek is (szerencsére ennek aránya igen alacsony), ahol felfedezhetők a mentális zavarok. A válaszadókkal folytatott interjúk és a megfigyeléses módszerek alkalmazása során kiderült, hogy a hallgatók egy része depressziós vagy nervosával küszködik.

A stresszkezelési problémák és a morális hiányosságot természetszerűleg kihatnak az életvitelre. Az, hogy a válaszadók egy jelentős hányada csak az utolsó napokon kezd el tanulni, csupán egy a sok momentumból. Az azért elgondolkodtató, hogy a fiatalok 80%-a a havi 3 bulizás során alkohollal lazítja el magát, közülük egy jelentős hányad az optimálisnál messze több italt fogyaszt. A kutatások szerint a válaszadók nagyjából fele már 16 éves korára megtapasztalta, milyen részegként hazatérni egy buliból. Nem csoda, hogy a bioritmusuk is sok esetben problémákat jelez. Ugyan sokak 11 óra környékén lefekszenek és 6-7 óra magasságában kelnek szorgalmi időszakban, viszont a vizsgaszélon felszínre hozza az addigi hiányosságokat. Kb. 10% azok aránya, akik akár éjjel 2-ig is tanulnak, és alig-alig alszanak 1-1 órát. Sok negatívum jellemzi a fiatalokat, azonban mindenképp kiemelendő az életvitelük kapcsán, hogy a 2010-es évek közepén egyetemre járó fiatalok nagy része sportolt ilyen vagy olyan gyakorisággal.

A jövőorientált gondolkodáshoz elengedhetetlen a tudás. A szakmai ismereteket felmérni rendkívül nehéz, hiszen minden válaszadó mást tanul, éppen ezért a tanulmányi átlaggal lehet leginkább felmérni a szakmai ismereteket. Ezzel különösebb probléma nincs, azonban a lexikális tudással annál inkább. A felmérésben részt vett hallgatók esetenként nagy hiányosságokat mutattak, ami az általános műveltségüket illeti. A válaszadók kb. 40%-a nem ismeri fel a Himnuszt egy adott idézetből, nincsenek tisztában a vitaminokkal, s alig van olyan egyetemista, aki tisztában lenne azzal, hány képviselő is ül a magyar Parlamentben. Számos olyan témakör van, amihez nem igazán értenek a fiatalok, ami összességében arra enged következtetni, hogy a 2010-es évek egyetemistája lényegében a saját maga által tanult szak információin kívül nemigen jeleskedik másban, s ha nem a szokott sémák mentén kérdezik tőlük, akkor teljesen összezavarodnak, megroppan a tudásuk (tehát eleve labilis tudással rendelkeznek).

Középhosszútávon (10-15 év) való gondolkodásnál a 2020-as évek egyetemista rétegét kell hasonlóképp górcső alá vennünk. A 2020-as években folytatott kutatásokat sokkal nehezebb megvalósítani, köszönhetően a járványhelyzet okán kialakult digitális oktatásnak.

A nehézségek ellenére több közvetett jel utal a 2010-es évek óta folyamatban lévő rendek alakulására. Ennek tükrében a fiatalok morális készségeivel továbbra is problémák vannak, hiszen a megfigyelések szerint változatlanul érvényesülhet a 70%-os óralátogatási hajlandóság, ahol a megjelentek egy jelentős része nem is figyel az előadásra. A jelek továbbra is arra utalnak, hogy a hallgatók gyakorlatközpontúak és így az előadásokat továbbra is feleslegesnek tartják. Ennek persze az oktatásban is megvan a maga nyoma, ami a szemináriumi órák során érvényre is jut. Ami az egyetemre való beérkezés során tanúsított köszönést illeti, mintha kicsit növekedett volna a köszönni tudók aránya. Ez mindenképp pozitív, azonban a pár százalékpontos javulás továbbra sem kielégítő, ugyanis a többség még mindig „se lát, se hall” üzemmódban közlekedik, fülén a headsettel, amin keresztül gyakran hallgatnak zenét, kizárva ezzel a külvilágot.

A stresszkezelés alakulásának értékelése igen érdekes, hiszen a digitális oktatás eltérően vettült le az egyes hallgatókra. Vannak, akik számára az otthonlét kifejezetten kínzó, míg mások számára nagy felszabadulást jelentett az, hogy nem kell bejárni az egyetemre és többszáz hallgató között mozogni. Mindettől függetlenül a hozott problémák nem csillapodtak, gyakorinak tűnik a vizsgaszorongás, s a korábban fennálló kezeletlen stresszorok jelenleg is ugyanúgy labilitást hoznak a hallgatókra.

Az életvitelben megmutatkozó sajátosságokat csak indirekt tudjuk elemezni. Úgy tűnik, hogy a járványhelyzet után sem változtak az egyetemisták, ami a bioritmust, a tanulási hajlamot illeti. Természetesen a bulizás is továbbra is rendszeres elfoglaltság. Ugyan korábban is megfigyelhető volt, azonban napjainkban különösen megmutatkozik, hogy a megjelenésben igencsak elkülönül a két nem. Míg a férfiak a legegyszerűbb megoldásokat keresik, addig a nők kifejezetten divatorientáltan jelennek meg az intézményekben. Ha az egyetemeket egyfajta kulturális intézménynek és munkahelynek tekintem, akkor nagyjából a nők harmada nem odaillő öltözködéssel jelenik meg, míg ez az arány a férfiaknál elenyésző. Tehát az életvitelben megmutatkozik egy olyan elv, miszerint a nők az egyetemeken is sokkal inkább a külsőségekre helyezik a hangsúlyt.

A tudás kapcsán hasonló következtetésre jutottam, mint a 2010-es évek adatainak elemzése során. Ugyan jóval kevesebb adat feldolgozására volt lehetőségem, mégis továbbra is úgy tűnik, hogy a szakmai ismeretek sematikus elsajátításán kívül a fiatalok leginkább abban jeleskednek, hogy hol szerezzenek be adott információt („Google a barátod” elv).

Hosszútávon (15-20 év) el kell vonatkoztatnunk az egyetemisták rétegétől és a jövő generációt képező egy másik szegmenst kell megvizsgálnunk, nevezetesen a jelenleg középiskolákban tanuló fiatalokat.

A középiskolás közösség messze más, mint az egyetemista lét. Alapvetően itt még szoros a kapcsolat a hallgatók között, hiszen középiskolát a legtöbb esetben még lakhely szerint választanak a családok. Mindazonáltal ahogy a fiatalok a kamaszkorból lépnek át a felnőtt létbe, úgy alakul ki jellemük és úgy mutatkoznak meg a számukra fontos vezérelvek.

A teenagerek alighanem a Facebookon és más közösségi portálra ragadva élik mindennapjaikat és ez alapjaiban határozza meg erkölcsüket, cselekedeteiket. A legtöbb esetben a családi kötelékek felszínesnek bizonyulnak és a kortárs kapcsolatok válnak elsődlegessé. Klikkek alakulnak ki, különböző „játékszabályokkal”. Ezek a játékszabályok alapjaiban határozzák meg a klikk tagjainak viselkedését, s így nagyjából a hasonló, illetve a hasonlóknak látszani akaró fiúk és lányok közelednek egymás felé. Ez a kohézió kialakítja az egyéneken a tanuláshoz való hozzáállást, ez által a szerzett tudás várható szintjét is, valamint az alázatot és az életvitelt. A stresszkezelés ebben az esetben általában egy exogén változó.

A középiskolások leginkább 2 tulajdonság mentén kategorizálhatók: egyrészt fontos, megnyire tekintik a tanulást központi témának, másrészt pedig a megnyilvánulások intenzitása az, ami mentén kialakulnak a diákokat magukban foglaló klaszterek. A legtöbb esetben a jó, megbízható tanulók introvertáltak, avagy igazából nem tudnak és/vagy nem akarnak belefolyni a vitás ügyekbe. Ők a saját dolgaikkal foglalkoznak, többé-kevésbé kiegyensúlyozottan teljesítenek. A legritkább esetben lépnek fel aktívan, éppen ezért a destruktív magatartást is megtűrik, gyakran még akkor is, amikor ez az oktatás romlását idézi elő, ami egyben veszélyezteti a jövőjükre elképzett tervek megvalósíthatóságát.

Ezen tanulókon kívül egy hatalmas összpontosulás alakul ki, amelynek összekötő elemei a külsőségek. Ez a kör tartalmaz egy belső, erősebb klikket és egy külső réteget. A fiatalok valahogy úgy csoportosulnak, mint egy atomnál: adott egy sűrűbb atommag („vezérek” – a blikk kulcsszereplői) és körülöttük egy lazább szerkezetű elektronhéj (követők – a klikk külső szereplői). A belső klikknek jellemzően van 1-2 vezéralakja, akik általában nagyszájúak, talán kissé antiszociálisak. Az a menő (az ő szemükben), aki követi az ő viselkedési normáikat, legyen szó a tanulásról, az öltözködésről, vagy esetleg másokkal szemben tanúsított hozzáállásról. A „keménymag” az „etalon”, a külső „héj” az ő trendjeiket lesi és követi. A tanulással nem nagyon foglalkoznak, igencsak hajlamosak a „megúszós technikákra”, és emiatt nem riadnak vissza a nem szabályos cselekvésektől, úgy, mint a puskázástól, úgy, mint a tanárok átverésétől. Mivel a tanulással nem töltenek sok időt, tudásukat jellemzően a hozott készségek határolják be. Destruktívak, az órák folyását, az oktatás haladását indirekt módon, de lassítják dezertáló magatartásukkal. Ez a kör fogékony leginkább mások kiközösítésére, ők kezdeményezik a vélt vagy valós információkon való pletykákat, amivel minden további nélkül hajlamosak ártani másoknak, mit sem törődve a következményekkel. Az életvitelükre az órákra való tanulás hanyagolásán kívül jellemző, hogy amikor csak lehetőség van, minden „buliban” benne vannak, legyen szó valós buliról vagy épp valami „menőnek tartott” programról, tevékenységről. Önértékelésük kérdéses, hiszen igazából az egyediségüket a divatnak, a „főnöknek” való megfelelés jelenti, következésképp a csoport tagjainak magatartása adott ügyekben erősen hasonló.

A fiatalok között vannak olyanok, akik teljesen perifériára szorulnak, hiszen csendesek, introvertáltak, és képességeik alapján néha komoly problémáik vannak a tanulást illetően. Ők egymással is igen laza kapcsolatot ápolnak, jellemzően egyedül vannak a nap nagy részében, vagy épp olyanokkal, akik a mainstreammel szemben hasonlóképp lázadnak, mint önnön maguk. Ők önmaguk döntése nyomán szakadtak el a többiektől, azonban vannak olyanok is, akiket a hallgatók többsége közösít ki. Sajnálatos, hogy a közoktatásban egyre több ilyen 18 év alatti van, akiket osztálytársai teljesen kirekesztenek. Nem igazán szól senki hozzájuk, sok esetben a köszönés is derogál a többségnek, ignorálják vagy éppen bántalmazzák is őket szavakban vagy tettelesen. Ezek a kirekesztett tanulók jellemzően nem túl pozitív énképpel rendelkeznek, viszont a tanuláshoz való hozzáállásuk igen változó. Vannak, akiket épp azért közösítenek ki, mert tanul, míg másokat bármily, a „menőknek” nem tetsző külső vagy belső momentum miatt.

Nyilvánvaló, hogy 3-4 csoportba lehetetlen összegyűjteni a középiskolások mindegyikét, azonban ezen csoportok a legáltalánosabbak, és ezekből is jól látható, hogy az alázat, a tudás, az életvitel és a stresszkezelés képességének mindegyike alig-alig van meg néhány középiskolásban.

4. Következtetések

A kutatások rávilágítanak arra, hogy a jelen oktatási rendszer nem képes kinevelni azt a diplomás réteget, amely képes lenne szervezni és vezetni egy olyan új világrendet, ahol a morális elvek mentén a fenntarthatóság kerül a középpontba. Az nyilvánvaló, hogy a válaszadók nincsenek jelenleg azokban a pozíciókban (és feltehetően az arra érdemesek csak egy töredéke fog

olyan pozícióba kerülni), hogy ténylegesen tudjanak tenni a jövő nemzedékért, azonban az ehhez szükséges személyi jellemzőkkel már rendelkezniük kell a fiataloknak.

Akármelyik időtávot is vesszük alapul, úgy tűnik, hogy az alázat okozza a fő problémát. Az egyetemeken az óralátogatás, az órákon való cselekvések és a gondolkodásmód is árulkodó lehet, míg a középiskolások között alig-alig fedezhetünk fel bármi tudatosságot. Ami tudatosság mégis látszik, az leginkább a másik akadályozására, az oktatás menetének bomlasztására irányul. A kvantitatív és kvalitatív adatok is rámutatnak arra, hogy a morális értékrend következtében a tudás hiánya is sok esetben megmutatkozik.

Úgy tűnik, a problémák rendszerszintűek, amelynek levetülése megmutatkozik a fiatalok magatartásában, ami veszélyezteti, rontja a jövő generáció esélyeit. A kutatás fő kérdésére adandó válasz egyértelmű: a mai magyar oktatási rendszerben sem rövid-, sem középhosszú-, sem hosszútávon nincs meg a morális alkotni tudás alapja. Összességében nagyjából 20 évig nem számíthatunk a rendszert alapjaiban meghatározó változásra, és folytatódik az emberiség önpusztító magatartása.

Hogy a fenntarthatóság megfelelő morális alapokra helyezkedve megvalósuljon, rendszer-szintű paradigmaváltásra van szükség. Ugyan ez a kifejezés trendinek, divatosnak számít szakmai berkekben, mégis a gyakorlati értelemben alig van látható nyoma. A morális tudás elsajátításához az oktatási rendszerben is változásokra van szükség, amelynek hívószava:

„Konzervatív értékrend & modern tudás!”

A változásokhoz sok időre van szükség, amely véleményem szerint nélkülözhetetlen. Félő, hogy ezek hiányában előbb-utóbb az emberiség lehetetlen helyzetbe hozza a saját maga által épített civilizációját és végsősoron elpusztítja önmagát, ahogy azt már egyes alkotások utalás-szinten szóba is hozták, hiszen az ember legnagyobb ellensége önmaga.

Az állatok alkalmazása a gyógyászatban

Horváth Dóra

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

Horvath.Dora@uni-mate.hu

Összefoglalás

A kedvenceinkkel töltött idő csökkenti a stresszt. Műszeres vizsgálatokkal is bizonyítható, hogy ha az ember doromboló macskát tart az ölében, az mintegy 20%-kal csökkenti az illető vérnyomását. Egyes kutatások szerint a cukorbetegség (vércukorszint beállítása, szövődmények megelőzése) is jobban kezelhető, ha négylábú „doktor” van a házban. Szellemi fogyatékkal élőknek akár már egy akvárium jelenléte is javít a beteg szociális viszonyain. Mi mindenre jó még, ha állatok közelében vagyunk nap mint nap? Enyhíti az egyedül élő, magányos emberek szomorúságát. Segít a depresszió, a rossz közérzet, és a lehangoltság leküzdésében, javítva ezáltal az érzelmi állapotot. Az állatok jelenléte, meleg testük, selymes szőrük érintése oldja a szorongást. Az állat nem tesz különbséget az egészséges és a beteg között, mellette a fogyatékkal élő is teljes értékű embernek érezheti magát. A kutyák, lovak nem csak érzelmi, de fizikai terápiára is alkalmasak. Egy-egy vidám, játékos kutyus mozgásra ösztönözheti a beteget, a lovaglás pedig segíthet elmulasztani akár a beszédzavart is.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Gyakran ismételt, s napjainkban egyre többször emlegetett bölcsesség, hogy betegségeink jelentős része lelki eredetű. Ebben az összefüggésben a tudomány is megvizsgálta a betegségek kialakulását és lényegében alátámasztotta mindezt. A tudomány Descartes óta visszariad minden olyan kutatási területtől, amely az immateriális létre, pl. a lélek léte az agysejtek működésétől függetlenül vonatkozik. Szeretnék rámutatni az alábbiakban arra a hazánk lakosságára is jellemző sajnálatos tényre, hogy a megfelelő kezeléssel elkerülhető halálozás is jóval meghaladta az uniós átlagot, ami az egészségügyi szolgáltatások minőségével kapcsolatos problémákat tükrözi. Az egészségügyi rendszer működése azonban csupán egy része, eleme az egésznek. Sokkal nagyobb hangsúlyt kellene fektetni az életminőség kialakítására és fenntartására, valamint az egészséggel összefüggésbe hozható és az azt befolyásoló kutatások eredményeinek feltárására és bemutatására. Sajnálatos tény, hogy miközben jelenkori társadalmainkban az életfeltételek folyamatosan javulnak (különösen igaz mindez a nyugati társadalmakra), a mentális panaszok egyre gyakoribbá válnak. A magány különösen nagy veszélyt jelent a mentális egészségre, s ez sajnos napjainkban egyre több embertársunkat érinti. Azonban tehetünk ellene, ugyanis a legtöbb ember számára az állatok társasága, azok simogatása szubjektíve kellemes érzést okoz. Számos háztartásban él valamilyen háziállat. Ezek közül a kutyák és macskák a legjellemzőbbek. Ezen állatok tartása, gondozása hosszú távú elköteleződést, sok időt, erőfeszítést és pénzt igényel a gazdától, ám ezek a befektetések sokszorosan megtérülnek, hiszen a háziállatok jótékony hatással vannak lelki és fizikai állapotunkra egyaránt.

Több külföldi szakirodalom *Health.ec.europa*, a *WHO*, *Britannica* stb. és egyéb szervezetek is egyre többet foglalkoznak az egészség és ezzel együtt a mentális egészség megőrzésével és javításával. *Easterbrook* (2003), *Seligman* (2002) például a szociális jólét és mentális állapot összefüggéseinek vizsgálataival foglalkozott.

A hazai szakirodalomban is számtalan példát látunk erre vonatkozóan, pl.: *Andorka* (1994), *Kopp-Martos* (2011), *Kovács* (2007), és *Kovács* (2006).

2. Anyag és módszer

Kutatási munkám során amelyet a gyógyturizmus vendéglétszámának fejlesztése során hajtottam végre, több kérdőíves felmérést is végeztem.

Megkérdeztem a Nyugat-Dunántúl Régió tekintetében a házi orvosokat, a reumatológus szakorvosokat, illetve a gyógyfürdőkbe látogató vendégeket. A kérdőíveket egyébként 47 fő reumatológus szakorvos, 65 fő házi orvos töltötte ki.

A szak- ill. házi orvosoknak kérdést tettem fel a hozzájuk érkező betegek egészségi állapotára vonatkozóan is. Elég lesújtó eredményeket kaptam s emiatt is olvastam utána egy kicsit az emberek jólétét, illetve jóllétét befolyásoló tényezőknek. A megoldás nem is olyan bonyolult.

3. Eredmények és értékelésük

Sajnos mindennap találkozhatunk azon paradoxon jelenséggel, miszerint a világ fejlett országainak lakossága egyre boldogtalanabbnak érzi magát, egyre több ember szenved depresszióban. Mi is az a *depresszió*? A *depresszió* jelensége, mint olyan feltehetőleg egyidős az emberi civilizáció megjelenésével. A Hippokratész által melankóliaként meghatározott lelki állapotot az orvostudomány már a XIX. század óta betegségként kezeli. Ez alatt egy olyan lelkiállapotot értünk, amelyben a „szenvető alany” rosszkedvű, szomorú s számára a világ kietlennek, a nehézségek pedig leküzdhetetlennek tűnnek. A szomorúság, bánat érzése nem azonos a depresszióval, ezt nem szabad összekeverni. A depresszió egy betegség, míg ezzel ellentétben a szomorúság csupán mulékony állapot, egy érzelem. A leglényegesebb különbség azonban az időtartamot és mélységet illetően van. Míg a szomorúság, bánat rosszkedv néhány napon belül elmúlik, addig ezzel szemben a depresszió hetekig, hónapokig de akár évekig is fennállhat. Miért is fontos erről szót ejteni? A depresszió 50-60%-kal növeli az elhalálozás valószínűségét. Hatása párhuzamba állítható a dohányzás ártalmaival.

A depressziósok 16-19%-a öngyilkosság következtében hal meg, valamint 450%-kal nagyobb a valószínűsége annak, hogy szívinfarktust kapnak. A krónikus depresszív hangulat a rákrizikót is megnövelheti 88%-al, valamint a krónikus félelemérzés 300%-kal megnövelheti a végzetes szívinfarktus rizikóját. A szívkoszorúér betegség rizikóját a depresszió 200%-kal fokozza, valamint növeli a stroke valószínűségét is. Ha még ez önmagában nem lenne elegendő, a dohányzás jelentős mértékben fokozza a depresszió ártalmas hatását. A depressziós dohányosoknál 1800%-kal nagyobb az előfordulása a dohányzásra jellemző ráktípusoknak, a nem a dohányzással összefüggő rákelőfordulások pedig 290%-kal növekednek.

Erős és depressziós dohányosoknál a természetes ölsejtek aktivitása leredukálódik, s mindez azért is fontos, mert ezek a sejtek fontos szerepet töltenek be a szervezet rákellenes védekező mechanizmusában.

A kedélyállapotunk már önmagában is befolyásolja egészségünket. A pozitív érzelmi állapot (öröm, boldogság, elégedettség, pozitív várakozás, jövőbe vetett hit) pedig egészségesebbé teheti a szervezetet. Tény, hogy a magas pozitív érzelmi állapot alacsonyabb halálozási aránnyal jár. Japánban ki is mutatták, hogy a nevetés, a jókedv rövid távon is csökkenti a vércukorszint-kiugrást.

A fejlett országokban, deklarációk szintjén már kb. 50-60 éve, azaz a 1960-as években megjelent az életminőség javításának szükségessége. Többen Johnson elnök 1964-es elnöki kampányában, a Great Society program kapcsán tett kijelentésétől származtatják a vizsgált fogalmat, amely szerint „céljaink elérését nem mérhetjük bankszámlák nagyságával, csak az emberek életminőségének javulásával”. Ezen kijelentés alapján is egyértelműen látszik, hogy már akkoriban az anyagi szükségletek kielégítésére irányuló mennyiségi jólét (welfare) mellett

előtérbe került az immateriális dimenziókban megvalósuló jóllét (well-being) kérdésének tárgyalása is (Fekete, 2006).

A fejlődés célja tehát napjaink Nyugat-Európájában nem elsősorban a mindenáron való gazdasági növekedés, hanem az emberek jóllétének, életminőségének javítása (Kopp-Martos, 2011). Tehát, a társadalmi fejlődés középpontjában minden esetben az embernek kellene állnia. Kiemelten fontos az emberi személyiségfejlődés támogatása. Mindezek ellenére azonban sajnos mégis az tapasztalható, hogy a társadalmat a gazdasági, fogyasztói érdekek mozgatják, és nem az ember alapvető érdekei.

Az életminőség kifejezést legelőször a gazdasági növekedés és fenntarthatóság kritikájaként használták a tudósok (Kovács, 2006), azonban ennek ellenére sem létezik még mindmáig elfogadott, általános definíciója. Hazánkban, egy 2006-ban végzett kutatás során az emberek életkörülményei - saját bevallásuk alapján - egy 11-fokú skálán átlagos. Talán még némileg szerencsésnek is tarthatja magát az átlagos magyar, mivel ha megkérdeznék, hogy az országos átlag hogyan is él, akkor a válaszokból az derülne ki, hogy hozzá képest némileg alacsonyabb életszínvonalon. Ugyanakkor érthető módon jóval méltányosabb életkörülményeket tartana magának igazságosnak. Persze mindez nem azt jelenti, hogy az emberek többsége boldogtalan, azonban nyilván sokan, magasabb életszínvonalon szeretnének élni.

Hazánkban a rendszerváltást követő recessziót szokás okolni az alapvetően rossz, gyenge anyagi közérzetért hazánkban.

A pesszimista életszemlélet mellett természetesen sok más tényező is negatívan befolyásolhatja a szubjektív életminőséget.

Sági (2000) az objektív jövedelmi helyzeten túl néhány fontosabb tényezőt emelt ki:

- Felfokozott várakozások hatása;
- Anyagiak fontosságának hatása;
- Régi mechanizmusok továbbélésének hatása;
- Referenciák hatása;
- Befektetés-megtérülés várakozásoktól eltérő- esetlegesen negatív-hatása.

A rendszerváltást követően a gyors gazdasági fellendülés helyett inkább az elszegényedés volt jellemző s ezen állapot hazánk jelenlegi lakosainak többségére is jellemző.

Seligman (2002) az életminőségnek három szintjét különíti el, s ezeket a boldogsággal azonosítja. A boldogság- és a boldogságkeresés három szintje a fogyasztói boldogságideál, azaz minél több élvezet keresése. A bevonódás, flow állapot, illetve az élet értelmének keresése. Az első szint a „pleasure”, a *gyönyör*, az *élvezet* szintje, a hedonikus boldogság, amely önmagában még csak az ösztönös késztetések szintjének felel meg. A modern társadalom gyakran egyedül ennek a szintnek az elérését tekinti boldogságnak. Mindez magyarázat a drog, az alkohol, adrenalin élmények alkalmazására, keresésére.

A boldogság második szintje a *bevonódás*, az *elkötelezettség*, amikor az ember teljesen feloldódik, s a legmagasabb szintű élményt éli át a feladat teljesítése közben = flow élmény; flow áramlat.

S végül a 3. szint, mely nem más, mint az *értelmes élet*, a valódi boldogság, ami nem élmény, nem állapot, hanem *aktivitás*. Ezt a szintet az *önelfogadás*, az *életcélok*, a *személyes növekedés*, a *másokkal való pozitív kapcsolatok* és az *autonómia* jellemzik (Kopp-Martos, 2011).

Az életminőség fogalma elválaszthatatlanul összefonódik az egészség fogalmával, amelyet ugyancsak nehéz objektíven meghatározni, hiszen összetett, többdimenziós és konkrét mutatókkal mérni lehetetlen.

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 1946-os meghatározása szerint „az egészség a teljes testi, lelki és társadalmi jóllét, és nem egyszerűen a betegségek vagy fogyatékoságok

hiánya. Az egészségnek tehát több dimenziója is van. Ezek a testi-lelki egészség és a társas-szociális, társadalmi egészség” (Kopp-Martos, 2011). Az életminőség-mutatók is jól követik az egészségi állapot három fő dimenzióját, a biológiai (testi, fizikai) struktúrát, a pszichés/mentális állapotot és a szociális/társas funkcionálást.

Testi, lelki egészség kapcsolata

A WHO definíciója alapján a testi egészség = betegségtől mentes állapot. A pszichológiai egészség és a mentális egészség nagyon hasonló jelentéstartalommal bír. Vizsgálati eredmények is születtek arra vonatkozóan (Sági, 2000; Andorka, 1994.), miszerint az objektív tényezők tekintetében hazánkban nem túl pozitív a kép, hiszen az életszínvonal relatíve magas, azonban az egészségi állapot nem javul olyan dinamikusán. Az objektív statisztikák szerint Szeretném kiemelni, hogy ezek 20 évvel ezelőtti eredmények.

A *krónikus stressz* káros hatásait számos tanulmány vizsgálta. Megállapították például, hogy a stressz aktiválja a herpesz vírusokat (pl. Eppstein-Barr vírus), növeli a felső légúti, ill. fertőző megbetegedések valószínűségét és lassítja az ezekből történő felépülési időt, megzavarja az immunrendszer működését, csökkenti a védőoltások hatékonyságát, az immunválasz valószínűségét, lassítja a sebgyógyulást és gyulladásozó reakciókat indíthat el. Mely tényezők, válthatják ki a depressziót, stresszt, ill. a negatív érzelmi állapotokat? Kiemelten hangsúlyozandó a magány, a munkanélküliség, a válás, a házastárs, partner elvesztése, ill. a rossz házasság, családi problémák. A *depresszió* leküzdése tehát egészségünk szempontjából elsődleges fontosságú. Ennek oldására alkalmazhatók természetesen antidepresszáns gyógyszerek, ezek azonban a pozitív érzelmi állapotot is mérsékelik és a depresszió egészségkárosító hatását nem csökkentik megfelelő mértékben. Mi az ami azonban ténylegesen pozitívan hathat a lelkiállapotra? A válasz kézenfekvő és egyszerű: az állatok.

Állatok a gyógyászatban

Miként alkalmazhatók az állatok a gyógyászatban, különböző terápiákban? Az állatok társasága bizonyítottan gyógyír a testnek és a léleknek egyaránt. Ennek tényét nem csupán a tapasztalatok – számos gyógyulás, az életminőség látványos javulása –, hanem műszeres vizsgálatok is bizonyították.

Az állatterápia napjainkban már önálló tudományág, melynek lényege, hogy a terápiás állatokat - általában kutyát, macskát, lovat, nyulat vagy bármilyen szelíd emlőst, hüllőt, halat - használnak a szellemileg, lelkileg vagy testileg sérült gyermekek és felnőttek rehabilitációjában.

Fontos azonban megemlíteni, hogy az állatterápiás kezeléseket legtöbbször más kezelések kiegészítéseként alkalmazzák.

Már Hippokratész is felfigyelt rá, hogy az állatokkal végzett közös tevékenység, mint például a lovaglás, gyorsíthatja a gyógyulás folyamatát.

Elsőként dr. Boris Mayer Levinson amerikai szakpszichológus foglalkozott a témával tudományosan (az 1960-as években), amikor egy szellemi fogyatékos gyermek kezelése során, a rendelőjébe vitt kutyája hozta meg az áttörést. Meglepődve tapasztalta, hogy a gyermek a kutya társaságában feloldódott, és hosszú idő múltán beszélni kezdett.

A következő vizsgálatokra az állatot már szándékosan vitte magával, és a kisfiú állapota ennek hatására bizonyíthatóan javult.

Az állatterápia alkalmazása elsősorban angol nyelvterületen terjedt el, majd világszerte is egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Ma már szinte bármely korosztály, bármilyen jellegű probléma és betegség gyógyításában, illetve a rehabilitáció különféle területein nyújt segítséget. Bár kezdetekben leginkább kutyákat, lovakat alkalmaztak, idővel a kisállatok köre is bővült.

Szakmai tanulmányok számoltak be ugyanis a teknősbéka, a halak, delfinek, a papagáj vagy a nyulak terápiás jelentőségéről is.

Magyarországon is fokozatosan nő az állatterápia iránti érdeklődés. 1996-ban alakult meg pl. a Kutyaival az Emberért Alapítvány, mely az elsők között alkalmazott speciálisan kiképzett kutyákat a terápiás foglalkozások alkalmával.

Az állatterápia típusai

Állatterápia esetén 2 módszert különböztetünk meg:

Állatasszisztált aktivitás: nem feltétlenül szükséges a szakemberek közreműködése. Cél: a foglalkozásban részt vevők életminőségének, életkedvének, hangulatának javítása, s ezáltal a fizikai és szellemi aktivitásuk növelése.

Állatasszisztált terápia: Ebben az esetben a kezelés szakemberek közreműködésével folyik. Célja minden esetben a páciensek fizikai, érzelmi, szociális, kognitív funkcióinak javítása. A beteg a terápiás csapat segítségével alakít ki kapcsolatot az állattal (ez lehet simogatás, etetés, sétáltatás, lovaglás), s az ennek hatására megváltozó állapotát kontrollcsoportokhoz, vagy saját, a terápia megkezdése előtti állapotához viszonyítva értékelik.

Az állatterápia pozitív hatásai

Az állatokkal való kapcsolat jótékony hatása rendkívül sokrétű lehet. A *lovaglás* például nemcsak a mozgáskoordinációt javítja, hanem ritmikusságának köszönhetően a beszédzavarok kezelésénél is hasznát veszik.

A *kutyák* különösen sokoldalú terápiás hatást fejtenek ki, mivel képesek a testbeszéd felismerésére, érzékenyek a szemkontaktusra, a gesztusokra, a figyelemre, ennek révén a beszélni nem tudó gyermekekkel is képesek kapcsolatot teremteni, kommunikálni, illetve játékoságukkal, elevenségükkel mozgásra sarkallni.

A vizsgálatok kimutatták, hogy az állatok jelenléte a stresszmutatók, pl. kortizolszint, vérnyomás, pulzusszám csökkenését eredményezi. Mindezek által normalizálható a légzésszám is, sőt az állatok jelenlétében a fájdalomérzet is csökken.

Születtek arra vonatkozóan is vizsgálati eredmények, szerint az állatterápia javítja a gyermekek immunrendszerének működését.

Az állatoknak tehát bizonyíthatóan szorongáscsökkentő hatásuk is van, melyet a súlyos betegek kórházi, műtét körüli ellátásában egyes külföldi egészségügyi intézmények előszeretettel ki is használnak. A velük töltött idő enyhíti az egyedül élő emberek magányát, segít a rossz közérzet, a lehangoltság leküzdésében. Napjaink társadalmának pszichés jólléte szempontjából fontos az elfogadás, a követelések nélküli szeretet. Ezt egy állat mindent meg tudja adni, hiszen például egy kutya minden esetben örül a gazdája hazajövetelének. Képes az érzelmek felismerésére, és az ennek megfelelő együttérzésre, ezért olyan társaságot biztosít, ami csökkenti a magányérzetet.

Az emberek sokkal könnyebben lépnek kapcsolatba egy állattal, mint például egy másik emberrel. A velük való kapcsolat minden kockázattól és elvárástól mentes. A kapcsolatteremtésüket nem befolyásolja semmi. Sem az anyagi háttér, sem az IQ s ez különösen a mentálisan sérült vagy súlyos pszichiátriai betegek kezelés során előnyös.

Milyen hatásokat indukál az állatok jelenléte? Az állatok jelenlétének emberekre gyakorolt hatása az alábbiak szerint csoportosítható:

- a.) *fizikai hatás:* számos kutatás bizonyította, hogy az állatok jelenléte jótékony hatással van az emberek fizikai állapotára. Megállapítható, hogy állatok társaságában az emberek légzésszáma, szívfrekvenciája normalizálódik, alacsonyabb lesz a koleszterin-szintjük, stresszmutatóik (kortizolszint, vérnyomás, pulzus) csökkennek, a test természetes

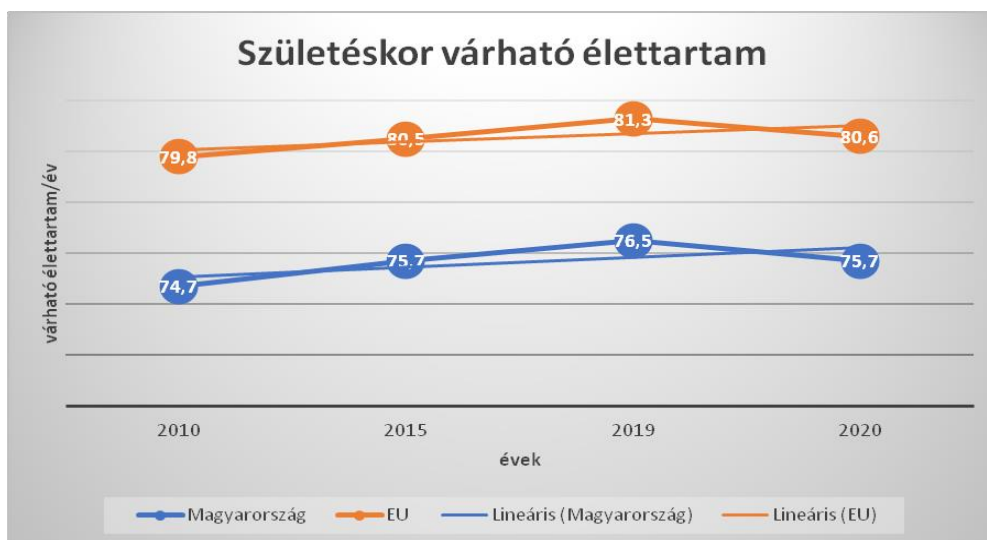
fájdalomcsillapítójának, az endorfinnak a mennyisége emelkedik, az immunrendszer működése pedig fokozódik. S ami a legpozitívabb, hogy ezen jelenségek nemcsak rövid ideig, de hosszú távon is jótékony hatásúak.

- b.) *emocionális hatás*: az állatokkal való munka pozitív hatással van életkortól függetlenül az érzelmi fejlődésére. A terápiás foglalkozások során nő a résztvevők önbizalma és javul a kedélyállapota. Megtapasztalhatják az állatok részéről a feltétel nélküli elfogadás és szeretet csodálatos élményét. Kutatási eredmények szerint például a kutyák néhány perces simogatása szerotonint, prolaktint és oxitocyn-t termel, melyek miatt kellemesen érezhetik magukat és javul a kedélyállapotuk.
- c.) *szociális hatás*: köztudott, a krónikus betegek esetén, valamint a régóta fájdalommal küzdő személyeknél, időseknél jellemző az elmagányosodás. Számukra is kiváló társaságot nyújthat egy állat, aki jelenlétével csökkenti a magány érzését. Az állat-tartók, illetve az állatokkal gyakran találkozóak között közös téma az állatok nevelése, gondozása, az általuk szerzett tapasztalatok cseréje, lehetővé téve kapcsolat kialakítását, ápolását. Az állattartók vagy az állatokat kedvelők egyfajta csoportot képeznek, melyek tagjaira jellemző az egység és a valahová tartozás érzése.

Demográfiai és társadalmi-gazdasági környezet Magyarországon

Hazánkban a várható élettartam a Covid-19-es világjárvány előtti időszakban viszonylag egyenletesen nőtt, de még így is majdnem öt évvel elmarad az uniós átlagtól.

A várható élettartam 2019 és 2020 között a Covid19-világjárvány miatt átmenetileg közel 10 hónappal csökkent, ami az uniós átlaghoz hasonló csökkenést jelent. Az ellátás folyamatosságának fenntartása érdekében a világjárvány alatt új távegészségügyi szabályozást vezettek be hazánkban, mégis a kielégítetlen egészségügyi szükségletek szintje mindezek ellenére nőtt. Hazánk népességi száma: 9 769 526 fő, a 65 év feletti lakosok aránya 19,9% (2022-es OECD adat alapján).



1. ábra: Forrás: OECD

A fenti ábra alapján megállapítható és szemmel látható a különbség a hazai és az uniós születéskori várható élettartam között. A magyarországi átlagéletkort alapul véve megállapítható, hogy az uniós átlag +6; +7%-kal, azaz mint már említettem, kb. 5 évvel meghaladja a hazait.

A megelőzhető okok miatti halálozási arány az összes uniós ország közül Magyarországon volt a legmagasabb a világjárvány előtt, ami kiemeli az életmódbeli és egyéb kockázati

tényezők csökkentésének szükségességét. A magyar nők átlagosan mintegy hét évvel tovább élnek, mint a férfiak – 79,1 évig, szemben a 72,3 évvel. Ez a nemek közötti különbség nagyobb, mint az EU egészében és nagyrészt annak tudható be, hogy a férfiak jobban ki vannak téve különböző kockázati tényezőknek, különösen a dohányzásnak és a túlzott alkoholfogyasztásnak. Nem csupán a nemek, hanem az iskolai végzettség között is tapasztalható különbség, hiszen a legalacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkező férfiak átlagosan 11 évvel élnek rövidebb ideig, mint a legmagasabb iskolai végzettséggel rendelkező honfitársaik.

Magyarországon az ischaemiás szívbetegség és a stroke a vezető halálozási okok, amelyek a 2018-ban Magyarországon regisztrált halálesetek egyharmadát tették ki.

A fentiek alapján tehát megállapítható, hogy az állatok tartása minden szempontból, mind mentálisan, mind fizikálisan hozzájárul a jóllétünk megalapozásához.

4. Eredmények és értékelésük

A WHO definíciója alapján a testi egészség= betegségtől mentes állapot. A pszichológiai egészség és a mentális egészség nagyon hasonló jelentéstartalommal bír. Vizsgálati eredmények is születtek arra vonatkozóan (Sági, 2000; Andorka, 1994.), miszerint az objektív tényezők tekintetében hazánkban nem túl pozitív a kép, hiszen az életszínvonal relatíve magas, azonban az egészségi állapot nem javul olyan dinamikus módon. Az objektív statisztikák szerint Szeretném kiemelni, hogy ezek 20 évvel ezelőtti eredmények.

A *krónikus stressz* káros hatásait számos tanulmány vizsgálta. Megállapították például, hogy a stressz aktiválja a herpesz vírusokat (pl. Eppstein-Barr vírus), növeli a felső légúti, ill. fertőző megbetegedések valószínűségét és lassítja az ezekből történő felépülési időt, megzavarja az immunrendszer működését, csökkenti a védőoltások hatékonyságát, az immunválasz valószínűségét, lassítja a sebgyógyulást és gyulladáshoz vezető reakciókat indíthat el. Mely tényezők, válthatják ki a depressziót, stresszt, ill. a negatív érzelmi állapotokat? Kiemelten hangsúlyozandó a magány, a munkanélküliség, a válás, a házastárs, partner elvesztése, ill. a rossz házasság, családi problémák. A *depresszió* leküzdése tehát egészségünk szempontjából elsődleges fontosságú. Ennek oldására alkalmazhatók természetesen antidepresszáns gyógyszerek, ezek azonban a pozitív érzelmi állapotot is mérsékelik és a depresszió egészségkárosító hatását nem csökkentik megfelelő mértékben. Mi az ami azonban ténylegesen pozitívan hathat a lelkiállapotra? A válasz kézenfekvő és egyszerű: az állatok.

5. Felhasznált irodalom

https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-01/2021_chp_hu_hungarian.pdf

www.semmelweis.hu

<https://gerinces.hu/pszichologia/az-allat-tartas-es-az-allatasszisztalt-terapia-jotekony-hatasai>

Andorka Rudolf (1994). Social Changes and Social Problems in Hungary since the 1930s. Economic, Social and Political Causes of the Demise of State Socialism. In: Seligman, A. (ed.): The Transition from State Socialism in Eastern Europe: the Case of Hungary. Comparative Social Research, Vol. 14, 49–96.

Easterbrook, Gregg (2003). The Progress Paradox. How Life Gets Better While People Feel Worse. Random House.

Fekete Zsuzsa (2006). Életminőség-koncepciók, definíciók, kutatási irányok. In: Utasi Ágnes (szerk.): A szubjektív életminőség forrásai. Biztonság és kapcsolatok. MTA Politikai Tudományok Intézete, Budapest, 277–301.

Kopp Mária – Martos Tamás (2011). A magyarországi gazdasági növekedés és a társadalmi jóllét, életminőség viszonya. Magyar Pszichológiai és Egészséglélektani Társaság. Jövő Nemzedékek Állampolgári Biztosa, Budapest, http://ess.tk.mta.hu/wp-content/uploads/2013/04/kopp_gazdasagi_novekedes.pdf.

Kovács Balázs (2007). Életminőség, boldogság, stratégiai tervezés. Polgári Szemle, 3. évf., 2. sz.

Kovács József (2006). Életminőség a bioetika szempontjából: elméleti problémák. In: Kopp Mária – Kovács Mónika Erika (szerk.): A magyar népesség életminősége az ezredfordulón. Semmelweis Kiadó, Budapest, 20–24.

- Márfi András (2007). A szubjektív életkörülmények társadalmi-gazdasági összefüggései. In: Utasi Ágnes (szerk.): Az életminőség feltételei. MTA Politikai Tudományok Intézete, Budapest, 6–23.
- Seligman, Martin (2002). Authentic Happiness. Free Press, New York.
- Székely András – Lázár Imre (2013). Vallásosság és kötődés. In: Susánszky Éva – Szántó Zsuzsa (szerk): Magyar lelkiállapot 2013. Semmelweis Kiadó, Budapest, 63–76.

A turizmus hatása a környezetre

Horváth Dóra

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

Horvath.Dora@uni-mate.hu

Összefoglalás

Hazánk szinte a világon egyedülálló hidrogeológiai helyzete miatt nemzetközi értelemben véve termál-és gyógyvíznagyhatalom, hiszen Magyarország területének négyötöde alatt termálvíz található. Ez a termálvíz pedig nem kevesebb, mint 30 Celsius fokos, s ennek is nagyrésze gyógyvíz, melynek gyógyhatásai orvosi vizsgálatokkal bizonyítottak. Minderre azért is fontos komoly hangsúlyt fektetni, mert a gyógyturizmus a fennálló körülmények között a jövőre nézve tartósan fejlődő és folyamatosan bővülő piac lesz. Hazánk egészségturizmusa természetesen a gyógyvizeken alapul, azonban viszonylag kevesen foglalkoznak ennek természeti és épített környezetünkre gyakorolt hatásával.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainban az emberek turisztikai igényei és szokásai jelentősen átalakultak (*Opaschowski, 2012, 2016*). Az életminőség általános emelkedése, a szabadidő és a transzferjövödelmek törvényi szavatolása hatására megnövekedett az igény a változatos és kulturált szabadidő eltöltési lehetőségek iránt (*Weiermarer-Pechlaner, 2008*). A közlekedési eszközök és rendszerek fejlődése lehetővé tette, hogy a potenciális turisták gyakorlatilag a világ bármely pontján eltölthetik szabadidejüket. Az utazási lehetőségek bővülésével párhuzamosan fejlődött az információs technológia is. Az Internet és egyéb kommunikációs eszközök révén a potenciális turisták képesek önállóan, akár otthonukban ülve az egyes desztinációkat részletesen feltérképezni, az utazással kapcsolatos döntéseket meghozni és az utazásokat megszervezni. Mindebből adódik, hogy a turizmus korunk egyik legdinamikusabban fejlődő gazdasági szektoraként a legnagyobb környezeti problémák közvetlen, vagy közvetett okozói közé tartozik (*Jancsik-Rátz, 2007*). Természetesen mindezt felismerve megjelentek azok az irányzatok az ágazaton belül, amelyek a fenntarthatóságot, illetve a turizmus hatására fellépő környezeti terheltség csökkentését tűzik ki célul. Ezek főbb jellemzője, hogy a természet megismerésére/megismertetésére irányulnak és a természeti, vagy épp a védett területek jelentik a közvetlen úti célt. A turisták és a gyógyturizmus résztvevői is egyre inkább - ha tehetik - az aktív pihenés résztvevői közé tartoznak. Emiatt a hazánkba érkező- és belföldi vendégek egyaránt, a gyógyturizmus alapját képező környezettel, állandó kölcsönhatásban vannak egymással. A kölcsönhatás egyik iránya - nevezetesen a környezeti paraméterek (földrajzi fekvés, geológiai tulajdonságok, gyógyvíz kémiai és fizikai paraméterei, stb) jelentik az attrakciót a turizmusban, - mely terület nyilvánvaló és sokat kutatott, míg a másik irány - milyen hatással vannak a vendégek a gyógyvizekre, ill környezetükre, egy kevésbé vagy alig vizsgált terület, különösen Magyarországon. A modern tájkutatók a táj jelenlegi potenciáljait vizsgálják a jövőbeli tájhasznosítás megfelelősége szempontjából. Különösen fontos és hasznos lehet ez a kutatás olyan környezet-érzékeny területeken, ahol az emberi jelenlét /turizmus környezetre gyakorolt hatásai révén jelentős változásokat okoz (*Puckó-Rátz, 1998*).

2. Anyag és módszer

Kutatásom során primer és szekunder adatokat dolgoztam fel. A szekunder adatokat elsősorban a KSH adatbázisából nyertem. Primer adataim és az ebből kapott eredmények a Nyugat-Dunántúli Régió 3 gyógyfürdőjében (Hévíz, Lenti, Sárvár) végzett kérdőíves felmérések alapján születtek, továbbá interjút készítettem mindhárom fürdő vezetőjével és a tőlük kapott információkat, adatokat dolgoztam fel.

A klasszikus termelési tényezők bázisa/alapja a föld, vagyis a természet, mely minden szempontból sokrétű szerepet tölt be a turizmus terén s képezi, ezáltal a turisztikai termékek alapját. A turizmus résztvevőire alapvetően jellemző, hogy a természeti-földrajzi környezet adottságainak sokkal szélesebb köre iránt érdeklődik, mint pl. a mezőgazdaság.

A turizmusban részt vevők számára meghatározó elemek: klimatikus-, geológiai adottságok, felszíni formák, élővilág, sokszínűsége, gazdagsága, egyedisége, esztétikai jellemzők, valamint a környezet állapota.

A turisztikai termékínálat értékét és jellegét befolyásolhatja a humán infrastruktúra = munka mennyisége és minősége. Ez alatt nem csupán a turisztikai szektor dolgozóit értjük, hanem a helyi lakosokat, civil szervezeteket, akik sokat tehetnek a környezeti állapot megővésének érdekében is. A helyi lakosok hagyományai, szokásai, életvitele, napi rutinja befolyásolja környezetünk állapotát. A humán erőforrások esetében is elmondhatjuk, hogy egy részük sajátos közelemként jelenik meg a turisztikai termelésben, összeolvadva más természetű javakkal.

Egyértelmű, hogy a turisztikai erőforrások szoros szimbiózisban vannak a klasszikus értelemben vett termelési tényezőkkel, de mindezek mellett szoros az összefüggés a köz-és szabad javakkal is.

Turisztikai erőforrások alatt az alábbiak értendők: természeti erőforrások, kulturális erőforrások, humán erőforrások, infrastrukturális erőforrások, pénzügyi erőforrások.

Moduláris turizmus modell



1. ábra: *Freyer (1999)*

Ezen ábra alapján is látható, hogy a turizmus minden gazdasági szektorral szoros kapcsolatban áll, s megfelelő fejlesztés esetén pedig alapja lehet egész országok gazdasági és társadalmi fellendülésének.

A turisztikai vonzerő = imázs többértű és sokoldalú lehet. A latin *imago* szóból ered, s jelentése kép, képmás. Az imázs elmélete az 1950-es években alakult ki és lényegét tekintve napjainkig nem változott. A fogalmat Gardner és Levy használta először a marketingben. „Az imázs az a kép, amely az adott vállaltról, termékekről, vagy márkáról az emberekben kialakul és kialakulását, milyenségét számtalan szubjektív tényező motiválja. Mivel objektívan létezik, fontos, hogy ezt megismerjük, mert csak ennek birtokában lehet a marketing eszközöket úgy bevezetni, hogy a szóban forgó kép pozitívvá változzon (Tóth, 1996). A vállalati image kialakításának és fenntartásának módszertana) Az imázs tehát a térséggel kapcsolatos asszociációk komplex rendszere, s kialakulásában jelentős szerepet játszanak az úgynevezett organikus elemek (pl. országimázs, politikai és gazdasági jellemzők), a helyi szereplők által tudatosan és nem tudatosan indukált elemek (pl. települési környezet, tematikus kiadványok), valamint a potenciális turista korábbi tapasztalatai, és ismerőseinek véleménye. Az így kialakuló asszociációk összessége révén, a desztináció nemzetközi ismertsége és elismertsége, az imázs és pozicionálása az utazási döntés kiemelt jelentőségű eleme. Az összetevők egy jelentős része ugyan nem irányítható, azonban a jövedelmező turisztikai ágazat megteremtéséhez és fejlesztéséhez a helyi DM szervezeteknek törekedniük kell a formálására, elősegítve a helyi turisztikai szolgáltatások fejlesztését, a turisztikai vállalkozások versenyképességét. A turisztikai imázs tehát egy folyamatosan változó, összetett, bonyolult szerkezetű, folyamataiban és összetevőiben egyaránt sokrétű, térben és időben változó kép. Nem más, mint egy adott desztinációval kapcsolatos elképzelések, gondolatok és benyomások összessége. (Kotler, 1994) Mivel az egyes fogadóterületről kialakult markáns és pozitív kép az utazási döntési folyamatot leegyszerűsíti és kedvező irányba befolyásolhatja, ennek függvényében az imázs kialakítása kiemelkedő szerepet kap a turistákért folytatott küzdelem során. A desztinációs menedzsment szervezetek képesek egy-egy desztináció imázsát a marketingkommunikációs eszközök révén befolyásolni. Az elmúlt évtizedekben a turisztikai imázs fogalmát számos kutató meghatározta. *Crompton* (1979) a turisztikai imázs hiedelmeket, elképzeléseket és tényeket egyaránt magába foglal. *Fakeye* (1991) kiemeli, hogy a benyomások közül a turisztikai imázsban néhány meghatározó jelentőségű. *Parenteau* (1995) szerint pedig az imázslemek között vannak kedvező és kedvezőtlen benyomások is. A társadalmi trendek (fogyasztói öntudatosság és individualizmus, a márkatermékek növekvő jelentősége, az élményszerzés előtérbe kerülése), a desztináció menedzsment szervezeteket újabb és újabb kihívások elé állítja. A potenciális turista ugyanakkor utazási döntéseit – a kipróbálás lehetősége híján- a tudatában a desztinációról kialakult véleménykép alapján hozza (*Parenteau*, 1995). A desztináció fejlesztése és hagyományos kommunikációja mellett így a turisztikai imázs egyre hangsúlyosabb szerepet kap az utazókért folytatott küzdelemben. Az erős, egyedi, pozitív imázs kialakítása és formálása megkönnyíti és hatékonyabbá teszi a DM szervezet munkáját, ugyanakkor kizárólag ezen kedvező véleménykép révén nem lehet sikeres egy desztináció. Az elmúlt két évtizedben számos kutatás keretében vizsgálták a turisták desztináció-választási folyamatát, desztinációkról bennük élő képet, valamint az egyes desztinációk pozicionálásának sikerességét. Megállapították, hogy a potenciális turisták utazási döntéseinek folyamata alapvetően az úgynevezett AIDA-modell logikáját követi. A desztinációról (de nem feltétlenül a desztinációból érkező hírek, információk felkeltik az utazók figyelmét (**A**ttention). Az igényekkel, elképzelésekkel összhangban levő pozitív élményígéret és imázs aktív érdeklődést generál (**I**nterest), amelynek hatására kialakul a desztináció felkeresésére irányuló vágy (**D**esire). A döntési folyamat végül az utazással realizálódik (**A**ction). A kutatások eredményei alapján egybehangzó megállapítást nyer, hogy a potenciális turisták utazási döntéseiket egyfajta szubjektív kép alapján hozzák meg. Ennek alapját többnyire a desztináció valós értékei jelentik, amit azonban nagyban módosíthatnak a további információk, benyomások, elvárások és tapasztalatok. A turisták tudatában élő markáns, pozitív kép nélkülözhetetlen ahhoz,

hogy az adott desztináció, mint lehetséges úti cél szóba jöhessen utazási döntéseknél. A negatív benyomások és asszociációk távol tartják az utazót az adott desztinációtól.

A döntési folyamat során a DM szervezetnek az érdeklődés elmélyítése és a vágy kialakítása terén nyílik lehetősége a hatékony beavatkozásra. A szervezet kiemelt feladata a kínálatfejlesztés és a kommunikáció révén pozitív imázs közvetítése.

A desztináció menedzsment munkáját nehezíti, hogy az imázs egy nehezen azonosítható, rendkívül összetett és nagyfokú szubjektivitást tartalmazó véleménykép; a desztinációval kapcsolatos hiedelmek, elképzelések, gondolatok és benyomások kedvező és kedvezőtlen hatású tényezők összessége. A potenciális turisták ugyanakkor a véleménykép kialakításához az összes benyomás halmazból csupán néhány markáns elemet emelnek ki. Az összetevők lehetnek tényeken, tudáson és tapasztalatokon és információkon nyugvó értelmi vagy szubjektív véleményen nyugvó érzelmi elemek. Az imázs térben és időben változó. A földrajzi és a mentális távolság növekedésével egyre negatívabbá válik. A közvetlen gazdasági, politikai, történelmi, kulturális kapcsolatok hiányában egyre kevésbé ismert az adott desztináció a potenciális turisták körében, így imázsa is egyre kedvezőtlenebb.

A szubjektív imázs kialakításában meghatározó szerepet játszanak az organikus és indukált elemek, valamint a korábbi személyes tapasztalatok.

Az organikus szintet a potenciális utazó személyes értékrendje, világképe és beállítottsága képezi. A szubjektumon keresztül értékeli a desztinációról és a tágabb térségről szóló nem turizmus-specifikus híreket, televíziós és rádiós riportokat, újságcikkeket, filmeket és további információkat. Az országimázs és a terület általános képe egyfajta imázstranszferként befolyásolja a desztináció turisztikai megítélését. A nem tudatos kommunikáció és a térség fejlettsége meghatározó tényezők; a gazdaságilag fejletlenebb területek imázsa is gyakran kedvezőtlenebb, miközben kevesebb anyagi lehetőségük nyílik a marketing aktivitásra.

A fenntarthatóság elérése hétköznapi életünk minden szintjén, s így a desztinációk számára is elengedhetetlen. Sajnos ki kell mondjuk, hogy a turisztikai iparágak nemcsak előnyei (profit, idegen kultúrák megismerése, gyógyulás, élményszerzés), hanem hátrányai is vannak, melyek kedvezőtlenül hathatnak a közbiztonságra, a természeti és épített környezetünkre. Közös feladatunknak kell tehát tekintenünk, a kedvezőtlen hatások kiküszöbölését annak érdekében, hogy a fenntarthatóság biztosított legyen.

3. Eredmények és értékelésük

A szakirodalom a turisztikai szektor környezeteként a társadalmi - kulturális, politikai, gazdasági, természeti és technológiai elemeket jelöli meg. Nem véletlenül, hisz ezek azok a tényezők, amelyek alapvetően meghatározzák adott hely (világrégió, ország, régió, település) idegenforgalmi adottságait, s befolyásolják annak fejlődési lehetőségeit. A turisztikai menedzsmentnek nem csak a piac működésének jellemzőivel kell tisztában lenniük, jól kell ismerni a környezettel való kapcsolat megnyilvánulását, a hatásokat és ellenhatásokat, hogy a pozitív externáliák a turizmus érdekében jól hasznosuljanak, a negatív hatások pedig kivédésre kerülhessenek. A turizmus és a környezet közötti kapcsolat kétféleképpen értelmezhető, hiszen ez egy oda-vissza működő kölcsönhatás. A környezet hat a turizmusra és fordítva. *Opaschowski* (2012) által végzett kutatás is megállapította, hogy turizmus résztvevői számára kiemelten fontos a biztonság. Általános tapasztalat, hogy a legtöbb környezeti veszély (pl. hurrikán, járvány, földrengés, szökőár stb.) visszatartja az utazókat a meglátogatni kívánt helytől. Természetesen akadnak olyanok is, akiket vonz a veszély és a természeti katasztrófa, ez azonban nem tömeges.

A környezet lehet *természeti*, azaz a természeti környezet valamely eleme vagy sajátossága.
kulturális

Természeti:

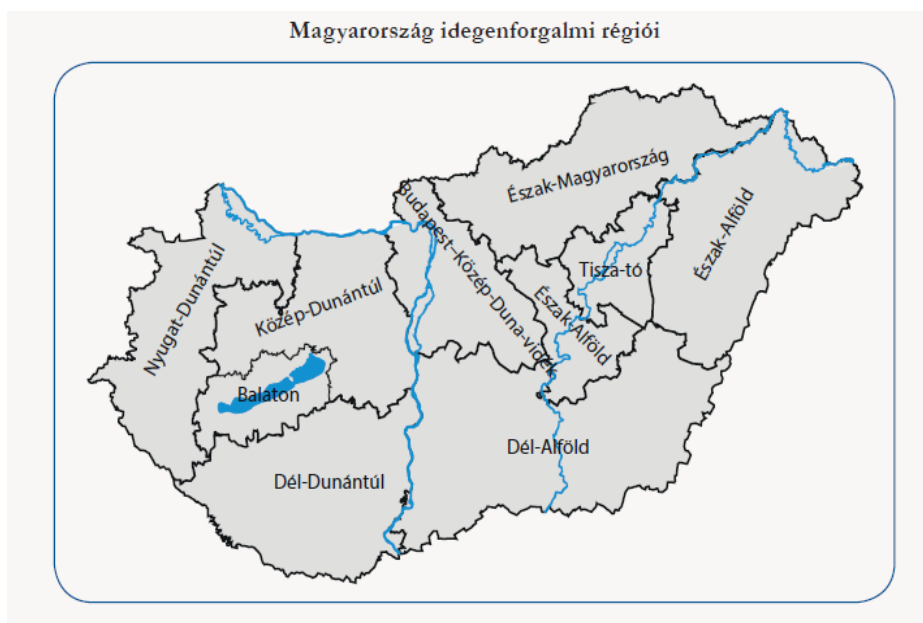
- a víz (folyó, tengervíz avagy a mi esetünkben, termálvíz, gyógyvíz);
- élettelen környezeti tényezők: hegyek, domságok (tanúhegyek, monoszlói bazalorgonák);
- klímatis viszonyok, éghajlat (alpesi klíma, trópusi éghajlat);
- tájkép (alpesi táj);
- természeti ritkaságok (gejzirek, Hévízi gyógytó);
- védett területek (nemzeti parkok, vadrezervátumok);
- élő természeti környezet: értékes növény- és állatfajok, védett állatok.

Kulturális: – történelmi helyek, helyszínek, események;

– hagyományörző kézművesség (fazekasság-Velemér);

– hagyományörző egyesületek, szervezetek.

A turisztikai vonzerők általános jellemzője a helyhez kötöttség, az egy helyen található vonzerők és a szolgáltatások szorosan összekapcsolódva alkotják a turisztikai terméket és a desztinációt.



2.ábra: Forrás: KSH

Az egészségturizmus ágazaton belüli hangsúlyosságát mi sem tükrözi jobban, minthogy 2016-ban- a ksh adatai alapján-a magyarországi kereskedelmi vendégéjszakák több mint 45%-a realizálódott fürdővel rendelkező vidéki településeken. A turisztikai jelentőségű fürdők összesen 28,8 milliós vendégforgalmat és 64,2 milliárd forint bevételt generáltak ugyanebben az évben, ezzel közvetlenül hozzájárulva a nemzetgazdaság bevételeihez, közvetve a foglalkoztatottság fenntartásához, valamint a turisztikai kereslet szezonális csökkenéséhez. A magán jellegű utak esetén a 2016-os adatokhoz képest 2022-re +23%-os vendégforgalom emelkedés tapasztalható az egészségturizmus terén, mely a költségek terén 234%-os emelkedést mutat/millió Ft a 2016-os adatokhoz képest. Ebben nyilván a Covid -okozta helyhez kötöttség, bezártság is

hozzájárult, azonban tény, hogy az egészségturizmus nagy előnye, hogy nem jellemző rá a szezonális, ami komoly előny, hiszen ebben az esetben az utazni vágyó személy fő motivációja egészségi állapotának javítása, ill. megőrzése, azaz a gyógyulás vagy a prevenció.

Fontos kiemelnünk és hangsúlyoznunk a természetvédelem és turizmus kapcsolatát.

Az ökoturizmus eszméjének világméretű terjedése a fogalom profitorientáltságát eredményezte sajnos, hiszen egyre több termék jelent meg a turisztikai kínálatok körében öko- előtaggal. Bár több szervezet is dolgozott ki terhelésmérésre módszereket, sajnos nehezen alkalmazhatóak általánosan egy adott terület befogadóképességének meghatározására. Ebből kifolyólag nem lehet objektív adatokra hivatkozni a látogatók számának korlátozásakor.

A természetvédelem és a turizmus kapcsolata: Az 1980-as években fogalmazta meg az IUCN (a World Conservation Union) a nemzeti parkok és rezervátumok zonációval való kialakítását – fenntartható turizmus érdekében (1. TERMÉSZETI-, 2. KEZELT- ÉS 3. BEMUTATÓÖVEZET). Ez a nemzetközi gyakorlat hazánkban is elfogadott, melyet a természetbe irányuló idegenforgalom szabályozására alkalmaznak. Ennek bázisát, s legfőbb jogi alapjait a természet védelméről szóló 1996 / LIII. törv., az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996 / LIV. törv. és a vad védelméről a vadgazdálkodásról, valamint a vadásatról szóló 1996/LV. törv. képezi. (Alapelvek: 1996/LIII. tv.: A vadon élő élővilág általános védelme 11§ - vadászat, horgászat során biztosítani kell a természet védelméhez fűződő érdekek érvényesülését, a fenntartható használatot, ami a vadon élő vadászható-halászható vad és halfajok biológiai sokféleségére alapozott fenntartását jelenti. A Balaton és Kis-Balaton környékén különösen nagy jelentőséggel bír. Az élőhelyek általános védelme 16.§ (5) vízfolyások, tavak természetközeli partjainak megőrzése – táborozók, fürdőzők, kajak-kenu túrákat szervezők stb. A földtani, természeti értékek általános védelme kiemelten fontos pl.: a Szent-György hegyen található bazaltorgonák vagy akár említhetném a tapolcai Tavas barlangot is. Mindkettő közkedvelt és gyakran látogatott a turisták körében.

Bár a turizmus kiemelten fontos nemzetgazdasági jelentőséggel és az egészséges életmód egyik alapja az aktív életmód/ aktív kikapcsolódás és a sport, mégsem szabad megfeledkeznünk róla, hogy Nemzeti parkjaink elsődleges rendeltetése a különleges jelentőségű, természetes növény – és állattani, földtani, víztani, tájképi és kultúrtörténeti értékek védelme, a biológiai sokféleség és természeti rendszerek zavartalan működésének fenntartása, a hagyományörzés, az oktatás, a tudományos kutatás és a felüdülés elősegítése.

4. Következtetések, javaslatok

Mint azt már említettem, a természetközelség, aktív életmód és ökoturizmus egyre nagyobb hangsúlyt kapott az elmúlt évek során. Sokan és szívesen töltik szabad idejük egy részét a természetben, melynek megvannak az egészségre gyakorolt pozitív hatásai mellet sajnálatos módon a hátrányai is.

Tavaszi lévén, megtelnek az erdők, Nemzeti parkok, kirándulóhelyek emberekkel. A Balaton környékén is számos kirándulóhely, kilátó, tematikus ösvény található.

Sokan szívesen sétálnak a természetben és közben sajnos előfordul, hogy gyűjtögetnek is. A tavasz előhírnökeként is ismert hóvirág pl. védett növény, eszmei értéke szálanként elérheti az 1000 Ft-ot is.

Ahogy telik az idő, előbújik a medvehagyma, mely növény szintén sokakat vonz, azonban meg van határozva az a mennyiség, melyet szedni szabad belőle. A nyár közeledtével egyre többen élnek a táborozás lehetőségével, mely nem csupán gyermekfelügyeletet (szervezett nyári táborok) jelent, hanem remek kikapcsolódás is. Veszélyei azonban ennek is vannak a természetre nézve... Pl.: gyakran a kijelölt táborhely önkényes megváltoztatása, vizek szennyezése, kommunális hulladék hátrahagyása, táborúz felügyelet nélkül hagyása.

A túrázás esetén a természetre leselkedő veszélyek: túraútvonalakról való letérés, tépkedés, szemetelés, taposási kár, zaj és emberi jelenlét által kifejtett zavaróhatás (fészkelő madarak) Fokozottan védett területekre való engedély nélküli belépés.

A paplanernyősök sem kímélik feltétlenül a környezetet, hiszen a szemetelés, taposási kár, irtások tagítása fokozza az eróziót.

Napjainkban igen közkedvelté vált a horgászat. Mivel ez több óra/akár több napot is igénybe vevő szabadidős tevékenység, így jelentős szemetelés, tájatalakító tevékenység (horgászstégek készítése), tájidegen halfajok betelepítése (amúr, törpeharcsa, angolna, ezüstkárász, busa) jellemzi.

Vadászat: a vadgazdálkodás révén nagyvadak mesterséges túltartása (szarvas, vaddisznó), bérvadászatok szervezése céljából. Természetre gyakorolt káros hatása: milliós vadkárok a mezőgazdaságban, erdőgazdaságban közlekedésben. Nehéz azonban tenni ellene és kordában tartani, mivel kiemelkedően jövedelmező terület.

Barlangászat: rongálás, barlangok idegenforgalmi célú kiépítése (tapolcai tavas barlang).

A cél minden esetben minőségi kínálati elemekből összeállított termék kijáánlása, exkluzív programok kialakítása, amelyek túlmutatnak a puszta és a Balaton imázsán, megfelelnek, ráépülnek az ország sajátosságos természeti, kulturális adottságaira és a minőségi turizmust szolgálják változatos, történeti emlékekben és a népi hagyományokban gazdag természeti területeinken (Velemér). Mindezek mellett ki kell alakítani azokat a mennyiségi turizmust levezető bemutató helyeket, ahol az oktatás (vetítés, játékok) bemutatás a nagyobb tömegek (szervezett utak, iskolai csoportok) számára is lehetséges környezetkárosítás nélkül.

A turizmus környezeti hatásainak vizsgálatát a szakirodalom turisztikai hatásvizsgálatnak (Puczko és Rátz 2002) vagy turisztikai terhelésvizsgálatnak nevezi (Benkhard 2002, Péntes 2007). Az említett két elnevezés közti különbség jelentésbeli, tartalmi különbséget jelent. A terhelésvizsgálat egyrészt már feltételezi egyfajta negatív hatás jelenlétét, a terhelésvizsgálatok hipotézise pedig már a negatív hatások megléte lehet. A hatásvizsgálat elnevezés csupán a hatás meglétére utal, arra azonban nem, hogy azok milyen előjelűek. A gondolatot továbbvive kijelenthető tehát, hogy a turizmus negatív hatásai inkább a természetre gyakorolt hatásokban jelentkeznek. Mindazonáltal a gazdaság számos pozitív hatását élvezzi.

5. Felhasznált irodalom

- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu>
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/centrope.pdf>
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/regiok/gyorgyogyturizmus.pdf>
https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mikrocenzus2016/mikrocenzus_2016_13.pdf
<https://termalonline.hu/gyogykezelesek/iszapkezeles-mikor-alkalmazhato>
<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/haztfogy/haztfogyhavi1306m.pdf>
<https://mtu.gov.hu/cikkek/a-turizmus-eredmenyei-magyarorszagon>
https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_aves/i_oga018.html
<https://mtu.gov.hu/cikkek/egeszsegturizmus>
Borszéki Béla György (1998). Ásványvizek, gyógyvizek 42–43.o 53–57.o MÉTE Kiadó ISBN 963 550 583 3
Dávid L., Jancsik A., Rátz T. (2007). Turisztikai erőforrások p.5-76. ISBN: 9789633152539
Hopkins W.G., Hüner N.P.A. (2009). Introduction to Plant Physiology. p. 242.
Horst W. Opaschowski (2012). Das Gekaufte Paradies: Tourismus im 21. Jahrhundert
Keveiné Bárány I. (2015). Ökozónák a Földön ISBN: 9789633152
M. Lengyel (2005). A turizmus általános elmélete Heller Farkas Főiskola, Budapest, 42–64
L. Puckó-T. Rátz (1998). A turizmus hatásai; Aula-Kodolányi János Főiskola p.17–70.
H-G.Vester (1999). Tourismstheorie: Tourismussoziologie, München: Quintessenz,1993 p. 37–61.
P.Weiermair-K.Pechlaner (2008). Unternehmertum im Tourismus, Führen mit Erneuerungen, Erich Schmidt Verlag ISBN 978 3 503 10662 2, p.75–94.
K.Wöhler (1993). Informationsverhalten

- H.Hahn, H.J.Kagelmann: Tourismuspsychologie und Tourismussoziologie Quitessenz Verlags- GmbH, S.155–160.
- H.Pechlaner (2005). Risiko und Gefahr im Tourismus: Erfolgreicher Umgang mit Krisen und Strukturbrüchen, Erich Schmidt Verlag, p. 293–300.
- Magda R., Marsalek S. (2010). Vidékgazdaságtan II. Szaktudás Kiadó Ház

4. Multidiszciplináris tudományok

Festuca taxonok ploid vizsgálata Magyarországon

Balogh Dániel¹ – Fűrész Atilla¹ – Penksza Károly¹ – Lantos Csaba³ – Szőke Antal²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztéstudományok Intézete, Gödöllő

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Genetika és biotechnológiai Intézete, Gödöllő

³Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

akos.daniel.baloh@gmail.com

Összefoglalás

A *Festuca* taxon Kárpát-medencében élő fajainak meghatározása és elterjedésük felmérése nehéz. Az ilyen irányú kutatások eddig főleg a morfológiai jellemzőket vették alapul. A szélesebbkörű genetikai kutatások pedig főleg a mezőgazdaságban termesztett fajokat vizsgálták. Ennek a kutatásnak a főcélja a Duna mentén előforduló *Festuca* taxonba tartozó fajok feltérképezése és meghatározása, illetve összehasonlítása volt. További cél volt a *Festuca rupicola*, *Festuca wagneri* és *Festuca tomanii* taxonómiai helyzetének tisztázása, illetve a *Festuca javorkae* hazai helyzetének tisztázása. A kutatás során öt helyszínről gyűjtöttünk mintákat. A vizsgálatokat élő töveken végeztük a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Genetika és Biotechnológia Intézetében. A ploiditás-vizsgálat Cyt-FLEX flow citométerrel történt. Az eredmények alapján a Györszentiván mellett gyűjtött korábban *Festuca javorkae*-nek határozott tövek valójában hexaploidok, így lehetséges, hogy a *Festuca rupicola* fajhoz tartoznak. A Homoktövis Természetvédelmi Területről gyűjtött szálkás külső toklással rendelkező, erősen ezüstös, érdes levelű *Festuca* egyedek hovatartozása is kérdéses. A *Festuca wagneri* és *tomanii* bár morfológiailag eltérő, de ploid szintje megegyezik, ezért náluk a ploiditás alapján történő elkülönítést nem lehet alkalmazni.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A világon több mint 200 *Festuca* taxonba tartozó fajt írtak le (Šmarda 2008, Šmarda és mtsai. 2008). Azokon az élőhelyeken, melyeken más növényfajok számára már túl szélsőségesek a körülmények a *Festuca* taxon fajai a vegetáció meghatározó elemei (Ruemmele és mtsai, 2003, Borhidi és mtsai, 2012), ezentúl a pannon vegetáció gyepalkotói (Borhidi és mtsai, 2012). A csenkeszek élőhelyvédelmi szempontjából jelentős természetvédelmi értéket képviselhetnek, több védett rovarnak, kismélnöknek, hullónak biztosítanak élőhelyet (Vinczeffy, 2004; Tasi és mtsai, 2013; Halász és mtsai, 2018). Gyepgazdálkodási szempontból fajaik legtöbb esetben a gyenge termőképességű gyepeken jelennek meg, mely kategóriába hazánk száraz gyepterületeinek 65%-a tartozik (Tasi, 2020). Ennek köszönhetően a gazdálkodásban és élelmiszertermelésben betöltött szerepük jelentős, hiszen a hazai gyepgazdálkodási tevékenységek jelentős része az előbb említett növényzeti típusokban, vegetációs zónákban történik (Tasi, 2011). Fajmeghatározásuk mindezek ellenére nem egyszerű. Meghatározásukat nehezíti, hogy a taxonok között nagymértékű a variabilitás. Kezdetben a *Festuca* fajok meghatározásához, inkább a morfológiai tulajdonságok vették alapul (Sent Yves, 1928; Šmarda és mtsai. 2008). Újabban azonban a genetika és szövettani vizsgálatok is jelentős, olykor meglepő eredményeket mutatnak (Simon, 1992, 2000; Loureiro és mtsai, 2007; Penksza, 2009). Kiderült, hogy a fajok közötti hasonlóságokat, vagy különbségeket a genetikai távolságok, a genomialis eltérések mutatják meg a legjobban. Eddig részletesebb molekuláris, genetikai vizsgálatokat hazánkban, inkább a gazdasági szempontból jelentős, valamint a természetbe vont *Festuca* fajokon végeztek el. Habár vannak a természetes flóra taxonjaira vonatkozó hazai fajokat is magába foglaló

eredmények (*Galli és mtsai*, 2006; *Bauer és mtsai*, 2003; *Qiu*, 2019), az e-téren szerezhető információink még mindig hiányosak és további kutatások szükségesek. A *Festuca* fajok taxonómiai behatárolását, ezentúl tovább nehezíti a meghatározó bélyegek környezeti függősége, a fajok többségének idegentermékenyítő mivolta, valamint a változatos ploid szint (*Verseczki és Wichmann*, 2003; *Penksza és mtsai*, 2019, 2020). Sajnos hazai szárazgyepteársulásaink folyamatosan csökkennek és átalakulnak, melyeknek mind gazdasági, mind természetvédelmi szempontból jelentős hatásai lehetnek. Ennek következtében a hazai fajok helyzetének tisztázása, elterjedésüknek meghatározása egyre fontosabb és sürgetőbb lesz. A kutatásunk így fontos információkkal szolgál az e-téren szerezhető ismeretekhez és jövőbeli kutatásokhoz.

2. Anyag és módszer

A vizsgálataink alapját képező egyedeket a Dunát követve 5 helyszínről lettek begyűjtve. A mintavételi helyekről 2018-ban és a külföldi gyűjtések esetében 2019-ben gyűjtött élő töveket a Szent István Egyetem Genetikai Kísérleti terén ültettük be. A mintavételi területek és fajok a következők voltak: *Festuca vaginata* – Homoktövis természetvédelmi terület, továbbiakban Homoktövis TT, *Festuca pseudovaginata* – Homoktövis TT, *Festuca tomani* – Homoktövis TT, *Festuca brevipila* – Barcs, *Festuca rupicola* – Györszentiván, *Festuca javorkae* – Csenke (Čenkov), *Festuca wagneri* – Kunbaracs. Minden egyedből legalább 6 tövet ültettünk be, ahol a sorokat és a beültetett egyedeket is sorszámmal láttuk el. Ezeket a töveket alkalmaztuk a morfológiai és a genetikai vizsgálatok során is. Minden termőhelyről egy sorba kerültek a tövek a sorokat és a töveket is megszámozva.

A ploid szint vizsgálathoz fiatal, zöld, életképes levelekből 100 mg-ot vágunk le mintánként, minden vizsgálatra szánt taxonból. Összesen 101 egyeddel dolgoztunk. A flow citometriás mérések a Szegedi Gabonakutatóban történtek, Lantos és mtsai. (2012) módszere alapján a CytoFLEX Flow Cytometer (Beckman Coulter Inc., Brea, Kalifornia, USA) műszerrel. A mintákat részben *Doležel és mtsai* 1989-es protokollja alapján készítették elő. A mintákat homogenizátorral Galbraith pufferbe aprították, majd 20 mikronos szűrőn szűrték át. A mintákon RNáz kezelést alkalmaztak 60 percen át, majd 40 mikroliter 1 mg/ml Propidium jodid oldattal festették 30 percig szobahőmérsékleten.

A propidium jodid statiometrikusan kapcsolódik a vizsgált egyed nukleotidjaihoz és fluoreszcensként viselkedik. A fluoreszcensek mennyisége megegyezik a sejtből található DNS mennyiségével. A műszerbe bekerülve az adott minta egy csőbe kerül melyben köpenyfolyadék található. A köpenyfolyadék koncentrikus körökben veszi körül a mintafolyadékot, melynek hatására a sejtek egyesével érkeznek kapillárisokba. A kapillárisokban lézer világítja meg a sejteket és beépített szenzorok detektálják a szórt és a visszavert fényt. A szórt fény a sejt méretét detektálja, illetve jelzi az áthaladását. A fluoreszcens által adott hullámhosszon visszavert fény pedig a sejtből található DNS határozza meg. Az adatokat a számítógép értékelése után grafikonon jelenik meg. Melyen az x tengely a relatív DNS-tartalmat, míg az y tengely az adott időben áthaladt sejtszámot méri.

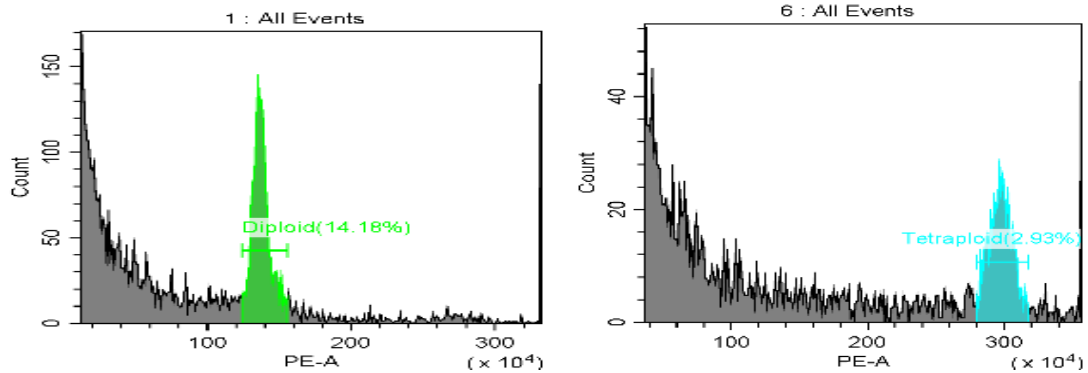
Referenciának a Homoktövis TT-en gyűjtött, bizonyítottan diploid *Festuca vaginata* egyedek ploid vizsgálati grafikonját használtuk.

3. Eredmények és értékelésük

Előzetesen végzett morfológiai és szövettani vizsgálatok eredményeként potenciálisan meghatároztuk a taxonokat és az irodalmi adatok alapján a ploid szintet is megadtuk. A vizsgálat után a ploid szint ismeretében korrigáltuk a meghatározásokat és megadtuk a fajok neveit is. Az általunk használt műszer a sejtciklus G0/G1 szakaszát tudta mérhetően kimutatni. Ez a sejtciklusban a növekedési szakasz.

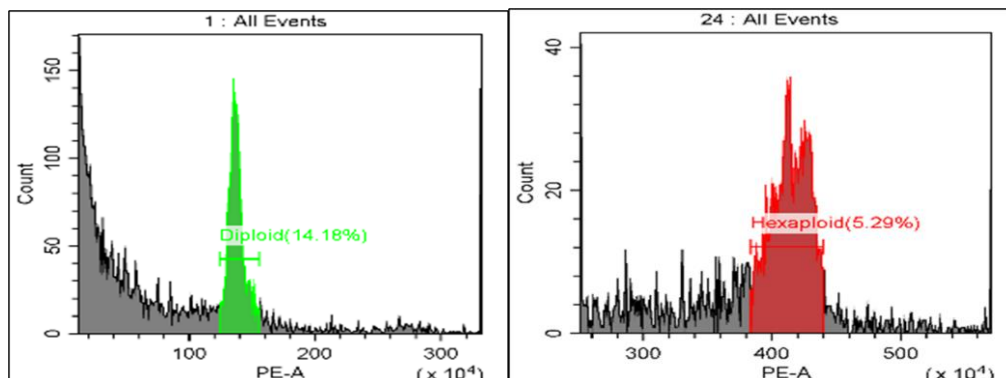
Az 1. ábrán a Homoktövis Természetvédelmi Területről származó *Festuca pseudovaginata* ploid szintje látható, amely tetraploid fajt mutat. A faj tetraploid mivolta onnan látható, hogy az x tengelyen a G1 növekedési szakaszban mért kiemelkedés (sejtfelszaporodás) kétszer olyan messze van, mint a diploid referencia *Festuca vaginata*-nál.

1. ábra: A diploid *Festuca vaginata* (Homoktövis TT) és tetraploid *Festuca pseudovagina* (Homoktövis TT) ploiditásának összehasonlítása



A 2. ábrán: A Barcsról származó *Festuca brevipila* minták hasonlítottuk össze a referencia anyagként használt, diploid Homoktövis TT-ről származó *Festuca vaginata* mintákkal. Az eredményből jól látszik, hogy a *Festuca brevipila* kiemelkedése háromszor olyan messze helyezkedik el a grafikonon, mint a *Festuca vaginata*-é.

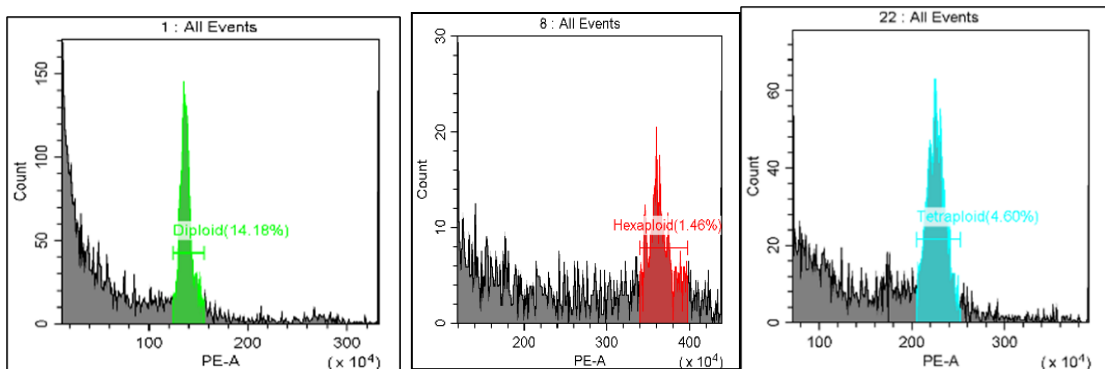
2. ábra: A diploid *Festuca vaginata* (Homoktövis TT) és a *Festuca brevipila* (Barcs) ploiditás összehasonlítása



A 3. ábrán a korábbi morfológiai bélyegekre alapozó felmérések alapján (Soó 1964) feltételezett györszentiváni *Festuca javorkae* populációból vett minták ploid szint összehasonlítása látható a bizonyítottan *Festuca javorkae* fajhoz tartozó szlovákiai Csenkéből, a locus classicus

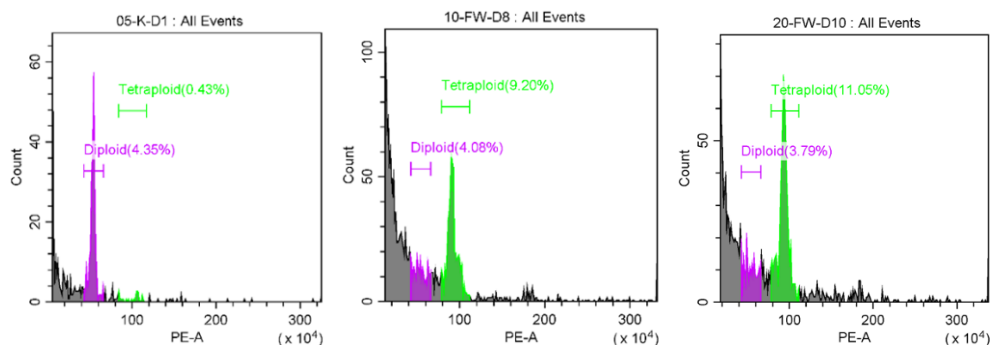
területről származó egyedek, valamint a diploid Homoktövis TT-ből származó *Festuca vaginata* referencia eredménnyel. Az ábrán jól látszik, hogy a Győrszentivánról származó minták hexaploidok, ugyanis a kiemelkedési szakasza háromszor olyan távol van a referencia anyagban használt, diploid *Festuca vagneri*. Ezentúl eltérnek a Csenkéről származó tetraploid *Festuca javorkae* mintáktól, melyek a diploid referencia értékektől kétszer olyan távolságban emelkedik ki. Ez alapján elképzelhető, hogy a győrszentiváni faj az ismert hexaploid *Festuca rupicola*-hoz tartozik.

3. ábra: A diploid *Festuca vaginata* (Homoktövis TT) a hexaploid *Festuca rupicola* (Győrszentiván) és a tetraploid *Festuca javorkae* (Csenke) ploiditásának összehasonlítása



A 4. ábrán látható grafikonok kicsit eltérnek a többitől. Ezekon az ábrákon a lilaszín a referencia anyagként használt *Festuca vaginata* ploid vizsgálati adatainak grafikonon való elhelyezkedését míg a zöld az összehasonlításban résztvevő fajok a Kunbaracson gyűjtött *Festuca wagneri* és a Homoktövis TT-en gyűjtött *Festuca tomanii* minták elhelyezkedését mutatja. Az ábrákon jól látszik, hogy a *Festuca wagneri* és a *Festuca tomanii* szinte ugyanolyan távolságra helyezkednek el a grafikonon és mind a kettő diploid, tehát a ploid szintjük megegyezik.

4. ábra: A diploid *Festuca vaginata* (Homoktövis TT) a tetraploid *Festuca wagneri* (Kunbaracs) és a *Festuca tomanii* (Homoktövis TT) ploiditásának összehasonlítása



4. Következtetések, javaslatok

A négy hazai és egy külföldi helyszínen gyűjtött, százegegy mintából végzett ploiditás vizsgálat több új, érdekes eredménnyel szolgált.

A jelen vizsgálat során a hazai potenciálisan *Festuca rupicola*-nak határozott példányok, amiket Györszentiván mellől gyűjtöttünk, hexaploidok voltak, amely megerősíti az említett feltételezést. Elleneben elveti, hogy a faj esetlegesen a korábban feltételezett *Festuca javorkae* fajhoz tartozzon (Soó 1964). Ebből az következik, hogy a *Festuca javorkae* hazai előfordulásának bizonyítása további vizsgálatokat igényel.

Kérdéses volt a Homoktövis Természetvédelmi Területről gyűjtött szálkás külső toklással rendelkező, erősen ezüstös, érdes levelű *Festuca* egyedek hovatartozása is. Tartozhattak volna a hexaploid *Festuca tracyhyphylla* taxonhoz, de ezek tetraploidok, így az említett feltételezés kizárható.

Vizsgálataink során telepített gyepeken megtaláltuk az északi-elterjedésű *Festuca brevipilla* fajt. Természetes vegetációban a Barcs melletti savanyú homoki területen fordul elő. A ploid vizsgálat pedig igazolni látszik a feltételezésünket, ugyanis a korábbi irodalmak alapján a fajról lehet tudni, hogy hexaploid (Qiu és mtsai. 2020).

A *Festuca wagneri* és *tomanii* bár morfológiailag eltérő, de ploidszintjeik megegyeznek, mindkét faj diploid, ezért náluk a ploiditás alapján történő elkülönítést nem lehet alkalmazni. A jövőben ezért szükséges részletesebb genetikai meghatározás: például DNS szintézis alapján történő elkülönítést alkalmazni, vizsgálni.

5. Felhasznált irodalom

- Bauer L., Galli Z., Penksza K., Engloner A., Szerdahelyi T., Kiss E., Heszky L. (2003). Morfológiai és molekuláris taxonómiai vizsgálatok kárpát–medencei *Festuca* fajokon. – III. Kárpát–medencei Biológiai Szimpózium: 33–37.
- Borhidi A., Kevey B., Lendvai G. (2012). Plant communities of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Doležal J., Binorova P., Lucretti S (1989). Analysis of nuclear-DNA content in plant-cells by flow-cytometry. *Biol Plant* 31(2):113–120
- Galli Z., Penksza K., Kiss E., Sági L., Heszky L. E. (2006). Low variability of Internal Transcribed Spacer rDNA and trnL (UAA) intron sequences of several taxa in the *Festuca ovina* aggregate (Poaceae). *Acta Biol. Hung.* 57: 57–69
- Hálasz A., Tasi J., Bajnok M., Szabó F., Orosz Sz. (2018). Climate sensitivity of Hungarian grasslands, In: Horan, B; Hennessy, D; O'Donovan, M; Kennedy, E; McCarthy, B; Finn, J A; O'Brien, B (szerk.) Sustainable meat and milk production from grasslands: Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation, Wageningen Academic Publishers pp. 598–600
- Lantos, Cs; Gémes, Juhász A; Vági, P; Mihály, R; Kristóf, Z; Pauk, J (2012). Androgenesis induction in microspore culture of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Biotechnology Reports* 6(2): 123–132.
- Loureiro, J.; Kopecký, D.; Castro, S.; Santos, C.; Silveira, P. (2007). Flow cytometric and cytogenetic analyses of Iberian Peninsula *Festuca* spp. *Plant Syst. Evol.* 2007,269, 89–105.
- Penksza K. (2009). Poaceae – Pázsitfűvek nemzetségeinek határozókulcsa. *Festuca* – Csenkeszek, *Lolium* – Vadóc, *Festulolium* – Korcsvadóc. In: Király G. (szerk.) Új magyar fűvészkönyv. Aggteleki Nemzeti Park, Jósvafő, pp. 498
- Penksza K., Szabó G., Zimmermann Z., Lisztes-Szabó Zs., Pápay G., Járdi I., Fűrész A. S., Falusi E. (2019). The taxonomic problems of the *Festuca vaginata* agg. and their coenosystematic aspects. A *Festuca vaginata* alakör taxonómiai problematikája és ennek cönoszisztematikai vonatkozásai. *Georgikon for Agriculture*, 23(3), 63–76. p.
- Penksza K., Csík A.-Filep A. F., Saláta D., Pápay G., Kovács L., Varga K., Pauk J., Lantos Cs., Lisztes-Szabó Zs. (2020). Possibilities of Speciation in the Central Sandy Steppe, Woody Steppe Area of the Carpathian Basin through the Example of *Festuca* Taxa. *FORESTS* 11: 12 pp. 1325–1337.–509.
- Qiu Y. (2019): Using flow cytometry for fine fescue taxa identification and determination. *Turfgrasses*. bioRxiv, 2019: p. 708149.

- Qiu, Y., Y. Yang, C. D. Hirsch and E. Watkins (2020). "Building a Reference Transcriptome for the Hexaploid Hard Fescue Turfgrass (*Festuca brevipila*) Using a Combination of PacBio Iso-Seq and Illumina Sequencing." bioRxiv: 2020.2002.2026.966952.
- Ruemmele, B.A., Wipff, J., Brilman, L.A. & Hignight, K. (2003). Fine-leaved *Festuca* species, p. 129–174. In: Casler, M.D. and R.R. Duncan (eds.). Turf-grass biology, genetics, and breeding. Wiley, Hoboken, NJ
- Saint-Yves A. (1928). Contribution a l'étude des *Festuca* (subgen. Eu-*Festuca*) de l'Orient. *Candollea* 3:321–466.
- Simon T. (1992). A magyarországi edényes flóra határozója. Budapest.
- Simon T. (2000). A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 976.
- Šmarda P. (2008). DNA ploidy level variability of some fescues (*Festuca* subg. *Festuca*, Poaceae) from Central and Southern Europe measured in fresh plants and herbarium specimens. *Biologia*, 63(3), 349–367. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0052-9>
- Šmarda P., Bureš P., Horová L., Foggi B., Rossi G. (2008). Genome Size and GC Content Evolution of *Festuca*: Ancestral Expansion and Subsequent Reduction. *Annals of*
- Soó R. (1964). A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve I. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Tasi J. (2011). Gyepgazdálkodás. Szent István Egyetem, Gödöllő Tasi J., Bajnok M., Halász A., Szabó F. Harkányiné Székely Zs., Láng V. (2014): Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 2014 (1-2): 57–58
- Tasi J. (2020). Az okszerű gyephasználat szerves része a legeltetés. *Magyar Állattenyésztők Lapja*. 25(2): 32-33
- Tasi J., Bajnok M., Szentes Sz., Török G. (2013). A hasznosítási gyakoriság és az időjárás hatása száraz és üde fekvésű gyepes takarmány-minőségére. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 2010/2011(2): 43–47. *Botany* 101: 421–433.
- Verseckzi N., Wichmann B. (2003). Morfotaxonómiai és molekuláris vizsgálatok a *Festuca* nemzetség *ovinae* csoportjának néhány faján. TDK dolgozat, Gödöllő.
- Vinczeffly I. (2004). legelőink különleges értékei. *Gyepgazd. közlem.* 2: 5–24.

Hat domináns *Festuca* faj beltartalmi elemzése 3 különböző állatfaj extenzív legeltetésére alapozott céljai alapján

Fűrész Attila¹ – Sipos László² – Pajor Ferenc³ – Penksza Károly¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Szent István Campus, Gödöllő

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi Intézet, Budai Campus, Budapest

³Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Szent István Campus, Gödöllő

Furesz.Atila.Zoltan@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Az extenzív állattenyésztésnek nagy hagyománya van Magyarországon. Az állatállomány legértékesebb takarmányát a legelőkön található növények adják. A takarmányadagok rosttal való kiegészítése javítja az emésztés telítettségét, nyugodtabbá teszi az állatokat és növeli az állatok jólétét. A fűfélék különösen fontosak, mert sok emészthető rostot tartalmaznak. Ezért jelen tanulmányban célunk az volt, hogy a pannon homoki gyepekről származó 6 domináns *Festuca* faj (*Festuca vagianta*, *Festuca pseudovaginata*, *Festuca wagneri*, *Festuca tomanii*, *Festuca pseudovina*, *Festuca rupicola*) kéthetente (április 15. - május 30.) gyűjtött vágott mintáit elemezzük, hogy megállapítsuk, milyen a tápértéküket az adott időszakban. Az eredmények alapján következtetni tudtunk arra, hogy a mintaterületen milyen legelő állapot, az év mely időszakában és milyen vegetációtípus a legeltetésre legalkalmasabb. Különböző beltartalmi paramétereket elemeztünk, például a különböző ásványi anyagokat, a nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, cukor- és szeléntartalmat. Referenciaként egy 600 kg-os nem vemhes húsmarha, egy 500 kg-os ló és egy 50 kg-os nem vemhes anyajuh ideális tápanyagbevitelét vettük figyelembe. Az eredményeket összehasonlítottuk ezen állatok optimális tápanyagigényével. Az összehasonlító statisztikai eredmények alapján azt tapasztaltuk, hogy elsősorban az április végén gyűjtött *Festuca pseudovina* példányok rangértékei álltak a legközelebb az elméleti optimumhoz, mindhárom állat igényeit figyelembe véve.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban a fennmaradt természetközeli élőhelyek biodiverzitásának megőrzése rendkívül fontos globális feladattá vált (Jones és mtsai, 2018). A legelőterületek és a gyepek fajdiverzitása egész Európában csökkenő tendenciát mutat egyes megfigyelések alapján, mert az intenzív gazdálkodási technológia átalakítja a természetes élőhelyeket (Valkó, 2019). A biológiai sokféleség csökkenése többnyire antropogén hatások miatt következik be, vagy a helytelen gyephasználat, a területek kezelésének felhagyása is (Fischer és Stöcklin, 1997; Bischoff és mtsai, 2005) eredményezhet csökkenő tendenciát. A legelők szempontjából fontos a legeltetési nyomás mértéke, de a túllegeltetés, illetve a teljes felhagyás is okozhatja a csökkenést (Guo 2007; Antal és Juhász, 2008; Cornwell és Grubb, 2003; Gillman és Wright, 2006; Mittelbach és mtsai, 2001). Az Európai Unió is kitzúzte célul, hogy leromlott ökoszisztéma állapotát javítani kell (Palmer és mtsai, 2016), a legelők pedig fontos ökoszisztéma szolgáltatást nyújtanak mind szabályozó, kulturális és ellátó funkciókat tekintve (Kovács-Hostyánszki és mtsai, 2019). Mindemellert a legelők kiemelkedő jelentőségűek a vadon élő növények és állatok megőrzésén kívül a mezőgazdaságban is. Az élelmiszeripari feldolgozásra szánt állatok megfelelő minősége érdekében optimális takarmányozásra van szükség, melynek következtében az extenzív legeltetés szerepe egyre csak nő (Török és mtsai, 2018).

McNaughton (1979) szerint a mérsékelt legeltetés megduplázza a gyepterületek termelését, bár az intenzív legeltetés már erős szelekciós hatásokat gyakorol a növényzet fajösszetételére. Az ilyen típusú kis zavarásokra sok esetben szükség van a gyepekben, mert kedvezően hatnak a faji sokféleségre. Ha azonban nem hajtják végre, akkor cserjésedés következhet be (Morris, 2000). A gyepek fenntartásához elengedhetetlen a rendszeres biomassza eltávolítása, ami kaszálással vagy legeltetéssel történhet. A legeltetést több régióban különböző állatokkal alkalmazzák, például juhokkal, kecskékkal, szarvasmarhákkal vagy bivalyokkal (Fenu és mtsai, 2022; Póti és mtsai, 2007; Yayota és mtsai, 2020; Penksza és mtsai, 2010).

A legelők meghatározó fajai közé tartoznak a *Festuca* fajok, amelyek gyakran domináns szerepet töltenek be a növénytársulásokban a Pannon biogeográfiai régió belül (Borhidi és mtsai, 2012). A társulásalkotó szerepe mellett olyan jelentős tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy képesek fennmaradni olyan élőhelyeken is, amelyek már a legtöbb növényfaj számára már túl szélsőségesek a körülmények. A vékony levelű csenkeszek gyenge termőképességű gyepeken jelennek meg, de ennek ellenére jelentőségük a klímaváltozással párhuzamosan, a száraz élőhelyeken lévő hasznosíthatóságuk fontos szempont (Penksza és Halász, 2020). Alkalmos kiegészítők lehetnek a csenkeszek, hiszen sok emészthető rostot tartalmaznak (Fűrész és mtsai, 2022).

A nyersrost kémiai olyan visszamaradó anyagoknak az összessége, amelyek híg savban és lúgban való főzés után keletkeznek. Meghatározásra kerülhet a neutrális detergens rost (NDF), a savdetergens rost (ADF), savdetergens lignin (ADL) és a kiemelten fontos szereppel bíró, nem keményítőszerű poliszacharidok csoportja (NSP), illetve az ezeket alkotó polimerek is (Halász és mtsai, 2022). A takarmány rosttal történő kiegészítése fokozza az emésztőrendszer telítettségét, és ezzel együtt az állatjóléti körülmények is javulnak.

Jelenlegi munkánkban az volt a célunk, hogy a pannon homoki gyepekről származó különböző domináns *Festuca* fajok kéthetente gyűjtött mintáit elemezzük, annak érdekében, hogy megtudjuk, milyen a tápértékük az adott időszakban.

2. Anyag és módszer

Munkánk során hat hazai csenkesz (*Festuca*) faj szisztematikus gyűjtése történt. A vizsgált fajok a következő mintaterületekről lettek begyűjtve: *Festuca vagianta* (Vácrátót, Tece legelő), *Festuca pseudovaginata* (Vácrátót, Tece legelő), *Festuca wagneri* (Kunpeszér), *Festuca tomanii* (Újpesti Homoktövis Természetvédelmi Terület), *Festuca pseudovina* (MATE Gödöllői Botanikus Kert), *Festuca rupicola* (Vácrátót).

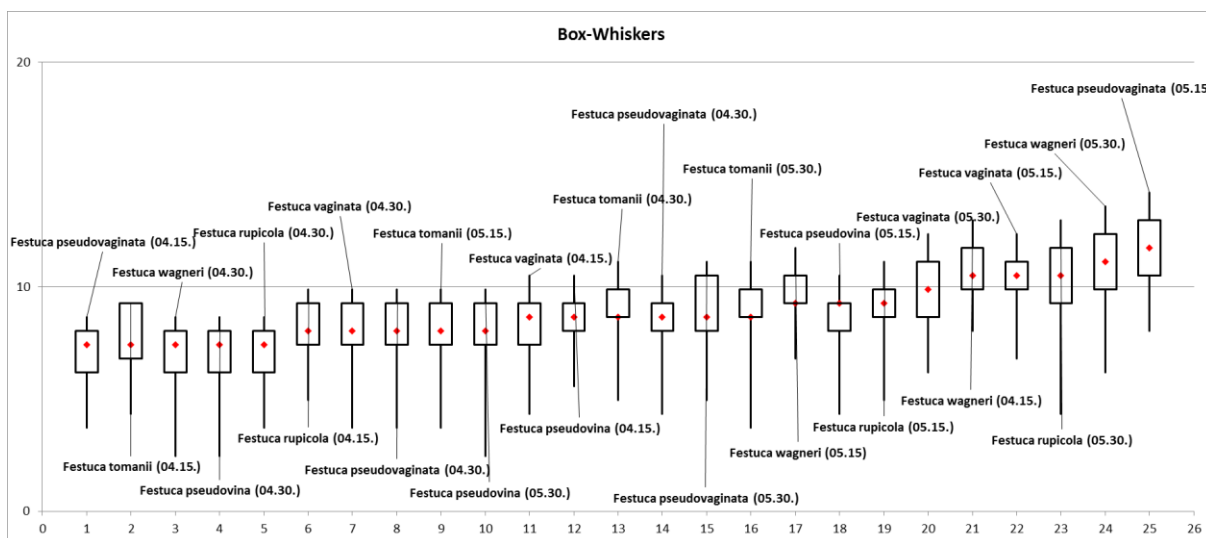
A gyűjtött egyedeket különböző beltartalmi paraméterek szempontjából elemeztünk. A vágásminták analízise a MATE Egyetemi Laborközpont Agrártudományi Kaposvári laboratóriumában történt különböző szempontok és szabványok alapján.

A vizsgált paraméterek az alkalmazott szabványokkal: nyersfehérje tartalom (MSZ EN ISO 5983-2:2009 (Kjeldahl-módszer), nyerszsír tartalom (MSZ 6830-19:1979 (visszavont szabvány), nyersrost tartalom (152/2009/EK III/I), nyershamu tartalom (MSZ ISO 5984:1992 (visszavont szabvány)), kalcium tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), foszfor tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), magnézium tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), kálium tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), nátrium tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), mangán tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), réz tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), cink tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), vas tartalom (MSZ EN ISO 6869:2001), szelén tartalom (MSZ 21470-50:2006), NDF tartalom (MTK-1990.II.8.2), ADF tartalom (MTK-1990.II.8.2.), ADL tartalom (MTK-1990.II.8.2.), cellulóz tartalom (MTK-1990.II.8.2.), hemicellulóz tartalom (MTK-1990.II.8.2.), összes cukortartalom (MSZ 6830-26:1987).

Az adatok előkészítését és az adatbázis kiértékelését Microsoft Office Excel 2007 XL-STAT statisztikai programcsomaggal (XLSTAT, 2016), ezen belül pedig az összehasonlító multikritériumos elemzéseket rangszámkülönbségek összeg módszerrel végeztük (http1). Ez a módszer segít az elméletileg legjobb típushoz való viszonyításhoz. A módszer azon alapult, hogy az értékelt adatok, mennyire állnak közel a referencia SRD-értékhez. Ebben a tanulmányban az elméletileg legjobb értékekkel rendelkező típusok egy 600 kg-os nem vemhes húsmarha, egy 500 kg-os ló és egy 50 kg-os nem vemhes anyajuh (*Schmidt* 1993; *Schmidt*, 2000) optimális igényei voltak a referenciák a *Festuca* fajok beltartalmi értékeinek összehasonlításához.

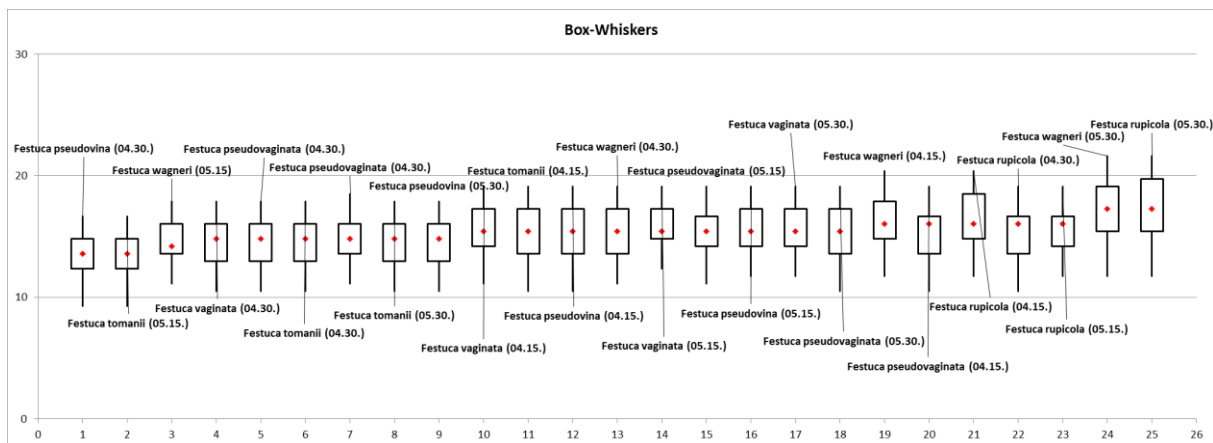
3. Eredmények és értékelésük

Az 1. ábrán egy 50 kg-os nem vemhes anyajuh elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredményei láthatók. Az eredmények alapján a juh számára a gyűjtött mintákból a legideálisabb az április 15-én gyűjtött *Festuca pseudovaginata* lett. Továbbá kiemelkedő értékekkel bírt a *F. wagneri* és *F. pseudovina* egyedei is. Emellett, látható, hogy elsődlegesen az áprilisban gyűjtött fajok egyedei lennének a preferáltak az állat számára.



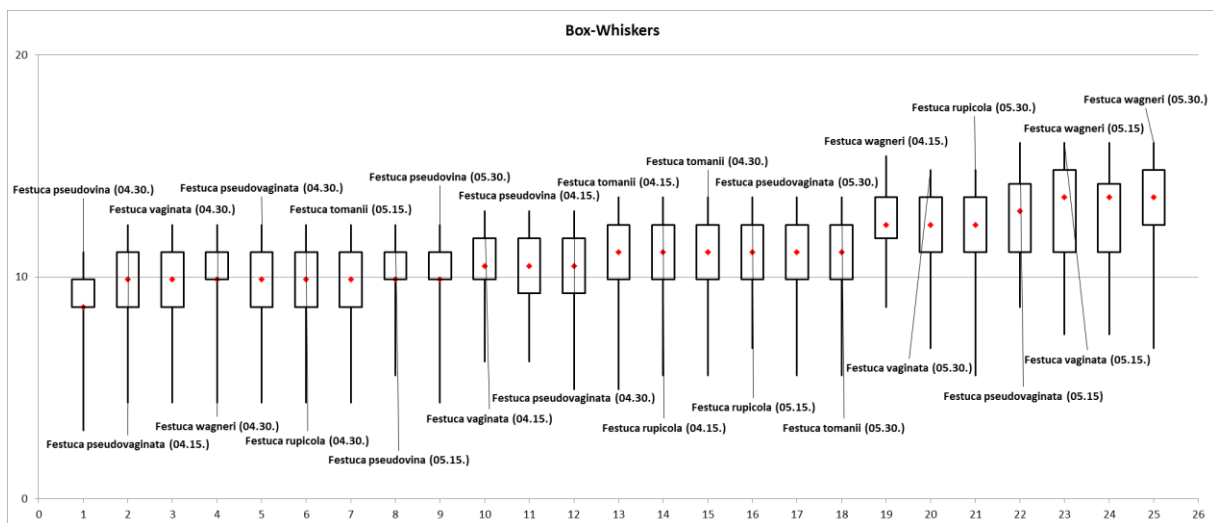
1. ábra: 50 kg-os nem vemhes anyajuh elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredménye

A 2. ábrán egy 500 kg-os ló elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredményei láthatók. Az eredmények alapján a ló számára a gyűjtött mintákból a legideálisabb az április 30-án gyűjtött *Festuca pseudovina* lett. Továbbá kiemelkedő értékekkel bírt a *F. tomanii* és *F. vaginata* egyedei is. Emellett, látható, hogy elsősorban az áprilisban gyűjtött egyedek lennének ideálisak, bár jelen esetben több májusban gyűjtött minta került magasabb rangsorba a juh igényeihez viszonyítottn.



2. ábra: 500 kg-os ló elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredménye

A 3. ábrán egy 600 kg-os húsmarha elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredményei láthatók. Az eredmények alapján a marha számára a gyűjtött minták-ból a legideálisabb az április 30-án gyűjtött *Festuca pseudovina* lett. Továbbá kiemelkedő értékekkel bírt a *F. pseudovaginata* és *F. vaginata* egyedei is. Emellett, látható, hogy elsődlegesen az áprilisban gyűjtött egyedek lennének ideálisak, hasonlóan a juh elméleti optimumának esetében.



3. ábra: 600 kg-os húsmarha elméleti optimális igényeihez hasonlított *Festuca* beltartalmi értékek eredménye

4. Következtetések, javaslatok

Az eredmények alapján elsősorban nem faji hatás, hanem szezonális hatás figyelhető meg. Következtetésképpen, az elemzett adatok szerint valószínűleg április második felében lehet a legoptimálisabb *Festuca* által alkotott gyepeken legeltetni a húsmarha, juh és ló esetében. Továbbá a statisztikai elemzések által bemutatott eredmények alapján összességében a *Festuca pseudovina* lehet elméletileg a legalkalmasabb beltartalmi értékek szempontjából mind három legelő állat esetében.

Természetesen a kapott eredmények még nem alkalmazhatóak gyakorlatban, mert egy vizsgálati évszak volt csak rögzítve, illetve elméleti optimális értékekhez viszonyítottuk a kapott értékeket, ami még további felülvizsgálást igényelhet annak érdekében, hogy biztosak lehessünk abban, hogy a felállított optimális értékek valóságúak.

A kutatás eredményeit figyelembevéve, érdemes lehet folytatni a munkát, kiterjesztve az adott szempontokat más legelő állattípusokra is. Ezen felül érdemes lehet ráadásul a beltartalmi értékeket szélesebb időskálán belül is megvizsgálni, amelynek monitorozása több éven át folytatható, ezzel reprezentatívabb képet kapva a beltartalmi értékek alakulásával kapcsolatban.

5. Felhasznált irodalom

- Addinsoft XLSTAT (2016). Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel. Long Island: NY, USA <https://www.xlstat.com/fr/>
- Antal, Z., Juhász, L. (2008). Determining soil reaction values and nature conservation value categories for grass production model based grazing. *Cereal Research Communications* 36: 975–978.
- Bischoff, A., Auge, H., Mahn, E. G. (2005). Seasonal changes in the relationship between plant species richness and community biomass in early succession. *Basic and Applied Ecology* 6: 385–394.
- Borhidi, A., Kevey, B., Lendvai, G. (2012). Plant communities of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Cornwell, W. K., Grubb, P. J. (2003): Regional and local patterns in plant species richness with respect to resource availability. *Oikos* 100: 417–428.
- Fenu, G.; Melis, A.; Pinna, M.S.; Loi, M.C.; Calderisi, G.; Cogoni, D. (2022). Impact of Horse Grazing on Floristic Diversity in Mediterranean Small Standing-Water Ecosystems (SWEs). *Plants*, 11, 1597. <https://doi.org/10.3390/plants11121597>
- Fischer, M., Stöcklin, J. (1997). Local extinction of plants in remnants of extensively used calcareous grasslands 1950-1985. *Conservation Biology* 11: 727–737.
- Fűrész A., Balogh D., Pajor F., Péter N., Kiss T., Penksza K. (2022). Adatok a Duna menti Festuca dominálta homoki gyepek biomaszra és beltartalmi értékeihez. *AWETH* 18(1): 17–34.
- Gillman, L. N., Wright, S. D. (2006). The influence of productivity on the species richness of plants: a critical assessment. *Ecology* 87: 234–243.
- Guo, Q. (2007). The diversity–biomass–productivity relationships in grassland management and restoration. *Basic and Applied Ecology* 8: 199–208.
- Halász, A., Suli, A., Miko, E., Persovits, E., Orosz, Sz. (2022). Value in grass: Matter of fibre and carbs. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 15(3–4). <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2021/3-4/9>
- Jones H.P., Jones P.C., Barbier E.B., Blackburn R.C., Rey Benayas J.M., Holl K.D., McCrackin M., Meli P., Montoya D., Mateos D.M. (2018). Restoration and repair of Earth’s damaged ecosystems. *Proc Royal Soc B* 285 doi: 10.1098/rspb.2017.2577.
- Kovács-Hostyánszki A., Bereczki K., Czúcz B., Fabók V., Fodor L., Kalóczkai Á., Kiss M., Koncz P., Kovács E., Rezneki R., Tanács E., Török K., Vári Á., Zölei A., Zsembergy Z. (2019). Nemzeti ökoszisztéma-szolgáltatás térképezés és értékelés, avagy a természetvédelem országos programja. *Természetvédelmi Közlemények* 25, pp. 80–90.
- McNaughton (1979). Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *The American Naturalist*, 113(5), 691–703.
- Mittelbach G. G., Steiner, C. F., Scheiner, S. M., Gross, K. L., Reynolds, H. L., Waide, R. B., Willig, M. R., Dodson, S. I., Gough, L. (2001). What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology* 82: 2381–2396.
- Morris M. G. (2000). The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95: 129–142.
- Palmer M.A., Zedler J.B., Falk D.A. (2016). *Foundations of Restoration Ecology*. Island Press, Washington, D.C., 552 pp.
- Penksza K., Szentés Sz., Dannhauser C., Loksa G., Házi J. (2010). A legeltetés hatása a gyepekre és természetvédelmi vonatkozásai a Tapolcai- és a Káli-medencében. *Természetvédelmi Közlemények* 16: 25–49.
- Penksza K., Halász A. (2020). A természetvédelmi célú gyepterkezelés jelentősége és lehetőségei. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 18: 1–2 pp. 65–67.
- Póti P., Pajor F., Láczo E. (2007). Sustainable grazing in small ruminants. *Cereal Research Communications*, 35, 945–948. <https://doi.org/10.1556/crc.35.2007.2.195>
- Schmidt J. (szerk) (1993). *Takarmányozástan*. Mezőgazda kiadó, Budapest.

- Schmidt J., Várhegyi Jné., Várhegyi J., Túriné C.É. (2000). A kérődzők takarmányainak energia és fehérjeértékelése. Mezőgazda kiadó, Budapest, 144–166.
- Török P., Penksza K., Tóth E., Kelemen A., Sonkoly J., Tóthmérész B. (2018). Vegetation type and grazing intensity jointly shape grazing on grassland biodiversity. *Ecol. Evol.*, 8, 10326–10335. <https://doi.org/10.1002/ece3.4508>
- Valkó O., Török P., Vida E., Arany I., Tóthmérész B., Matus G. (2019). A magkészlet szerepe felhagyott hegyi kaszálórétek helyreállításában. *Természetvédelmi Közlemények* 15: 147–159.
- Yayota, M.; Doi, K. (2020). Goat Grazing for Restoring, Managing, and Conserving “Satoyama”, a Unique Socio-Ecological Production Landscape. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 541721. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.541721>
- <http://aki.ttk.hu/srd/>

A Vác környéki ökológiailag stabil kerti tavak és klasszikus kerti tavak makrogerinctelen faunájának összehasonlító elemzése

Tamás Bence – Hoffmann Orsolya Ivett – Malatinszky Ákos

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gödöllő

tamasbence17@gmail.com

Összefoglalás

Az édesvízi élőhelyek világszerte rendkívül sérülékenynek számítanak. Egyes fajok, főként gerinctelenek számára a városi kertek díszítésére létrehozott mesterséges tavak megfelelő élőhelyet biztosítanak, vagy lépegető kőként funkcionálnak. A klasszikus kerti tavak esztétikus megjelenésének fenntartásához azonban drága és energiaigényes gépekre van szükség, valamint mesterséges vegyi anyagokra, melyek környezetbe jutva károsíthatják az élővilágot. Ezzel szemben az ökológiailag stabil kerti tavak, amelyeket kialakításuk és a tavakat fenntartó komplex ökoszisztéma különböztet meg a klasszikus kerti tavaktól, megoldást kínálnak az eutrofizáció és a szukcesszió, a feltöltődés problémáira, így környezetbarát és költséghatékony módon tartják fenn az optimális vízminőséget. Kutatásunk célja az, hogy összehasonlítsuk a vízi makrogerinctelen fauna diverzitását a klasszikus kerti tavak és az ökológiailag stabil kerti tavak esetén. Mindkét típusból öt tavat vizsgáltunk, 90 mintavételi ponton történő biológiai mintavételezéssel. Összesen 45 taxont faj azonosítottunk, egyet pedig nemzetség szinten. Huszonegy makrogerinctelen faj volt jelen mindkét típusú tóban, míg két faj csak a klasszikus kerti tavakban, 23 faj pedig csak az ökológiailag stabil kerti tavakban volt jelen, amelyek közül egy faj természetvédelmi oltalom alatt áll. Statisztikai elemzésünk azt mutatja, hogy az ökológiailag stabil tavak makrogerinctelen faunája fajszám tekintetében sokkal gazdagabb, mint a klasszikus kerti tavaké.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Földön mindenütt egyre nagyobb igény mutatkozik az éghajlathoz alkalmazkodó és körforgásos városok kialakítására (*Knuijt*, 2020). A zöldterületek kialakításakor gyakran használnak kis vizes dekorációs elemeket, például kerti tavakat, hogy természetesebbé tegyék a városokat. Ezáltal a városi területeket is egészségesebbé és a környezeti hatásokkal szemben ellenállóbbá lehet tenni, valamint ezek rekreációs ökoszisztéma-szolgáltatásokat kínálnak.

Napjainkban a kerti hobbitavak telepítése egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Ezek a rendszerek főleg dekorációs elemként funkcionálnak a kertekben. Áttetsző vizüket elektronikus eszközökkel, szivattyúkkal, szűrőkkel tisztítják folyamatosan, ezek az eszközök nemcsak energiát igényelnek, de időről időre hulladékot is termelnek. Ezen tavakban felhasználnak a természetre és környezetre káros vegyszereket, algairtókat is, ráadásul fél évente ki kell tisztítani a medret, ekkor eltávolítva a behullott szerves, és szervesetlen anyagokat, törmeléket, megakadályozva a tó feltöltődését. Ezek a beavatkozások terhelik a környezetet, pénz- és időigényesek (*Padisák*, 2005).

Az ökológiailag stabil kerti tó létrehozása ezekre a problémákra kínál megoldást. Ez a rendszer több hazánkban védett élőlénynek szolgál élő, és szaporodó helyül, illetve a nem kifejezetten vízi állatok számára is fontos forrás.

Az ökológiailag stabil kerti a megfelelően kiválasztott növény- és állatvilágnak köszönhetően önfenntartó és öntisztuló rendszerként működhet, gépek és vegyszerek nélkül. Az édesvízi élőhelyek a legsérülékenyebbek közé tartoznak, és a jövőben még nagyobb veszélynek lesznek kitéve (*Reid et al.*, 2018) a gyorsan változó éghajlat következtében (*Woodward et al.*, 2010). Veszélyeztetettségüket fokozza a felszíni vízkészletek szennyezése és a vízi élőhelyek

pusztulása (*Dudgeon et al.*, 2006). Különösen a gerinctelen fajok számára nyújtanak menedéket a magántelkeken található kerti hobbitavak (*Hill et al.*, 2021). Ezek a kisebb vízi élőhelyek és közvetlen szárazföldi környezetük kölcsönhatásban vannak egymással (*Hill et al.*, 2021). Az aranyhalas tavak vagy más, hobbi célú magántelkeken lévő tavak makrogerinctelen faunájáról nagyon kevés publikáció született (*Heino et al.*, 2017). De az biztos, hogy a mesterséges tavak lépegető kövekként funkcionálnak a gerinctelenek számára a természetes vizek között, amelyekre egyre nagyobb szükség van (*Hassall*, 2014).

A hagyományos kerti tavak természetvédelmi értéke alapvetően alacsony egy természetes tóhoz képest (*Hill et al.*, 2021). Az ökológiailag stabil kerti tavak, amelyeket kialakításuk és az általuk fenntartott komplex ökoszisztéma különböztet meg a hagyományos kerti tavaktól, költséghatékony és fenntartható módon kínálnak megoldást az eutrofizáció, a feltöltődés és a vízminőség problémájára.

Kutatásainkba olyan tavakat vontunk be, amelyek 2010 óta épültek. A tómedrek kialakításakor az egyes mélységi szinteken a hazánkban honos növénytársulásoknak megfelelően növényfajokat tartalmaznak *Bölöni et al.* (2011) élőhelyismereti útmutatóját alapul véve.

2. Anyag és módszer

A makrogerinctelen fauna vizsgálatát *Boda et al.* (2016) módszertana alapján terveztük, amely természetes víztestekkel foglalkozik, és sok hasznos információt nyújt a gerinctelenek gyűjtésével kapcsolatban. Vizsgálatunkban öt klasszikus és öt ökológiailag stabil Vác környéki kerti tó makrogerinctelen faunáját hasonlítottuk össze. A tavak kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy méretük és elhelyezkedésük közel azonos legyen, (beleértve azt is, hogy egy klasszikus és egy ökológiailag stabil tó közel legyen egymáshoz), mivel a különböző abiotikus tényezők befolyásolhatják az élővilág összetételét. Az új hivatalos magyarországi tájosztályozás alapján a vizsgált területek a Dunai síkság régióban a Nagy Alföld altartományban, a Vác-Buda-Dunavölgyi mikrorégió Vác-Pest-síksági mikrorégiócsoporthoz Vác-Buda-Dunavölgyi mikrorégióján belül találhatóak (*Csorba et al.*, 2018).

A mintákat a 2020 és 2021 téli hónapjai kivételével havonta gyűjtöttük a tóparti régióból, a tavak mélyebb részeinek felszínéről és a bentikus zónákból. Az egyes víztestekből vett minták száma azonos volt. A tavi élőhelyeket három csoportra osztottuk (1. nyílt vízfelület, 2. parti növényzet és 3. víz alatti növényzet). Minden csoportból három mintát vettünk. A tavak elhelyezkedését tekintve 2 klasszikus és 3 ökológiailag stabil tó a város urbanusabb területein található, míg 3 klasszikus és 2 ökológiailag stabil tó a külvárosokban található.

A gerinctelen állatokat főként 1,5 m hosszúságú, 30x30 cm oldalhosszúságú, 1 mm-es és 0,5 mm-es névleges lyukmérettel rendelkező kézi hálókkaal gyűjtöttük. A vizsgált tavak típusait, illetve az azokról feljegyzett adatok a 2. ábrán láthatóak. A növényzetet, az üledék felső rétegét és a vízfelszínt is átvizsgáltuk. Bizonyos mintákat kézi egyeléssel gyűjtöttük a vízbe lógó teremtárgyakról és faágakról. A helyszínen azonosítható nagytestű fajok befogott példányait szabadon engedték, a többi mintát 4%-os formalinban tartósítottuk. Az egyes tavakból nyert konzervált mintákat lelőhely szerint csoportosítva tároltuk (*Boda et al.*, 2016). Az azonosítást sztereomikroszkóppal magyar és nemzetközi határozókönyvek segítségével végeztük.

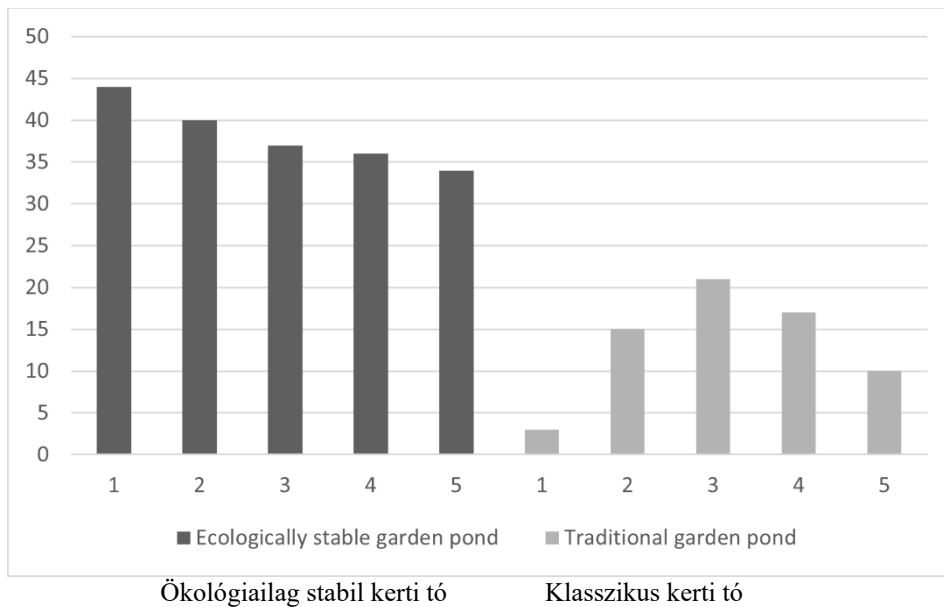
3. Eredmények és értékelésük

A makrogerinctelen fauna vizsgálata során 90 mintavételi ponton megfigyelt vagy gyűjtött 340 példány azonosításával 45 taxont azonosítottunk fajsziintre és 1 taxont nemzetségi szintre (1. ábra), a következő osztályokat azonosítottuk: Cnidaria: 2; Platyzoa: 2; Clitellata: 1;

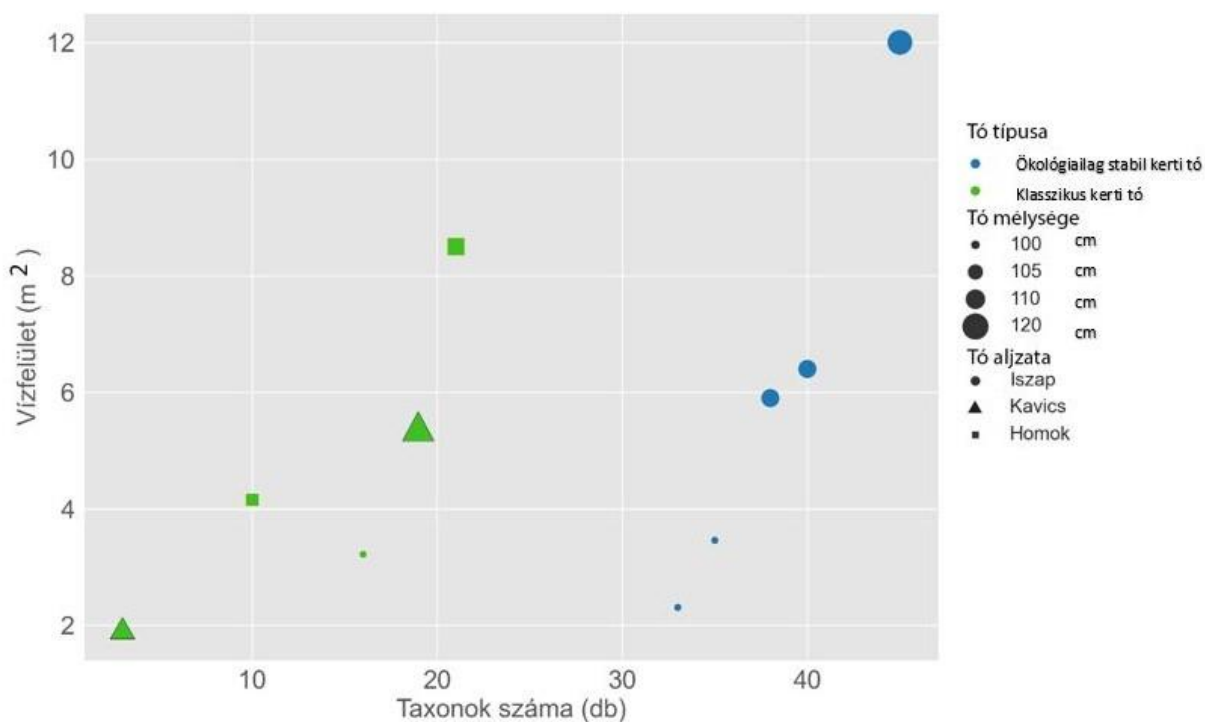
Hirudinoidea: 2; Mollusca: 7; Malacostraca: 1; Araneae: 2; Ephemeroptera: 1; Odonata: 4; Heteroptera: 6; Coleoptera: 4; Trichoptera: 1; Diptera: 9.

Vác és környéke édesvízi makrogerinctelen faunájára vonatkozó legtöbb irodalmi adat olyan publikációkban található, amelyek a Dunára, a terület legnagyobb természetes víztestével foglalkoznak. Adataink összehasonlíthatók a Duna makrogerinctelen faunájával, mivel az általunk azonosított őshonos fajok többségét mind álló-, mind folyóvízből kimutatták, ahogyan arról Boda et al. (2016) és Kriska (2008) művében is olvashatunk. Csabai et al. (2009) a Kismaros melletti Kis-Duna szakaszon a következő törzseket találta: Crustacea: 9; Ephemeroptera: 3; Odonata: 6; Coleoptera: 34; Heteroptera: 15; Trichoptera: 2; Diptera: 33.

Angliában Hill és Wood (2014) 26 tavat vizsgált meg Loughborough közelében (13 természetközeli és 13 klasszikus tavat), 135 makrogerinctelen taxont találtak a természetközeli tavakban és 44-et kerti tavakban; közülük 10 csak a kerti tavakban fordult elő. A legnagyobb makrogerinctelen diverzitású kerti tóban 23 taxont találtak. Egy másik kutatásban Hill és munkatársai (2015) 13 kerti tavat, 12 parkban lévő tavat és 16 egyéb mesterséges tavat vizsgáltak Loughborough-ban. A legnagyobb makrogerinctelen diverzitást a parki tavakban találták, míg a kerti tavakban volt a legkevesebb taxon. Mi két fajt kizárólag a hagyományos kerti tavakban találtunk, míg 23 faj csak az ökológiailag stabil kerti tavakban fordult elő. A hagyományos tavakban talált két faj a tömzsi hólyagcsiga (*Physella acuta*) és a foltos maláriaszúnyog (*Anopheles maculipennis*) volt, amelyek szintén gyakoriak az urbanizációhoz közeli víztestekben.



1. ábra: A vizsgált tavakban azonosított taxonok száma



2. ábra: A vizsgált tavak fő abiotikus jellemzőinek összefüggése az azonosított taxonok számával

4. Következtetések, javaslatok

Vizsgálataink azt mutatják, hogy a Vác környéki ökológiailag stabil kerti tavak makrogerinctelen faunája változatosabb, mint a klasszikus kerti tavaké, ugyanakkor az utóbbiak szintén élőhelyet és terjedési lehetőséget is biztosítanak a gerinctelen fajok számára. Mindkét tótípusban azonosítottuk a hazánkban invazív fajnak számító vándorkagylót (*Dreissena polymorpha*), a klasszikus kerti tavakban pedig az idegenhonos tömzsi hólyagcsigát (*Physella acuta*). Eredményeink azt mutatják, hogy minden víztest hasznos élőhelyet, víz- és tápanyagforrást biztosít a hazánkban őshonos fajok számára, de az ökológiailag stabil kerti tóban kialakuló összetettebb biodiverzitás a veszélyeztetett fajok fennmaradásához is hozzájárul.

A kerti tavak természetalapú megoldást kínálva nagy potenciált hordoznak magukban urbanus környezetünk számos megoldandó problémája számára, például a párologtató hűtés révén történő klímavédelem, a levegőminőség optimalizálása, valamint az esővízgyűjtés és -kezelés terén, ami társhasznos és multifunkcionalitást jelent (*Atanasova et al.*, 2021). Emellett segítenek a vízkörforgás helyreállításában és fenntartásában (az esővízgazdálkodás révén), és bizonyos mértékig helyettesíthetik a városi vízelvezető rendszereket, mint az esővíz elnyelői (és felhasználói), és így szerepet játszhatnak a helyi körforgásos gazdaságban. A városi tavak, különösen az ökológiailag stabilak, az optimális vízminőséget környezetbarát és költséghatékony módon tudják fenntartani így hozzájárulhatnak az EU új körforgásos gazdasági cselekvési tervéhez (*Európai Bizottság*, 2020), amely többek között a vízkörforgás helyreállítására és fenntartására, a tápanyagok visszanyerésére és újrafelhasználására, valamint az energiahatékonyságra összpontosít, amelyek mindegyike a lineáris erőforrás-gazdálkodásról a körforgásosra való áttérést célzó intézkedéseket igényel.

5. Felhasznált irodalom

- Atanasova, N., Castellar, J.A., Pineda-Martos, R., Nika, C.E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M.B., Langergraber, G. (2021). Nature-Based Solutions and Circularity in Cities. *Circ. Econ. Sust.* 1, 319–332. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>
- Boda, P., Móra, A., Csabai, Z. (2016). Az Ugrai-rét komplex vízi makrogerinctelen faunafeltáró kutatása. *Crisicum* 9: 93–131.
- Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A. (eds.) (2011). Magyarország Élőhelyei Vegetációtípusok leírása és határozója. *ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót*, 442 p.
- Csabai, Z., Móra, A., Kálmán, Z., Soós, N. (2009). Hidrobiológiai vizsgálatok a Kis-Duna (Kismaros) területén – vízi gerinctelen szervezetek. http://matyasfaegyeselet.hu/wp-content/uploads/2012/06/kismaros_jelentes2009.pdf
- Csorba, P., Ádám, Sz., Bartos-Elekes, Zs., Bata, T., Bede-Fazekas, Á., Czúcz, B., Csima, P., Csüllög, G., Fodor, N., Frisnyák, S., Horváth, G., Illés, G., Kiss, G., Kocsis, K., Kollányi, L., Konkoly-Gyuró, É., Lepesi, N., Lóczy, D., Malatinszky, Á., Mezösi, G., Mikešy, G., Molnár, Zs., Pásztor, L., Somodi, I., Szegedi, S., Szilassi, P., Tamás, L., Tirászi, Á., Vasvári, M. (2018). Landscapes. In: *National Atlas of Hungary: Natural environment*. Ed.-in-chief: Kocsis, K., Budapest, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, 112–129.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M., L., J., Sullivan, C. A., (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81(2):163–82
- European Commission (2020). A new Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0098&from=EN>
- Hassal, C. (2014). The ecology and biodiversity of urban ponds, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 1(2)
- Heino, J., Binib, L. M., Andersson, J., Bergstedt, J., Bjelke, U., Johansson, F. (2017). Unravelling the correlates of species richness and ecological uniqueness in a metacommunity of urban pond insects. *Ecological Indicators*, 73:422–431.
- Hill, M. J., Wood, P. J. (2014). The macroinvertebrate biodiversity and conservation value of garden and field ponds along a rural-urban gradient. https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/The_macroinvertebrate_biodiversity_and_conservation_value_of_garden_and_field_ponds_along_a_rural-urban_gradient/9481337/1
- Hill, M. J., Mathers, K. L., Wood, P. J., (2015). The aquatic macroinvertebrate biodiversity of urban ponds in a medium-sized European town (Loughborough, UK), *Hydrobiologia*, 760: 225–238
- Hill, M. J., Greaves, H. M., Sayer, C. D., Hassal, C., Milin, M., Milner, V. S., Marazzi, L., Hall, R., Harper L. R., Thornhill, I., Walton, R., Biggs, J., Ewald, N., Law, A., Willby, N., White, J. C., Briers, R. A., Mathers K. L., Jeffries, M. J., Wood, P. J., (2021). Pond ecology and conservation research priorities and knowledge gaps, *Ecosphere*, 12(12)
- Knuijt, M. (2020). Liveable Green Cities: Integrating Climate Adaptive Solutions and Circular Economy into the Built Environment. In: Roggema, R. (eds) *Designing Sustainable Cities*. Contemporary Urban Design Thinking. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54686-1_6
- Kriska, Gy. (2008). Édesvízi gerinctelen állatok határozó. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 368 p.
- Padisák J., (2005). Általános Limnológia. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 310 p.
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., Cooke, S. J., (2018). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity, *Biological Reviews*, 94 (3): 849–873
- Woodward, G., Perkins, D. M., Brown, L. E., (2010). Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization, *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 365(1549):2093–2106

A talajok hidrofób karakterének vizsgálata Krüss DSA 100 cseppalak analizátorral

Füleki-Veress Aliz^{1,2} – Barna Gyöngyi^{1,2} – Makó András²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

²Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály, Budapest

fuleki-veress.aliz@atk.hu

Összefoglalás

A talajok hidrofób karakterének vizsgálata az utóbbi évtizedekben került előtérbe, elterjedéséről sem globálisan, sem regionálisan nincs pontos képünk. A hidrofób tulajdonság kialakulását több tényező is befolyásolhatja; például, ha a talajszemcsék felületét vékony, apoláris jellegű vízlepergető tulajdonságú, szerves molekulákból álló (olajos, zsíros, viaszos) réteg vonja be, amely a szerves anyagok bomlásából származik. Továbbá az erdőtüzek, a mű- és szerves trágya használata vagy az ipari- és kommunális szennyezések is. Előkísérleteink során a talajok nedvesíthetőségének vizsgálatára a KRÜSS DSA 100 cseppalak analizátort használtuk, mely a szilárd fázis felületére cseppentett folyadékcsépp szétterülése alapján méri az illeszkedési szöveget. Módszertani előkísérleteinkben nagy agyagtartalmú ásványi örlemények és eltérő tulajdonságú talajminták nedvesíthetőségét tanulmányoztuk két különböző mérési módszertannal (pasztillás és ragasztócsíkos módszerrel), a pasztillás minták esetében különböző nyomásértékek melletti mintaelőkészítéssel is. A mérési módszertan beállításainak pontosítására előkísérlet sorozatot végeztünk. Vizsgáltuk CPC felületaktív anyaggal kezelt minták nedvesíthetőségét, a tenzid hidrofobizáló hatását. A mért adatok sokrétűen felhasználhatóak a talajfizikai, -kémiai, valamint -biológiai kutatásokban.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A talajok vízháztartása biztosítja a természetes növénytakaró és a termesztett növények vízigényét, befolyásolja a talaj levegő- és hőháztartását, biológiai aktivitását és – ezeken keresztül – tápanyagforgalmát is. Meghatározza, hogy a környezeti stresszhatásoknak az adott terület milyen mértékben képes ellenállni, illetve várhatóan milyenek lesznek a felszíni- vagy felszín alatti vízkészletekben bekövetkező rövid-, illetve hosszú távú károsodások (*Várallyay*, 2004; *Doerr és mtsai*, 2000).

A hidrofób kifejezés görög eredetű, jelentése a „víz (hidro) félelme (fóbia)” (*De Bano*, 2000). A hidrofób karakterű felületek egyik fő tulajdonsága, hogy taszítják a vizet, mivel apoláris karakterűek, így a víz nem, vagy csak rosszul tudja nedvesíteni őket. A talajszerkezet kialakításában is résztvevő organominerális komplexumok térhálós humuszmolekulái hidrofíl és hidrofób tulajdonságokkal egyaránt rendelkezhetnek (*Milanovskiy és Shein*, 2015).

A hidrofóbítás vízgazdálkodási tulajdonságokat befolyásoló hatását már az 1900-as évek elején vizsgálták (*Schantz és Piemeisel*, 1917), azóta bizonyított, hogy a talajok víztaszító, vízlepergető képessége (SWR – soil water repellency) sokkal elterjedtebb jelenség, mint azt korábban gondolták (*Wallis és Horne*, 1992). A talajok hidrofób karaktere nem tekinthető állandó jellegű talajtulajdonságnak, rövid távú, illetve szezonális változékonyságot követ (*King*, 1981; *Doerr és Thomas*, 2000). A víztaszító tulajdonság fokozódhat az extrém időjárási események, ingadozó csapadék szintek (aszály, intenzív csapadék) és ennek következményei, például a fokozott felszíni talajerózió miatt (*De Bano*, 1981; *Dekker és Ritsema*, 2000).

A hidrofób karakter kialakulását több, természetes- és antropogén tényező is befolyásolhatja, egyik ilyen befolyásoló tényező lehet a hőmérséklet változása (*King*, 1981). Az erőteljesen

felmelegedő és kiszáradó talajfelszíneken víztaszító (hidrofób) talajjelleg alakulhat ki, mely rontja a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait, tovább erősítve a klímaváltozás negatív hatásait (Bond és Harris, 1964; De Bano, 1971; Várallyay, 2005), ez a növények növekedésére is káros hatást gyakorolhat (Doerr és mtsai, 2000). A hőmérséklet mellett kis mértékben befolyásoló tényező lehet a talaj pH-ja (Diehl és mtsai, 2010), illetve relatív nedvességtartalma is (Doerr és mtsai, 2002; Roy és McGill, 2002). Hidrofób felület képződhet, ha a talajszemcséket vékony, vízlepergető tulajdonságú réteg vonja be, amely többnyire szerves anyagokból áll (Doerr és mtsai, 2000; Jiménez-Morillo és mtsai, 2022). A hidrofób bevonat sok esetben a talajba kerülő szerves anyagok bomlási termékeiből származik, például a levelek viaszos bevonata, amely a hosszú lebomlási idő miatt bevonja a talajfelszínre lehullott elhalt növényi hajtásokat, így viaszbevonatot képez a talajszemcsék felszínén (Jiménez-Pinilla és mtsai, 2016; Mao és mtsai, 2016). További hidrofóbizáló hatású szerves anyag származhat a fás szárú növények, algák, mohák bomlástermékeiből is (Bisdom és mtsai, 1993; Mao és mtsai, 2019). Jelentős szervesanyag többlet antropogén hatásra, kommunális-, illetve ipari szennyeződések révén is kerülhet a talajba, emellett a mezőgazdasági gyakorlatban kijuttatott mű- és szerves trágya használata is befolyásolhatja a hidrofób karakter kialakulását (Doerr és mtsai, 2000). Egyéb befolyásoló tényező lehet még az erdőtűz is, amely hatására a talajon belüli transzportfolyamatok átalakulnak, megváltozik a talajok minőségi és mennyiségi szervesanyag-tartalma, aggregátum stabilitása és víztaszító képessége egyaránt. A műtrágyák, növényvédő szerek formázó adalékaként használt, vagy a különféle tisztítószerekben lévő és a talajokat szennyező felületaktív anyagok (tenzidok) szintén befolyásolhatják a talajok nedvesíthetőségét (Kuhnt, 1993).

A talajok víztaszító képessége kiválóan jellemezhető a vízcsepp talajfelszínnel bezárt szögével, amelyet kontakt (illeszkedési) szögnek hívunk (De Bano, 2000; Hallett, 2007). A jól nedvesíthető felületeken a vízcseppek szélesen szétterülnek, hogy minél nagyobb felülettel érintkezhessenek a szilárd fázissal, ezzel szemben a hidrofób felületeken a vízcseppek a gömb alakot közelítik meg, mivel így kisebb felszínen érintkeznek a víztaszító felülettel (Hallett, 2007).

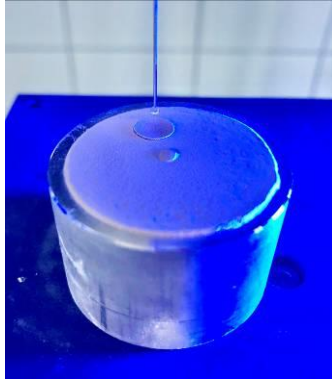
2. Anyag és módszer

A módszertani előkísérleteink során a Krüss DSA 100 típusú cseppalak analízátort (drop shape analyser) használtuk, mely műszer segítségével hatékonyan mérhető több, hidrofizikailag fontos paraméter - kontakt szög, határfelületi feszültség, felületi szabad energia, közvetve a beszívási idő (WDPT - water drop penetration time). A készülékkel a talaj-víz-levegő rendszer esetén nagy tisztaságú desztillált vízzel végezhető a mérés, talaj-szerves folyadék rendszerben dijó-d-metánnal, szabadon választott cseppmérettel és beállítható lecseppentési sebességgel – a tanulmányunkban közölt méréseket desztillált vízzel végeztük.

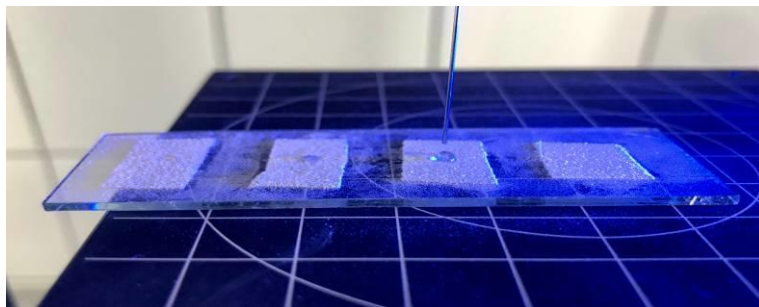
Az előkísérletek során nagy agyagtartalmú ásványi örlemény mintákat (kaolin, illit, bentonit), illetve eltérő tulajdonságú talajmintákat (Ramann-féle barna erdőtalajok, csernozjom, réti talaj) vizsgáltunk. A légszáraz, 2 mm-es szitán átrostált minták alapvizsgálati adatait a vonatkozó magyar szabványok alapján (MSZ 0205:1978 és MSZ 0206:1978), szervesanyag-tartalmát a Tyurin-féle módszerrel határoztuk meg. A kontakt szög méréseket elvégeztük egy cetilpiridinium-klorid (CPC) kationos felületaktív anyaggal kezelt talajminta soron is (Barna és mtsai, 2015), ahol a tenzides réteg monomolekuláris rétegben fedte be a talajmintákat.

A hidrofóbítás pontos és egyszerű meghatározására jelenleg még nincs szabványosított eljárás, a talaj-víz-levegő rendszer kontakt szögének mérésére a szakirodalom két minta-előkészítési módszert ajánl, így ezeket próbáltuk ki és hasonlítottuk össze. Egyik ilyen eljárás a „pasztillás” módszer (PM - pastille method), amelyet Adamczuk és munkatársai (2022) írtak le. Az eljárás során hidraulikus présrel, különböző nyomásértékeken (3 – 5 – 7,5 – 10 – 13 – 13,5 tonna) előállított talajkorong mintákra desztillált vizet cseppentettünk, majd a kontakt szögek

mérését követően az adatokat összehasonlítottuk a készülék kiértékelő szoftverével (1. ábra). A másik eljárás a „ragasztócsíkos” módszer (ASM – adhesive stripe method), amelyet *Bykova és munkatársai* (2019) tanulmányában leírtak szerint végeztünk. Ennek során kétoldalas ragasztószalag segítségével a 0,25 mm-es szitán átrostált talajmintákat kell mikroszkóp tárgylemezre felvinni, majd ezt követően mérhető a mintákra cseppentett vízcseppek illeszkedési szöge. Mindkét módszerrel minimum 3-4 ismétlésben végeztünk méréseket (2. ábra).



1. ábra: PM módszerrel, 5 tonnás nyomással előállított bentonit minta vizsgálat közben

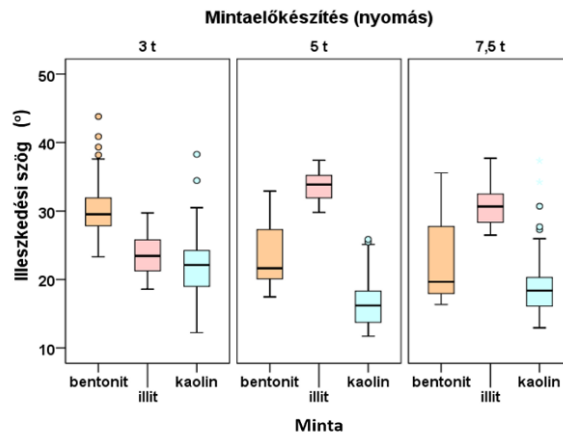


2. ábra: ASM módszerrel előállított bentonit minta vizsgálat közben

A módszerek segítségével meghatározható a vizsgált minták hidrofóbitási sorrendje. A pasztillás módszerrel előkészített talajmintákon – a kontakt szög méréseken felül – a kiértékelő szoftver segítségével meghatároztuk a WDPT mértékeket is. Ragasztócsíkos módszer esetében a WDPT idők mérése nem lehetséges, a vékony mintaréteg miatt.

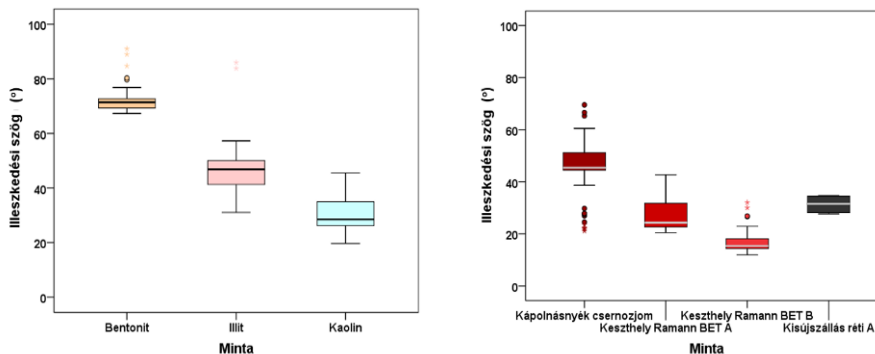
3. Eredmények és értékelésük

Első lépésben a PM módszer segítségével, különböző nyomás értékeken (3–5–7,5 t) vizsgáltuk az ásványi őrlemény minták (bentonit, illit, kaolin) mért illeszkedési szög értékeit (3. ábra). Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy 5 tonna nyomásérték mellett megbízhatónak tekinthető a vizsgálati módszer, így a továbbiakban ezen a nyomás értéken készítettük el a pasztillákat a mérésekhez.



3. ábra: PM módszer – eltérő nyomással (3 – 5 – 7,5 t) előállított ásványi őrlemény minták (bentonit, illit és kaolin) mért illeszkedési szög értékei

Következő lépésként az ASM módszerrel vizsgáltuk az ásványi őrlemény minták (bentonit, illit, kaolin), majd a talajminták (csernozjom, Ramamm-féle BET, réti talaj) illeszkedési szög értékeit (4. ábra). Az eredmények alapján meghatározható a minták hidrofobitási sorrendje.

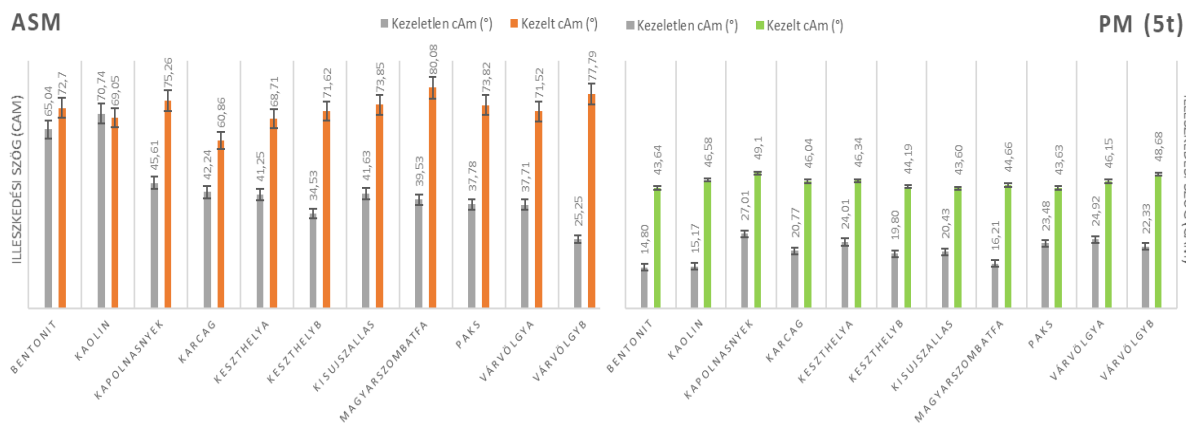


4. ábra: Hidrofobitási sorrendek az ASM módszerrel mért illeszkedési szögek alapján (balra – ásványi őrlemény minták, jobbra az eltérő tulajdonságú talajminták)

Harmadik lépésként PM és ASM módszerrel (PM módszer esetén 5 tonna nyomáson) vizsgáltuk a cetilpiridinium-klorid kationos felületaktív anyaggal kezelt talajmintákat. A kontroll és a tenziddel kezelt minták eredményeit az alábbi, 5. ábra mutatja be. Az eredmények egyértelműen igazolták a CPC kationos tenzid kontakt szög növelő, hidrofobizáló hatását.

4. Következtetések, javaslatok

Az ASM módszer esetében az ásványi őrlemény minták mért kontakt szög értékei bentonit > illit > kaolin sorrendet mutattak (4. ábra, bal). Ez az eredmény hasonlít a 4. ábra 3 tonnás mintáinak sorrendjéhez, amely hasonlóság azzal magyarázható, hogy mindkét esetben viszonylag kis nyomással préseltük a mintákat. Talajminták esetében a nagy molekulatömegű, nagyobb hányadban apoláris szénláncokat tartalmazó, mészlepedékes csernozjom talaj felső humuszos A szintje a leginkább hidrofób, ezt követi a réti talaj humuszos A szintje, majd a kis szénláncú, fulvósavakban gazdag keszthelyi Ramann-féle barna erdőtalaj A szintje. A kisebb humusztartalmú, Keszthely B szintje a legkevésbé hidrofób (4. ábra, jobb).



5. ábra: ASM és PM módszerekkel mért, kontroll és CPC kationos tenziddel kezelt minták illeszkedési szög értékei

A PM módszer esetében a folyamatosan csökkenő illeszkedési szögek első másodperces adatait átlagoltuk. A nagyobb nyomáson készített pasztillák esetében a hidrofóbítási sorrend megváltozott; illit > bentonit > kaolin lett. Megállapítható, hogy a két mérési módszer eredményei nehezen összehasonlíthatóak, mert az illeszkedési szögek értékei nagyon függenek a minta-előkészítés (pasztillázás) során alkalmazott nyomástól (3. ábra).

Kationos CPC tenziddel kezelt minták esetében, a pasztillás és a ragasztócsíkos módszernél is egyértelműen kimutatható volt a kationos tenzid kontakt szög növelő hatása, a kezelés hatására a minták víztaszító, vagyis hidrofób karakterűvé váltak. A pasztillás módszerrel kapott eredmények esetén kisebb szórást kaptunk, amely a minta-előkészítési módszer nagyobb érzékenységre utalhat. Water Drop Penetration Time mérések során is egyértelműen látszott a tenzides kezelés hatása, a mért beszivárgási idők értékei is jelentősen megemelkedtek. A mérés eredményei azt is igazolják, hogy a kontakt szög méréssel meghatározott víztaszító karakter és a mért WDPT értékek összefüggésben állnak.

Az előkísérleteink eredményei egyértelműen igazolták a KRÜSS DSA 100 cseppalak analízátor alkalmazását a nedvesíthetőség meghatározására, mind az ásványi örlemény, mind az eltérő tulajdonságú talajminták esetében. A mért adatok várhatóan sokrétűen felhasználhatóak lesznek talajfizikai, -kémiai, valamint -biológiai kutatásokban is.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) K134563 sz. pályázata, és a Magyar Tudományos Akadémia és Lengyel Tudományos Akadémia közös pályázata (NKM-2019-17), valamint az Eötvös Lóránd Kutatóhálózat (SA-26/2021) támogatta.

5. Felhasznált irodalom

- Adamczuk, A., Gryta, A., Skic, K., Boguta, P., Jozefaciuk, G. (2022). Effect of different minerals on water stability and wettability of soil silt aggregates. *Materials*. 15. 55–69.
- Barna, Gy., Földényi, R., Tóth, Z., Balázs, R., Makó, A. (2015). Kationos felületaktív anyag (hexadecilpiridinium-klorid monohidrát) adszorpciója talajokon. *Agrokémia és Talajtan*. 64. (1) 105–122.
- Bisdom, E.B.A., Dekker, L.W., Schoute, J.F.T. (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma*. 56. 105–118.
- Bond, R.D., Harris, J.R. (1964). The influence of the microflora on physical properties of soils. 1. Effects associated with filamentous algae and fungi. *Australian Journal of Soil Research*. 2. (1) 111–122.
- Bykova, G.S., Tyugai, Z., Milanovskiy, E.Yu (2019). Wettability of soil surface as a property of solid phase studied for chernozems of Kursk region. *IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science*. 368. 012010.

- DeBano, L.F. (1971). The effect of hydrophobic substances on water movement in soil during infiltration. *Soil Science Society of America Proceedings*. 35. (2) 340–343.
- DeBano L.F. (1981). Water repellent soils, a state-of-the art., General Technical Report, PSW-46. Berkeley.
- DeBano, L.F. (2000). Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*. 231-232. 4–32.
- Dekker, L.W., Ritsema, C.J. (2000). Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *Journal of Hydrology*. 231-232. 148–164.
- Diehl, D., Bayer, J.V., Woche, S.K., Bryant, R., Doerr, S.H., Schaumann, G.E. (2010). Reaction of soil water repellency to artificially induced changes in soil pH. *Geoderma*. 158. (3–4) 375–384.
- Doerr, S.H., Thomas, A.D. (2000). The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *Journal of Hydrology*. 231–232. 134–147.
- Doerr, S.H., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance. *Earth-Science Reviews*. 51. 33–65.
- Doerr, S.H., Dekker, L.W., Ritsema, C.J., Shakesby, R., Bryant, R. (2002). Water repellency of soils: the influence of ambient relative humidity. *Soil Science Society of America Journal*. 66. (2) 401–405.
- Hallett, P.D (2007). An introduction to soil water repellency. In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals* (Eds: Gaskin, R.E.). 6-9 August 2007, Columbus, Ohio. International Society for Agrochemical Adjuvants.
- Jiménez-Morillo, N.T., Almendros, G., Miller, A.Z., Hatcher, P.G., González-Pérez, J.A. (2022). An assessment using molecular markers from ultra-high resolution mass spectrometry. *Science of The Total Environment*. 817. 152957.
- Jiménez-Pinilla, P., Lozano, E., Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Jordán, A., Zavala, L.M. (2016). Temporal changes in soil water repellency after a forest fire in a Mediterranean calcareous soil: Influence of ash and different vegetation type. *Science of the Total Environment*. 572. 1252–1260.
- King, P.M. (1981). Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurements. *Australian Journal of Soil Research*. 19. 275–285.
- Kuhnt, G. (1993). Behaviour and fate of surfactant in soil. *Environmental Toxicology & Chem*. 12. 1813–1820.
- Mao, J., Nierop, K.G.J., Dekker, S.C., Dekker, L.W., Chen, B. (2019). Understanding the mechanisms of soil water repellency from nanoscale to ecosystem scale: review. *Journal of Soils and Sediments*. 19. 171–185.
- Milanovskiy, E., Shein, E. (2015). Conceptual model of water stable soil aggregate. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture. Special Issue*. 29–36.
- MSZ-08-0205-78. (1979). MÉM Ágazati Szabvány, A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata, Budapest.
- MSZ-08-0206-2-78. (1979). MÉM Ágazati Szabvány, A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenolftalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos /y₁-érték/ és kicserélődési aciditás /y₂-érték/).
- Roy, J.L., McGill, W.B. (2002). Assessing soil water repellency using the molarity of ethanol droplet (MED) test. *Soil Science*. 167. (2) 83–97.
- Schantz, H.L., Piemeisel, R.L. (1917). Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. *Journal of Agricultural Research*. XI. 191–245.
- Várallyay, Gy. (2004). A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. *AGRO-21 Füzetek*. 37. 50–70.
- Várallyay, Gy. (2005). Soil physical/hydrophysical characteristics and extreme moisture events in Hungary. In: *Review of Current Problems in Agrophysics*. (Eds.: Jozefaciuk, G., Slavinski, C., Walczak, R.T.) 323–329. Institute of Agrophysics. P.A.N. Lublin
- Wallis, M., Horne, D. (1992). Soil water repellency. In: *Advances in Soil Science*. (Ed.: Stewart, B.A.) 20. 91–146.

Különböző tápanyag visszapótlási technológiák hatása a kukorica fejlődésére és hozamára

Pitz András – Somfalvi-Tóth Katalin – Hoffmann Richárd

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Kaposvár

pitzandris98@gmail.com

Összefoglalás

A vizsgálat során 9 kezelést állítottunk be 4 ismétléssel (4x8 sor), amelyek dózisban vagy technológiában eltérőek voltak. A termésmennyiségen túl figyelembe vettünk olyan minőségi és ezzel összefüggő paramétereket is, mint pl.: az NDVI érték, klorofill tartalom, a csőhosszúság vagy a sorok száma a csövön. A vizsgálatok során kiderült, hogy az átlagos tőszámmal rendelkező kezelésnél a lombtrágyázás hiánya csökkenti a csőtömeget, valamint a tápkultivátorozás teljes elhagyása negatívan befolyásolja az előbb említett tulajdonságot. A kapott eredmények alapján a csőtömeg egyértelműen befolyásolja a termésbecslés alakulását ($p=0,00154$). Míg a csőhossz alakulására hatással van az alaptrágyázás, addig annak elmulasztása esetén a tápkultivátoros kezelés jelentősen kompenzálja a hiányát. Azonban fordított esetben megnő a rövidebb csövek száma. Jégverés esetén megismételt tápkultivátorozással, valamint lombtrágyázással, sokkal egységesebb csöveket kapunk. A mérésekből kiderült, hogy a csöveken található sorok száma és a csőhosszúság között rendkívül szoros kapcsolat van. A termésmennyiség alapján a kijuttatott N-hatóanyag növelésével és a lombtrágyázással nagyobb hozamot érhetünk el. A V6-V7-es fejlettségnél végzett tápkultivátoros kezelés javítólag hat a kukorica hozamára, ezzel szemben a jégverést követő kezelés csak az alacsonyabb N-dózisnál van hatással a termés alakulására. 6-7 leveles állapotban a vetéssel kijuttatott StarterN mennyisége hatással van az NDVI-érték alakulására. Azonban a jégverést követően annyira felgyorsulnak és összetolódnak a különböző fenológiai stádiumok, hogy a N-hatás nem tud kellőképpen érvényesülni, így az NDVI érték és a termés közötti kapcsolat megszakad.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Világviszonylatban elmondható, hogy a klímaváltozás és a gyors demográfiai növekedés hatására egyre nagyobb nyomás van jelen a növénytermesztésben. Ezért a szélsőséges időjárási körülmények és a növekvő élelmiszerigény miatt a lehető legnagyobb hektáronkénti hozamot kell produkálnunk - mindezt gazdaságosan. Az elmúlt években megnövekedett termelési költségek, mint pl.: üzemanyag, műtrágya és peszticid árak miatt, még fontosabbá vált a termelés hatékonyságának növelése. A kukorica (*Zea mays L.*) sokoldalúságának köszönhetően az emberiség egyik legfontosabb kultúrnövényévé vált, aminek köszönhetően a legnagyobb termőterülettel rendelkező kultúrák közé sorolhatjuk. A nagy termelési volumene a sokoldalúságával magyarázható. Azonban az elmúlt években, hazánkban a kukorica vetésterülete ingadozóan, de csökkenő tendenciát mutat, aminek hátterében a globális klímaváltozás okozta szélsőséges időjárási körülmények állnak.

Napjainkban a kukoricát szinte az egész világon termesztik a jó alkalmazkodó képessége és a széleskörű felhasználhatósága miatt. Ez abból is látható, hogy világszinten a búza és a rizs mellett a kukorica rendelkezik a legnagyobb termőterülettel (kb. 203,16 millió hektár), valamint a legnagyobb hektáronkénti termésátlaggal, amely 2021-ben 5,89 t/ha volt (USDA, 2022). Magyarország kiváló adottságokkal rendelkezik a kukoricatermesztés szempontjából. Korábban a szántóterületeink kb. 27%-án termesztettek kukoricát, ez megközelítőleg 1,1-1,2 millió hektár volt, ez azonban a 2022-es évben kb. 983 ezer hektárra csökkent (KSH, 2022). Ahogy korábban is említésre került, napjainkban a kukorica vetésterületének nagysága csökkenni kezdett annak

ellenére, hogy talajaink megfelelő adottságokkal rendelkeznek, valamint az éghajlatunk is megfelelő volt a kukorica intenzív módon történő termesztéséhez. Összességében elmondható, hogy míg az 1970-80-as években a klimatikus tényezők mindössze 10-20%-ban befolyásolták a termelést, addig napjainkban ez az érték elérte az 50-60%-ot (Kovács, 2020).

A szántóföldi növénytermesztés egyik legfontosabb tápanyaga a nitrogén. A felhasználásának mértékét több tényező befolyásolja, ezért nehéz pontosan meghatározni azt a hatóanyag mennyiséget, ami a termés maximalizálásához szükséges. Továbbá az elmúlt évek magas műtrágya árai miatt is fontos a megfelelő dózis meghatározása, valamint a túlzott N-kijuttatás magas környezeti, közegészségügyi kockázattal jár (Singh és mtsai, 1995). Sowiński és Gląb (2018) vizsgálataik alapján alkalmasnak találták a SPAD-502 (SPAD = Soil Plant Analysis Development) eszközt a növény relatív klorofill tartalmának a mérésére. A mérőkészülék a működése során kiszámítja a növény levelei által elnyelt vörös fény mértékét. A műszer működésének alapelve arra vezethető vissza, hogy a levél klorofiltartalma szorosan összefügg a növény N tartalmával, így hiány esetén alacsony SPAD értéket kapunk (Tóth és mtsai., 2014).

A Normalized Difference Vegetative Index (NDVI) széles körben elterjedt szkennert alapú rendszer, melyet napjainkban a kultúrnövények vegetációjában használnak termésbecslésre. Működése során a vörös (R) és az infravörös (IR) fényspektrumot kapcsolja össze. Egy egészséges, magas klorofill tartalmú növény levele több R-t szív fel és több IR-t ver vissza, egy beteg növényhez képest. Mivel a klorofill tartalmat leginkább a N határozza meg, ezért a mérésekből származó adatok alkalmasak a N-koncentráció meghatározására (Havlin és mtsai, 2013). Egyes vizsgálatok szerint a kukorica hozamának és a N-tartalmának a becslésére a V8-as fenológiai stádiumban vagy fejlettebb állapotban lévő kukorica a legalkalmasabb, ekkor e két érték között szoros korreláció figyelhető meg ($R^2 = 0,66-0,92$) (Martin, 2002; Islam és mtsai., 2011; Bastres, 2019).

2. Anyag és módszer

A kísérletet a Kaposmező Kft. egyik Kaposfőn található területén állítottuk be. A termőterület Kaposfő külterületén található a 069/22 és 069/23 helyrajzi számon. A talajt tekintve a IV. szántóföldi termőhelyi kategóriába sorolható, humuszban gyenge-közepes (0,8%), foszfor ellátottsága közepes (83 ppm), kálium tartalma jó (126 ppm), míg a mechanikai összetétele alapján homok ($K_A: 27$) fizikai féleségű.

A vizsgálat során figyelemmel kísértük a hőmérséklet és a csapadék alakulását, mivel e tényezők jelentősen befolyásolják a kukorica termését, így az elvégzett méréseket is. Az első mérésnap május 25-re esett (V6-V8-as fenológiai stádiumban), ekkor NDVI érték és SPAD index meghatározását terveztem, azonban a nap végén nagy mennyiségű eső és jég esett, így a méréseket nem tudtam maradéktalanul befejezni. Az utolsó mérésre június 25-26-án került sor. A mérés előtt lehulló nagy mennyiségű csapadék megfelelően bemosta az 1 héttel korábban kijutatott műtrágyát, így a hatása jól tudott érvényesülni. Az érést követően kezelésenként külön szedett 60db cső esetében mértem a csőhosszt, a csövön található sorok számát és a tömeget. A betakarításkor kezelésenként külön mértem a kukorica termés mennyiségét szántóföldi talpas mérleg segítségével.

A vizsgálatokat és az ábrák egy részét az R statisztikai program (R Core Team, 2017) segítségével végeztem el.

A kísérletben 9 kezelést állítottunk be véletlen blokk elrendezésben 4 ismétléssel (4x8 sor) (1. táblázat). A tervezéskor figyelembe kellett venni, hogy minden kezelésnél eltérő mennyiségű hatóanyag kerüljön kijuttatásra, ami komoly odafigyelést igényelt a gazdaság részéről is. Összesen 6 menetben történt tápanyagkijuttatás. Alaptrágyázás (1-4-es kezelésig), vetéssel egy menetben folyékony és szilárd starter, valamint 2 alkalommal történt tápkultivátorozás és

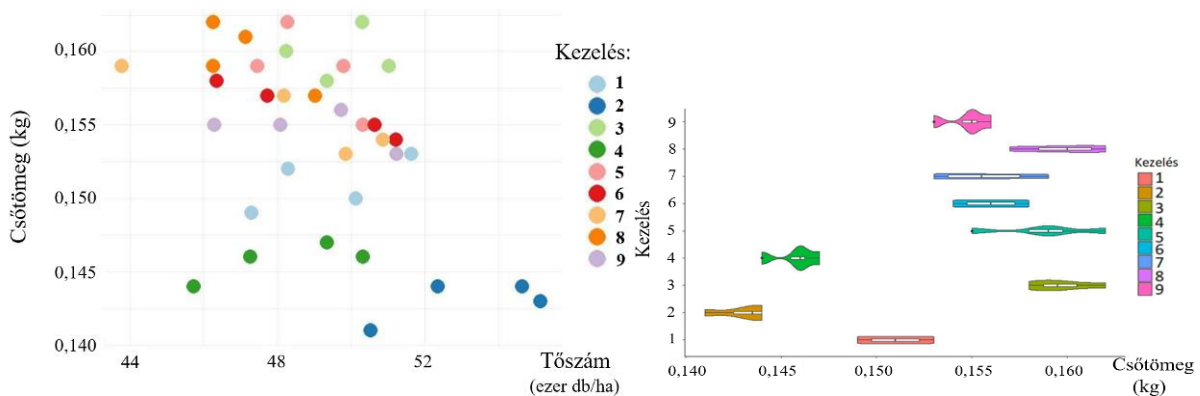
egyszer Solvitis[®]-es lombtrágyázás (4-es kezelés kivételével). Az alaptrágya és a szilárd starter mindegyik esetben 27%-os MAS volt, míg a tápkultivátorozásnál Nitrosol (30%) került kijuttatásra. A vizsgálatot a Pioneer[®] 9363-as szárazságtűrő hibridjével végeztük el, amely 350-es FAO számmal rendelkezik.

1. táblázat: A Kaposfőn beállított kísérlet kezelése (Saját szerkesztés, 2022)

kezelés	Alapt. kg/ha	Starter(folyékony)	StarterN kg/ha	1Tápkult. kg/ha	2Tápkult. kg/ha	Hatóanyag kg/ha	Levéltrágya
1	200	van	150	0	0	94,5	Solvitis
2	200	van	100	0	100	111	Solvitis
3	200	van	200	150	0	153	Solvitis
4	200	van	100	150	100	156	0
5	0	van	100	150	100	102	Solvitis
6	0	van	150	150	100	115,5	Solvitis
7	0	van	200	0	100	84	Solvitis
8	0	van	200	150	100	129	Solvitis
9	0	van	200	150	0	99	Solvitis

3. Eredmények és értékelésük

A kapott eredményeken minden esetben statisztikai analíziseket végeztünk, annak érdekében, hogy megfelelő pontossággal tudjuk elvégezni a kiértékelésüket. A statisztikai adatokat helytálás érdekében több esetben is alátámasztottuk a kezelésektől való hatások értékelésével.

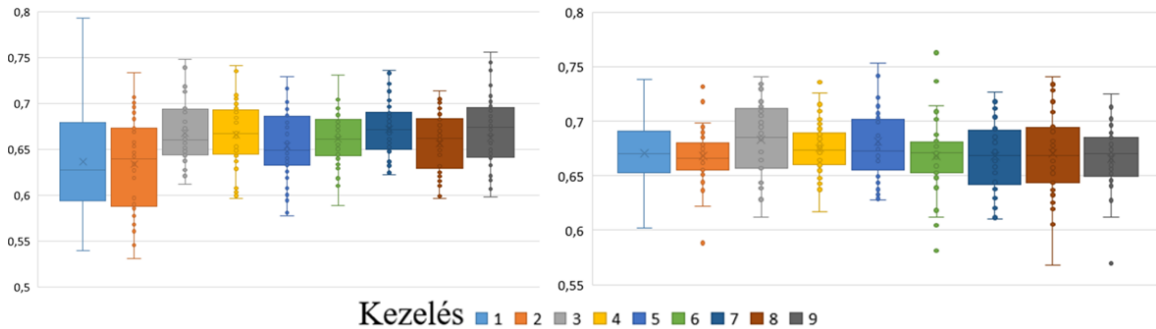


1. ábra: A) A tószám és a csőtömeg kezelésonkénti kapcsolata; B) A kezelés hatása a csőtömegre (Saját ábra, 2022)

Az 1/A. ábra mutatja a tószám és az érés végére kialakult csőtömeg közötti kapcsolatot. Átlagosan 46 és 51,2 között alakultak a tószámok, míg a csőtömeg 0,152 és 0,162 kg között mozog. A 2-es és 4-es kezelés esetében hasonlóan csökkent csövek tömege. Viszont a 2-es kezelés magasabb tószáma valamelyest kompenzálta az alacsony csőtömeget. A 4-es technológia esetében hiába került kijuttatásra több hatóanyag, az állomány nem tudta megfelelő mértékben hasznosítani. A 3-as kezelésnél hasonló hatóanyag mennyiség került kijuttatásra, annyi eltéréssel, hogy nem esett át a 2. tápkultivátoros kezelésen, viszont 100 kg-val több N került kijuttatásra StarterN formájában. A csőtömeg és a tószám kapcsolatának vizsgálatára elvégzett statisztikai elemzések szerint a tószám hatással van a csőtömegének az alakulására, mivel a p -érték=2,1E-83.

Az 1/B. ábrán szereplő értékek és a kezelésonként látható egyenlőtlen eloszlású csőtömegekből arra következtettünk, hogy kimutatható hatása van a kezeléseknél a csőtömegre, mivel a kapott p -érték szerint szoros kapcsolat figyelhető meg ($p=0,00262$). A nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló N, az alaptrágyázástól és a kijuttatás időpontjától függetlenül jelentősen

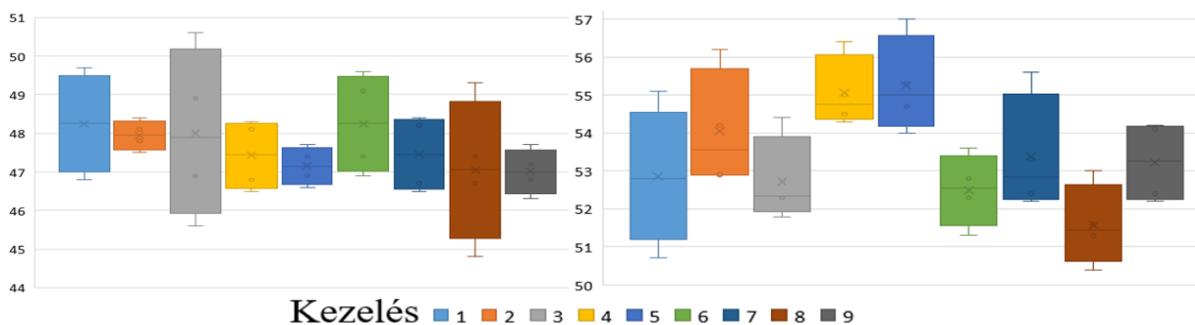
hozzájárult a csőtömeg kialakulásához. Mivel a 3-as, 5-ös és a 8-as kezelés rendelkezik a legnagyobb átlag csőtömeeggel, azonban a három kezelésből az 5-ös csupán 102 kg N-hatóanyagot kapott, míg a másik két kezelés 129 kg-t és 153 kg-t. Ennek ellenére is nagyobb csőtömeget produkált, annyi eltéréssel, hogy a mért adatok jelentősen szélesebb intervallumban oszlanak el. A 4-es kezelés esetében állt a rendelkezésére a legnagyobb mennyiségű N-hatóanyag, azonban a többi kezeléstől jelentősen elmaradt a csőtömeg tekintetében. Viszont a mért csövek tömege kisebb szórást mutatott, aminek a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége lehet az oka, így a jelentős eltérés okozója a Solvitis®-es lombtrágyás-kezelés hiánya lehetett.



2. ábra: Az NDVI-érték kezelésenkénti alakulása: A) május 25-ei mérési napon; B) június 25-ei mérési napon (Saját ábra, 2022)

Ahogy a 2/A. ábrán látható az első NDVI mérést május 25-én végeztem az 1. tápkultivátoros kezelést követően, 6-8 leveles állapotban. Az ANOVA eredményei alapján elmondható, hogy a kezelések befolyásolták a Vegetációs index értékeit ($p=0,000253$). Míg az SzD5% szerint mindegyik NDVI érték azonosnak tekinthető. Ebből adódóan a tápkultivátoros kezelésnek nem volt hatása a kapott értékekre, viszont a vetéskor kijuttatott nagyobb mennyiségű MAS befolyásolta a szórás alakulását. Az átlag értékek tekintetében elmondhatjuk, hogy az állomány magas vegetációs indexszel rendelkezett, és gyors fejlődést mutatott. Erre abból tudunk következtetni, hogy az átlag NDVI érték 0,6 felett volt.

A 2/B. ábrán megfigyelhető mérési adatokat a 2. tápkultivátoros kezelést követő 8-9. napon kaptam. A kapott adatokkal, az előbbivel azonos statisztikai vizsgálatokat végeztünk el, így elmondható, hogy ebben az esetben a kezeléseknek nem volt hatása a vegetációs-index alakulására, mivel a p -érték = 0,223361. Az SzD5% értékelése alapján statisztikailag megegyeznek a kapott adatok. A magasabb átlag azzal magyarázható, hogy a fejlődés előrehaladtával növekszik a N-felvétel, így a kapott NDVI érték is. A jégverés okozta stressz negatív hatásai miatt a trágyázási kezelésektől függetlenül az NDVI érték.



3. ábra: A SPAD értékek alakulása: A) június 05-ei mérési napon; B) június 25-ei mérési napon (Saját ábra, 2022)

Az első mérés eredményei esetében (3/A. ábra) az ANOVA szerint a kezelések nem befolyásolták a SPAD értékeket ($p=0,732233$), valamint az SzD5% esetében sincs különbség a mérések között. A különböző kezelések technológiájának összehasonlítása során a jégverést követően kapott eredmények között nem található semmilyen összefüggés, ezzel is alátámasztva a statisztikai eredményeket.

A 2. tápkultivátorozás után 8-9 nappal elvégzett mérés eredményei alapján (3/B. ábra) statisztikailag szoros kapcsolat alakult ki a kezelés és a SPAD által meghatározott értékek között, mivel a kapott p -érték= $0,007833$. A két legnagyobb átlaggal rendelkező kezelés a 4-es és az 5-ös. A két technológia között csak a lombtrágyázásban és az alaptrágyázásban figyelhető meg a különbség. Azonban ezek a kijuttatások nem befolyásolták a mérés eredményeit, mivel a többi hasonló dózissal rendelkező kezelésben nem figyelhető meg ilyen téren változás.

4. Következtetések, javaslatok

A nagyobb tőszám alacsonyabb csőtömeget eredményez, ez a jelenség fordítva is beigazolódott. A lombtrágya hiánya átlagos tőszám mellett jelentős csőtömeg csökkenést okoz. Továbbá a tápkultivátoros kezelések teljes hiánya negatív hatással van a csőtömeg alakulására.

Az alaptrágyázás elmulasztása esetén mindenképp szükséges legalább egy tápkultivátoros kezelés beiktatása, mivel az ekkor kijuttatott tápanyag jelentősen kompenzálja az elmaradást, ezzel együtt az alaptrágyázott területeken elhagyott tápkultivátorozás hatására megnő a rövidebb csövek száma. A jégverésen átesett állományban az ismételt kezelés hatására javul a cső fejlődése, így a hosszúsága is. Ebből adódóan a sorközműveléskor kijuttatott N jótékonyan befolyásolja a csőhosszúságot. A levéltrágyázás hatására sokkal egységesebb csöveket kapunk N-dózistól függetlenül, ebből kifolyólag a kezelés elmulasztása nem javasolt.

A kukorica V6-V8-as fejlettségi állapotában a vetéssel kijuttatott StarterN mennyisége hatással van az NDVI alakulására, míg a tápkultivátoros kezelések hatása nem mutatható ki. A jégverést követően annyira összetolódtak a különböző fejlettségi stádiumok, hogy a N-hatás nem tudott megfelelően realizálódni a gyors fejlődés hatására. Ennek köszönhetően nem volt összefüggés az NDVI és a terméshozamok között. *Basters* (2019) vizsgálatai során hasonló eredményeket kapott, miszerint nagy stressz hatására a vegetációs index nem alkalmas a pontos N-koncentráció meghatározására.

A 6-7 leveles mérésnél statisztikailag nincs kapcsolat a SPAD értéke és a kijuttatott hatóanyag között. A StarterN mennyisége azonban minimális szórásbeli különbségeket eredményezett, de a tápkultivátoros kezelés alkalmasnak bizonyult ennek kompenzálására. A jégverést követő 10 napban a SPAD értéket nem befolyásolja a kezelés. A későbbi mérésekre nem volt hatással sem az alaptrágyázás, sem a lombtrágyás kezelés.

5. Felhasznált irodalom

- Bastres, D. A. C. (2019). Relación entre NDVI Y contenido de nitrógeno en un cultivo de maíz forrajero en el agroecosistema de valdivia. Universidad Austral de Chile. Chile
- Havlin, J., Tisdale, S., Nelson, W., Beaton, J. (2013). Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Prentice Hall. New Jersey.
- Islam, M. R., Garcia, S. C., Henry, D. (2011). Use of normalised difference vegetation index, nitrogen concentration, and total nitrogen content of whole maize plant and plant fractions to estimate yield and nutritive value of hybrid forage maize. *Crop and Pasture Science*. 62(5): 374–382.
- Kovács P. (2020). A kukorica terméshozamának növelése agrotechnikai tényezők racionalizálásával csernozjom talajon. Debreceni Egyetem. Debrecen
- Központi Statisztikai Hivatal (2022). A fontosabb növények vetésterülete, 2022. június 1.. A fontosabb növények vetésterülete, 2022. június 1. (ksh.hu). Letöltve: 2023. 05. 12.

- Martin, K. (2002). Expression of S spatial variability in corn (*Zea Mays* L.) as influenced by growth stage using optical sensor measurement. Oklahoma State University. Oklahoma.
- R Core Team (2017). R. language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. R: The R Project for Statistical Computing (r-project.org)
- Singh, B., Singh, Y, Sekhon, G. S. (1995). Fertilizer-N use efficiency and nitrate pollution of groundwater in developing countries. *Journal of Contaminant Hydrology*. 20(3-4): 167–184.
- Sowiński, J., Głab, L. (2018). The effect of nitrogen fertilization management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse. *Field Crops Research*. 227:132–143.
- Tóth Z., Sárdi K., Horváth E. D. (2014). Evaluation of the relationship between SPAD chlorophyll values and leaf nitrogen contents of maize. pp.:167-168. Proceedings of the 13th ESA Congress. Debrecen, Hungary.
- United States Department of Agriculture (2022). World Agricultural Production. Microsoft Word - WAP-May2022_V10_Bob_Ukraine_Image_Edit (cornell.edu). Letöltve: 2022. 10. 15.

Gyümölcsporokkal dúsított kekszek antioxidáns tulajdonságainak és fogyasztói kedveltségének összehasonlítása

Végh Rita – Csóka Mariann – Sipos László

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Budapest

Vegh.Rita@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Kutatásunk során különféle gyümölcsporok hozzáadásának hatását vizsgáltuk a kekszek antioxidáns tulajdonságaira és fogyasztói kedveltségére. A kísérletbe Európában hagyományosan termesztett gyümölcsök, köztük a homoktövis (*Hippophae rhamnoides*), a csipkebogyó (*Rosa canina*) és a fekete berkenye (*Aronia melanocarpa*), valamint hazánkban egzotikusnak számító gyümölcsök, nevezetesen az acerola cseresznye (*Malpighia emarginata*) és a goji bogyó (*Lycii fructus*) porait vontuk be. A kekszeket az Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége által kidolgozott receptúra (AACC, 1980) szerint készítettük el, a liszt 10%-ának gyümölcsporral történő helyettesítésével. A minták polifenol tartalmát (TPC) és antioxidáns kapacitását (CUPRAC, DPPH) spektrofotometriásan határoztuk meg. A kekszek érzékszervi tulajdonságainak értékelése 9 pontos kedvelésskálán történt. Eredményeink szerint az acerola cseresznye por növelte meg legnagyobb mértékben a kekszek polifenol tartalmát és antioxidáns kapacitását, ezt követik a csipkebogyó-, illetve fekete berkenye porok. A fogyasztói teszt eredményei alapján a goji bogyó porral dúsított keksz jellemezhető a legnagyobb, a homoktövis porral dúsított keksz pedig a legalacsonyabb összkedveltség értékekkel.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növekvő fogyasztói tudatosság következményeképpen a funkcionális összetevőket tartalmazó élelmiszerek iránt nagy érdeklődés mutatkozik mind a fogyasztók, mind a kutatók részéről (*Bornkessel és mtsai, 2014*). Az általánosan elfogadott definíció szerint azok az összetevők tekinthetők funkcionálisnak, amelyek rendszeres fogyasztása bizonyítottan pozitív élettani hatással bír, illetve csökkenti egyes betegségek kialakulásának a kockázatát (*Fernandes és mtsai, 2019*). Ilyen összetevők lehetnek többek között a pro- és prebiotikumok, fehérjék, omega-3 zsírsavak, rostok, ásványi anyagok és nyomelemek, vitaminok, valamint az antioxidánsok (*Bornkessel és mtsai, 2014; Grochowicz és mtsai, 2018*).

Az antioxidánsok olyan vegyületek, amelyek késleltetik vagy gátolják az oxidációs folyamatokat azáltal, hogy semlegesítik a sejteket károsító szabadgyököket (*Balogh, 2010*). A modern világban felerősödő káros hatások – például az erős UV sugárzásnak való kitettség, a stresszes életmód, a környezetszennyezés és a kiegyensúlyozatlan étrend – hozzájárulnak a szabadgyökök fokozott termelődéséhez, vagyis az oxidatív stressz kialakulásához (*Birch-Machin és Bowman, 2016*). Az oxidatív stresszt számos krónikus betegséggel összefüggésbe hozták, például az érlemeszesedéssel, a magas vérnyomással, a cukorbetegséggel, a reumás ízületi gyulladással, valamint bizonyos neurodegeneratív és daganatos megbetegedésekkel, ennél fogva a fejlett országokban felértékelődött az étrendi antioxidánsok szerepe (*García-Sánchez és mtsai, 2020*).

Élelmiszerek dúsításához gyakran olyan termékeket - úgynevezett nutraceutikumokat - alkalmaznak, amelyek bioaktív komponensekben gazdagok, például zöldségek és gyümölcsök porított vagy más módon koncentrált formáit. Magas fitotápanyag tartalmuknak és hosszú eltarthatóságuknak köszönhetően a gyümölcsporok potenciálisan felhasználhatók az édesipari

termékek polifenol tartalmának és antioxidáns kapacitásának a növelésére (*Kita és mtsai, 2020; Salehi, 2019*). A bogyós gyümölcsökről köztudott, hogy kedvező táplálkozás-életteni hatásokkal rendelkeznek, elsősorban a bennük nagy koncentrációban fellelhető fenolos vegyületeknek köszönhetően (*Balogh, 2010*). Manapság a különféle bogyós gyümölcsök porításával előállított, „szuperélelmiszerként” értékesített termékek sokasága megtalálható a boltok polcain és az internetes webáruházakban, amelyek alkalmasak lehetnek élelmiszerek dúsítására is. Ilyenek például a homoktövis-, csipkebogyó-, fekete berkenye-, acerola cseresznye- és goji bogyó porok.

A homoktövis (*Hippophae rhamnoides*) az ezüsfafélék (*Elaeagnaceae*) családjába tartozó, Közép-Ázsiában és Európában őshonos növényfaj (*Krejcarová és mtsai, 2015*). Bogyótermései ovális alakúak, fajtától függően az érett bogyók lehetnek sárgás, narancssárgás vagy pirosas árnyalatúak. A gyümölcs táplálkozás-életteni értékét a benne fellelhető, többszörösen telítetlen zsírsavak, aminosavak, vitaminok, ásványi anyagok, karotinoidok és fenolos vegyületek adják. A homoktövis bogyók mind lipofil (karotinoidok, tokoferolok), mind hidrofil (flavonoidok, tanninok, fenolos savak, aszkorbinsav) antioxidánsokban gazdagok (*Ciesarová és mtsai, 2020*). A termés a kutatások alapján antioxidáns, szívvédő, májvédő, daganatellenes, immunmoduláló, antivirális, antibakteriális és gyulladáscsökkentő hatásokkal rendelkezik (*Krejcarová és mtsai, 2015*).

A csipkebogyó a rózsafélék (*Rosaceae*) családjába tartozó bizonyos növényfajok, elsősorban a vadrózsa (*Rosa canina*) áltermése, amely fontos eleme az európai népi gyógyászatnak. Alkalmazták többek között fertőzések, láz, gyomor- és bélrendszeri panaszok, valamint vesebetegségek ellen (*Nicolescu és mtsai, 2022*). A vadrózsa hazánkban mindenhol jelen van, tömegesen az Északi-középhegységben, a Pilisben és a Balaton-felvidéken fordul elő (*Koczka, 2017*). A csipkebogyó gazdag forrása a természetes antioxidánsoknak, nevezetesen a C-vitaminnak, polifenoloknak, karotinoidoknak és tokoferoloknak, amelynek köszönhetően kivonatait előszeretettel alkalmazzák az élelmiszeriparban funkcionális adalékanyagként (*Zhou és mtsai, 2023*).

Az Észak-Amerikában őshonos fekete berkenye vagy más néven arónia (*Aronia melanocarpa*) szintén a rózsafélék családjába tartozik. A növény széleskörű élelmiszeripari alkalmazhatóságának és magas természetes pigment tartalmának köszönhetően a XX. században Kelet-Európában és Oroszországban is elterjedt (*Kokotkiewicz és mtsai, 2010*). Az érett, lilásfekete bogyótermések betakarítása nyár végén - ősz elején történik (*Kulling és Rawel, 2008*). A fekete berkenye biológiai aktivitását elsősorban a benne nagy koncentrációban jelen lévő fenolos vegyületek (antocianinok, proantocianidinek, flavonolok, flavanolok, fenolos savak) adják. Fogyasztása segíthet bizonyos betegségek és állapotok (pl. magas vérzsírszint, magas koleszterinszint, magas vérnyomás, elhízás, glükóz anyagcsere zavarok, gyulladások, trombózis) megelőzésében, illetve kezelésében (*Sidor és mtsai, 2019*).

Az acerola vagy más néven barbadosi cseresznye (*Malpighia emarginata*) a malpighicserjefélék (*Malpighiaceae*) családjába tartozó növényfaj, amely Közép-Amerikában és Dél-Amerika északi részén őshonos. Jelenleg Mexikóban, Brazíliában, Indiában és Dél-Kelet Ázsiában termesztik számottevő mennyiségben (*Belwal és mtsai, 2018*). Az örökzöld acerola cserje a trópusi és szubtrópusi éghajlaton terem. Virágzása áprilistól novemberig tart, majd néhány héttel később beérik a bogyótermés. Az érett acerola cseresznyék piros színűek, ízük a legtöbb fajta esetében meglehetősen savanyú és fanyar, elsősorban az almasav nagy koncentrációja miatt. Az acerola cseresznyéről ismert, hogy C-vitaminban rendkívül gazdag, de számos egyéb fitotápanyag is jelentős mennyiségben fellelhető benne, például karotinoidok, flavonoidok és antocianinok (*Prakash és Baskaran, 2018*). Korábbi tudományos kutatások beszámoltak többek között a gyümölcs antioxidáns, daganatellenes, vércukorszint csökkentő, májvédő és bőrvédő hatásairól (*Belwal és mtsai, 2018*).

A burgonyafélék (Solanaceae) családjába tartozó goji bogyó (*Lycium barbarum*) egy Ázsiában őshonos növényfaj, amelyet ma tömegesen termesztnek Kínában, de Japánban, Taiwanban és Európa számos országában is vannak ültetvényei. Az érett termés pirosas-narancssárga színű, ellipszis alakú, hozzávetőlegesen 2 cm hosszú bogyókból áll, amelyek édes, ugyanakkor fanyar ízzel jellemezhetők. A goji bogyót a rostok, vitaminok, ásványi anyagok és egyéb bioaktív komponensek (például polifenolok és karotinoidok) gazdag forrásaként tartják számon (Vidović és mtsai, 2022). Kutatások alapján a goji bogyóból készült kivonatok potenciális antioxidáns, immunstimuláló, daganatellenes, vércukorszint csökkentő, vérzsírszint csökkentő és retinát védő hatásokkal rendelkeznek (Kulczyński és Gramza-Michałowska, 2016).

2. Anyag és módszer

Munkánk során kekszeket dúsítottunk ötféle, kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcsporral, nevezetesen homoktövis-, csipkebogyó-, fekete berkenye-, acerola cseresznye- és goji bogyó porokkal. A kekszeket az Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége által kidolgozott receptúra (AACC, 1980) szerint készítettük el, a liszt 10%-ának gyümölcsporral történő helyettesítésével. A kekszek elkészítéséhez használt receptet az 1. táblázatban mutatjuk be. Az összetevőket táramérlegesen mértük be, majd gyúrással homogenizáltuk. Az így előállított tésztát 6 mm vastagságúra nyújtottuk, és 50 mm átmérőjű köröket szaggattunk belőle, amelyeket 205 °C-ra előmelegített sütőben 10 percig sütöttünk légkeverés mellett. A kihűlt kekszeket zárható műanyag tasakokban tároltuk felhasználásig.

1. táblázat: A kekszek elkészítéséhez használt receptúra (AACC, 1980)

Nyersanyag (g)	Kontroll	Dúsított minták
búzaliszt	100,00	90,00
gyümölcspor	0,00	10,00
porcukor	57,80	57,80
margarin	28,40	28,40
só	0,93	0,93
desztillált víz	7,11	7,11
glükóz szirup	14,60	14,60
szódabikarbóna	1,11	1,11

Az antioxidáns tulajdonságok vizsgálatához extraktumokat készítettünk: a kekszeket darálással aprítottuk, majd 1,00 g-ot centrifugacsövekbe mértünk, hozzáadtunk 10 ml etanol desztillált víz (60:40) elegyet, és erőteljesen összeráztuk. A szuszpenziókat ultrahangos fürdőben kezeltük 1 órán át, majd 12000-res fordulatszámra 10 percig centrifugáltuk. A felülúszó kis térfogatát átvittük Eppendorf-csövekbe, majd ebből elvégeztük a polifenol tartalom, valamint az antioxidáns kapacitás meghatározásokat. A polifenol tartalmat (TPC) a Singleton és Rossi (1965) által kifejlesztett, spektrofotometriás módszerrel vizsgáltuk. A kalibrációs görbe felvételéhez ismert koncentrációjú galluszsav oldatokat használtunk. A kekszek antioxidáns kapacitását a rézion redukáló antioxidáns kapacitás (CUPRAC) (Apak és mtsai, 2007) és a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Blois, 1958) módszerekkel vizsgáltuk. A kalibrációkhoz trolox standard oldatokat használtunk.

A fogyasztói kedveltségtesztet a nemzetközi szabványoknak megfelelően (ISO 11136:2014/AMD 1:2020; ISO 11136:2014) és az Orvosi Világszövetség Etikai Kódexével (Helsinki nyilatkozat) összhangban hajtottuk végre. A kísérletbe 19 és 59 év közötti magyar fogyasztókat (25 nőt és 15 férfit) vontunk be. A résztvevők egy 9 pontos kedvelésskálán

értékelték a kekszeket, 10 tulajdonság (szín, illat, íz összességében, édes íz, savanykás íz, gyümölcsös íz, keménység, ropogósság, morzsálódás, összkedveltség) tekintetében. A termékeket random, háromjegyű számokkal kódoltuk. Ízsemlegesítőként neutrális, szénsavmentes ásványvizet biztosítottunk a résztvevők számára.

A minták polifenol tartalmát és antioxidáns kapacitását három párhuzamos mérésel határoztuk meg. A termékek fogyasztói kedveltségét 40 megfigyelés alapján értékeltük. Az eredményeket átlag \pm szórás értékekkel fejeztük ki. Az antioxidáns tulajdonságok esetében a statisztikai különbségeket nemparaméteres Kruskal–Wallis teszttel és Dunn-féle páronkénti összehasonlítással határoztuk meg, Bonferroni korrekcióval ($\alpha = 0,05$). A kedveltségteszt eredményei esetében pedig ANOVA-t alkalmaztunk Tukey HSD post hoc teszttel a kekszek közötti statisztikai különbségek meghatározására ($\alpha = 0,05$). A statisztikai kiértékeléshez XLSTAT programot (Addinsoft, Long Island, NY, USA, 2016) használtunk.

3. Eredmények és értékelésük

A polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás vizsgálatok eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze. A kekszminták polifenol tartalma 55 és 788 mg GAE(galluszsav egyenérték)/100g között alakult. A CUPRAC módszerrel 137 és 1620 mg TE(troxol egyenérték)/100g, a DPPH módszerrel pedig 31 és 1235 mg TE(troxol egyenérték)/100g közötti antioxidáns kapacitás értékeket kaptunk a kekszmintákra.

Az 10% acerola cseresznye porral történő dúsítás mindegyik vizsgált paramétert szignifikánsan megnövelte. A legnagyobb mértékű növekedést a DPPH értékek esetén figyeltük meg, de a TPC és CUPRAC értékek is több, mint tízszeresükre nőttek az acerola cseresznye por hatására. Az egyéb gyümölcsporokkal dúsított kekszek is többszörös értékeket mutattak a kontrollhoz képest, de a növekedés az alkalmazott statisztikai próbával nem adódott szignifikánsnak. Eredményeink szerint a csipkebogyópor a második leghatékonyabb a keksz antioxidáns-tartalmának a növelésére, ezt követik a fekete berkenye-, a goji bogyó- és végül a homoktövis porok. A CUPRAC értékek a DPPH-hoz képest minden esetben magasabbak voltak, ami abból adódhat, hogy a DPPH módszer kevésbé alkalmas az erősen pigmentált és a hidrofíl antioxidánsok mérésére (Floegel és mtsai, 2011).

2. táblázat: A kekszek polifenol tartalma és antioxidáns kapacitása

	kontroll	homokt.	csipkeb.	fekete b.	acerola	goji b.
TPC (mg GAE/100g)	55 \pm 1 ^b	127 \pm 4 ^{ab}	241 \pm 15 ^{ab}	214 \pm 12 ^{ab}	788 \pm 20 ^a	180 \pm 7 ^{ab}
CUPRAC (mg TE/100g)	137 \pm 20 ^b	288 \pm 10 ^{ab}	689 \pm 30 ^{ab}	555 \pm 16 ^{ab}	1620 \pm 55 ^a	395 \pm 6 ^{ab}
DPPH (mg TE/100g)	31 \pm 2 ^b	81 \pm 2 ^{ab}	215 \pm 1 ^{ab}	205 \pm 5 ^{ab}	1235 \pm 74 ^a	91 \pm 23 ^{ab}

az egyes sorokban azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ($P < 0,05$) különböznek

A fogyasztói kedveltségteszt eredményei a 3. táblázatban szerepelnek. Az összkedveltség tekintetében egyik termék sem különbözött szignifikánsan a kontroll keksztől, mindazonáltal a goji bogyó porral dúsított keksz szignifikánsan nagyobb értéket mutatott, mint a homoktövisporral dúsított keksz. Az „íz összességében” tulajdonságra hasonló tendenciát figyeltünk meg, amelyből arra következtethetünk, hogy az összkedveltséget elsősorban a termék íze határozza meg. A goji bogyó por az acerola por mellett a kekszek szín kedveltségét is szignifikánsan javította. Az illat, az édes íz, a keménység és a morzsálódás tekintetében nem figyeltünk meg

szignifikáns különbségeket a termékek között. Az acerola cseresznye porral dúsított keksz savanykás ízt, valamint az acerola cseresznye-, goji bogyó- és csipkebogyóporokat tartalmazó kekszek gyümölcsös ízt szignifikánsan jobban kedvelték a fogyasztók a kontroll kekszhez képest.

3. táblázat: A fogyasztói kedveltségteszt eredményei

	kontroll	homokt.	csipkeb.	fekete b.	acerola	goji b.
szín	5,9±1,9 ^c	6,3±1,5 ^{bc}	6,7±1,4 ^{abc}	6,3±2,6 ^c	7,4±0,9 ^{ab}	7,8±1,1 ^a
illat	5,7±1,4 ^a	5,6±1,5 ^a	5,7±1,2 ^a	5,8±1,3 ^a	5,8±1,5 ^a	6,3±1,7 ^a
íz összességében	6,1±2,4 ^{ab}	5,7±1,9 ^b	6,2±1,7 ^{ab}	6,2±1,8 ^{ab}	6,5±2,0 ^{ab}	7,0±1,6 ^a
édes íz	6,6±2,1 ^a	5,8±1,5 ^a	6,3±1,5 ^a	6,5±1,1 ^a	6,3±1,6 ^a	6,5±1,5 ^a
savanykás íz	5,0±1,8 ^b	5,3±1,7 ^{ab}	5,9±1,3 ^{ab}	5,5±1,8 ^{ab}	6,2±1,6 ^a	5,8±1,5 ^{ab}
gyümölcsös íz	4,7±1,9 ^b	5,8±1,8 ^{ab}	6,0±1,9 ^a	5,7±2,1 ^{ab}	6,4±1,6 ^a	6,3±1,7 ^a
keményesség	6,4±1,7 ^a	5,7±2,1 ^a	6,1±1,7 ^a	6,4±1,4 ^a	6,2±1,9 ^a	6,8±1,8 ^a
ropogósság	5,9±2,0 ^{ab}	6,2±1,8 ^{ab}	6,8±1,6 ^a	6,4±1,5 ^{ab}	5,6±2,1 ^b	6,4±1,7 ^{ab}
morzsálódás	6,6±1,8 ^a	6,4±1,7 ^a	6,6±1,9 ^a	6,7±1,8 ^a	6,7±1,5 ^a	6,8±1,7 ^a
összkedveltség	6,2±2,4 ^{ab}	5,6±1,8 ^b	6,4±1,6 ^{ab}	6,2±2,0 ^{ab}	6,4±1,7 ^{ab}	7,2±1,5 ^a

az egyes sorokban azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ($P < 0,05$) különböznek

4. Következtetések, javaslatok

Összességében megállapítható, hogy a felhasznált gyümölcsporok, különösen az acerola cseresznye por, hatékonyan alkalmazhatók a kekszek polifenol tartalmának és antioxidáns kapacitásának a növelésére. A homoktövisporral dúsított keksz viszonylag alacsony antioxidáns kapacitást mutatott, illetve alacsony fogyasztói elfogadottsággal volt jellemezhető, így a homoktövisport nem javasoljuk magas antioxidánstartalmú édes- és sütőipari termékek kifejlesztéséhez. A legnagyobb fogyasztói kedveltség a goji bogyó porral dúsított keksz esetében volt megfigyelhető, ezt követték az acerola cseresznye port és csipkebogyóport tartalmazó termékek. Eredményeink alapján érdemes lehet további kutatómunkát végezni arra vonatkozóan, hogy az acerola cseresznye és a goji bogyó porok különböző koncentrációkban, együttesen adagolva, milyen hatást gyakorolnak a kekszek tápértékére és fogyasztói kedveltségére.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Új Nemzeti Kiválósági Programjának támogatásával valósult meg (ÚNKP-22-3-II-MATE-23). Végh Rita köszönetét fejezi ki a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskolájának a támogatásért.

5. Felhasznált irodalom

- AACC Approved Method 10-50D (1980). Baking Quality of Cookie Flour; AACC: USA, Washington, DC.
- Apak, R., Güçlü, G., Demirata, B., Ozyürek, M., Celik, S. E., Bektaşoğlu, B., Berker, K. I., Ozyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12.1496–1547.
- Balogh, E. (2010). Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében. Doktori Értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- Belwal, T., Devkota, H. P., Hassan, H. A., Ahluwalia, S., Ramadan, M. F., Mocan, A., Atanasov, A. G. (2018). Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. *Trends Food Sci. Technol.*, 74.99–106.

- Birch Machin, M. A., Bowman, A. (2016). Oxidative stress and ageing. *Brit. J. Dermatol.*, 175.26–29.
- Blois, M. S. (1959). Antioxidant determination by the use of stable free radical. *Nature*, 181.1199–1200.
- Bornkessel, S., Bröring, S., Omta, S. O., van Trijp, H. (2014). What determines ingredient awareness of consumers? A study on ten functional food ingredients. *Food Qual. Prefer.*, 32.330–339.
- Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Burčová, Z. (2020). Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Res. Int.*, 133.109170.
- Fernandes, S. S., Coelho, M. S., de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2019). Bioactive compounds as ingredients of functional foods: polyphenols, carotenoids, peptides from animal and plant sources new. In *Bioactive compounds* (Chapter 7, pp. 129–142). Woodhead Publishing.
- Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J. Food Compos. Anal.*, 24.7.1043–1048.
- García-Sánchez, A., Miranda-Díaz, A. G., Cardona-Muñoz, E. G. (2020). The role of oxidative stress in physiopathology and pharmacological treatment with pro-and antioxidant properties in chronic diseases. *Oxid. Med. Cell. Longev.*, 2082145.
- Grochowicz, J., Fabisiak, A., Nowak, D. (2018). Market of functional food—legal regulations and development perspectives. *Zesz. Probl. Postę. Nauk Rol.*, 595.51–67.
- Kita, A., Nowak, J., Michalska-Ciechanowska, A. (2020). The effect of the addition of fruit powders on the quality of snacks with Jerusalem artichoke during storage. *Appl. Sci.*, 10.16.5603.
- Koczka, N. (2017): *Vadrózsa* (*Rosa* spp.). *Őstermelő*, 21.82–83.
- Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z., Luczkiewicz, M. (2010). Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J. Med. Food*, 13.2.255–269.
- Krejcarová, J., Straková, E., Suchý, P., Herzig, I., Karásková, K. (2015). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities—a review. *Acta Vet. Brno*, 84.3.257–268.
- Kulczyński, B., Gramza-Michałowska, A. (2016). Goji berry (*Lycium barbarum*): Composition and health effects – a review. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 66.2.67–75.
- Kulling, S. E., Rawel, H. M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*): A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med.*, 74.13.1625–1634.
- Nicolescu, A., Babotă, M., Zhang, L., Bunea, C. I., Gavrilaş, L., Vodnar, D. C., Rocchetti, G. (2022). Optimized Ultrasound-Assisted Enzymatic Extraction of Phenolic Compounds from *Rosa canina* L. Pseudo-Fruits (Rosehip) and Their Biological Activity. *Antioxidants*, 11.6.1123.
- Prakash, A., Baskaran, R. (2018). Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. *J. Food Sci. Technol.*, 55.3373–3384.
- Salehi, F. (2020). Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: A review. *Nutrire*, 45.1–10.
- Sidor, A., Drożdżyńska, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors—An overview. *Trends Food Sci. Technol.*, 89.45–60.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colometry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16.144–158.
- Vidović, B. B., Milinčić, D. D., Marčetić, M. D., Djuriš, J. D., Ilić, T. D., Kostić, A. Ž., Pešić, M. B. (2022). Health benefits and applications of goji berries in functional food products development: A review. *Antioxidants*, 11.2.248.
- Zhou, M., Sun, Y., Luo, L., Pan, H., Zhang, Q., Yu, C. (2023). Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits. *Trends Food Sci. Technol.*, 136.76–91.

A lítium-klorid kontakt hatásának igazolása in vitro és in situ *Varroa* atka elleni alkalmazása esetén

Kolics Éva¹ – Mátyás Kinga¹ – Taller János¹ – Specziár András² – Kolics Balázs¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

²Balaton Limnológiai Kutató Intézet, Tihany

kolicseva@gmail.com

Összefoglalás

A lítium sók bizonyítottan hatékonyak a *Varroa destructor*, a mézelő méhek káros parazitájának elpusztításában; azonban kevés ismeret áll rendelkezésre mind a fiasításra, mint a méhcsaládokra gyakorolt hosszú távú hatásairól. Korábbi publikációk azt közölték, hogy a lítium klorid hatásmechanizmusa között nem szerepel kontakt hatás. Jelen publikációban ezt a kérdést vizsgáltuk meg papírcsíkos teszt segítségével, hogy kimutassuk a lítium koncentrációfüggő hatékonyságát kontakt hatásmódban, megerősítve, hogy a lítium a *Varroa* atka ellen kontakt szerként is hatásos. Tudomásunk szerint ez az első tudományos közlés a lítium nagyfokú varroicid hatásáról kontakt hatásmódban. Eredményeink új kezelési módok (pl lítiumos csíkok használata) lehetőségét nyithatják meg abban az esetben, amennyiben a lítiumsók legálisan használható szerek lehetnek méhészeti alkalmazásban.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mézelő méh (*Apis mellifera*) életben maradása nagymértékben függ a *Varroa destructor* parazita atka kártételi küszöb alatt tartásától. Az atka világszerte a nyugati mézelő méheket fenyegető legnagyobb veszélynek számít. Kezelés nélkül az atkák egy-két éven belül elpusztíthatnak egy egész méhcsaládot (Spivak and Reuter 2005; Barlow and Fell 2006); azonban a nagy méhsűrűségű területeken ez egy méhészeti szezonon belül is bekövetkezhet. Hatékony kezelés esetén alacsony a rezisztencia kialakulásának kockázata (Imdorf, Bogdanov et al. 1999; Milani 2001; Nanetti, Rodriguez-García et al. 2015; Maggi, Damiani et al. 2017), mivel azonban az atka elleni védekezés egyes országokban főként csak néhány vegyszerre korlátozódik, ezért ez az atkaölőszer-rezisztencia lehetséges kialakulását okozhatja (Mozes-Koch, Slabezki et al. 2000; Spreafico, Eördegh et al. 2001), és csökkenti az atka felszámolásának lehetőségét a belátható jövőben. Ezzel párhuzamosan egyre nagyobb igény mutatkozik arra, hogy elkerüljék az akaricid szermaradványok vagy azok metabolitjainak felhalmozódását a mézben és a viaszban. Az új RNAi alapú megközelítések (Garbian, Maori et al. 2012) során megfigyelték, hogy a lítiumsók ígéretes és könnyen használható atkaellenes szereket kínálhatnak a *Varroa* -fertőzés hatékony kezelésére. Továbbá olyan vizsgálatokat publikáltak, ahol a lítium tartalmú szerek bizonyos koncentrációival 100%-os atkapusztulást tapasztaltak a fiasításmentes időszakban, a kifejlett méhek kisebb mértékű vagy egyáltalán nem bekövetkező pusztulása mellett (Ziegelmann, Abele et al. 2018; Stanimirovic, Glavinic et al. 2019). A lítium-kloridot olyan varroicidként írták le, amely szisztémás hatásmódban, széles koncentrációtartományban fejt ki hatását (Ziegelmann, Abele et al. 2018). Mesterséges rajokban 25 és 50 mM lítium-kloridot alkalmaztak cukorszirupba, illetve lepénybe keverve, mellyel magas miticid aktivitást értek el (Kolics, Sajtos et al. 2019; Ziegelmann, Blumenschein et al. 2019).

Korábbi, nem publikált kísérletek alapján, ahol a lítium-klorid nagyon alacsony koncentrációban is nagy hatékonyságot mutatott, feltételeztük, hogy kontakt hatásmódban is hatékony

lehet. E tanulmány célja az volt, hogy ezt a hipotézist *in situ* teszteljük, ezzel lehetővé téve termelő méhcsaládokon történő alkalmazhatóságának megvizsgálását.

2. Anyag és módszer

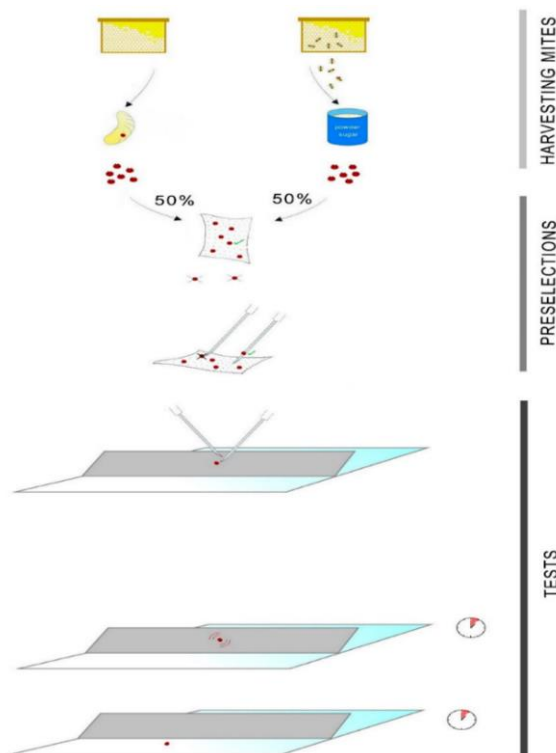
Az *in vitro* kísérlet során a kifejlett atkákat porcukorteszt alkalmazásával frissen távolítottuk el erősen fertőzött *Apis mellifera carnica* családok fedett fiasításából. Az atkákat egy finom ecset segítségével függőleges papírtörlőre helyeztük. Az életképes egyedek előszelekciója érdekében azokat az atkákat, amelyek kb. 30 percig nem tudtak erősen kapaszkodni, eltávolítottuk (6%). A megmaradt atkákat 25 °C-on tartottuk legfeljebb 120 percig, hogy megakadályozzuk a vitalitás és a mozgékonyág csökkenését. Ezt követően az atkákat steril fecskendőjük segítségével egyenként a kísérleti papírcsíkokra helyeztük. Így, a papírtörlőről történő átvitel során további előszelekciót hajtottunk végre, mivel csak olyan atkákat használtunk fel, amelyek hajlandóak voltak maguktól felmászni a tűre (96%). A kísérleti kartoncsíkokat (1. kép) (1,5 mm vastagságú, 3 cm × 20 cm területű) egyenletesen átitattuk 2 ml lítium-klorid-oldatnak (LiCl 1H₂O) a 11 vizsgált koncentráció egyikével, amely 10,78 mM-tól 11,04 M-ig terjedt (10,78; 21,55; 43,11 és 86,22 mM, valamint 0,17; 0,34; 0,69; 1,38; 2,76; 5,52 és 11,04 M). A csíkokat 45°-os szögben sima üvegfelületre rögzítettük. A kontrollcsíkokhoz használt ioncserélt vizet a lítiumos oldatok készítéséhez alkalmazott vízből vettük. Minden lítiummal kezelt csíkra és a kontrollcsíkra egy-egy atkát helyeztünk egyszerre (az egyes expozíciókhoz használt egyedek száma 3 és 11 között változott; a kezelt és a kontrollcsoportban összesen 71 atkát használtunk fel). A felhelyezést követően az első feljegyzett esemény a remegő mozgások kezdete volt, amelyeket kontrollálatlan mozgások kísérték. A második rögzített esemény az volt, amikor az atka leesett a csíkról, amit a miticid küszöbértéknek tekintettünk. Az *in vitro* kísérleti elrendezés áttekintését az 1. ábra tartalmazza.



1. kép: LiCl-al átitatott papírcsíkra helyezett atka

A LiCl koncentrációfüggő kontakt hatását az első remegő mozdulat és az atkák leesésének log₁₀ transzformált idejére varianciaanalízissel (ANOVA), majd Tukey HSD post hoc tesztekkel értékeltük. Levene tesztje az adatok varianciájának homogenitására (F_{10;60} = 1,45, p = 0,180 az első remegő mozdulatig eltelt időre és F_{10;60} = 1,65, p = 0,114 a leesésig eltelt időre) és a Kolmogorov-Smirnov tesztje a maradékok normalitásának vizsgálatára (N = 71, D = 0.103, p = 0,405 az első remegő mozdulatig eltelt időre és N = 71, D = 0,109, p = 0,345 a leesésig eltelt időre) bizonyította, hogy az ANOVA feltételezései teljesültek. Mivel a kontroll atkák egyike sem mutatott remegő mozgást vagy esett le a kísérleti kartonról a 120 perces megfigyelési időszak alatt, a kontrollcsoportokat nem lehetett bevonni az ANOVA vizsgálatba. Ezért a Z-tesztet használtuk a reagáló (azaz remegő mozgást mutató és leeső) atkák arányának összehasonlítására a kontroll és a LiCl kezelések között.

Annak bizonyítására, hogy a lítiummal kezelt csíkok *in vitro* vizsgálatokban hatékonyak mutatkoztak, a csíkokat úgy készítettük el, hogy minden egyes csíkot egy kaptár csorgató adagjának megfelelő mennyiségű lítium-kloridos oldattal impregnáltunk (2,28 mL 5,52 M LiCl 1 H₂O = 0,76 g LiCl 1 H₂O).



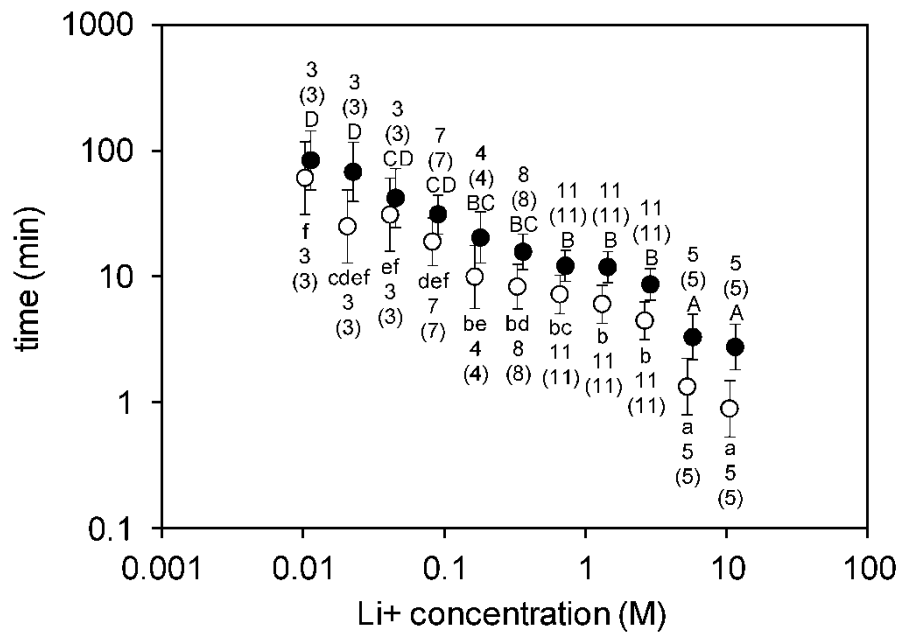
1. ábra: Kísérleti elrendezés

Az *in situ* vizsgálatot három fiasítás nélküli termelő méhcsaládban Keszthelyen végeztük el a 2019. novemberi teelés előtti időszakban, a higiénikus aljdeszkán a megszámlált atkák számát feljegyezve. Ezeket a méhcsaládokat egy 120 méhcsaládból álló méhészet legfertőzöttebbjei közül választottuk ki szeptember végén, fiasításos időszakban Apivar-csíkokkal végzett atkahullás alapján. Ebben az időszakban az 1., 2. és 3. számú kaptárak esetében az atkák száma 116, 102 és 67 volt. Ezen túlmenően októberben valamennyi méhcsaládban megfigyelhetőek voltak foretikus atkák a méheken, ami a fertőzés magas szintjére utal. A méhcsaládokat szeptembertől a kísérlet kezdetéig nem kezelték az atkák megőrzése érdekében. A kontrollként használt 1. számú kísérleti kaptárat a kísérlet végéig nem kezelték. A 2. és 3. számú kaptárakban a kezelést a fészek közepére helyezett egy-egy lítium-kloridos oldattal átitatott csíkkal kezdtük. A méhcsaládok fiasításmentesek voltak, hogy a varroicid hatást ne befolyásolja az ebben az időszakban született *Varroa* atkák száma. Miután az atkahullások számát öt napon keresztül követtük nyomon, további öt csíkot helyeztünk be, és folytattuk az atkahullás regisztrálását. Végül mindhárom méhcsaládot egyidejűleg lítiumos szirup (40 ml, 250 mM) csorgatásával kontrolláltuk.

3. Eredmények és értékelésük

A papírcsíkon végzett kontakt tesztek során a kontrollcsíkon lévő atkák vagy mozdulatlanok maradtak ($n = 58$), vagy legfeljebb 2 cm-t mozdultak el a felületen ($n = 12$); egyikük sem esett le, vagy mutatott hasonló tüneteket, mint a kezelt csíkon lévők ($Z = 11,9$, $p < 0,001$ mind a remegő mozgás, mind a leesés esetében a kontroll és a lítium-kloriddal kezelt csoportok között).

A növekvő lítium-klorid koncentrációval impregnált papírcsíkokon az atkák remegő mozgásának első megjelenéséig eltelt idő fokozatosan rövidült. A legalacsonyabb koncentrációnál (10,78 mM) a tünetek átlagosan 66 perc után jelentek meg, és az atkák 84 perc után estek le. A legmagasabb koncentrációnál (11,04 M) az atkák átlagosan körülbelül egy percen belül kezdtek remegő tüneteket mutatni, és a kísérlet harmadik percében estek le a papírcsíkról (2. ábra). Érdeemes megjegyezni, hogy a LiCl-al átitatott csíkról leesett atkák egyike sem tért vissza a lítium okozta tünetekből a vizsgált lítiumkoncentrációk egyikénél sem. Remegésük fokozatosan átment kontrollálatlan mozgásba, és végül mozdulatlanná váltak, majd elpusztultak. A feljegyzett adatok azt mutatták, hogy az egyes koncentrációk között a remegés és az atka leeséséig eltelt idő mutatott különbséget.



2.ábra: Statisztikai analízis

A két termelő családban (2. és 3. számú) - amelyeken azt vizsgáltuk, hogy a kontakthatás *in situ* is kiváltható-e - a kaptárba helyezett lítiumos csík hatására 24 és 6 atkahullást észleltünk az első öt nap alatt. Ugyanakkor a kontroll kaptárban (1. számú) csak 3 atkahullást regisztráltunk. Az atkahullások száma jelentősen megnőtt a második fázisban, amikor a két kezelt kaptárba további öt csíkot helyeztünk be, és 10 napig hagytuk őket hatni (az előző csík cseréje vagy felfrissítése nélkül). Ez a kezelés 198, illetve 41 atka elhullását eredményezte a két kezelt kaptárban, míg a kontroll kaptárban ugyanezen időszak alatt csak 4 atka hullott. Végül, a 15. nap végén kontrollként alkalmazott lítiumos szirupos csorgatás (alkalmazása 10 nap után) további 18; 5 és 120 egyed atkahullást eredményezett a 2., 3. és 1. számú kaptárakban. Az ezt követő, 100 g méhen elvégzett porcukorteszt egyik kaptárban sem hozott le atkát (az eredmények összefoglalása az 1. táblázatban található). A lítiumos csíkokkal és a csorgatással elvégzett kezeléseik idején frissen elhullott atkák tünetei megegyeztek a kontaktvizsgálat során megfigyelt tünetekkel. A csíkos teszt alkalmazása a termelő méhcsaládokon megerősítette, hogy a kontakt hatásmód bizonyos koncentrációkban *in situ* is kifejezheti hatását.

1. táblázat: A lehullott atkák száma az egyes kezelések során

Kezelések	Kontroll méhcsalád (No 1.)	Kezelt (No 2.)	Kezelt (No 3.)
Egy csík 5 napig (1. nap kezdete)	3	24	6
További 5 csík behelyezése (5. nap vége)	4	198	41
Lítiumos szirup csorgatás (15. nap vége)	120	18	5
Porcukorteszt (15. nap)	0	0	0

4. Következtetések, javaslatok

A lítiumsók varroicid hatásáról szóló első publikációból kiderült, hogy nagy hatékonyságú szisztémás hatásmechanizmussal rendelkeznek; már 25 mM-os koncentrációban is 100%-os atkapusztulást és alacsony toxicitást okoznak a kifejlett méhek számára mesterséges rajokban (Ziegelmann, Abele et al. 2018; Stanimirović, Glavinić et al. 2019).

Új eredményeink azt bizonyítják, hogy a LiCl erős kontakt hatással bír az atkákra. Ez a megállapítás kiszélesíti a vegyület lehetséges alkalmazhatóságának körét atkaölő szerként a mézelő méhcsaládokban. Az impregnált papírcsíkokkal végzett kontakt vizsgálatok kimutatták a LiCl irreverzibilis hatását az atkákra még nagyon alacsony koncentrációban is. Fontos megjegyezni, hogy eredményeink alapján a csorgató elegendő lítiumkoncentrációja is rendelkezik kontakt hatással, így annak hatásosságához is hozzájárulhat.

A LiCl-oldat legalacsonyabb vizsgált koncentrációját (10,78 mM) annak a követelménynek megfelelően határoztuk meg, hogy az impregnált csíkoknak a kezelés teljes időtartama alatt nedvesnek kell maradniuk. Ezt a kritériumot azért határoztuk meg, mert feltételezzük, hogy a lítiumnak a parazitába való bejutása csak oldatban hatékony. A lítiummal impregnált csíkok a legmagasabb koncentráció (11,04 M) mellett legalább 15 napig nedvesek maradtak mind *in vitro*, mind *in situ*, ami azt mutatja, hogy a LiCl-nak talán nincs szüksége további nedvesítőszere a hosszú távú kontaktkezeléshez azokban az esetekben, amikor ezt a koncentrációt használják a csíkokon.

A LiCl kontaktkezelésként történő alkalmazása előnyös alternatívát jelenthet a méhek etetésével szemben. A kontakt kezeléseket a mézszennyezés lehetséges alacsonyabb kockázatát jelenthetik (Menkissoglu-Spiroudi, Tsigouri et al. 2001), szemben a korábbi megközelítésekkel, ahol a lítiumot etetéssel adták *ad libitum*, *in vitro*, illetve juttaták ki (Ziegelmann, Abele et al. 2018; Stanimirović, Glavinić et al. 2019). Vizsgálataink a méhcsaládok teletelés előtti, fiasításmentes szakaszára korlátozódtak. Bár a kísérlet utáni porcukortesztek nem mutattak ki atkákat, mivel ez alapján minden kaptárban csak 100 g méhet vizsgáltunk (a németországi AGT tenyésztőinek protokollja szerint (Büchler, Andonov et al. 2013)), a méhcsaládokban maradhettek atkák, de valószínű, hogy ezek nem érték el a kártételi küszöbértéket. Ezen túlmenően a módszertani korlátozások elkerülhetetlenül együtt járnak ezzel a kísérleti vizsgálattal, ami korlátozza ismereteinket a LiCl hatékonyságáról és esetleges mellékhatásairól a fiasításos időszakban.

Összefoglalva, a korábban igazolt szisztémás hatásmód (Ziegelmann, Abele et al. 2018) mellett a LiCl egyértelműen kontakt hatást fejt ki az atkákra, és ez a tulajdonsága kiterjesztheti alkalmazhatóságának körét. A lítium-kloridnak az atkák elleni védekezésben mutatkozó kettős mechanizmusa alátámaszthatja, hogy a lítium ígéretes eszköz az atkafertőzés elleni védekezésben, amennyiben törzskönyvezett varroiciddé válik. További kutatásokra van azonban szükség a koncentráció és a hatékonyság szempontjából legoptimálisabb módszer meghatározásához,

amely a hőmérsékleti és páratartalmi viszonyoktól is függhet. Ezen kívül részletes vizsgálatokra van szükség a fiasításra gyakorolt esetleges mellékhatások számszerűsítéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és a Magyar Kormány támogatásával az Európai Regionális Fejlesztési Alap és a Széchenyi 2020 program társfinanszírozási konstrukciójában a GINOP-2.3.2-15-2016-00054 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

5. Felhasznált irodalom

- Barlow, V. M. and R. D. Fell (2006). "Sampling methods for Varroa mites on the domesticated honeybee." Virginia Cooperative Extension of Virginia Polytechnic Institute and State University: 444-103.
- Büchler, R., S. Andonov, et al. (2013). "Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens." *Journal of Apicultural Research* 52(1): 1–30.
- Garbian, Y., E. Maori, et al. (2012). "Bidirectional transfer of RNAi between honey bee and Varroa destructor: Varroa gene silencing reduces Varroa population." *PLoS pathogens* 8(12): e1003035.
- Imdorf, A., S. Bogdanov, et al. (1999). "Use of essential oils for the control of *Varroa jacobsoni* Oud. in honey bee colonies." *Apidologie* 30(2–3): 209–228.
- Kolics, B., Z. Sajtos, et al. (2019). Lithium chloride - hazard or possibility? 46th APIMONDIA - International Apicultural Congress, Montréal, Québec - Canada.
- Maggi, M. D., N. Damiani, et al. (2017). "The susceptibility of Varroa destructor against oxalic acid: A study case." *Bulletin of Insectology* 70(1): 39–44.
- Menkissoglu-Spiroudi, U., A. Tsigouri, et al. (2001). "Residues in honey and beeswax caused by beekeeping treatments." *Fresenius Environmental Bulletin* 10(5): 445–450.
- Milani, N. (2001). "Activity of oxalic and citric acids on the mite Varroa destructor in laboratory assays." *Apidologie* 32(2): 127–138.
- Mozes-Koch, R., Y. Slabezki, et al. (2000). "First detection in Israel of fluvalinate resistance in the varroa mite using bioassay and biochemical methods." *Journal of Experimental applied acarology* 24(1): 35–43.
- Nanetti, A., C. Rodriguez-García, et al. (2015). "Effect of oxalic acid on *Nosema ceranae* infection." *Research in veterinary science* 102: 167–172.
- Spivak, M. and G. Reuter (2005). "A sustainable approach to controlling honey bee diseases and Varroa mites." Sustainable Agriculture Research & Education(SARE Agricultural Innovations-03AGI2005 Fact Sheet.).
- Spreafico, M., F. R. Eördegh, et al. (2001). "First detection of strains of Varroa destructor resistant to coumaphos. Results of laboratory tests and field trials." *Apidologie* 32(1): 49–55.
- Stanimirovic, Z., U. Glavinic, et al. (2019). "Looking for the causes of and solutions to the issue of honey bee colony losses." *Acta Veterinaria-Beograd* 69(1): 1–31.
- Stanimirović, Z., U. Glavinić, et al. (2019). "Looking for the causes of and solutions to the issue of honey bee colony losses." *Acta veterinaria* 69(1): 1–31.
- Ziegelmann, B., E. Abele, et al. (2018). "Lithium chloride effectively kills the honey bee parasite Varroa destructor by a systemic mode of action." *Scientific reports* 8(1): 683.
- Ziegelmann, B., M. Blumenschein, et al. (2019). Varroa treatment of brood-free honey bee colonies with lithium chloride. 46th APIMONDIA - International Apicultural Congress, Montréal. Québec - Canada.

Koleszteringazdag takarmány hatása NOX5 enzimhiányos nyulak antioxidáns rendszerére

Pintér Tímea¹ – Lóki Lilla¹ – Petheő L. Gábor² – Szeles Zsolt² – Skoda Gabriella¹ –
Kerekes Andrea¹ – Hiripi László¹ – Geiszt Miklós² – Bodrogi Lilla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

²Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Élettani Intézet, Budapest

pinter.timea@uni-mate.hu

Összefoglalás

Az endogén szabadgyökképződés kulcsenzimeit a NADPH-oxidázok (NOX). Jelenleg hét izoforma ismert humán szervezetben, melyek közül a NOX5 enzim a hagyományos laboratóriumi modellállatok közül egyedülként nyulakban található meg. Az oxidatív stressz fontos tényező az érrelmeszesedés kialakulásában és mivel a NOX5 kifejeződik az érrendszeri simaizom- és endotélsejtekben, ezért a Nox5 enzim az ateroszklerózissal kapcsolatos kutatások fókuszába került. A sejtek reakciója az oxidatív stresszre nyomon követhető a szervezet antioxidáns védelmi rendszerének működésében bekövetkező változásokon keresztül, ezek közé tartozik a peroxidáz (PRDX), a kataláz (CAT), a glutation-peroxidáz (GPX), vagy egyes transzkripciós faktorok (NRF2). A nyúl ideális modellállata az ateroszklerózissal, amely az állatok koleszteringazdag étrenddel történő etetésével előidézhető. Ennek érdekében kis számú mintán, 4 hétig tartó, 0,5%-os koleszterin tartalmú táppal etettünk vad típusú és NOX5 enzimhiányos nyulakat. Az etetés előtt és az etetés végén vért vettünk az állatoktól, majd RNS izolálást követően RT-qPCR reakcióban expressziós vizsgálatokat végeztünk. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk az antioxidáns rendszerben a feltételezett oxidatív stressz hatására bekövetkező expressziós változásokat Nox5 knock-out nyulakban, hogy jobban megértsük a NOX5 szerepét az oxidáns-antioxidáns rendszer szabályzásában és a koleszterin által indukált ateroszklerózis kialakulásában.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szív- és érrendszeri betegségek valamin az oxidatív stressz közötti kapcsolat jól ismert jelenség, amely a szervezet redox-rendszerének jelentős változását és a reaktív oxigéngyökök (ROS) túlzott megjelenését eredményezi. A szív- és érrendszeri betegségek világszerte a vezető halálozási okok között szerepelnek, de számos más kórképet is összefüggésbe hoztak a szervezet oxidáns-antioxidáns egyensúlyának felborulásával, mint például a neurodegeneratív betegségeket, a cukorbetegséget és annak szövődményeit, a nefropátiát és daganatos betegségek számos típusát (Betteridge, 2000; Nyitrai mtsai., 2015). Az utóbbi évek kutatásai azonban rávilágítottak arra, hogy a reaktív oxigéngyököknek nem csak patológiás hatásai vannak, hanem jelentős szerepük van számos fiziológiás jelátviteli folyamatban (Bedard és Krause, 2007). A redoxi folyamatok alapvető szerepet játszanak az élő szervezetek homeosztázisának fenntartásában, a biológiailag aktív, gyök típusú vegyületek jelenléte elengedhetetlen (Droge mtsai., 2002). Azokat a molekulákat és molekulatöredékeket, amelyek külső elektronhéjukon egy vagy több párosítatlan elektront vagy antiparalel spinnel rendelkező elektronokat tartalmaznak, szabad gyököknek tekintjük. A peroxidációban olyan vegyületek is fontos szerepet játszanak, amelyek önmagukban nem szabad gyökök, de erős oxidáló hatásuk miatt a biológiai redoxrendszer részei.

Az élő szervezetekben a legfontosabb molekulák a nitrogén-oxidok (NO-, NO₂-, NO₃-) és a reaktív oxigéngyökök (ROS): szuperoxid gyök (O₂-), hidroxil gyök (-OH), peroxil gyök (RO₂-) és alkoxil gyök (RO-) hipoklórsv (HOCl), ózon (O₃), szingulett oxigén és hidrogén-peroxid

(H₂O₂). Az endogén ROS képződésének kulcsenzimeit a NADPH-oxidázok, amelyek fő feladata az elektrontranszport. Jelenleg hét izoformája ismert: NOX1-5 és DOUX1-2 (Bedard és Krause, 2007; Simona-Adriana és mtsai., 2015). A Nox enzimek alapszerkezete hat transzmembrán alfa-hélixből áll, a citoplazmatikus C-terminálison két hem kofaktorcsoporthal, FAD és NADPH kötőhelyekkel, ez az alapszerkezet jellemzi a Nox1-4 homológokat. A Nox5 esetében az N-terminális végén található EF-domén négy Ca²⁺-kötőhelyet tartalmaz, lehetővé téve ezzel a citoszolikus Ca²⁺-szignálon keresztüli aktiválást. (Lambeth mtsai., 2000; Edens mtsai. 2001).

A Nox5 fiziológiás szerepe még nem tökéletesen ismert. Ennek egyik oka, hogy az alap- és transzlációs kutatásokban gyakran használt rágsálómodellek genomjából hiányzik a NOX5 gén, azonban nyulakban az emberhez hasonlóan funkcionálisan jelen van (Rizvi mtsai., 2012; Chen mtsai., 2016). Az emberi szövetek közül a herében, a nyirokcsomókban (feltehetően a T- és B-limfocitákban), valamint a petefészekben, a méhlepényben, a méhben, a hasnyálmirigyben, a csontvelőben és az érrendszeri simaizomzatban expresszálódik (Musset mtsai., 2012; Pandey mtsai., 2012; Gross mtsai., 2006). Mivel az NOX5 az érfal simaizom- és endotélsejtjeiben is expresszálódik, és mivel az oxidatív stressz fontos szerepet játszik az érlemezés kialakulásában, a vizsgálataink fókuszában a Nox5 enzim áll (Schulz és Münzel, 2008). Az oxidatív stresszre adott sejtválaszok a szervezet antioxidáns védelmi rendszer tagjainak expressziós változásai révén is tetten érhetők. Vizsgálatunkban olyan, szakirodalmi adatok alapján releváns géneket vizsgáltunk, melyek a plazmasejtben expresszálódnak, így alkalmasak vérből történő vizsgálatra, ilyen az NRF2 transzkripciós faktor, kataláz (CAT), glutation-peroxidáz (GPX) és a peroxi-redoxin (PRDX) is. A nyúl ideális állatmodellje az ateroszklerózisnak, amely koleszterin gazdag takarmánnyal történő etetéssel előidézhető.

2. Anyag és módszer

Etikai nyilatkozat

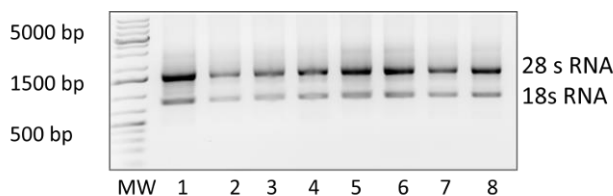
Minden állatot szigorúan az állatok kutatási célú tartásáról és felhasználásáról szóló magyar jogszabályoknak megfelelően kezeltünk, a kísérletet a PE/EA/00741-7/2022 engedélyszámon regisztráltuk. A kísérleti nyulakat a MATE-GBI állatházában tenyésztettük.

Koleszterin etetése

Az állatokat 4 héten keresztül 0,5% m/m% koleszterint tartalmazó táppal etettük. A kísérletben vad típusú (WT) és NOX5-knock out (NOX5-KO) hím, 20 hetes nyulakat használtunk. Az etetés bevezetése 4 napig 50% normál és 50% magas koleszterintartalmú táppal történt, majd 4 héten keresztül csak 120 g/nap magas koleszterintartalmú takarmányt fogyasztottak.

Mintavételezés és RNS-izolálás

Az RNS-izoláláshoz 2 vad típusú és 2 NOX5-KO állatból vért vettünk (Applied Biosystems™ Tempus™ Blood RNA Tube) a kevert takarmánnyal történő etetés előtt (0. nap) és a teljes, koleszterinnel dúsított takarmánnyal történő etetést követő 4. hét végén. Az RNS-izolálást az Applied Biosystems™ Tempus™ Spin RNA Isolation Kit segítségével végeztük a gyártó utasításai szerint. A tisztított mintákat 1%-os agaróz gélen futtattuk RNáz mentes TBE pufferben az RNS minőségének ellenőrzése céljából (1. ábra).



1. ábra: Nyúlvérből izolált 1-8-RNS futtatása 1%-os agaróz gélen

Primerek

A primereket a Primer3 segítségével úgy terveztük meg, hogy azok targetjei exon-exon határon legyenek, ezáltal elkerülhetjük az esetleges genomi DNS-ből származó jeleket. A primerek szekvenciái és tulajdonságai a 2. ábrán láthatók. Houskeeping génként a GAPDH-t alkalmaztuk.

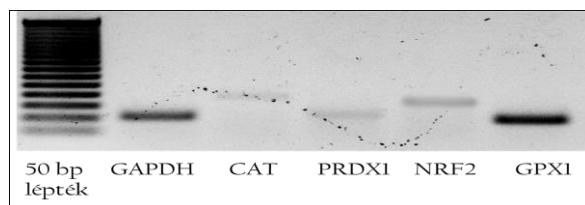
Gén (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)		Forward	Reverse	Méret (bp)	T _m	RNS expresszió humán plazma sejtekben (nTPM)*
GAPDH	Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	AAGGGTCATCATCTCAG-CCC	TGCGTT-GCTGACAATCTTGAG	100	59	2668,2
NRF2	Nuclear factor-erythroid factor 2-related factor 2	GTCATCCCCTAACAT-GCTG	AAGTGGCTGCTCAGA-ATGC	192	60	118,8
PRDX1	Peroxiredoxin 1	GCCCTACGGAGATCATT-GCT	GTGTTGATCCAAG-CCAGGTG	115	60	612,8
GPX1	Glutathione peroxidase 1	AGTTTGGGCATCAG-GAGAACG	GAAGAGCATGAAGTT-GGGCTC	98	60	82,4
CAT	Catalase	ACTCGCGAACCGAAAC-TCTC	AGGACATCGGGTTT-CTGCG	180	60	25,4

*www.proteinatlas.org

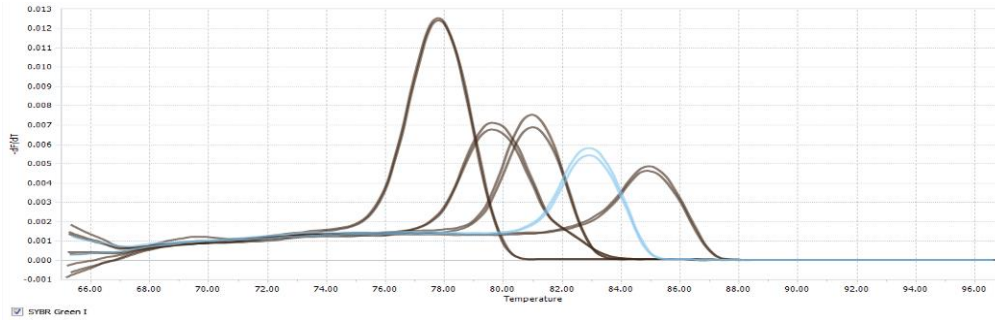
2. ábra: Alkalmazott primerek paraméterei

RT-qPCR reakció

A cDNS-szintézist a tisztított RNS-ből végeztük reverz transzkripcióval a gyártó utasításai szerint (PCRBiosystems qPCRBIO cDNS Synthesis Kit). A primereket hagyományos RT-PCR reakcióban teszteltük egy vad típusú állat 50 ng cDNS-mintájával (3. ábra). A qPCR-reakciókhoz Applied Biosystems™ Power SYBR™ Green PCR Master Mixet használtunk, és a vizsgálatot Roche-LightCycler® 96 QPCR-gépen végeztük. A fő kritérium a specificitás volt, amit az olvadási görbék is megerősítettek (4. ábra). A méréseket három technikai ismétléssel végeztük és a kiértékeléshez $\Delta\Delta C_t$ analízist használtuk.



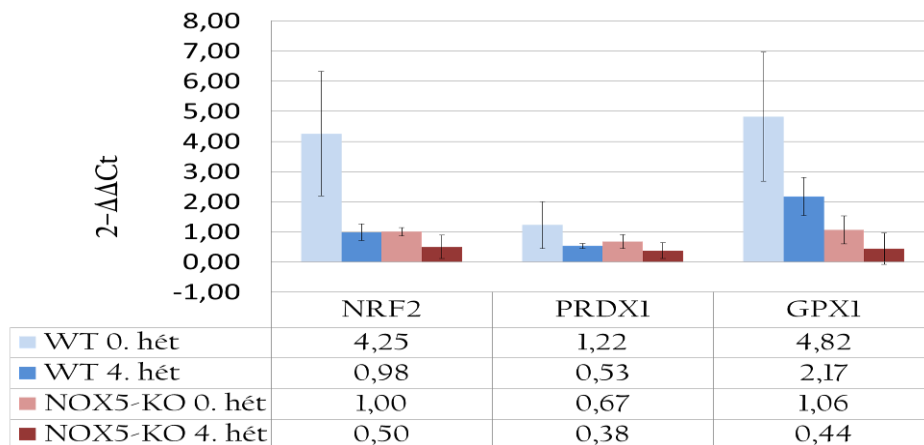
3. ábra: Primerek ellenőrzése hagyományos PCR reakcióban



4. ábra: Az alkalmazott primerek olvadási görbéinek ábrája qPCR reakció során 3.

3. Eredmények és értékelésük

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a qPCR-reakciók optimálisak a génextpressziós változások nyomon követésére. A tervezett primerek specifikusak a célgénekre, és az azonos minták közötti standard eltérés (nincs ábra) is jó reakciókörülményeket feltételez. A vizsgálatot előzetes kísérletként végeztük, és célunk az volt, hogy megnézzük, van-e hatása a 4 hetes takarmányozási időszaknak az antioxidáns rendszer egyes elemeinek működésére. Mind a négy vizsgált gén esetében különbségeket találtunk a takarmányozási időszak kezdeti és végső időszaka között, ami arra utal, hogy a megnövekedett koleszterin bevitel effektív hatással lehet a szervezet antioxidáns rendszerére (5. ábra).

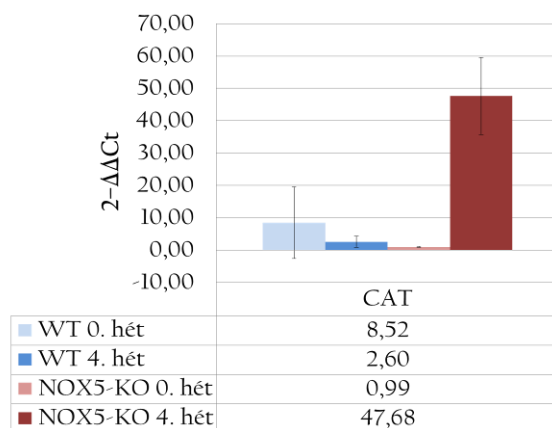


5. ábra: Relatív génextpressziós változások követése NRF2, PRDX1 és GPX1 gének esetében 4 hetes etetési periódus alatt, 0,5%-os koleszterin tartalmú táppal etetve vad típusú (WT) és NOX5 enzimhiányos (NOX5-KO) nyulak esetében

Az NRF2 transzkripciós faktor az antioxidáns védekező rendszer tekintetében regulátorként vesz részt további antioxidáns mechanizmusok szabályzásában (Ma, 2013) Ennek tükrében az NRF2 expressziójában létrejövő változás egy sor további gén (pl. Keap1,2) működésének változását okozza, amely az antioxidáns védelmi rendszer aktivitásának fokozódását vagy éppen ellenkezőleg akár inaktiválódását is okozhatja. A glutation-peroxidáz (GPX) enzim központi tagja az antioxidáns rendszernek, ugyanis glutation (GSH) felhasználásával katalizálja a hidrogén-peroxid redukcióját. (Zhang L és mtsai. 2018). A glutation oxidált formájának (GSSG) és redukált formájának (GSH) aránya a szervezet oxidatív stresszének dinamikus mutatója (Jones, 2002). A kataláz (CAT) enzim az elsőként azonosított antioxidáns enzim volt. Feladata a hidrogén-peroxid vízzé és oxigénné történő átalakításának katalizálása (Kurutas, 2015). A peroxidoxin (PRDX) más útvonalon ugyan, de szintén a hidrogén-peroxid, a szerves peroxidok

és a peroxinitrit gyors semlegesítésével szolgálja az aztioxidáns védekezést (*Perkins és mtsai, 2015*), továbbá a PRDX befolyásolja a proliferációt, az angiogenezist, valamint az apoptózist is (*Perkins, Poole és Karpus, 2014*).

A genotípusok között is találtunk eltéréseket. A legjelentősebb különbség a kataláz enzim esetében volt, ahol a Nox5-knock out állatokban az etetéstkövetően megnőtt az expresszió (6. ábra). A kataláz minden aerob szervezetben megtalálható enzim, aktivitása nyomán a hidrogénperoxid vízzé és oxigénné alakul, ezzel hátrítva el annak patológiás hatásait. Az alacsony egyedszámok miatt statisztikailag nem támaszthatóak alá az eltérések, de trendszerű változás megfigyelhető.



6. ábra: Relatív génextpressziós változások a kataláz (CAT) gén esetében, 4 hét különbséggel vizsgálva koleszterinnel táplált vad típusú (WT) és NOX5 enzimhiányos (NOX5-KO) nyulakban

4. Következtetések, javaslatok

A vizsgálatok során trendszerű elmozdulás figyelhető meg már 4 hetes etetési periódust követően is, így feltételezhetjük, hogy a megnövekedett koleszterinbevitel effektív hatással van egyes gyulladásfaktorok és az antioxidáns rendszer bizonyos elemeinek regulációjára.

A fentieket figyelembe véve úgy gondoljuk, érdemes a vizsgálatot pontos statisztikai elemzés céljából nagyobb elemszámmal megismételni. Továbbá érdemes az etetési periódust növelni, így krónikus hiperkoleszterinémiában is vizsgálható az antioxidáns rendszer. A jelenlegi kísérletben kizárólag olyan génekre koncentráltunk, melyek plazmasejtekben expresszálnak, így vérből is elvégezhető a vizsgálat. Érdemes azonban kiterjeszteni a kísérletet olyan szövetek vizsgálatára, amelyekben igen aktív oxidatív folyamatok zajlanak, például májban, mely egyben a zsírsanyagcsere kulcsfontosságú szerve is. Mindezeket túl vér-biokémiai, melondialdehid szint, glutation, glutation-peroxidáz- és peroxiredoxi enzimaktivitás vizsgálatával egészítenénk ki a méréseinket, így komplexebb képet kapva a teljes folyamatról.

5. Felhasznált irodalom

- Bedard K and Krause KH. (2007). The NOX family of ROS-generating NADPH oxidases: physiology and pathophysiology, *Physiol. Rev.*, 87: 245–313.
- Betteridge DJ. (2000). What is oxidative stress? *Metabolism*. 2000 Feb;49(2 Suppl 1):3-8.
- Chen F., Yin C., Dimitropoulou C., Fulton DJ. (2016). Cloning, Characteristics, and Functional Analysis of Rabbit NADPH Oxidase 5. *Front Physiol*. 19;7:284.
- Droge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews* 82, 47–95.

- Edens WA, Sharling L, Cheng G, Shapira R, Kinkade JM, Lee T, Edens HA, Tang X, Sullards C, Flaherty DB, Benian GM, and Lambeth JD. (2001). Tyrosine crosslinking of extracellular matrix is catalyzed by Duox, a multidomain oxidase/oxidoreductase with homology to the phagocyte oxidase subunit gp91phox, *J. Cell. Biol.*, 154: 879–892.
- Gross E, Sevier CS, Heldman N, Vitu E, Bentzur M, Kaiser CA, Thorpe C, Fass D. (2006). Generating disulfides enzymatically: reaction products and electron acceptors of the endoplasmic reticulum thiol oxidase Ero1p. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 103:299–304.
- Jones, D. P. (2002). [11] Redox potential of GSH/GSSG couple: assay and biological significance. In *Methods in enzymology* (Vol. 348, pp. 93–112). Academic Press.
- Kurutas, E. B. (2015). The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutrition journal*, 15(1), 1–22.
- Lambeth JD, Cheng G, Arnold RS, and Edens WA. (2000). Novel homologs of gp91phox, *TIBS*, 25: 459-461.
- Ma Q. Role of nrf2 in oxidative stress and toxicity. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 2013;53:401-26. doi: 10.1146/annurev-pharmtox-011112-140320. PMID: 23294312; PMCID: PMC4680839.
- Musset B, Clark RA, DeCoursey TE, Petheo GL, Geiszt M, Chen Y, Cornell JE, Eddy CA, Brzyski RG, El Jamali A. (2012). NOX5 in human spermatozoa: expression, function, and regulation. *J Biol Chem.* 2012 Mar 16;287(12):9376-88.
- Nyitrai M., Balla G., Balla J. (2015). Oxidative stress: one of the major causes of vascular calcification in chronic kidney disease patients. *Orv Hetil.* 2015 Nov 22;156(47):1926-31.
- Pandey D., Patel A., Patel V., Chen F., Qian J., Wang Y., Scott A. Barman, RC. Venema, David W. Stepp, R. Rudic D., Fulton DJR (2012). Expression and functional significance of NADPH oxidase 5 (Nox5) and its splice variants in human blood vessels. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 15; 302(10): H1919–H1928.
- Perkins, A., Nelson, K. J., Parsonage, D., Poole, L. B., & Karplus, P. A. (2015). Peroxiredoxins: guardians against oxidative stress and modulators of peroxide signaling. *Trends in biochemical sciences*, 40(8), 435-445.
- Perkins, A., Poole, L. B., & Karplus, P. A. (2014). Tuning of peroxiredoxin catalysis for various physiological roles. *Biochemistry*, 53(49), 7693–7705.
- Rizvi F., Heimann T., O'Brien WJ., (2012). Expression of NADPH oxidase (NOX) 5 in rabbit corneal stromal cells. *PLoS One.* 2012; 7(4): e34440.
- Schulz E., Münzel T. (2008). NOX5, a new "radical" player in human atherosclerosis? *J Am Coll Cardiol.* 25;52(22):1810-2.
- Simona-Adriana Manea, Alina Constantin, Gina Manda, Shlomo Sasson, Adrian Manea (2015). Regulation of Nox enzymes expression in vascular pathophysiology: Focusing on transcription factors and epigenetic mechanism. *Redox Biology* 5, 358–366.
- Zhang, L., Wu, M., Yu, D., Teng, Y., Wei, T., Chen, C., & Song, W. (2018). Identification of glutathione peroxidase (GPX) gene family in *rhodiola crenulata* and gene expression analysis under stress conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(11), 3329.

A mikrobiom kutatásokban használt HTS módszerek rövid bemutatása

Farkas Valéria

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

Farkas.Valeria@uni-mate.hu

Összefoglalás

A nagy áteresztőképességű szekvenálás (High-throughput Sequencing - HTS) előrehaladása az elmúlt években elősegítette a mikrobiomkutatások gyors fejlődését. A mikrobiomelemző módszerek fejlődésével ugyanakkor hatalmas mikrobiom-adatkészletek jönnek létre. A szoftvereszközök sokfélesége és az elemzési folyamatok összetettsége azonban megnehezítheti e tudományterület eredményeinek az értelmezését. Itt a szerző összefoglalja a mikrobiom elemző HTS módszerek előnyeit és korlátait. Továbbá bemutatja a mikrobiom elemzésére alkalmas statisztikai és vizualizációs módszereket, beleértve az alfa- és béta-diverzitást, a taxonómiai összetételt, a különbségek összehasonlítását, a korrelációt és a hálózatok elemzését.

1. Bevezetés

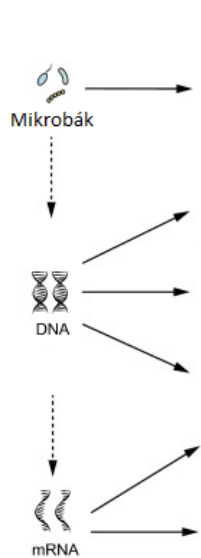
A mikrobiom egy teljes mikroélelőhelyet jelent, beleértve annak mikroorganizmusait, genomjait és a környező környezetet (*Marchesi és Ravel, 2015*). Az elmúlt években a nagy áteresztőképességű szekvenálás (HTS) technológiai és az adatelemzési módszereinek fejlődésével a mikrobiom szerepe az emberben, az állatokban, a növényekben és a környezeti mintákban egyre világosabbá váltak. A kutatások eredményei teljesen megváltoztatták a mikrobiomról alkotott elképzelésünket. Számos ország indított sikeres nemzetközi mikrobiom projekteket. Ezek a projektek figyelemre méltó eredményeket értek el, amelyek a mikrobiomkutatást egy “aranykorszakba sodorták” (*Liu és mtsai, 2021*).

Az amplikon és metagenomikus elemzés kerete az elmúlt évtizedben alakult ki (*Caporaso és mtsai, 2010; Boleyn és mtsai, 2019*). A mikrobiomelemző módszerek és szabványok gyorsan fejlődtek az elmúlt néhány évben. Például javaslat született a témával foglalkozó publikációkban oly gyakran használt (markergén alapú amplikon adatelemzés során keletkező) operatív taxonómiai egységek (OTU-k) amplikonszekvencia-variánsokkal (ASV) való helyettesítésére (*Callahan és mtsai, 2016*). Egyes kutatók új módszereket javasolnak a taxonómiai osztályozásra, pl. összehasonlító elemzések (benchmarking), gépi tanulás (deep learning) és multi-omics integrált elemzések (comp. framework) használatát.

Ezek az új fejlesztések azonban kihívást jelentenek a kutatók számára, különösen a bioinformatikai háttérrel nem rendelkező kutatók számára a megfelelő szoftverek és munkafolyamatok kiválasztásában. Ebben az áttekintésben a mikrobiom elemző HTS módszerek előnyeit és korlátait összegzésén túl, továbbá bemutatásra kerülnek a mikrobiom elemzésére alkalmas főbb statisztikai és vizualizációs módszerek, megemlítve néhány elemzéshez széles körben használt szoftvercsomagot.

2. A mikrobiomelemzés HTS módszerei

A mikrobiomkutatás első lépése az egyes HTS-módszerek előnyeinek és korlátainak megértése. Ezeket a módszereket elsősorban háromféle elemzéshez használják: mikroba-, DNS- és mRNS-szintű elemzésekhez. A megfelelő módszer(eke)t a mintatípusok és a kutatási célok alapján kell kiválasztani (1. ábra).



Módszer/analízis	Előnyök	Korlátok
Kulturomika (mikrobiológiai)	<ul style="list-style-type: none"> Nagy áteresztőképességű Célzott kiválasztás lehetséges Mikroba izolátumokat biztosít 	<ul style="list-style-type: none"> Drága Munkaigényes A környezet nagyban befolyásolja
Amplikon (16S/18S/ITS)	<ul style="list-style-type: none"> Gyors elemzés Alacsony biomaszai igény Gazda DNS-sel szennyezett mintákra is alkalmazható 	<ul style="list-style-type: none"> PCR és primer torzítások A felbontás a nemzetség szintjére korlátozódik Hamis pozitív alacsony biomaszájú mintákban
Metagenom	<ul style="list-style-type: none"> Taxonómiai felbontás a faj vagy törzs szintjén Funkcionális potenciál Nem tenyésztett mikrobiális genom 	<ul style="list-style-type: none"> Drága Időigényes az elemzés Gazda eredetű szennyeződés
Virom	<ul style="list-style-type: none"> Azonosítani tudja az RNS- és a DNS vírusokat Gyors diagnózis 	<ul style="list-style-type: none"> Legdrágább Nehéz elemezni „Súlyos” gazda eredetű szennyeződés
Metatranszkriptom	<ul style="list-style-type: none"> Képes azonosítani az élő mikrobákat Ki tudja értékelni a mikrobiális aktivitást Átírat szintű válaszok 	<ul style="list-style-type: none"> Komplex mintagyűjtés és elemzés Drága és bonyolult a szekvenálása Gazda mRNS és rRNS szennyeződések

1. ábra: A mikrobiomkutatásban használt HTS módszerek előnyei és korlátai

A mikrobiális kulturomika egy nagy áteresztőképességű módszer a mikrobák tenyésztésére és mikrobaszintű azonosítására. A folyamat során először a mikrobaizolátumokat homogenizálják, „összetörlik”, folyékony közegben empirikusan hígítják, és 96 lyukú mikrotiterlemezekre vagy petri-csészékre szétosztják. A lemezeket ezután 20 napig szobahőmérsékleten tenyésztik. A tiszta, nem redundáns telepeket tartalmazó lyukakat ezután kijelölik és az egyes üregekben lévő mikrobákat amplikon szekvenálásnak vetik alá. Ezt követően a jelölteket megtisztítják és 16S rDNS teljes hosszúságú Sanger szekvenálásnak vetik alá. Végül az újonnan jellemzett tiszta izolátumok megmaradnak (Liu és mtsai, 2021). A kulturomika a leghatékonyabb módszer a baktériumállományok azonosítására, de költséges és munkaigényes folyamat. Ezek a vizsgálatok nemcsak a metagenomikai elemzésekhez szükséges taxonómiai és funkcionális adatbázisok katalógusát bővítették és bővítik ki, hanem baktériumállományokat is biztosítanak a kísérleti ellenőrzéshez.

A mikrobiom általánosan használt HTS módszerei az amplikon és a metagenomikus szekvenálás. Az amplikon szekvenálás, a mikrobiomanalízis legszélesebb körben használt HTS módszere, szinte minden mintatípusra alkalmazható. Az amplikonok szekvenálásában használt fő markergének közé tartozik a 16S riboszómális DNS (rDNS) a prokarióták, valamint a 18S rDNS és a belső átíródó elválasztó -szakasz (ITS) az eukarióták (utóbbi a gombák) esetében. A 16S rDNS amplikon szekvenálás a leggyakrabban használt módszer. A mintaszekvenálást gyakran végzik az Illumina MiSeq, HiSeq 2500 vagy NovaSeq 6000 platformon, páros végű módban. Az amplikon szekvenálás alkalmazható alacsony biomaszájú vagy gazda DNS-sel

szennyezett mintákon. Ez a technika azonban csak nemzetségi szintű felbontást ér el. Ezenkívül érzékeny a specifikus primerekre és a választott PCR-ciklusok számára, ami álpozitív vagy álnegatív eredményekhez vezethet a downstream elemzésekben.

A metagenom szekvenálás több információt nyújt, mint az amplikon szekvenálás, de ennél a technikánál drágább és a kimeneti adatok bioinformatikai elemzése sokkal nehezebb. Egy darab „tisztá” minta (pl. az emberi széklet esetében) szekvenálási adat mennyisége kb. 6 és 9 gigabájt (GB) között van. Komplex mikrobiotát tartalmazó vagy gazdaeredetű DNS-sel szennyezett minták esetében a szekvenálási adat kimenet mintánként 30-300 GB (*Xu és mtsai, 2018*) is lehet. Ha nagyobb taxonómiai felbontásra és funkcionális információkra van szükség, a metagenomikus szekvenálást tanácsos választanunk.

A metatranszkriptomikus szekvenálás képes profilozni az mRNS-eket egy mikrobiális közösségben, számszerűsíteni a génexpressziós szinteket, és pillanatképet mutatni egy mikrobiális közösség *in situ* funkcionalitásáról (*Salazar és mtsai, 2019*). Érdeemes megjegyezni, hogy ennél a módszernél is bonyolultabb bioinformatikai elemzésekre van szükség, hiszen a gazdaszervezet RNS-ét és más rRNS-eket el kell távolítani a mikrobiota transzkripciós információinak megszerzése érdekében.

Mivel a vírusok genetikai anyaga DNS vagy RNS, technikailag a metaviromkutatás a metagenom és a metatranszkriptom elemzések kombinációját foglalja magában. A mintában lévő vírusok alacsony biomasszája miatt a vírus dúsítása (*Metsky és mtsai, 2019*) vagy a gazda DNS eltávolítása (*Charalampous és mtsai, 2019*) elengedhetetlen lépés ahhoz, hogy elegendő mennyiségű vírus DNS-t vagy RNS-t nyerjünk az elemzéshez.

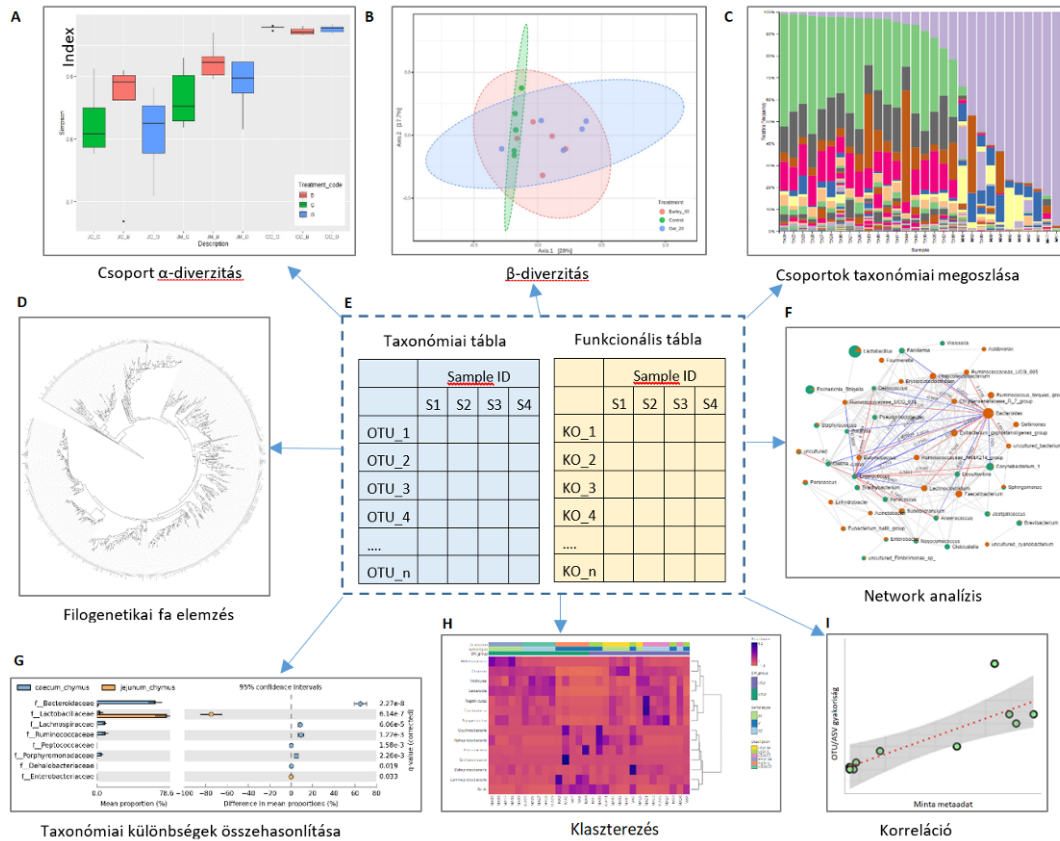
A szekvenálási módszerek kiválasztása a tudományos kérdésektől és a mintatípusoktól függ. Célszerű a különböző módszerek integrálása. A gyakorlatban a legtöbb kutató az idő- és költségkorlátok miatt csak egy-két HTS-módszert választ ki elemzésre. Bár az amplikonok szekvenálása csak a mikrobiota taxonómiai összetételét tudja megadni, költségghatékony (mintánként, kb. nettó 25-30.000 Ft), és nagyszabású kutatásokban is alkalmazható. Ráadásul az amplikon szekvenálásból előállított adatmennyiség viszonylag kicsi, az elemzés gyorsan és egyszerűen elvégezhető. Például 100 amplikon minta adatelemzése néhány napon belül elvégezhető egy közönséges laptop számítógép használatával. Az amplikon szekvenálástól eltérően a metagenomikus szekvenálás nemcsak a taxonómiai felbontást terjeszti ki a faj- vagy törzsszintre (típustörzs - type strain), hanem potenciális funkcionális információkat is szolgáltat. A metagenomikus szekvenálás lehetővé teszi a mikrobiális genomok összeállítását is rövid leolvasásokból, azonban nem teljesít jól az alacsony biomasszájú vagy a gazda genomja által súlyosan szennyezett mintáknál. Ez a módszer drágának mondható, egy minta szekvenálása nettó 40-60.000 Ft között mozog. A shotgun metagenomikus szekvenálás betekintést nyújthat a mikrobiális közösség struktúrájába, de nehéz jó minőségű genomot visszanyerni.

Napjainkban az egysejtű genomszekvenálás nagyon ígéretes a mikrobiomkutatásban (*Xu és Zhao, 2018*). Az áramlási citometria és az egysejtű szekvenálás alapján a MetaSort kiváló minőségű genomokat tud kinyerni a szétválogatott szubmetagenomokból (*Ji és mtsai, 2017*). A közelmúltban kifejlesztett harmadik generációs szekvenálási technikákat, beleértve a Pacific Biosciences (PacBio) egymolekulás valós idejű szekvenálást és az Oxford Nanopore Technologies szekvenálási platformot (*Stewart és mtsai, 2019; Moss és mtsai, 2020*) szintén ígéretesek a metagenomelemzéshez.

3. Statisztikai elemzés és vizualizáció

Az amplikon és a metagenomikus elemzési folyamat legfontosabb kimeneti fájljai a taxonómiai és funkcionális táblák (2. ábra, E). A tudományos kérdések, amelyekre a kutatók a technikák segítségével választ tudnak adni, a következők: Mely mikrobák vannak jelen a mikrobiotában?

A különböző kísérleti csoportok mutatnak-e szignifikáns különbségeket az alfa- és béta-diverzitásban? Mely fajok, gének vagy funkcionális útvonalak biomarkerek az egyes csoportokban? E kérdések megválaszolásához általános és részletstatisztikai elemzésekre és vizualizációs módszerekre van szükség.



2. ábra: A jellemző táblázatok statisztikai és vizualizációs módszereinek áttekintése

A mikrobiom jellemző tábláinak downstream elemzése, beleértve az alfa/béta-diverzitást (A/B), a taxonómiai összetételt (C), a filogenetikai fa elemzést (D), a hálózatelemzést (F), és taxonómiai összetétel különbségeinek összehasonlítását (G), az klaszterezést (G) és a korrelációs elemzést (E).

Az alfa-diverzitás értékeli a mintán belüli diverzitást, beleértve a gazdagság és az egyenletesség mérését. Számos szoftvercsomag használható az alfa-diverzitás kiszámítására, beleértve a QIIME-t, a vegan R-csomagot (Oksanen és mtsai, 2007) és a USEARCH-t. Az egyes csoportok mintáinak alfa-diverzitási értékeit vizuálisan össze lehetett hasonlítani boxplotok segítségével (2. ábra, A). Az alfa-diverzitásbeli különbségek a csoportok között kiértékelhetők Varianciaanalízis (ANOVA), Mann-Whitney U teszt vagy Kruskal-Wallis teszt segítségével.

A béta-diverzitás értékeli a minták/mintacsoportok közötti mikrobiom különbségeit, és általában olyan dimenziócsökkentési módszerekkel kombinálják, mint a főkoordináta-analízis (PCoA), a nem metrikus többdimenziós skálázás (NMDS) vagy a korlátozott főkoordináta-analízis (CPCoA; 2. ábra, B). Ezeket az elemzéseket az R vegan csomagban is el lehet végezni. A béta-diverzitási indexek közötti statisztikai különbségek megállapítására többnyire permutációs többváltozós varianciaanalízist (PERMANOVA) alkalmaznak a kutatók.

A taxonómiai összetétel a mikrobiális közösségben jelenlévő mikrobiotát írja le, amelyet gyakran halmozott oszlopdiagram segítségével jelenítenek meg (2. ábra, C). Az egyszerűség kedvéért a mikrobiota gyakran törzs (phylum) vagy nemzetség (genus) szintjén jelenik meg.

A különbség-összehasonlítást a csoportok közötti szignifikánsan eltérő abundanciával rendelkező jellemzők (például nemzetségek, gének vagy útvonalak) azonosítására használják Welch-teszt, Mann-Whitney U-teszt, Kruskal-Wallis teszt vagy olyan eszközök segítségével, mint az DeSeq2, edgeR (Robinson és mtsai, 2010) vagy LEfSe (Segata és mtsai, 2011; 2. ábra, G). Fontos megjegyezni, hogy ha többszörös összehasonlítást végzünk az ilyen típusú elemzések, hajlamosak téves pozitív eredményeket produkálni, ezért a hamis felfedezési arány (False Discovery Rate - FDR) kiküszöbölésére mindenképpen fontos korrekciót végezni.

A taxonok és a minta metaadatai közötti összefüggések feltárására korrelációs elemzést alkalmazhatunk (2. ábra, I). Például, hogy azonosítsák a taxonok és a környezeti tényezők, például a testtömeg, pH, hosszúsági és szélességi fokok, valamint klinikai mutatók közötti összefüggéseket, vagy azonosítsák azokat a kulcsfontosságú környezeti tényezőket, amelyek egy idősorban befolyásolják a mikrobiotát és a dinamikus taxonokat (Edwards és mtsai, 2018).

A hálózatelemzés holisztikus szemszögből tárja fel a jellemzők együttes előfordulását (2. ábra, F). A korrelációs hálózat tulajdonságai potenciális kölcsönhatásokat jelenthetnek az együtt előforduló taxonok vagy funkcionális útvonalak között. A hálózatok az R (Csardi és Nepusz, 2006), a Cytoscape (Saito és mtsai, 2012) vagy a Gephi (Bastian és mtsai, 2009) segítségével is megjeleníthetők és elemezhetők.

A klaszterezési hő térkép az adatkészleten belüli egyedi értékek nagyságát színként ábrázolja (2. ábra, H). A színváltoztatás (színárnyalat vagy intenzitás szerint) jelzi a nagy mennyiségben előforduló jellemzők relatív mintázatait szemben azokkal, amelyek ritkák vagy hiányoznak.

A fáterképet széles körben használják filogenetikai faépítésre, valamint a mikrobiom taxonómiai annotációjára és megjelenítésére (2. ábra, D). Filogenetikai fák elemzéséhez, „felépítéséhez” használhatjuk az IQ-TREE (Nguyen és mtsai, 2014) vagy az iTOL (Letunic és Bork, 2019) online vizualizációs eszközöket. A GraPhlAn (Asnicar és mtsai, 2015) használatával a hierarchikus taxonómia kladogramban is megjelenítéséhez.

4. Következtetés

Érdemes megjegyezni, hogy a kísérleti műveletek sokkal nagyobb hatást gyakorolnak egy tanulmány eredményeire, mint az elemzésre kiválasztott munkafolyamat (Sinha és mtsai, 2017). Jobb a részletes kísérleti folyamatokat metaadatként rögzíteni, amely magában foglalja pl. a mintavételi módszert, az időt, a helyet, a DNS-kivonási készletet, a primereket és a vonalkódokat, adaptereket stb. A metaadatok felhasználhatók downstream elemzésekhez, és segíthetik a kutatókat annak meghatározásában, hogy ezek a különbségek hozzájárulnak-e a hamis pozitív eredményekhez (Costea és mtsai, 2017).

Az áttekintésben bemutatott mikrobiom elemző módszerek jövőbeni továbbfejlesztése napjainkban is tart, melyekkel átfogóbb képet kaphatunk a mikrobiomról.

5. Felhasznált irodalom

- Asnicar F., Weingart G., Tickle T. L., Huttenhower C., Segata N. (2015). Compact graphical representation of phylogenetic data and metadata with GraPhlAn. PeerJ 3: e1029.
- Bastian M., Heymann. S, and Jacomy M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. In: Third international AAAI conference on weblogs and social media.
- Bolyen E., Rideout J. R., Dillon M. R., Bokulich N. A., Abnet C.C., Al-Ghalith G. A., Alexander H., Alm E. J., Arumugam M., Asnicar F. et. al. (2019). Reproducible - interactive - scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. Nat Biotechnol 37:852–857.

- Callahan B.J., McMurdie P.J., Rosen M.J., Han A. W., Johnson A. J. A., Holmes. SP. (2016). DADA2: high-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat Methods* 13:581–583.
- Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Peña A.G., Goodrich J. K., Gordon J. I. et. al. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat Methods* 7:335–336.
- Charalampous T., Kay G. L., Richardson H., Aydin A., Baldan R., Jeanes C., Rae D., Grundy S., Turner D.J., Wain J. et. al. (2019). Nanopore metagenomics enables rapid clinical diagnosis of bacterial lower respiratory infection. *Nat Biotechnol* 37:783–792.
- Costea P.I., Zeller G., Sunagawa S., Pelletier E., Alberti A., Levenez F., Tramontano M., Driessen M., Hercog R., Jung F-E. et. al. (2017). Towards standards for human fecal sample processing in metagenomic studies. *Nat Biotechnol* 35:1069–1076.
- Csardi G., Nepusz T. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJ Complex Syst* 1695:1–9.
- Edwards J. A., Santos-Medellín C.M., Liechty Z. S., Nguyen B., Lurie E., Eason S., Phillips G., Sundaresan V. (2018). Compositional shifts in root-associated bacterial and archaeal microbiota track the plant life cycle in field-grown rice. *PLoS Biol* 16: e2003862.
- Ji P., Zhang Y., Wang J., Zhao F. (2017). MetaSort untangles metagenome assembly by reducing microbial community complexity. *Nat Commun* 8:14306.
- Letunic I., Bork P. (2019). Interactive tree of life (iTOL): v4: recent updates and new developments. *Nucleic Acids Res* 47: W256–W259.
- Liu – Y.X., Qin, Y., Chen, T. et al. (2021). A practical guide to amplicon and metagenomic analysis of microbiome data. *Protein Cell* 12 - 315–330.
- Love M.I., Huber W., Anders S. (2014). “Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2.” *Genome Biology* - 15–550.
- Marchesi J. R., Ravel J. (2015). The vocabulary of microbiome research: a proposal. *Microbiome* 3:31.
- Metsky H. C., Siddle K. J., Gladden-Young A., Qu J., Yang D.K., Brehio P., Goldfarb A., Piantadosi A., Wohl S., Carter A. et. al. (2019): Capturing sequence diversity in metagenomes with comprehensive and scalable probe design. *Nat Biotechnol* 37:160–168.
- Moss E. L., Maghini D.G., and Bhatt A. S. (2020). Complete - closed bacterial genomes from microbiomes using nanopore sequencing. *Nat Biotechnol*.
- Nguyen L-T., Schmidt H. A., von Haeseler A., Minh B.Q. (2014). IQ-TREE: a fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Mol Biol Evol* 32:268–274.
- Oksanen J., Kindt R., Legendre P., O’Hara B., Stevens M.H. H., Oksanen M.J., Suggests M. (2007). The vegan package. *Commun Ecol Pack* 10:631–637.
- Robinson M.D., McCarthy D.J., Smyth G. K. (2010). edgeR: a bioconductor package for differential expression analysis of digital gene expression data. *Bioinformatics* 26:139–140.
- Saito R., Smoot M.E., Ono K., Ruscheinski J., Wang P-L., Lotia S., Pico A. R., Bader G. D., Ideker T. (2012). A travel guide to cytoscape plugins. *Nat Methods* 9:1069–1076.
- Salazar G., Paoli L., Alberti A., Huerta-Cepas J., Ruscheweyh H. J., Cuenca M., Field C.M., Coelho L.P., Cruaud C., Engelen S. et. al. (2019). Gene expression changes and community turnover differentially shape the global ocean metatranscriptome. *Cell* 179:1068–1083.e1021.
- Segata N., Izard J., Waldron L., Gevers D., Miropolsky L., Garrett W. S., Huttenhower C. (2011). Metagenomic biomarker discovery and explanation. *Genome Biol* 12: R60.
- Sinha R., Abu-Ali G., Vogtmann E., Fodor A. A., Ren B., Amir A., Schwager E., Crabtree J., Ma S., Abnet C.C. et. al. (2017). Assessment of variation in microbial community amplicon sequencing by the microbiome quality control (MBQC): project consortium. *Nat Biotechnol* 35:1077–1086.
- Stewart R.D., Auffret M.D., Warr A., Walker A. W., Roche R., Watson M. (2019). Compendium of 4 -941 rumen metagenome-assembled genomes for rumen microbiome biology and enzyme discovery. *Nat Biotechnol* 37:953–961.
- Xu Y., Zhao F. (2018). Single-cell metagenomics: challenges and applications. *Protein Cell* 9:501–510.

5. Crop production (English language)

Investigation of the effects of tillage system and nutrient supply on the quality of winter barley (*Hordeum Vulgare L.*)

Amare Assefa Bogale – Péter Mikó – István Balla – Attila Percze

*Institute of Crop Production, Hungarian University of Agriculture and life Sciences,
Gödöllő, Hungary*

bogale.amare.assefa@phd.uni-mate.hu

Abstract

The research is conducting in Godollo crop production research site, 2 kilometer far from the university in 2022/2023 cropping season. The general objective of the present study is to investigate the effects of soil tillage systems and nutrient supply on the quality of winter barley and the specific objectives are: to determine the effect of soil tillage system on soil carbon sequestration, to identify the effect of soil tillage system and nutrient supply on some physiological and grain qualities of winter barley, to examine the effect of different nutrients and soil tillage systems on the grain nutrient contents of winter barley, to see the interaction effect of nutrients and tillage systems on soil carbon sequestration and barley crop quality and to differentiate nutrient use efficiency of winter barley crop with different soil tillage system. The treatments are consisting of two soil tillage system (i.e., plowing and cultivator) and four nutrients type (Control; Bio Gabona complex; a combination of (Mn, Mg, Zn and S) and Bio Alga). A total of 8 treatment x 3 replication, 24 plots were considered. The experiment was laid out in split plot design under a randomization complete block design arrangement procedure, replicated three times per treatments. The total number of plots in the experiment were 24 (8 × 3), The plot size of each treatment is 5m x 6.2 m (31) m². The barley crop was planted at the seeding rate of 125 kg seeds ha⁻¹ base. The recommended nitrogen and phosphorus fertilizer was applied equally for all treatments. A wide range of plant-based parameters will be determined with an emphasis on Agronomic and physiological parameters (i.e., plant height, effective tiller number, chlorophyll content, leaf area index, 1000 grain weight, and grain yield); Grain nutritional compounds (i.e., protein, vitamin β-glucan, starch content, oil content, Ash content, Grain moisture content); Grain nutrient contents (i.e., N, Zn, S, Mn, Fe, B, Mo, Cu, MG and others); Soil carbon sequestration and other soil physico-chemical properties of soil will be determined.

1. Introduction

Agriculture is the back bone of international economy as it supports different crop and animal products (*Mulualem and Bekeko, 2014; Amare et al., 2021*). Globally cereal crops afford over 50% of the total crop production, their seeds being an important source for human and animal feed and for the industry as well (*Liliana, et al., 2020*). Among those, winter Barley (*Hordeum vulgare L.*) is one of the most important cereal crops and ranked the fourth largest cereal crop in the world (*Haas et al., 2019; Giraldo et al, 2019; Geng et al., 2022*) and it is also an interested crop by farmers because of its ability to acclimatize to harsh environmental conditions and also give maximum and economically efficient yields (*Liliana et al., 2020*). Barley is a reliable source of food as it is produced during the main and short rainy seasons as well as under remaining moisture (*Grando and Macpherson, 2002*). It is primarily important for food, beer production and feeding. The grains of Barley are reach in nutritional fiber (such as β-glucan) and tocopherols, which are very important for the health of human such as protection against circulatory disease, hypertension, and diabetes. Due to these reasons barley has been broadly recognized to have great potential as a healthy or functional food (*Geng et al., 2022*).

Regardless of the huge importance and cultivated broadly worldwide; the crop production, productivity and qualities are different and limited time to time due to different factors.

According to *Darby et al.*, (2011) the variation of yield and quality can occur because of variations in crop genetics, soil, weather and other growing conditions. In addition to these, there are so many agronomic factors that affect both the quality and production of the crop. For instance, nutrient supply (the type of nutrient, amount of nutrient and proper application of nutrient), tillage systems, disease, drought and other agronomic management practices are the main listed problems. Among the aforementioned problems soil tillage system and nutrient supplies are need great emphasis to improve the quality of winter barley in particular and production in general. Because Soil is one of the most important natural resources and medium for plant growth. It is a major source of nutrients needed by plants for growth. Without suitable soil tillage system and adequate and suitable type of nutrient supply based on soil analysis index, we cannot expect the required quality as well as quantity of the crops in general winter barley in particular. Consequently, from this point of view, tillage is one of the critical components of agricultural systems and agricultural practice which is commonly working internationally in croplands to reduce climatic and soil restrictions even though also sustaining several ecosystem services (*Siddhartha et al.*, 2022). It can affect a divers of soil-mediated processes like soil carbon sequestration (SCS) or depletion, water pollution and greenhouse gas (CO₂, CH₄, and N₂O) emission (*Siddhartha et al.*, 2022).

Maximum and intensive tillage without proper residues and crop nutrient management practices are among the reasons of the loss of soil C and N pools and decreasing the productivity and quality of the crops (*Yadav et al.*, 2017). According to *Li et al.*, (2015) the practices of tillage also influence N₂O emissions by affecting nitrification and denitrification processes and CH₄ emission by affecting methanotrophs. Similarly, *Guenet et al.*, (2021) and *Hemes et al.*, (2018) also stated that N₂O and CH₄ are greenhouse gases through a global warming potential of about 300 and 30 times larger than CO₂ respectively. Both CH₄ and N₂O can counterbalance the positive benefits gained by soil carbon sequestration. Moreover, quantity and composition of soil organic matter are influenced by different tillage system (*Simon et al.*, 2019), this is directly or indirectly affecting the quality and quantity of the crops. In connection with this, nutrient management in the soil is an important part of the overall management package target towards realizing higher yield and good quality of the crops. Because the reduction of yield and quality is basically associated with the depletion of soil fertility because of low fertilizer use, continuous nutrient uptake of crops, and insufficient organic matter application (*Giorgis*, 2015). Hence, enhancing soil organic carbon and fertility status of the soil as a result crop quality and production by applying agricultural practices like either increasing organic matter inputs and also selecting and properly applying of inorganic nutrient to the soil, reduce decomposition soil organic matter and oxidation of soil organic carbon, or a combination of both as well as suitable soil tillage system is an alternative agronomic practice for sustainable agriculture production system (*Paustian et al.*, 2000; *Prasad et al.*, 2016). Therefore, the objectives of this study listed as follow.

General objective

The general objective of this study is to investigate the effects of soil tillage systems and nutrient supply on the quality of winter barely.

Specific objectives

1. To determine the effect of soil tillage system on soil carbon sequestration
2. To identify the effect of soil tillage system and nutrient supply on some physiological and grain qualities of winter barely.
3. To examine the effect of different nutrients and soil tillage systems on the grain nutrient contents of winter barley

4. To see the interaction effect of nutrients and tillage systems on soil carbon sequestration and barely crop quality.
5. To differentiate nutrient use efficiency of winter barley crop with different soil tillage system.

2. Material and Methods

To achieve the aforementioned specific objectives there will be different seat of field and laboratory experiments as the details of the study procedure are discussed on the following sections. The treatments will be consisting of two soil tillage system (i.e., plowing and cultivator) and four nutrients type (Control; Bio Gabona complex; a combination of (Mn, Mg, Zn and S); Bio Alga). A total of 8 treatment x 3replication 24 plots will be considered. The experiment will be laid out in split plot design under a randomization complete block design arrangement procedure, replicated three times per treatments. The total number of plots in the experiment were 24 (8 × 3), The plot size of each treatment is 5m x 6.2 m (31 m²). The distance between the plots and blocks were used 1m and 2m apart respectively. The barely will be planted at the seeding rate of 125 kg seeds ha⁻¹ base. The NPK fertilizer will be applied equally as per the treatments at a full dose at sowing, while N will be applied in two splits (1/3 at sowing and 2/3 at tillering stage of the crop through application of urea. Weed control was achieved by herbicide chemical to ensure that, the crop is free from weeds. A wide range of plant-based parameters will be determined with an emphasis on

1. Agronomic and physiological parameters (i.e., plant height, effective tiller number, spike length, chlorophyll content, leaf area index, 1000 grain weight, biomass and grain yield)
2. Grain nutritional compounds (i.e., protein, vitamin β-glucan, starch content, oil content, Ash content, Grain moisture content)
3. Grain nutrient contents (i.e., N, Zn, S, Mn, Fe, B, Mo, Cu and others)
4. Soil carbon sequestration and other soil physico-chemical properties of soil will be determined.

3. References

- Geng La., Mengdi Li., Guoping Zhang, & Lingzhen Ye. (2022). Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*, 2022, 6, 1–13 <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
- Haas, M., Schreiber M., Mascher, M. (2019). Domestication and crop evolution of wheat and barley: genes, genomics, and future directions. *Journal of Integrative Plant Biology*, 61(3): 204–225.
- Liliana V., Eugen P., & Alexandrina S. (2020). Winter Barley grain weight stability under different Management practices at Nardi Fundulea. *ROMANIAN Agricultural Research*, NO. 37, 2020 www.incda-fundulea.ro Print ISSN 1222–4227; Online ISSN 2067–5720.
- Mulualet T., Bekeko Z. (2014). “Diversity and conservation of wild crop relatives for source of resistance to major biotic stress: experiences in Ethiopia,” *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, vol. 2, no. 3, pp. 331–348.
- Grando S., Macpherson HG. (2002). “Food barley: importance, uses and local knowledge,” in *Proceedings of the International Workshop on Food Barley Improvement*, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Hammamet, Tunisia.
- Amare A B., Ketema N., Awoke W., & Shegaw H. (2021). Response of Malt Barley (*Hordeum Distichum* L) Varieties to Different Row Spacing under Contrasted Environments of North Gondar, Ethiopia. *Hindawi International Journal of Agronomy* Volume 2021, Article ID 6696470, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6696470>.
- Darby B. J., Neher D. A., Housman D. C., & Belnap J. (2011). Few apparent short-term effects of elevated soil temperature and increased frequency of summer precipitation on the abundance and taxonomic diversity of desert soil micro-and meso-fauna. *Soil Biol Biochem* 43:1474–1481.

- Li S., Jiang X., Wang X., & Wright A.L. (2015). Tillage effects on soil nitrification and the dynamic changes in nitrifying microorganisms in a subtropical rice-based ecosystem: a long-term field study. *Soil Tillage Res.* 150, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.02.005>.
- Yadav G S., Rattan L., Ram S.M., Subhash B., Anup D., Bhowmik S.N., Mrinmoy D., Jayanta L., & Poulami S. (2017). Conservation tillage and nutrient management effects on productivity and soil carbon sequestration under double cropping of rice in north eastern region of India. *Ecological Indicators journal*, www.elsevier.com/locate/ecolind.
- Bhattacharyya SS, Leite FFGD., France CL., Adekoya AO., Ros GH., de Vries W., Melchor-Martínez E M., Iqbal HMN., & Parra-Saldívar R. (2022). Soil carbon sequestration, greenhouse gas emissions, and water pollution under different tillage practices. *Sci Total Environ.* 826:154161. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154161. Epub 2022 Feb 26. PMID: 35231506.
- Guenet B., Gabrielle B., Chenu C., Arrouays D., Balesdent J., Bernoux M., Bruni E., Caliman, J.P., Cardinael R., Chen S., Ciais P., Desbois D., Fouche J., Frank S., Henault C., Lugato E., Naipal V., Nesme T., Obersteiner M., Pellerin S., Powlson D.S., Rasse D.P., Rees F., Soussana J.F., Su Y., Tian H., Valin H., & Zhou F. (2021). Can N₂O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage? *Glob. Chang. Biol.* 27, 237–256. <https://doi.org/10.1111/gcb.15342>.
- Hemes K.S., Chamberlain S.D., Eichelmann E., Knox S.H., Baldocchi D.D. (2018). A biogeochemical compromise: the high methane cost of sequestering carbon in restored wetlands. *Geophys. Res. Lett.* 45, 6081–6091. <https://doi.org/10.1029/2018GL077747>.
- Simon T., Javurek M., Mikanova O., & Vach M. (2019). The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. *Soil & Tillage Research*, Crop Research Institute, Drnovska´ 507, 161 06 Prague 6, Ruzyně, Czech Republic.
- Giorgis K. (2015). *Dryland agriculture production systems in Ethiopia*. Ethiopian Institute of Agricultural Research: Addis Ababa.

Revealing the diverse functional roles of barley AGO4 proteins in *Arabidopsis* through heterologous complementation assay

Miloro Fabio – Havelda Zoltán – András Kis – Ágnes Dalmadi

Hungarian University of Agriculture and life Sciences, Gödöllő, Hungary

miloro.fabio@phd.uni-mate.hu

Abstract

Barley (*Hordeum vulgare* - *Hv*) possesses a relatively large genome with a significant amount of transposon content. The maintenance and regulation of inactive genomic regions also have a high importance from agronomic point of view. Argonaute 4 (AGO4) protein is crucial for small RNA-mediated gene expression regulation in *Arabidopsis thaliana* (*At*). Current work identified two candidate genes for AGO4 in barley, *HvAGO4a* and *HvAGO4b*, based on protein sequence homology. To study the function of these, HA-tagged versions of the genes were inserted into *ago4-3* mutant *Arabidopsis* plants under the control of *AtAGO4* promoter for a complementation assay. Silencing of *AtSN1* transposable element expression demonstrated functional complementation of both barley genes in *Arabidopsis*. Small RNA-IP sequencing analysis revealed distinct binding preferences of the two AGO4 proteins in respect of the 5' nucleotide of small RNAs. This suggests at least partially differential roles of the two proteins. This study provides insights into the functional diversity of barley AGO4 proteins, with implications for improving crop productivity and highlighting the utility of heterologous complementation for studying non-model organisms.

1. Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) holds the distinction of being the fourth most significant crop globally in terms of both cultivated area and grain yield. Its utilization spans across human food and animal feed production. Apart from its evident economic value, the study of barley plays a vital role in enhancing our understanding of crop resilience. Additionally, due to the similarity in genomic features between barley and wheat, studying barley contributes to advancing our knowledge of wheat, offering valuable insights for wheat improvement (Hamar *et al.*, 2020).

Argonaute (AGO) and its related proteins play a pivotal role in various RNA silencing mechanisms, where they cleave mRNA molecules, suppress translation, or introduce epigenetic modifications at the DNA or chromatin level. The distinctive characteristic of AGO-related proteins is their association with small RNA (sRNA) guides, enabling sequence-specific targeting of RNA silencing (Dalmadi *et al.*, 2021; Havecker *et al.*, 2010).

The initiation of RNA-directed DNA methylation (RdDM) is triggered by plant 24-nt siRNAs, which interact with AGO4 clade proteins encompassing AGO4, AGO6, and AGO9. These AGO4 clade proteins exhibit distinct expression patterns, either specific to particular tissues or specific to certain genomic loci. The production of 24-nt siRNAs involves DICER-LIKE3 (DCL3) processing of double-stranded RNA (dsRNA) precursors, which are synthesized by DNA-dependent RNA polymerase IV (Pol IV) and RNA-dependent RNA polymerase 2 (RDR2) (Liu *et al.*, 2022; Wang & Axtell, 2017).

Understanding the role of Argonaute 4 (AGO4) protein in barley could provide valuable insights into the mechanisms underlying RNA silencing and gene regulation, contributing to the enhancement of crop resilience and agricultural productivity.

2. Materials and methods

Amino acid sequences of *A. thaliana* and rice (*Oryza sativa*) AGO proteins were retrieved from Ensembl Plants. Using the Blast tool found within the Ensembl Plants site, protein sequences showing similar length and organization of protein domains were manually selected in barley. The selected sequences were analyzed using MEGA X 11 to perform a multiple alignment with Clustal W algorithm and generate neighbor-joining phylogenetic trees with 1000 bootstrap replicates.

All plants were grown under controlled conditions with 16-h light/8-h dark at 21°C. Mixed-stage inflorescences of approximately 7 weeks old plants were collected. In this study *Arabidopsis thaliana* (Col-0) and *ago4-3* (WiscDSL0x338A06) plants were used.

The constructs are designed using pGreen 0029 vector (kanamycin resistance) (www.pgreen.ac.uk). The *AtAGO4* promoter (~2500 bp) and terminator (~500 bp) sequences and *HvAGO4a* and *HvAGO4b* cDNA sequences were cloned using Phusion Hot Start II (Thermo Fisher Scientific), following manufacturer's instructions. Both cDNA sequences were modified to contain the HA epitope tag at the 5' end. All the constructs were transformed into *Agrobacterium tumefaciens* AGL1 strain with electroporation in the presence of pSoup helper plasmid and transformed into *A. thaliana* using floral dip method.

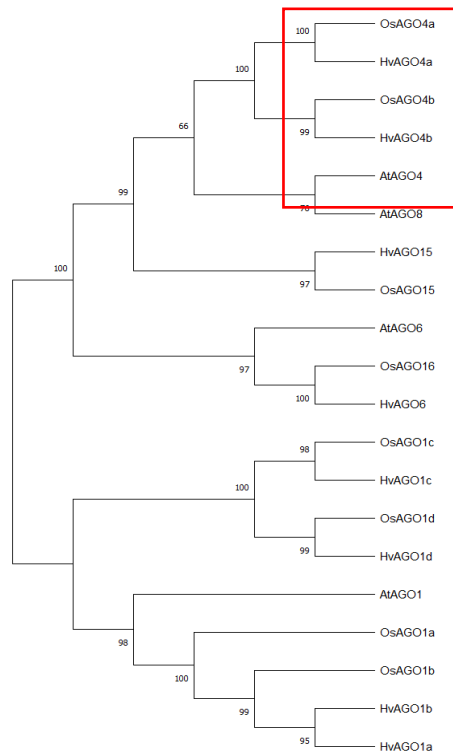
For RT-qPCR, total RNA was extracted from T2 and T3 generations mixed-stage flowers using standard phenol-chloroform method. Dnase I (NEB) treated RNA samples were used to generate first-strand cDNA using Maxima H Minus First Strand cDNA Synthesis kit (Thermo Fisher Scientific). qPCR was performed using Luminaris Color HiGreen qPCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) and specific primers: *Ubiquitin-conjugating enzyme E2 9 (AtUBC9)*, *Argonaute 4 (AtAGO4)*, *Argonaute 4A (HvAGO4a)*, *Argonaute 4B (HvAGO4b)* and *AtSN1* (SINE retroelement). Data were retrieved from biological triplicates and were normalized to *AtUBC9*.

For AGO4-associated small RNAs, mixed-stage inflorescences of 7 weeks old plants were collected from 3 independent T3 complementation lines of *HvAGO4A* and *HvAGO4B* and processed using Dynabeads Protein G Immunoprecipitation Kit (Thermo Fisher Scientific) with anti-HA-Peroxidase antibody (3F10 – Roche) according to the instruction of the manufacturer. Immunoprecipitated fractions were eluted in 40 µl, from which 30 µl was used to purify RNA and 10 µl to compose protein samples. RNA was extracted using standard phenol-chloroform method and used to create cDNA libraries for small RNA-IP sequencing using Truseq Small RNA Library Preparation Kit (Illumina) following manufacturer's instructions.

The analysis of the small RNA-IP sequencing was performed using the Galaxy platform (<https://usegalaxy.eu/> - Afgan et al., 2022), quality control, trimming, mapping on *A. thaliana* reference genome and then fully annotated on transposons and transcripts using sRNAPipe pipeline. Raw data for *AtAGO4* small RNA-IP sequencing were retrieved from NCBI (SRX11482423 - SRX11482425) (Sigman et al., 2021). The data obtained were further analyzed with RStudio using custom scripts. Graphs and statistical analysis were created using GraphPad Prism 8.

3. Results

To identify genes in barley belonging to the AGO4 clade and to distinguish the different proteins obtained by BLAST search, a multiple alignment was carried out with a subsequent phylogenetic tree including proteins from *A. thaliana* and rice (*1. Figure*). This allowed the two different AGO4 proteins in barley to be identified (*HvAGO4a* and *HvAGO4b*) and given a nomenclature based on rice proteins name.



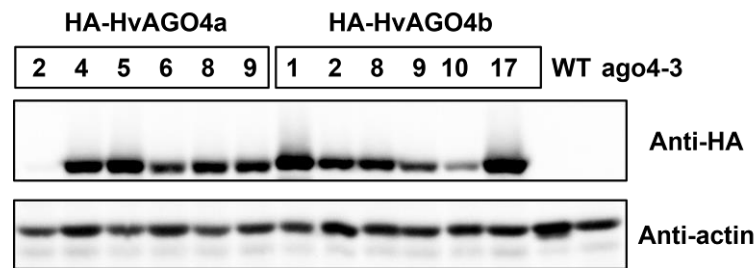
1. Figure: Phylogenetic tree comprising AGO1, AGO4 and closely related AGOs in *A. thaliana*, rice and barley

Transformed plants were selected using plates containing kanamycin, and only resistant plants were chosen and analyzed. Six plants from each construct were initially selected according to their protein level for analysis in the next generation: lines 2, 4, 5, 6, 8, 9 for HA-HvAGO4a and lines 1, 2, 8, 9, 10, 17 for HA-HvAGO4b. All these plants displayed a wild type phenotype and a normal growth time. The plants that were selected to investigate the impact of this expression on RNA-directed DNA methylation (RdDM), exhibit distinct protein expression patterns of the transgenes (2. Figure).

Notably, line 2 of HA-HvAGO4a is positive for the construct, but the expression is much lower than the other lines, whereas lines 1 and 17 of HA-HvAGO4b appear to have the highest expression.

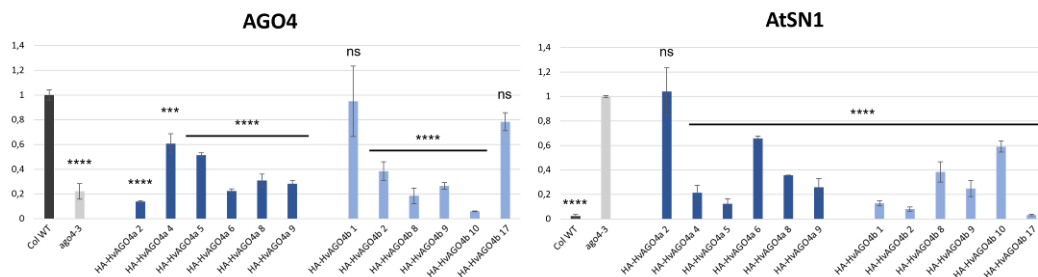
To verify the actual functionality of these two proteins, they were assayed using *AtSN1*, a retrotransposon subjected to sRNA-directed DNA methylation. The gene expression of the 2 transgenes in combination with *AtAGO4* in *A. thaliana* Col-0 was tested to better assess the expression pattern at the mRNA level in the inflorescences using RT-qPCR (3. Figure).

The gene expression of the transgenes exhibited a strong correlation with the protein expression levels observed in the transgenic lines. Notably, even the lines that demonstrated higher expression levels were found to have a corresponding expression ranging from 80 to 95 percent when compared to *AtAGO4*.



2. Figure: Western blot of the selected transgenic lines using Anti-HA antibody and Actin was used as a loading control.

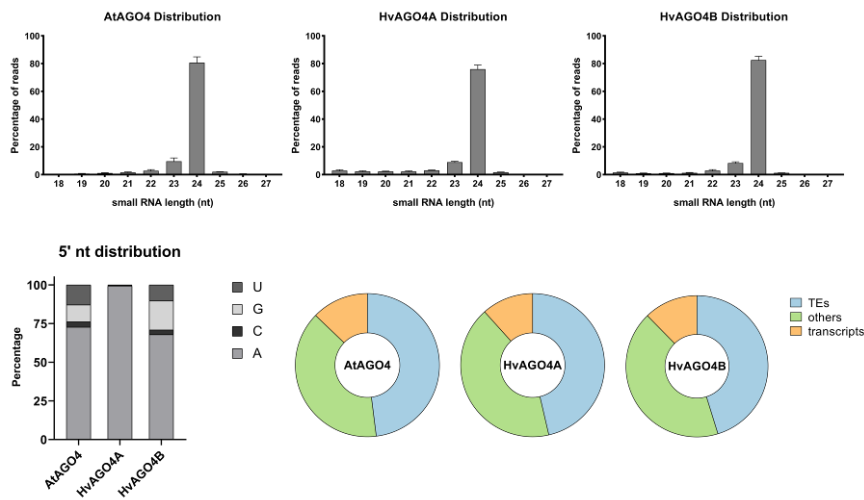
In contrast, *AtSN1* shows a completely inverse expression pattern to the expression of *AGO4* genes in the different samples. In fact, line 2 of HA-HvAGO4a, which had a subtle transgenic protein expression, turned out to have the same *AtSN1* expression as the *ago4-3* mutant, indicating that transposon silencing and thus complementation did not occur in that plant. However, it can be observed that in all the other transgenic lines, a very significant reduction in the expression of *AtSN1* occurred compared to *ago4-3*, particularly a reduction of at least 75% in 3 lines of HA-HvAGO4a and HA-HvAGO4b, with a complete restoration to wild type level in line 17 of HA-HvAGO4b.



3. Figure: Relative Gene expression of *AGO4* genes and *AtSN1* in transgenic complementation lines of *HvAGO4a* and *HvAGO4b* compared to *A. thaliana*

The analysis of small RNA-IP sequencing data reveals a consistent pattern in the length distribution of reads (4. figure). Approximately 76-82% of the reads are observed to be 24 nucleotides in length, while another 8-10% of the reads are 23 nucleotides long. This finding aligns with previous data obtained from Arabidopsis and provides evidence for the actual functionality of these candidates in small RNA-mediated transcriptional gene silencing. Subsequently, the reads were analyzed according to their 5' nucleotide distribution across the samples. Notably, the findings revealed that both *AtAGO4* and *HvAGO4b* proteins exhibit comparable affinities for binding small RNAs, displaying a preference for adenosine. However, their binding tendencies towards other nucleotides vary in terms of relative percentages. On the other hand, *HvAGO4a* displays a distinct inclination, selectively binding small RNAs that initiate with adenosine as the 5' nucleotide.

Finally, reads were mapped onto transcripts and transposable elements (TEs) and a similar percentage was observed among the samples.



4. Figure: Small RNA-IP sequencing analysis: reads length distribution, 5' nucleotide distribution and mapping on TEs and transcripts

4. Conclusions

Barley, as a versatile crop plant, holds significance beyond its economic value as it serves as a model species for cereal research. In fact, it turns out that barley can serve also as a valuable data source for wheat research, as knowledge gained on this diploid species with smaller genome can be translated to wheat in the future. Due to the vital role of RNA silencing in plant biology, it has become increasingly important to identify and characterize the key protein components involved in this process, particularly in important crop plants such as barley.

Phylogenetic analysis and examination of protein domains have successfully enabled the identification of AGO4 analogs in barley, comparing them to counterparts found in rice and *A. thaliana*. However, given that barley possesses a significantly larger genome compared to current model plants, this information alone is insufficient to fully comprehend the functionalities these homologs may exhibit. To gain a more comprehensive understanding, the implementation of tools such as heterologous complementation can expedite the analysis of AGO4 proteins and provide a thorough description of their properties using a well-studied model organism like *Arabidopsis*.

Remarkably, both barley proteins have demonstrated the ability to restore the molecular phenotype of the *ago4-3* mutant. They predominantly bind 24-nucleotide-long small RNAs, while displaying differing affinities toward the 5' nucleotide of sRNAs. These observations strongly support their classification as members of the AGO4 protein clade.

The intriguing redundancy yet distinct functions exhibited by these AGO4 analogs in barley raise compelling hypotheses concerning their evolution and role within plants, particularly in response to biotic and abiotic stresses.

5. References

Afgan, E., Nekrutenko, A., Grünig, B. A., Blankenberg, D., Goecks, J., Schatz, M. C., Ostrovsky, A. E., Mahmoud, A., Lonie, A. J., Syme, A., Fouilloux, A., Bretaudeau, A., Nekrutenko, A., Kumar, A., Eschenlauer, A. C., Desanto, A. D., Guerler, A., Serrano-Solano, B., Batut, B., Briggs, P. J. (2022). The Galaxy platform for accessible, reproducible and collaborative biomedical analyses: 2022 update. *Nucleic Acids Research*, 50(W1), W345–W351.

- Dalmadi, Á., Miloro, F., Bálint, J., Várallyay, É., & Havelda, Z. (2021). Controlled RISC loading efficiency of miR168 defined by miRNA duplex structure adjusts ARGONAUTE1 homeostasis. *Nucleic Acids Research*, 49(22), 12912–12928.
- Hamar, E., Szaker, H. M., Kis, A., Dalmadi, A., Miloro, F., Szittyá, G., Taller, J., Gyula, P., Csorba, T., & Havelda, Z. (2020). Genome-wide identification of RNA silencing-related genes and their expressional analysis in response to heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Biomolecules*, 10(6).
- Havecker, E. R., Wallbridge, L. M., Hardcastle, T. J., Bush, M. S., Kelly, K. A., Dunn, R. M., Schwach, F., Doonan, J. H., & Baulcombe, D. C. (2010). The Arabidopsis RNA-directed DNA methylation argonautes functionally diverge based on their expression and interaction with target loci. *Plant Cell*, 22(2), 321–334.
- Liu, W., Shoji, K., Naganuma, M., Tomari, Y., & Iwakawa, H. O. (2022). The mechanisms of siRNA selection by plant Argonaute proteins triggering DNA methylation. *Nucleic Acids Research*, 50(22), 12997–13010.
- Sigman, M. J., Panda, K., Kirchner, R., McLain, L. L., Payne, H., Peasari, J. R., Husbands, A. Y., Slotkin, R. K., & McCue, A. D. (2021). An siRNA-guided ARGONAUTE protein directs RNA polymerase V to initiate DNA methylation. *Nature Plants* 2021 7:11, 7(11), 1461–1474.
- Wang, F., Axtell, M. J. (2017). AGO4 is specifically required for heterochromatic siRNA accumulation at Pol V-dependent loci in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, 90(1), 37–47.

Methodological approaches to the germination of sunflower and oilseed rape in vitro

Asma Haj Sghaier – Noriza Binti Khaled – Suhana Binti Omar – Andras Varga –
Zoltán Kende

*Institute of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Gödöllő, Hungary*

Haj.Sghaier.Asma@phd.uni-mate.hu

Abstract

Abiotic factors are essential determinations in seed germination and seedling development. In the present work, the effects of water and temperature on seed germination and seedling growth were investigated on oilseed crops (Sunflower and Rapeseed). Moreover, planting densities and antifungal application techniques were investigated in the study. The findings demonstrated substantial variations between all growth parameters investigated at all tested temperatures, 20°C and 25°C were considered the optimum, respectively in rapeseed and sunflower crops. Water requirement for seed germination is significantly dependent on seed size. The method of TKW is a more accurate aspect of water application because of the consideration of seed weight and size.

1. Introduction

Seed germination is the initial stage of a plant. It is a crucial process that influences crop yield and quality. Therefore, understanding the physiological aspects of seed dormancy and germination is of great significance for the improvement of crop yield and quality. The germination process impacts seedling survival rates and crop establishment, which climate influences. Inadequate seed germination can result in inadequate stand establishment, negatively impacting crop yield and quality (Gummerson, 1986). Furthermore, efficient seed germination affects seedling density per unit area (de Oliveira et al., 2013; Maraghni et al., 2010). Germination is a complex process from a physiological standpoint, involving multiple signals, and it is influenced by both intrinsic and extrinsic factors (Miransari & Smith, 2014). Intrinsic factors include seed dormancy and available food stores, and extrinsic factors include water, temperature, oxygen, light, and relative humidity (Savaedi et al., 2019). Temperature and moisture are particularly key germination regulators (Gummerson, 1986). Rapeseed and sunflower are two of the world's major oilseeds as a source of food for humans and raw materials for industry (Sumara et al., 2023). They have increasingly been the subject of dietary in the past few decades owing to their content of phytochemical components beneficial for human health (Sumara et al., 2023). After soybean, Rapeseed is the world's second most profitable and cost-effective crop and Sunflower the fourth leading oilseed crop, after oil palm (Zhang & Flottmann, 2016). Their seeds are the source of dietary fibers, low in saturated fatty acids and high in monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids including oleic acid, linoleic acid and alpha-linolenic acid (Sumara et al., 2023). Despite all these benefits, like other crops their production is threatened by various biotic and abiotic stressors, including drought and heat from germination to the filling stage and pests. During germination, seeds are subject to various biotic and abiotic stresses that, individually or in concert, inhibit germination and seedling development. Understanding the optimal conditions for oilseed crop germination is required for future breeding efforts to satisfy the increasing world demand and sustainable oil production. This

present work highlights the methodological approaches used in some oilseed crops in optimizing the germination conditions that can be used in future research work.

2. Material and Methods

The experiment was carried out on sunflower seeds (*Helianthus annuus* L. Larissza) and Rapeseed (*Brassica napus* L. Allison) at the Institute of Agronomy (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences), 47°35'37" N, 19°21'55" E. The experiment was conducted in 2022. In this work, we investigated the effects of abiotic stressors (water and temperature), seedling density, and fungal growth control on seed germination and seedling development in vitro using growth or climate chamber ICO105 (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Germany).

2.1. Temperature experiment

Different levels of temperature were tested for each experiment and summarized in table 1.

Table 1: Temperature experiment description.

	Sunflower	Rapeseed
TLT (°C)	5-40	5-35
SN	10	20
VDW (ml)	9	5
MP	Root length; Shoot length; germination number	Root length; Shoot length; germination number

TLT: temperature levels tested with 5°C interval; SN: seed number; VDW: volume of distilled water used per Petri dish; MP: Measured Parameters (daily measured)

2.2. Water experiment

Two different methods of water amounts were tested in this experiment, summarized in table 2.

Table 2: Summary of water experiment

	Sunflower	Rapeseed
TKW(G)	50,4	6.68
T (°C)	20	20
VDW-1ml (ml)	0-12	0-10
VDW-%TKW (ml)	0.6;1.3;1.9;2.5;3.2;3.8;4.4;5;5.7;6.3;6.9;7.6;8.2;8.8;9.5;10.1;10.7;11.4.	0.65;1.05;1.45;1.85;2.25;2.65;3.05;3.85;4.25;4.7;5.1;5.5;5.9;6.3;6.7;7;7.5;7.9;8.3.
MP	Root length; Shoot length; Germination number; Dry matter of root; dry matter of shoot.	Root length; Shoot length; Germination number; Dry matter of root; dry matter of shoot.

TLT: temperature levels tested with 5°C interval; SN: seed number; VDW-1ml: different amounts of distilled water were used based on a milliliter interval; VDW-%TKW: different amounts of distilled water were on the base of the TKW as a percentage. T (°C): temperature of incubation. MP: Measured Parameters (length growth and germination was measured after 10 days of incubation and the dry matter after 48h). TKW: thousand kernel weight

The following equation is used to compute the amount of water based on TKW:

$$\text{TKW} * \text{Seed } n / 100000 = 1\% \text{ of the proposed water amount}$$

Additional information on the calculation of water quantity based on TKW is available in two previous studies (Khaeim *et al.*, 2022a, 2022b).

2.3. Seed number experiment

The present experiment was conducted over a period of 10 days as follows.

Table 3: Summary of Seed number experiment

	Sunflower	Rapeseed
VDW (ml)	9	5
T (°C)	20	20
TST	6;8;10;12.	15;20;25.
MP	Root length (after 10 days); Shoot length (after 10 days); Germination number (after 48h); Dry matter of root (after 48h); dry matter of shoot (after 48h).	Aggregated germinated value AGG.

VDW: volume of distilled water used per Petri dish; MP: Measured Parameters (daily measured); T (°C): temperature of incubation; TST: different set of seeds.

In the experiment of Rapeseed, the aggregated germination value (AGG) was calculated using the measured parameters as described below (Equation 1) (Khaeim *et al.*, 2022b, 2022a):

$$\text{AGG}(x) = \frac{((\text{NO} - \text{G} \times 0) + (\text{S} \times 0.1) + (\text{R} \times 0.25) + (\text{SP} \times 0.65) + (\text{NS} \times 1))}{N}$$

Where NO-G is the non-germinated seed number, S is the number of seeds where germination started, R is the number of germinated seeds with radicle only, SP is the number of seedlings with a short plumule, NS is the number of normal seedlings, and N is the total number of the tested seeds.

2.4. Antifungal experiment

Two different seed sterilization methods were tested, the first by soaking the seeds for 3 minutes in a solution of 2000 ppm Amistar Xtra and the second with a Hypo solution (10% Sodium hypochlorite (NaClO)). After sterilization, the seeds were rinsed with distilled water and incubated for 10 days at 25 °C in a growth chamber. After ten days of incubation, radicle and shoot lengths were measured, and germinated seeds were counted.

3. Results and evaluation

Based in our works, the seed germination under different level temperatures provides a convenient result in how the seeds perform under low and high temperatures and the optimal. The temperature 20°C was found suitable for germination and seedling growth of Rapeseed, and the optimal range was between 10 and 25°C (Haj Sghaier *et al.*, 2022). Sunflower crops require higher temperature to growth compared to oilseed rape, they can germinate and grow optimally at 25°C, ranging between 10-30°C, the data is available in the studies of (Haj Sghaier *et al.*, 2023). Beyond the optimal level, minimal or absent growth was recorded in both crops, data is

available in the studies of (Haj Sghaier *et al.*, 2022, 2023). Sunflower is a temperate crop; it can resist better to temperature stress factor.

Using high-quality seeds is fundamental for successful production and, for their germination, the combination of several favorable environmental factors is essential. In this stage, the imbibition process is considered critical (FU *et al.*, 2021). Lack of water availability is the primary limitation affecting seed germination (Luna & Chamorro, 2016), and growth subsequent.

The growth and dry matter of radicles, shoots, and seedlings increased significantly with water volume to the optimal level but decreased significantly as water quantity increased beyond the optimal level (Figure 1 and 2). In the same range of percentage volume water of TKW (1100-2300% of TKW in case of canola and 1625-2250% of TKW in sunflower), the optimal range seedling growth was approximately 1.45_3.05 ml and 8.2-11.4 ml, respectively in rapeseed and in Sunflower, data is available in the studies of (Haj Sghaier *et al.*, 2022, 2023). This difference in water volume is due to the seed weight and size difference, the fact that seed weight of sunflower is greater compared to rapeseed. This study confirmed that the TKW method is more precise in optimizing water requirements for germination and seedling growth.

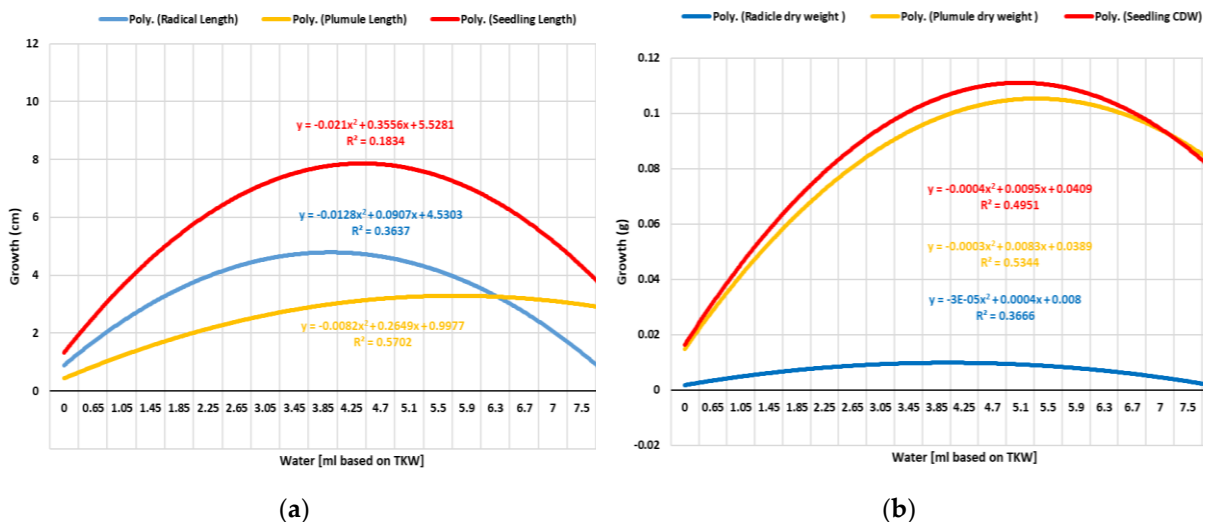


Figure 1: Effect of water amounts on seedling, plumule, and radicles in Rapeseed. (a) Growth vs. water based on TKW% (b) Dry weight accumulation vs. water based on TKW% (Haj Sghaier *et al.*, 2022, 2023)

However, the dry matter accumulation of seedling in Rapeseed (3.85_5.9 ml, representing 2900_4400% of TKW) was found in our study lower compared to Sunflower (4.4_8.4 ml corresponding to 875_1750% of TKW), data not shown, more information is available in the studies of (Haj Sghaier *et al.*, 2022, 2023). The seedling of sunflower accumulates more dry matter due to its large structure.

Seed germination and seedling growth increased as the seed density increased. At a low seed number, the lack of seedlings could be attributed to the scarcity of a critical resource, such as water, due to competition (White, 2001). Additionally, dense seedlings are frequently more susceptible to lodging, which increases the rate of disease incidence and, as a result, the seedling emerging percentage (Lortie & Turkington, 2002). Therefore, optimizing the seed number per Petri dish during germination is important due to competition, lodging, and other environmental factors. Densities of 10–12 seeds moistened with 9 mL of water appeared to be the optimal density for growing a sunflower crop in vitro.

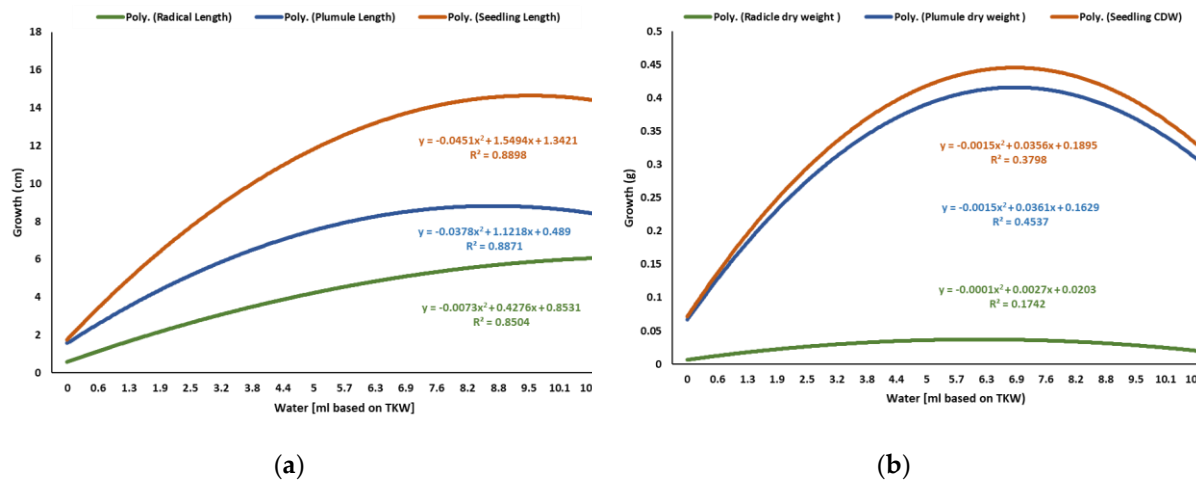


Figure 2: Effect of water amounts on seedling, plumule, and radicle in Sunflower. (a) Growth vs. water based on TKW% (b) Dry weight accumulation vs. water based on TKW% (Haj Sghaier et al., 2022, 2023)

Table 4: Recording data of sunflower germination and seedlings characteristics response to seed number and seedling density (Haj Sghaier et al., 2023).

Seed number	Radical cm	Plumule (cm)	Seedling growth (cm)	Radicle DW (g)	Plumule DW (g)	Seedling DW (g)
6	4.277±1.19 ab	5.673±0.53ab	9.950±1.60	0.210±0.01 d	0.036±0.01 c	0.246±0.02 d
8	4.846±0.99 a	5.438±0.55b	10.28±1.34	0.275±0.02 c	0.056±0.01 b	0.331±0.02 c
10	4.420±1.02 ab	5.6±0.27b	10.04±1.12	0.344±0.01 b	0.071±0.01 a	0.416±0.02 b
12	3.640±0.46 b	6.004±0.37a	9.644 ±0.61	0.407±0.02 a	0.076±0.01 a	0.483±0.02 a
LSD	0.785	0.335	N.S	0.013	0.007	0.017

Different letters indicate a significant difference between treatments at $p < 0.05$; N.S means non-significant between the means. DW: dry weight. Data presented as Mean±SD.

Table 5: Germination ratio and seedlings characteristics of rapeseed as a response to the number of seeds per Petri dish (Haj Sghaier et al., 2022).

¹ SN	² No-G %	³ S %	⁴ R %	⁵ SP-Germ %	⁶ N-Germ %	⁷ Agg-Value
15	0.140±0.12	0.153±0.02	0.007±0.006	0.013±0.009	0.667±0.03 b	0.692±0.034 b
20	0.085±0.07	0.165±0.02	0.005±0.005	0.025±0.013	0.735±0.03ab	0.769±0.024ab
25	0.072±0.07	0.104±0.006	0.020±0.009	0.008±0.005	0.792±0.03 a	0.813±0.029 a
LSD	NS	NS	NS	NS	0.091	0.082

Different letters indicate a significant difference between treatments at $p < 0.05$; NS: means non-significant between the means. Data presented as Mean ±SD. ¹the number of seeds tested; ²the percentage of the not germinated seed; ³seeds started germination; ⁴seed percentages that germinated with obvious root; ⁵seedling percentages with short shoots; ⁶seedling percentages with healthy shoots; ⁷aggregated value.

The recording data of AGG in rapeseed showed a higher aggregated value using 25 seeds per Petri dish. Therefore, densities of 20–25 seeds moistened with 5 ml of water appeared to be the

optimal density for growing an oilseed rape crop *in vitro*. The AGG formula can not be used in the case of our study in sunflower given that all seed germinated. Seedling growth and dry matter can be used when the germination is 100% after 10 days.

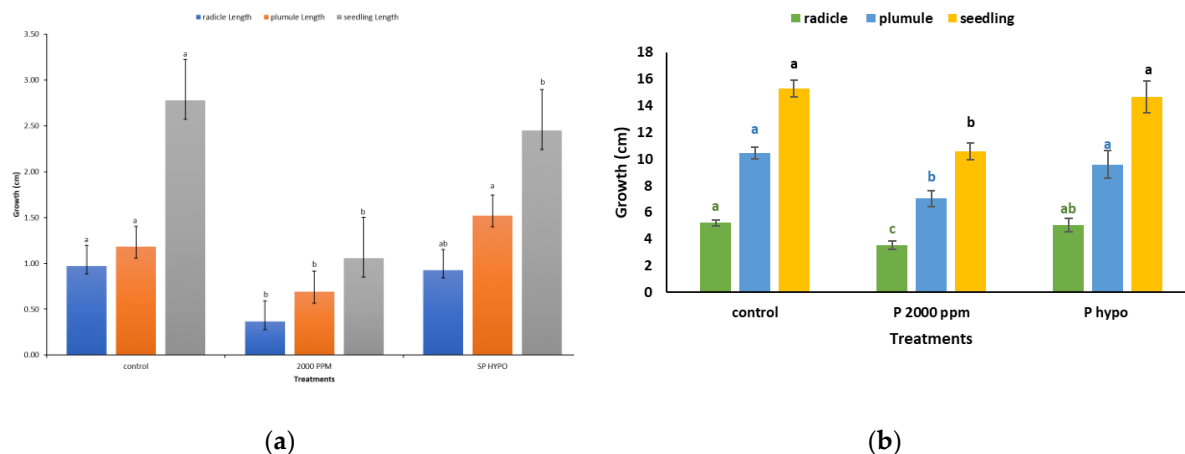


Figure 3: Growth response of radicle, plumule, and seedlings to two different methods of fungal seed treatment in Rapeseed (b) and Sunflower (a). Values between treatments denoted with different letters are significantly different at $p < 0.05$ (Haj Sghaier et al., 2022, 2023)

The same results were found in both crops, the pre-treatment seeds method is more significant than using the antifungal growth in the media (Haj Sghaier et al., 2022, 2023). The negative effect of fungicide in seedling growth was more pronounced in rapeseed crop. Priming or pre-treatment seed can be used for preventing fungal growth during seed Sunflower and Rapeseed germination *in vitro*.

4. Conclusion

- Highlighted the critical factors affecting seed germination and established the optimal range for successful germination and seedling growth.
- Optimized water availability for seeds based on milliliters of TKW appeared to be the most effective method, as it considers the seed's weight and size when determining the optimal water for seeds to grow optimally.
- Optimized seedling density is critical to avoiding water factor limitation and competition between them and minimizing disease problems.
- Seed priming with an anti-fungicide to inhibit fungal growth is recommended in terms of antifungal control. These findings have the potential to be beneficial in future research and breeding programs and sowing date predictions. More research works using those methodological approaches will be tested in others oilseed crops.

5. References

de Oliveira, A. K. M., Ribeiro, J. W. F., Pereira, K. C. L., & Silva, C. A. A. (2013). Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de *Diptychandra aurantiaca* (Fabaceae). *Acta Scientiarum - Agronomy*, 35(2), 203–208. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i2.15977>

- FU, F. fang, PENG, Y. shu, WANG, G. bin, EL-KASSABY, Y. A., & CAO, F. liang. (2021). Integrative analysis of the metabolome and transcriptome reveals seed germination mechanism in *Punica granatum* L. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 132–146. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63399-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63399-8)
- Gummerson, R. J. (1986). The Effect of Constant Temperatures and Osmotic Potentials on the Germination of Sugar Beet. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 37, Issue 179). <http://jxb.oxfordjournals.org/>
- Haj Sghaier, A., Khaeim, H., Tarnawa, Á., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2023). Germination and Seedling Development Responses of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds to Temperature and Different Levels of Water Availability. *Agriculture*, 13(3), 608. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030608>
- Haj Sghaier, A., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The Effects of Temperature and Water on the Seed Germination and Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/plants11212819>
- Khaeim, H., Kende, Z., Balla, I., Gyuricza, C., Eser, A., & Tarnawa, Á. (2022a). The Effect of Temperature and Water Stresses on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Sustainability*, 14(7), 3887. <https://doi.org/10.3390/su14073887>
- Khaeim, H., Kende, Z., Balla, I., Gyuricza, C., Eser, A., & Tarnawa, Á. (2022b). The Effect of Temperature and Water Stresses on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Sustainability*, 14(7), 3887. <https://doi.org/10.3390/su14073887>
- Lortie, C. J., & Turkington, R. (2002). The effect of initial seed density on the structure of a desert annual plant community. *Journal of Ecology*, 90(3), 435–445. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00686.x>
- Maraghni, M., Gorai, M., & Neffati, M. (2010). Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany*, 76(3), 453–459. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092>
- Miransari, M., & Smith, D. L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
- Savaedi, Z., Parmoon, G., Moosavi, S. A., & Bakhshande, A. (2019). The role of light and Gibberellic Acid on cardinal temperatures and thermal time required for germination of Charnushka (*Nigella sativa*) seed. *Industrial Crops and Products*, 132, 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.025>
- Sumara, A., Stachniuk, A., Olech, M., Nowak, R., Montowska, M., & Fornal, E. (2023). Identification of sunflower, rapeseed, flaxseed and sesame seed oil metabolomic markers as a potential tool for oil authentication and detecting adulterations. *PLoS One*, 18(4), e0284599. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284599>
- White, T. C. R. (2001). Opposing paradigms: regulation or limitation of populations? *Oikos*, 93(1), 148–152. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930116.x>
- Zhang, H., & Flottmann, S. (2016). Seed yield of canola (*Brassica napus* L.) is determined primarily by biomass in a high-yielding environment. *Crop and Pasture Science*, 67(3–4), 369–380. <https://doi.org/10.1071/CP15236>

The responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) to different abiotic stresses: germination and seedling growth

Hussein Khaeim – Gábor Milics – Ákos Tarnawa

*Institute of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Gödöllő, Hungary*

hussein.khaeim@qu.edu.iq

Summary

This study was designed to compare and investigate wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds' germination and seedling growth under conditions of abiotic stresses. Constant temperature levels of 5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35 °C were used for the germination test. Drought and water-logging stresses using 30 different water levels were examined using two methods: either based one-milliliter intervals and, from the other hand, as percentages of thousand kernel weight (TKW). For wheat 20 °C was ideal with an optimal range of 15 °C to less than 25 °C and 15-20 °C. For barely with a more comprehensive range to 10 °C. Higher temperatures reversely affect germination percentage, and the lower ones affect the germination and seedling growth rate. Barely had more cold tolerance than wheat. Germination commenced at 75% of the TKW for wheat and at 130% water of the TKW for barely, and the ideal water range for seedling development was greater and more extensive than the range for germination, which means there is a difference between the starting point for germination and the seedling development. Seed size defines germination water requirements and provides an objective and more precise basis suggesting an optimal range supply. Ten seeds per 9 cm Petri dish may be preferable over greater densities for both crops.

1. Introduction and literature review

Wheat and barley are the predominant grain crop and a mainstay source of food for over half of the world's population (Lian *et al.*, 2020; Khaeim *et al.*, 2022a; Khaeim *et al.*, 2022b). They are involved in many bakery and pastry industries (Beta *et al.*, 2020). They are commonly utilized to produce flour, malt, and various food products such as bakery goods, pasta, rolls, breakfast cereals, crackers, and extruded snacks (Yang *et al.*, 2021). Wheat and barely are a primary source of protein and starch, providing 20-30% of daily caloric intake in most societies (Lemmens *et al.*, 2019). Since they are used worldwide in different ecosystems, plants face various environmental abiotic stresses, including drought and rising temperature, because of global warming, which results in huge yield loss (Yan *et al.*, 2020). While stress circumstances may decrease seed germination percentages, they may also trigger an adaptive response (Herman *et al.*, 2012).

Germination is a physiological mechanism in which a cascade of biological and biochemical activities occur to facilitate the initiation and development of a seedling (Khaeim *et al.*, 2022a). It is a crucial stage in the life cycle of wheat plants, determining the seedling establishment and efficient use of the nutrients and water resources available to plants (Haj Sghaier *et al.*, 2022). It is regulated by the interaction of the surrounding environmental conditions, the seeds' physiological state, and the germ (Vishal & Kumar, 2018). Among abiotic factors, temperature, light, pH, water availability, and soil moisture affect seed germination the most. (Rizzardì *et al.*, 2009). Seeds have a specific range of environmental requirements necessary for optimal

germination (*Kildisheva et al.*, 2020). The success of propagation depends on the seeds' physiological response towards overlapping various external abiotic factors. Therefore, seed germination reflects population size, distribution, and abundance (*Cone & Spruit*, 1983; *Bentsink & Leónie*, 2008).

Seed germination necessitates the presence of water. It hydrates the crucial processes of protoplasm, dissolved oxygen for seed embryo, softens the outer coat of the seed, and for seed permeability (*Khaeim et al.*, 2022b). Water stress harms germination percentage (*Yan et al.*, 2020). Water stress declines enzymic activities that cause adverse effects on carbohydrate metabolism, reduces water potential and soluble calcium and potassium, changes seeds hormones (*Abido & Zsombik*, 2018). Temperature plays a significant role in specifying seed germination duration (*Guan et al.*, 2009). The temperature effect on germination can be described as a cardinal temperature scale: minimum, optimum, and maximum temperatures for germination to initiate (*Ostadian Bidgoly et al.*, 2018). Each germination stage has its cardinal temperature; the temperature response may vary during the germination period because of its complexity. Seed's response to temperature relies on variety, quality of the seed, duration of time from harvest, and some other factors (*Dadach et al.*, 2015). This study was conducted to investigate and compare the performance of wheat and barley seed's germination ability under different moisture conditions and temperatures and an optimal number of seeds per petri dish. Therefore, it includes three main objectives: the first was (1) to determine the optimal, the least, and most water amount for germination based on water volume of 1-milliliter intervals and the thousand kernels weight (TKW). The second was (2) to determine the effects of germination temperatures and germination time of wheat seeds. The third objective was (3) to investigate the effect number of seeds and seedling density in a petri dish on germination percentage and open the petri dish's top cover. This study provides essential information regarding germination requirements that can investigate tolerance to ranges of environmental temperature and drought stresses.

2. Materials and methods

The seeds of a regionally widely used variety of Hungarian wheat named Alfold 90 and winter barley Initium were obtained from a grower and used. The study was divided into three experiments that were conducted as the following subsections.

Temperature experiment: This study compares wheat and barley seed germination under seven different temperatures, 5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35 °C. Petri dishes were labeled, and 20 seeds of each crop type were placed in each subjected to the same amount of distilled water, 7 ml. Every day four petri dishes of each temperature level were taken out of the chamber for physical measurements. The measured parameters were the number of not-germinated seeds, and radicle length and shoot length were measured for all seedlings. The germination stander measurement is that 80% of the seedling in petri dishes reaches the length of 1 cm.

Water availability experiment: In sterile petri dishes of 9 cm diameter lined with a single sterile filter paper, wheat seeds were subjected to the 12 distilled water amounts based on milliliter intervals and 13 distilled water amounts based on T.K.W. percentages Table 1, some to a total of 25 water treatments. T.K.W. was obtained using a seed counter instrument, which was 42.76 g.

$$(1) \text{TKW} * \text{Seed n} / 100000 = 1\% \text{ of the propose water amount}$$

$$42.76 * 20 = 855.2, 855.2 / 100000 = 0.008552$$

The equation (1) outcome represents 1%, (*Haj Sghaier et al.*, 2022). This number was multiplied by the proposed percentage for each treatment. Petri dishes were labeled, and 20 seeds

were placed in each with five replicates. This experiment was implied under a constant chamber temperature of 20 °C. After ten days, petri dishes were taken out of the chamber, and radicle length and plumule length were measured for all seedlings. These seedlings were then subjected to 65 °C for 48 hours in an oven. The radicles and plumules of the 20 seedlings of each treatment replication were weighed, and the dry weights were obtained. Seed and seedling density experiment: This part was designed to study the seed's number of wheat and barley effect on the germination performance under the same amount of water. Three wheat seed sets, 15, 20, and 25 per P.D and four barely seed densities 10, 15, 20, and 25. They were supplied with 6 ml water with ten replication and incubated at 20 °C. The measured parameters were categorized into groups for wheat following the (2) and for barely equation (3), (*Khaeim et al., 2022a; Khaeim et al., 2022b*):

$$(2) \text{ Aggregated value} = (\text{NO-G} * 0) + (\text{R} * 0.33) + (\text{SP} * 0.67) + (\text{NP} * 1) / n$$

Where: NO-G is not-germinated seeds, R is the number of seeds germinated with radicle only, S.P. is the number of seeds germinated with short plumules, NP is the number of seeds germinated with normal plumule length.

$$(3) \text{ Agg value} = [(\text{I} * 0) + (\text{IN} * 0.1) + (\text{R} * 0.33) + (\text{SS} * 0.67) + (\text{RS} * 1)] / n$$

Where: Agg value is the aggregated value, I is the number of inactive seeds, IN is the initiated germination seeds, R is the radicle-bearing only seedlings, SS is the number of short shoot seedlings, and RS is the number of normal shoot seedlings.

3. Results and their evaluation

Germination duration: As determined in the temperature gradient experiment, for wheat, 30 °C and 25 °C, which rapidly initiated germination, were faster to reach the standard measurement point in this study of 1cm plumule length in 48 hours, Figure 1A. Under 20°C that took longer for its germinated plumules to reach 1cm in the temperature gradient experiment, three days after subjecting seed to the treatment. Discarding 5 °C and 10 °C, the temperature degrees of 20 °C, 25 °C, and 30 °C has minor margin differences in germination duration followed by 15° that took slightly longer. For barley, Figure 1B, the thermal levels of 20 °C, 25 °C, and 30 °C accelerate germination commencement within 48 hours. There is marginal variation among germination duration with the temperature of 20 °C, 25 °C, followed by 30 °C followed by remarkable variations at 15 °C, 10 °C, and 5 °C, which required progressively more extended germination periods.

Seedling Growth: Wheat and barley seedlings had the best performance and the most remarkable growth rate with 20 °C, Figure 2A and 2B. In the same pattern with slightly lower growth performance under 15 °C, followed by 10 °C and 5 °C. Slightly identical performance was shown under 25 °C and 30 °C when in the very early stage of seedling development they grow faster followed by slowing the growth. Therefore, the optimal range for wheat seedling development is around 20 °C with a high growth rate followed by 15 °C for both crops. In similar conditions, barley seeds can better tolerate colder conditions than wheat, stating that wheat requires longer time germination starting from 20 °C and below [13]. In contrast, maize tolerated higher temperatures than barley and wheat, which required 48 hours to germinate in a temperature range of 20-25 °C, but it could not germinate at 5 °C and needed much more prolonged time under 10 °C and 15 °C [11].

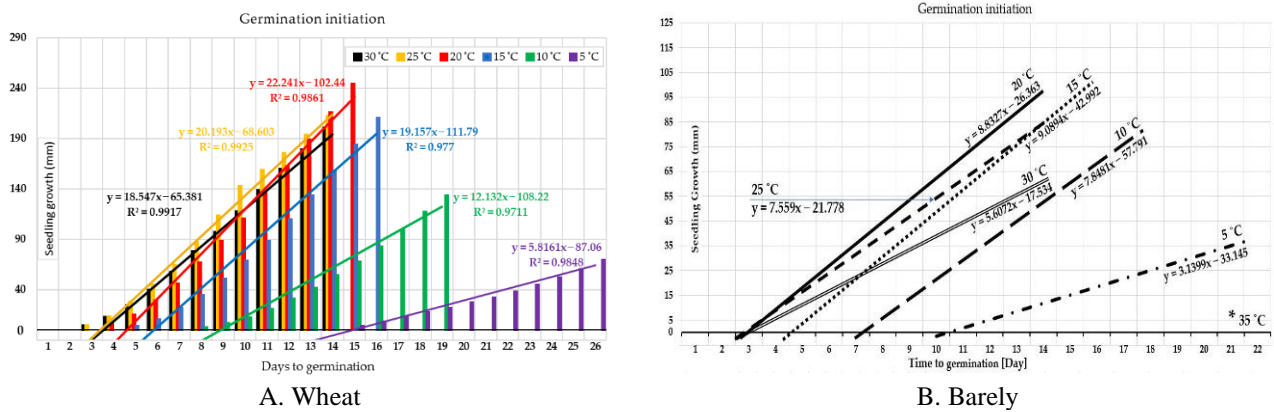


Figure 1: Germination duration (Khaeim et al., 2022a; Tarnawa et al, 2023)

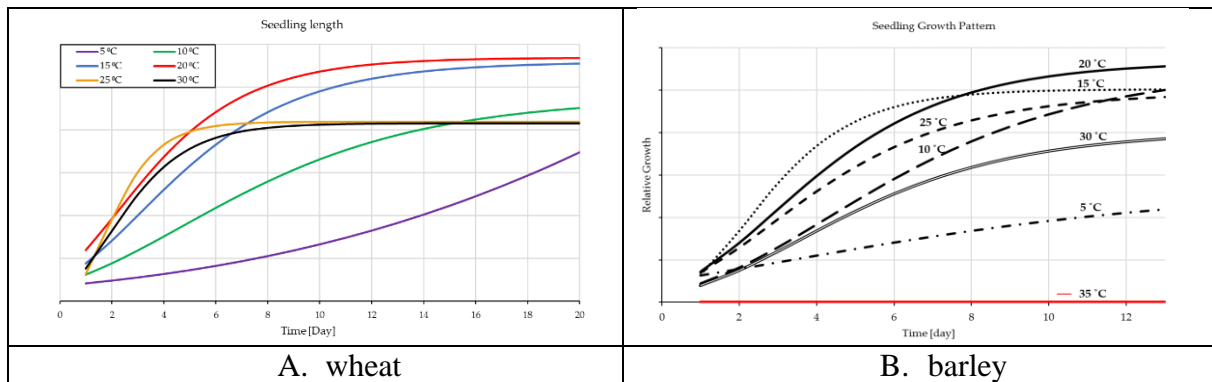


Figure 2: Temperature-dependent patterns (Tarnawa, et al 2023; Khaeim, et al., 2022a)

Water availability: Germination occurred at a water amount of 75% of the TKW for wheat seeds, and its ideal range was lower and narrower than the range for seedling development. Seed size provided an objective basis for defining germination water requirements. The current study established an optimal water supply range for wheat seedling growth of 525–825 percent of the TKW. Germination of barley commenced at 130% water of the TKW, and the ideal water range for seedling development was greater and more extensive than the range for germination, which means there is a difference between the starting point for germination and the seedling development. Seed size defines germination water requirements and provides an objective and more precise basis suggesting an optimal range supply of 720% and 1080% of TKW for barley seedling development, Figure 3A and 3B.

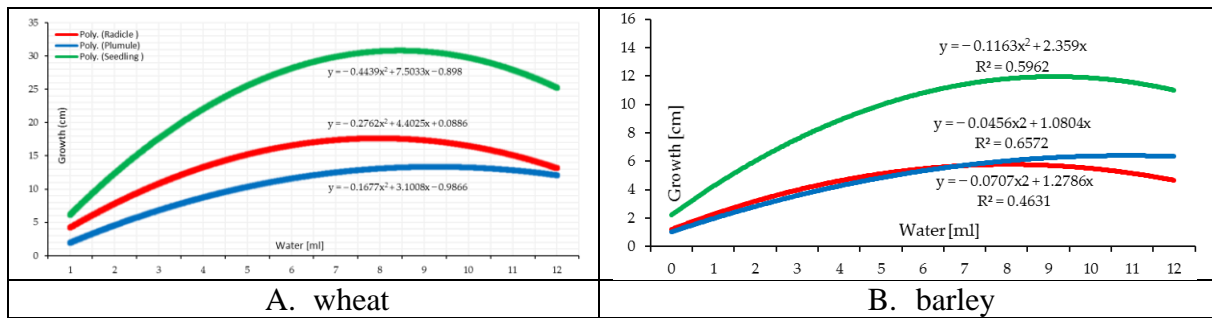


Figure 3: Growth in response to water amount
(Tarnawa et al, 2023; Khaeim et al., 2022a)

No significant differences were found among densities for both crops. In the context of plant breeding programs (where identical seeds are frequently limited and optimization of the use of the resources is a crucial factor), determining the ideal amount of seeds to employ in a petri dish experiment is of critical relevance, Table 1.

Table 1: Wheat seeds' characteristic variables respond to the seeds number per petri dish (Ákos Tarnawa, et al 2023; Khaeim, et al., 2022a)

	¹ Seeds n	² Not Germinated seeds %	³ Seedlings with radicle only %	⁴ Seedlings with A short plumule %	⁵ Seedlings with normal plumule %	⁶ Aggregated Value %
	Wheat	15	0.0267 ± 0.047	0.0000 ± 0.000	0.0000 ± 0.000	0.9733 ± 0.047
	20	0.0400 ± 0.046	0.0000 ± 0.000	0.0000 ± 0.000	0.9600 ± 0.046	0.9600 ± 0.046
	25	0.0280 ± 0.027	0.0040 ± 0.013	0.0000 ± 0.000	0.9640 ± 0.030	0.9653 ± 0.027
	L.S.D	* NS	NS	NS	NS	NS

	¹ Seeds n°	² Inactive seeds %	³ Initiated %	⁴ Radicle-bearing seedlings %	⁵ Short shoot seedling %	⁶ Regular shoot seedling %	⁷ Aggregate value %
	Barley	10	0.110 ± 0.057 a	0.010 ± 0.032 a	0.010 ± 0.032 b	0.110 ± 0.099 a	0.760 ± 0.040 a
	15	0.133 ± 0.118 a	0.013 ± 0.028 a	0.027 ± 0.034 ab	0.180 ± 0.109 a	0.660 ± 0.058 a	0.791 ± 0.042
	20	0.090 ± 0.088 a	0.035 ± 0.047 a	0.055 ± 0.060 a	0.145 ± 0.314 a	0.675 ± 0.087 a	0.794 ± 0.038
	25	0.048 ± 0.056 a	0.028 ± 0.060 a	0.008 ± 0.017 b	0.248 ± 0.239 a	0.608 ± 0.117 a	0.780 ± 0.076
	L.S.D	0.075 N.S	0.040 N.S	0.035	0.191 N.S	0.232 N.S	0.140 N.S

4. Conclusions

The ideal temperature for wheat and barley seedling development is 20 °C followed by 15 °C. Barley can tolerate cold more than wheat. Seed size impacts the demanded level of water for germination. Hence, TKW administrates a more accurate base for water level application for wheat and barley. Germination initiation requirement for wheat is more than barley but barely can tolerate drought more than wheat in seedling stages. There is no discernible difference in planting densities for seeds and seedlings in vitro for wheat and barley; hence, planting densities as low as 10 barley and 15 for wheat seeds per 9 cm PD are advised for laboratory study.

5. References

Abido, W. A. E., & Zsombik, L. (2018). Effect of water stress on germination of some Hungarian wheat landraces varieties. *Acta Ecologica Sinica*, 38(6), 422–428. <https://doi.org/10.1016/J.CHNAES.2018.03.004>

- Ákos Tarnawa; Zoltán Kende; Asma Haj Sghaier; Gergő Péter Kovács; Csaba Gyuricza; Khaeim, H. (2023). Effect of Abiotic Stresses from Drought, Temperature, and Density on Germination and Seedling Growth of Barley. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12091792>
- Bentsink, & Leónie, K. (2008). Seed Dormancy and Germination. <https://doi.org/10.1199/tab.0119>
- Beta, T., Qiu, Y., Liu, Q., Borgen, A., & Apea-Bah, F. B. (2020). Purple Wheat (*Triticum* sp.) Seeds. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 103–125). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818553-7.00010-3>
- Cone, J. W., & Spruit, C. J. P. (1983). Imbibition conditions and seed dormancy of *Arabidopsis thaliana*. *Physiologia Plantarum*, 59(3), 416–420. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1983.tb04224.x>
- Dadach, M., Mehdadi, Z., & Latreche, A. (2015). Effect of water stress on seed germination of *Thymus serpyllum* L. from Tessala mount. *Journal of Plant Sciences*, 10(4), 151–158. <https://doi.org/10.3923/jps.2015.151.158>
- Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Japhet, W., & Wang, P. (2009). Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal of Arid Environments*, 73(1), 135–138. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.08.009>
- Haj Sghaier, A., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The Effects of Temperature and Water on the Seed Germination and Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11(21), 2819. <https://doi.org/10.3390/plants11212819>
- Herman, J. J., Sultan, S. E., Horgan-Kobelski, T., & Riggs, C. (2012). Adaptive transgenerational plasticity in an annual plant: Grandparental and parental drought stress enhance performance of seedlings in dry soil. *Integrative and Comparative Biology*, 52(1), 77–88. <https://doi.org/10.1093/icb/ics041>
- Khaeim, H., Kende, Z., Balla, I., Gyuricza, C., Eser, A., & Tarnawa, Á. (2022a). The Effect of Temperature and Water Stresses on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Sustainability*, 14(7), 3887. <https://doi.org/10.3390/su14073887>
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Tarnawa, Á. (2022b). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- Kildisheva, O. A., Dixon, K. W., Silveira, F. A. O., Chapman, T., Di Sacco, A., Mondoni, A., Turner, S. R., & Cross, A. T. (2020). Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*, 28(S3), S256–S265. <https://doi.org/10.1111/rec.13140>
- Lemmens, E., De Brier, N., Goos, P., Smolders, E., & Delcour, J. A. (2019). Steeping and germination of wheat (*Triticum aestivum* L.). I. Unlocking the impact of phytate and cell wall hydrolysis on bio-accessibility of iron and zinc elements. *Journal of Cereal Science*, 90(July), 102847. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102847>
- Lian, J., Wu, J., Xiong, H., Zeb, A., Yang, T., Su, X., Su, L., & Liu, W. (2020). Impact of polystyrene nanoplastics (PSNPs) on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Hazardous Materials*, 385(38), 121620. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121620>
- Ostadian Bidgoly, R., Balouchi, H., Soltani, E., & Moradi, A. (2018). Effect of temperature and water potential on *Carthamus tinctorius* L. seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and modeling using hydrothermal time. *Industrial Crops and Products*, 113(January 2017), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.017>
- Rizzardi, M. A., Luiz, A. R., Roman, E. S., & Vargas, L. (2009). Temperatura cardeal e potencial hídrico na germinação de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*). *Planta Daninha*, 27(1), 13–21. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582009000100003>
- Vishal, B., & Kumar, P. P. (2018). Regulation of seed germination and abiotic stresses by gibberellins and abscisic acid. *Frontiers in Plant Science*, 9(June). <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00838>
- Yan, M., Xue, C., Xiong, Y., Meng, X., Li, B., Shen, R., & Lan, P. (2020). Proteomic dissection of the similar and different responses of wheat to drought, salinity and submergence during seed germination. *Journal of Proteomics*, 220(March), 103756. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103756>
- Yang, B., Yin, Y., Liu, C., Zhao, Z., & Guo, M. (2021). Effect of germination time on the compositional, functional and antioxidant properties of whole wheat malt and its end-use evaluation in cookie-making. *Food Chemistry*, 349(August 2020), 129125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129125>

The role of temperature on the germination activity of leguminous crops exposed to saline conditions

Noriza Khalid – Asma H. Sghaier – Márton Jolánkai – István Balla

*Institute of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Gödöllő, Hungary*

norizahockey@gmail.com

Summary

Plants seed require optimum abiotic conditions to successfully germinate and develop to reproductive stage. Abiotic elements for example temperature and saline condition influence the germination process of various plant seeds, including leguminous species. The focus of this study is to determine the germination rate and the seedlings growth development of three leguminous crops under two different temperatures and four levels of sodium chloride concentrations. Red clover (*Trifolium pratense*), Alfalfa (*Medicago sativa*) and chickpea (*Cicer arietinum*) were used in this *in vitro* trial. The results showed that combination of temperatures and sodium chloride (NaCl) concentration elevation suppressed the germination rate and the growth of the germinated seedlings. Alfalfa showed higher tolerance towards the combination of these two factors whereas red clover and chickpea were more susceptible.

1. Introduction

Seed germination is the starting process of the life cycle for most plant species. This process not only influence by biotic factors in the seeds but also external abiotic conditions, including temperature, water, and oxygen, to achieve successful germination. Germination started only with the combination of optimal environmental factors and multiple enzymatic activities which change the morphological and physiological aspect in the seed, resulting in the embryo activation within the seed. Under optimal temperature, germination starts as the seed absorbs water (seed imbibition), resulting in expansion of the seed and elongation of the embryo (*Tina and Leubner-Metzger, 2017*).

Furthermore, seeds will undergo secondary dormancy if exposed to one or multiple abiotic stresses which will prevent germination process initiated in unfavourable living conditions. As one of the protective mechanisms in angiosperm and gymnosperm, this survival strategy will protect the emerging seedlings from dying or undergo stunted growth due to uncondusive living conditions (*Miransari and Smith, 2014*). Secondary dormancy will be resolved as the seed determined the favourable soil condition is achieved and allowing the germination process starts.

In salt stress condition, increase in salt concentration in soil solutions will increase the osmotic pressure which prevent water absorption and entry into the seed thus, slowing down the seed imbibition. Sufficient amount of water is needed in the endosperm during germination which will allow the mobilization of essential nutrients and activation of various enzymes needed to complete the process (*Kaymakanova, 2009*). Several studies showed, salt stress caused by NaCl decreases the content of essential hormones for germination, such as gibberellins, while increasing the ABA levels (*Atia et al., 2009*). *Shu et al., (2017)* also observed the same effect in soybean seed germination, which is delayed by the reduced GA/ABA ratio. Moreover, due to high sodium ions (Na⁺) and chloride ion (Cl⁻) presence in high saline condition, the embryo and the young emerging seedling is exposed to these ions toxicity during the

early growth stage resulting in stunted development of the plants (*Khajeh-Hosseini et al.*, 2003) (*Kaymakanova*, 2009).

Furthermore, in high temperature condition, seed germination could be inhibited due to thermoinhibition. Results from a study on several main crops including rice, maize, and sorghum, shows a reduction in seed germination and negative seedling development at high temperature. The high temperature also caused a significant reduction in the length of sorghum stem and leaf length reduction in rice (*Iloh et al.*, 2014). Accumulation of B3-domain transcription factor FUSCA3 (FUS3) was detected in *Arabidopsis thaliana* during seed imbibition at high temperature causes. High level of the FUS3 protein in a seed caused a hypersensitive towards higher temperature in seeds. Subsequently, germination process is inhibited due to *de novo* synthesis of ABA which will cause the seed to stay in dormant state or cause secondary seed dormancy (*Chiu et al.*, 2012).

In addition, simultaneous occurrence of two or more abiotic stresses at the same growing season could be a more frequent situation in the future to be faced by farmers all around the world. Higher production cost may be needed by farmer to invest in various input to protect their crops against the aggravated impact of the combined abiotic stresses. Nowadays, high temperature stress together with high soil salinity is already common situation in semiarid and arid regions in the world (*Shahid et al.*, 2018). Several studies show, combination of high salinity and high temperature are more detrimental to seeds germination compared to in high salinity condition but at optimal temperature. *Neelambari et al.*, (2018) presented, the effect of these combined stresses reduced the germination rate, shoot length, and seedlings dry weight of wheat crop compared individual stress alone. Besides that, combined abiotic stresses also decreases the chlorophyll pigmentation in wheat crop which eventually reduce the photosynthetic rate. Meanwhile, sunflower seeds also showed the same observation as higher germination rate was achieved at lower alternating temperatures (10: 20°C) compared to at higher alternating temperatures (20: 30°C) under the same NaCl concentration (*Luan et al.*, 2014). *Khan and Ungar* (1996) explained, moisture evaporation may be elevated at high temperature causing higher salt concentration around the seeds. The limited water in the seeds reduce the metabolic processes in the endosperm, thus reducing the activation of the enzymes responsible for germination.

Therefore, this study was conducted to determine the effect of different salt concentrations and temperatures on the germination and growth of three leguminous crops species (*Khalid et al.*, 2023). Leguminous crops such as alfalfa and red clover are important crops not only for animal feed production but also for soil remediation. The ability to serve as cover crop especially in abiotic stress conditions can add extra value for the well-known nitrogen fixation ability. The information regarding the relationship between these two stresses on the germination and development of these crops may benefit farmers and further researches.

2. Materials and methods

The trial was carried out in the laboratory of Crop Production Institute of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary. Three species of leguminous crops; alfalfa, red clover and chickpeas were tested for this trial. The seeds were germinated at two different temperatures in four different saline concentrations. 0.5%, 1%, 1.5% and 2% saline solution was produced by diluting sodium chloride (NaCl) with distilled water. 0% solution consisting of distilled water was used as the control. The seeds were surface-sterilized for 5 minutes using 5% Hypo solution and was rinsed with distilled water three times. 13.5 cm petri dishes containing single layer Whatman filter paper were used to germinate all seeds.

Each petri dish contained 10 ml of saline solution and filled with 20 seeds except for chickpeas with only 10 seeds per petri dish. Four repetitions were carried out for each saline concentration and all seeds were incubated in Memmert type climatic chamber at 70% moisture for 10 days which control the growing temperature at 10 °C or 20 °C. The number of germinated seeds was counted, and the length of plumule and radicles developed were measured using a ruler on the 10th day after the treatment started. The data collected were analyzed using Microsoft Excel 2010 for charts, while IBM SPSS Statistics 27 was used for the analysis of variance (ANOVA).

3. Results

Based on the results collected, the germination rate of all three leguminous crop species declined as the NaCl concentration increases in both 10 °C and 20 °C conditions. The ANOVA result showed, there was a highly significant difference in the germination rate between groups of the crop species $F(2, 1279) = 19.084$, ($p < .001$). Table 1 shows, the temperature elevation from 10 °C to 20 °C increases the germination rate of all three species in 0.5% and 0% NaCl solution. However, the germination rate of red clover and chickpea reduced as the temperature increase to 20°C in 1% saline solution compared to at 10 °C. At 1.5% saline solution, only alfalfa germinated at 20 °C, whereas all three crops failed to germinate at 2% NaCl. Alfalfa also show more vulnerability to salt stress at 10°C than at 20°C. Tukey's *post hoc* test result showed there was no significant difference in germination rate between the three crops in 0% and 0.5% NaCl at 20 °C. However, the significant difference could be observed at 1.0% and 1.5% with alfalfa produced highest germination rate in both concentrations.

Table 1: Germination rate of each leguminous crops in each different condition

Temperature	Salinity (%)	Leguminous crops germination rate (%)		
		Red clover	Chickpeas	Alfalfa
10 °C	0.0	82.5Aab	65.0Aa	87.5Ab
	0.5	82.5Aa	62.5Aab	46.9Bb
	1.0	73.8Ab	50.0Aa	30.0Ca
	1.5	0.0Ba	0.0Ba	0.0Da
20 °C	0.0	93.8Aa	90.0Aa	84.0Ba
	0.5	85.0Aa	92.5Aa	82.5Ba
	1.0	63.7Bb	35.0Ba	72.5Bb
	1.5	0.0Ca	0.0Ca	41.3Ab

*Different capital letters annotate the significant difference between the salt concentration whereas the small letters annotate the significant difference between the crops at $p < 0.05$

In addition, the ANOVA results also show there was a significant interaction between salinity and temperature on the germination rate of the crop with $F(2, 1263) = 3.881$, ($p < 0.05$). The *post hoc* data showed there was no significant different in the germination rate at 10 °C between 0%, 0.5% and 1.0% salinity for both red clover and chickpeas. In contrast alfalfa, showed significant difference in the germination rate in all 3 saline concentrations at 10 °C. At 20 °C, the germination rate of red clover and chickpeas at 1% NaCl were significantly different with 0% and 0.5% NaCl. The germination rate of alfalfa only shows significant difference between 1.5% NaCl and the lower salt concentrations. There were no significant differences in the germination rate of alfalfa between 0% to 1% NaCl.

Table 2 and Table 3 showed that both radicle and plumule growth were suppressed as the salinity concentration increase in all three crop species. However, at 20°C radicle and plumule

length for all crops are longer than at 10°C in both 0% and 0.5%. The elongation started to decline at 1% NaCl and only alfalfa seedling emerged at 1.5% NaCl. Alfalfa and red clover produced longer radicle and plumule at 20°C than 10°C in 1% NaCl condition. In contrast, chickpeas produced the shortest radicles and shoots average in both temperatures compared to the other crops. Analysis of variance showed a highly significant difference of both radicle length $F(3, 1278) = 63.296$ and shoot length $F(3, 1278) = 170.707$ developed under the different salt concentrations with $p < .001$.

The ANOVA results also show there was significant interaction between salinity and temperature on the radicle and plumule growth of the crops with $F(2, 1263) = 25.166$, ($p < .001$) and $F(2, 1263) = 14.865$, ($p < .001$), respectively. The *post hoc* data showed there was significant difference of the radicle length developed in the four NaCl concentration for all 3 crop species except for chickpeas at 10 °C and alfalfa at 20 °C (Table 2). Chickpeas radicle length was not significantly different as the salt concentration increases while, alfalfa radicle was not significantly different at 0% and 0.5% salt concentration. Furthermore, the *post hoc* data (Table 3) on plumule length also show a high significant difference between the four NaCl concentrations tested for the three crop species except for alfalfa at 20 °C. At 20 °C, alfalfa did not produce significantly different plumule length in 0% and 0.5% salt concentration.

Table 2: Mean of radicle length developed after 10 days

Temperature	Salinity (%)	Leguminous crops radicle length (cm)		
		Red clover	Chickpeas	Alfalfa
10 °C	0	0.93a	0.20a	0.89a
	0.5	0.59b	0.37a	0.50b
	1.0	0.33c	0.36a	0.16c
	1.5	0.00d	0.00b	0.00d
20 °C	0	2.23a	0.62a	2.07a
	0.5	1.67b	1.01b	2.14a
	1.0	0.70c	0.19c	1.24b
	1.5	0.00d	0.00d	0.34c

*Different letters annotate the significant difference between the salt concentration at $p < 0.01$

4. Conclusions

Based on the results, elevation in salt concentration reduce the germination rate and interfere the growth of the emerging seedlings in all three crops species in both low and high temperature. Several studies presented similar results various plant species such as plant species such as *Origanum compactum* and *Oenothera biennis* (Laghmouchi et al., 2017) (Sharma, et al., 2014). In a study on four different legumes species, high salt concentration inhibits the embryonic axis growth in the seeds. The physiological inhibition in the endosperm, cause delay and stunted growth of the seedling's radicle and plumule (Tlahig et al., 2021). Nadeem, et al., 2019 also mentioned that leguminous species are more sensitive to salt stress at seedling growth stage than at the germination stage.

Table 3: Mean of plumule length developed after 10 days

Temperature	Salinity (%)	Leguminous crops plumule length (cm)		
		Red clover	Chickpeas	Alfalfa
10 °C	0	1.79a	1.33a	2.46a
	0.5	1.25b	0.74b	0.96b
	1.0	0.38c	0.15c	0.28c
	1.5	0.00d	0.00d	0.00d
20 °C	0	2.79a	1.54a	2.22a
	0.5	1.89b	2.03b	2.14a
	1.0	0.81c	0.06c	1.44b
	1.5	0.00d	0.00d	0.47c

*Different letters annotate the significant difference between the salt concentration at $p < 0.01$

However, at higher temperature of 20°C, alfalfa achieved higher germination rate and longer seedlings than at 10°C in higher salt concentration compared to red clover and chickpeas. Red clover also produced longer radicle and plumule at 20°C than at 10°C in high salt concentration whereas chickpeas is the most susceptible to salt stress as the temperature increase. Therefore, it can be concluded that alfalfa had the highest salt tolerance as the temperature increase which show higher germination rate and growth at 1.5% salt concentration, followed by red clover, and chickpeas was the most susceptible to salt stress. Two studies show other plant species were also more susceptible to salt stress at higher temperature compared to an optimal temperature (Gulzar *et al.*, 2001) (Zhang *et al.*, 2012). In a study on other forage legumes, a higher accumulation of chloride (Cl) ions was found in the seed embryo at a higher temperature. This chloride ion caused toxicity in the embryo, leading to germination suppression (Humphrey, 1995).

In conclusion, this study may be extended to other crop species and may be carried out on open field in the future. Due to climate change and soil quality degradation nowadays, studies on any abiotic stress impact on every crop are essential for farmers and growers. These data can also be the starting point to discovering the best mitigation action on the adverse effect of abiotic stress on crop plants. Higher tolerance plant may be cultivated in marginal soil as a source of income and possibly for soil remediation.

5. References

- Atia, A., Debez, A., Barhoumi, Z., Smaoui, A., & Abdelly, C. (2009). ABA, GA(3), and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. *Comptes rendus biologiques*, 332(8), 704–710.
- Chiu, R. S., Nahal, H., Provart, N. J., & Gazzarrini, S. (2012). The role of the Arabidopsis FUSCA3 transcription factor during inhibition of seed germination at high temperature. *BMC Plant Biology*, 12(1), 1–16.
- Gulzar, S., Khan, M., & Ungar, I. (2001). Effect of salinity and temperature on the germination of *Urochondra setulosa* (Trin.) C. E. Hubbard. *Seed Science and Technology*, 29(1), 21–29.
- Humphrey, A. E. (1995). Partitioning of chloride ion in the germinating seed of two forage legumes under varied salinity and temperature regimes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26(19-20), 3357–3370.
- Iloh, A., Omatta, G., Ogbadu, G. H., & Onyenekwe, P. C. (2014). Effects of elevated temperature on seed germination and seedling growth on three cereal crops in Nigeria. *Scientific research and essays*, 9(18), 806–813.
- Kaymakanova, M. (2009). Effect of salinity on germination and seed physiology in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 23, 326–329.

- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A., & Bingham, I. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. *Seed Science and Technology*, 31(3), 715–725.
- Khalid, N., Sghaier, A.H., Jolánkai, M., Ákos Tarnawa, A. (2023). The role of temperature on the germination activity of leguminous crops exposed to saline conditions. *Időjárás* (in press).
- Khan, M. & Ungar, I. (1996). Influence of Salinity and Temperature on the Germination of *Haloxylon recurvum* Bunge ex. Boiss. *Annals of Botany*, 78 (5), 547–551.
- Laghmouchi, Y., Belmehti, O., Bouyahya, A., Senhaji, N., & Abrini, J. (2017). Effect of temperature, salt stress and pH on seed germination of medicinal plant *Origanum compactum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 156–160.
- Luan, Z., Xiao, M., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Wu, Y., Guan, B., Song, Y. (2014). Effects of salinity, temperature, and polyethylene glycol on the seed germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *The Scientific World Journal*, 2014, 1–9.
- Miransari, M., & Smith, D. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110–121.
- Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Wang, M., Ali, A., Cheng, A., Wang, X., & Ma, C. (2019). Grain Legumes and Fear of Salt Stress: Focus on Mechanisms and Management Strategies. *International journal of molecular sciences*, 20(4), 799.
- Neelambari., Singh, A. K., & Kumar, S. (2018). Effect of individual and combined salinity and high temperature stress during germination stage of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(7), 1723–1730.
- Shahid, S., Zaman, M., & L., H. (2018). Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. In S. Shahid, M. Zaman, & H. L. (Eds.), *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques* (pp. 43–53). Cham: Springer.
- Sharma, S., Jamwal, A., & Puri, S., Bhattacharya, S., Randev, N., & Thakur, K. (2014). Effect of Salt Stress on Seedling growth and Survival of *Oenothera biennis* L. . *International Research Journal of Environment Sciences.*, 3, 70–74.
- Shu, K., Qi, Y., Chen, F., Meng, Y., Luo, X., Shuai, H., Zhou, W., Ding, J., Du, J., Liu, J., Yang, F., Wang, Q., Weiguo, L., Yong, T., Wang, X., Feng, Y. Q., & Yang, W. (2017). Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–12.
- Tina, S., & Leubner-Metzger, G. (2017). The biomechanics of seed germination. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), 765–783.
- Tlahig, S., Bellani, L., Karmous, I., Barbieri, F., Loumerem, M., & Muccifora., S. (2021). Response to Salinity in Legume Species: An Insight on the Effects of Salt Stress during Seed Germination and Seedling Growth. *Chemistry & Biodiversity*, 18(4), 1–16.
- Zhang, H., Irving, L. J., Tian, Y., & Zhou, D. (2012). Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. . *South African Journal of Botany*, 78, 203–210.

Pea (*Pisum Sativum L.*) germination: Investigating the effect of temperature and water availability on seedling development

Petra Piroska – Gabriella Erzsébet Szemők – László Balázs – Gergő Péter Kovács

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

Piroska.Petra@phd.uni-mate.hu

Summary

The germination of seeds and the subsequent development of seedlings are significantly influenced by abiotic factors. The goal of our study was to identify the optimal conditions for pea germination and the subsequent growth of seedlings. We specifically investigated factors such as temperature, water availability, seed density, and the management of fungal growth. (*Pisum Sativum L.*). To investigate the germination process of pea seeds, we conducted experiments under controlled conditions, maintaining a consistent temperature range of 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, and 30 °C. In the water experiment, we examined 14 different water levels, with intervals of one milliliter, and 19 water levels based on the thousand kernel weight (TKW). Furthermore, the study included the evaluation of four varying seed densities (5, 7, 9, and 11) and the implementation of two different techniques for applying antifungal agents. The results demonstrated that temperature has a significant influence on seed germination, the timing of germination, and the subsequent development of seedlings. The optimal temperature range for germination was found to be between 15 °C, 20 °C, and 25 °C. For seedling development, the study identified an optimal range of 8.5 ml to 10.05 ml. Moreover, the results suggest that using seed densities of 9 and 11 seeds per unit area is ideal for achieving effective pea growth. Furthermore, the study revealed that seed priming is a more effective technique for applying antifungal agents compared to other methods.

1. Introduction

The *Leguminosae* family, of which *Pisum sativum L.*, also known as pea, is a part, holds significant importance as a crop family. Legumes, following grass crops, hold the position as the second most crucial family of crop plants, making up approximately 27% of global crop production (Graham & Vance, 2003). The family plays a crucial role due to the unique ability of legumes to fix atmospheric nitrogen (Lock, 2005). The ability of legumes to fix atmospheric nitrogen offers advantages not only to legume crops but also to intercropped or subsequent crops, as it minimizes or eliminates the need for nitrogen fertilizers. Improved measurement and assessment of biological nitrogen fixation (BNF) in legumes can offer farmers more precise recommendations for nitrogen management, resulting in higher productivity and decreased negative environmental impacts (Liu Yanyan and Wu, 2011). Peas are cultivated in various countries, primarily in temperate zones. Around the globe, approximately 25 million hectares of peas are planted each year, and China holds the position as the second-largest global producer of peas (Raghunathan et al., 2017); (Zhou et al., 2019).

The seeds of peas contain starch, protein, and oil, which exhibit medicinal qualities known for their diuretic and antidiarrheal effects (de Almeida Costa et al., 2006). In recent years, the rich nutritional and medicinal value of peas has garnered significant attention from scientists worldwide, leading to extensive research efforts. (Gao et al., 2022).

The constant increase in the world's population has led to plants becoming a progressively abundant protein source for human nutrition. Additionally, developed countries are experiencing an increasing demand for high-quality plant protein as a valuable nutritional source. The underlying reason behind this trend is the acknowledgment that plants are regarded as a

healthier and environmentally sustainable choice in comparison to animal protein (*Medina-Remón et al.*, 2018; *Vanamala*, 2017).

Pea seeds are remarkable for their high protein content, typically ranging from 23% to 35%. Moreover, they also contain slowly digestible starch, dietary fibers, minerals, and sugars (*Bastianelli et al.*, 1998). This legume holds global recognition for its significant contribution to approximately one-third of the direct protein intake of humans. Additionally, it plays a crucial role as a primary forage source for animals (*Lock*, 2005).

In the present day, the reduction of agricultural land due to climate change is emerging as a pressing global issue of growing significance. With the anticipated decrease in arable land area to around two-thirds, the sustainability of the continuously expanding population in the future raises significant concerns. In response to the mounting pressure on agriculture, there is an increasing demand to embrace urban farming, and vertical crop cultivation emerges as a promising solution for food production in urban areas. Effective vertical crop cultivation requires a comprehensive understanding of the specific parameters unique to each plant species. Germination serves as the primary and crucial step in this process.

Germination is a natural process that triggers and nurtures the growth of a seedling through the generation of biological and biochemical responses (*Poudel et al.*, 2019; *Mei and Song*, 2008). During the initial phase of germination, known as imbibition, seeds rapidly absorb water. As a result of this water absorption, the seed coat swells and softens under optimal temperatures (*FU et al.*, 2021; *Koornneef et al.*, 2002).

2. Material and methods

In the temperature experiment, the primary focus of this research was to examine the germination process of pea seeds under seven different temperature conditions: 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, and 35 °C. Pea seeds were placed in labelled Petri dishes, with each dish containing nine pea seeds and 9 ml of distilled water to ensure uniformity and consistency. The non-germinated seeds were counted, and the lengths of both the radicles (root) and plumules (shoots) of all the germinated seedlings were measured.

The water amount experiment based on the method of *Haj Sghaier et al.* (2023) and *Khaeim et al.* (2022). We used sterile Petri dishes. Pea seeds were subjected to 14 distilled water amounts based on millilitre intervals and 19 distilled water amounts based on thousand kernel weight (TKW). Thousand seed weight is indeed a measurement that reflects the physical property of seeds. It quantifies the weight of one thousand seeds from a particular batch and provides valuable information about seed size and density. The Petri dishes were labelled, and nine-nine seeds were uniformly placed in each dish, with 5 replications for each of the 33 treatments. The experiment was conducted in two sets, both at a controlled chamber temperature of 20 °C. After a 10-day incubation period, various physical measurements and evaluations were conducted. The Petri dishes were taken out of the chambers, and the lengths of both the radicles (roots) and plumules (shoots) were measured for all the germinated seedlings. Additionally, a count was made of the number of non-germinated seeds. Subsequently, the labelled radicles and plumules were placed in an oven set to a temperature of 65 °C for a duration of two days. Finally, the radicles and plumules of nine seedlings from each experimental unit were weighed using an analytical scale to determine their dry weights.

An antifungal treatment was administered during the experiments using a mixture of Hypo (hypochlorite solution) and Bordeaux's mixture. These mixtures were utilized in two different application methods and at varying concentrations. The effects of the Hypo and Bordeaux's mixture on fungal growth were investigated by applying them to Petri dishes containing pea seeds. In the first application technique, the fungicide was used at four different concentrations

(0, 1, 10, 100, 1000, and 10,000 ppm) and applied to the growth media in the Petri dishes. In the second technique, the seeds were sterilized separately in 1000 ppm Bordeaux's mixture and 3% Hypo solutions for three minutes, followed by rinsing with distilled water. Two sets of ten replications were incubated at temperatures of 20 °C and 40 °C. Additionally, the impact of seed density on germination was investigated during the tests, as the number of seeds can have an influence on plant development.

For this experiment, a total of 40 Petri dishes were utilized, and the germination process was observed using four different seed quantities. Each Petri dish was assigned one of the following seed quantities: 5, 7, 9, or 11 seeds, which were placed individually in separate dishes. Following that, we distributed each seed quantity into 10 distinct containers, and using a pipette, we added 9 milliliters of distilled water to each container. Finally, all the containers with the seeds were transferred to a climate chamber, which maintained a constant temperature of 20 °C. The measurable parameters were categorized into five groups: non-germinated seeds, seed with germination in progress, seeds with visible shoot initiation, seeds with visible root initiation and seeds with normal sized roots and shoots (3 cm). The presented data and results were averaged and expressed as mean values for each sub-experimental section.

Computing programs, along with analysis of variance (ANOVA) and Fisher's test of least significant differences, were used to determine significant differences at a 5% probability level for the water quantity experiment, seedling density experiment, and antifungal growth experiment.

3. Results

In the temperature experiment, germination was evaluated when 80% of the seeds reached a plumule length of 0.5 cm. The results indicated that the most efficient germination occurred at temperatures of 15 °C, 20 °C, and 25 °C. Measurable results were observed in the seeds after 10 days at 5 °C. At 10 °C, the seedlings became measurable starting from the fourth day. When maintained at 15 °C, accurate measurements of plant parts could be taken as early as the second day. Efficient measurements of plant parts were possible from the second day at 20 °C, with the longest seedlings observed at the end of the experiment. The most significant results at 25 °C were obtained on days 8-10. Seedlings did not grow beyond 3 cm at 30 °C, and no germination occurred at 35 °C. Overall, the most effective germination occurred at 15 °C, 20 °C, and 25 °C. These results showed at the Figure 1.

Figures 2 and 3 present the growth patterns of the radicle and shoot, respectively, under different temperature levels. While both radicles and shoots can grow at various temperatures, the most optimal temperature range for growth is 15°C, 20°C, and 25°C.

The water amount experiment examined the impact of different water quantities on seedling, shoot, and root growth. Significant differences were observed in radicle and shoot length across various water levels based on growth indices and dry weight accumulation, both in milliliter-based measurements and TKW percentage. Results from the water potential test showed that adding 0 ml had no effect, while 1 ml resulted in a 2% germination rate. The optimal water potential for peas was found to be between 8 ml and 14 ml. However, even with a minimal amount of 2 ml, seeds were still able to germinate (Figure 2).

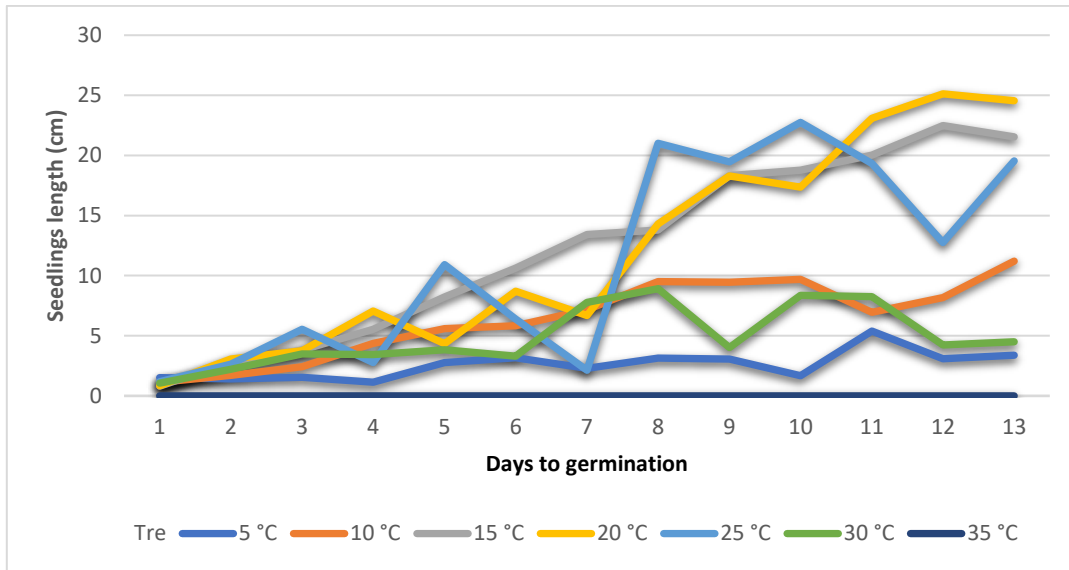


Figure 1: Germination and seedling growth of Pisum sativum

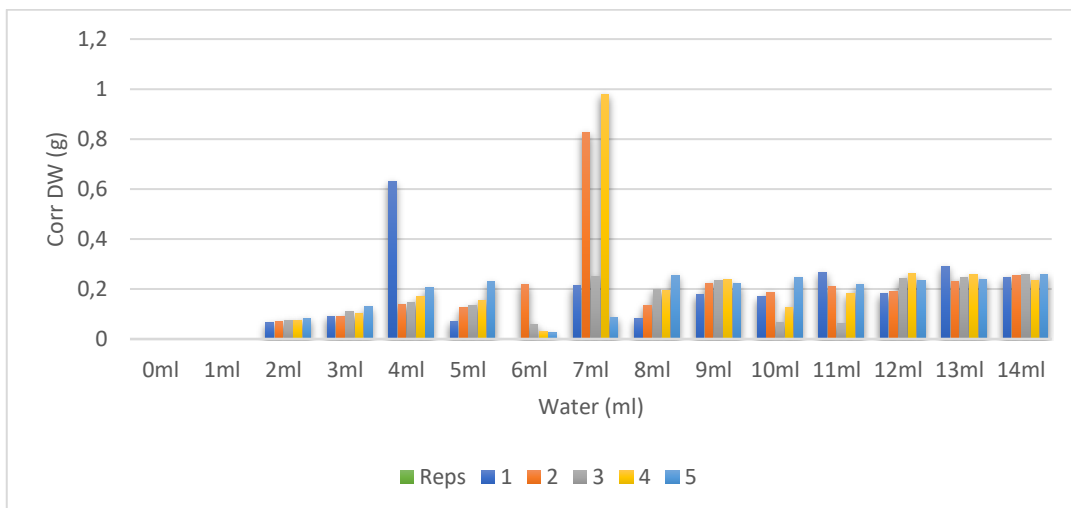


Figure 2: Corrugated Dry weight of pea in several water levels

The water potential test results showed that adding 0 ml had no effect, while 1 ml resulted in a 2% germination rate. Optimal water potential for peas was found between 8 ml and 14 ml. Even with a minimal amount of water (2 ml), seeds still germinated (Figure 2). Increased water amounts significantly promoted root growth, particularly at 7 ml. Optimal water potential for peas ranged from 7-11 ml based on dry weight and TKW measurements, with the highest germination percentage and dry mass observed between 6.95 and 11.6 ml.

In the antifungal experiment, lower concentrations (0 and 1 ppm) had the best impact on germination and growth, while higher concentrations (1,000 ppm and 10,000 ppm) showed slightly lower germination rates. Hypo-containing medium improved germination and reduced fungal growth, but there were no major differences compared to the control.

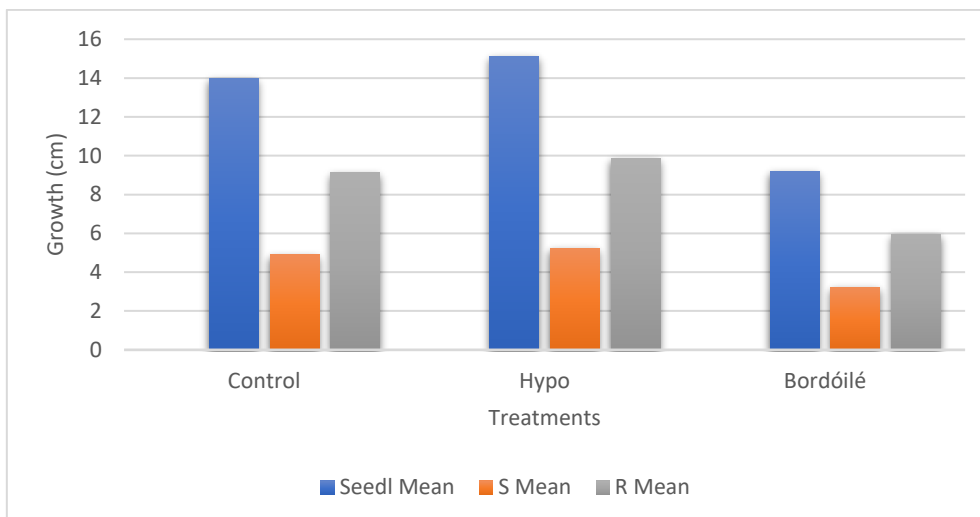


Figure 3: The effect of seed priming on the growth of the seedlings

The density experiment showed that using five pea seeds per Petri dish resulted in consistent normal growth of shoots and roots. However, using seven seeds led to varied seed conditions. The density experiment revealed varied seed conditions, including ungerminated seeds, seeds at different stages of germination, and seeds with normal-sized plant parts. Similarly mixed results were observed when using the standard nine or eleven pea seed pots.

4. Conclusions

The study's findings emphasized the key factors that impact the germination of pea and determined the ideal range for successful germination and seedling development. For pea seed germination and seedling growth, the recommended temperature was 15°C, 20 °C and 25 °C. The germination potential decreased outside the optimal and suboptimal ranges. This information can be utilized to determine appropriate planting times based on the optimal temperature for seed germination. According to the TKW method, pea seeds can be germinated starting at a volume of 1,55 ml. The optimal water range for the accumulation of dry weight, was 8.5–10.05 ml (180–214% of the TKW). Optimizing water availability for seeds by considering the TKW (Thousand Kernel Weight) percentage is a more accurate strategy as it takes into account the seed's weight and size when estimating the optimal water requirements for development. In addition, optimizing the seedling density is crucial to prevent limitations caused by water factors and competition among seedlings. Therefore, it was concluded that an optimal seed density of 9-11 seeds per Petri dish was determined for in vitro growing of pea. Lastly, it is recommended to prime the seeds with an antifungal agent to inhibit fungal growth for effective anti-fungal control. These findings hold potential benefits for future research and growing plants.

5. References

- Bastianelli, D., Grosjean, F., Peyronnet, C., Duparque, M., & Régnier, J. M. (1998). Feeding value of pea (*Pisum sativum*, L.) 1. Chemical composition of different categories of pea. *Animal Science*, 67(3), 609–619. <https://doi.org/10.1017/S1357729800033051>
- de Almeida Costa, G. E., da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M., & de Oliveira, A. C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020>

- Fu, F., Peng, Y., Wang, G., El-Kassaby, Y. A., & Cao, F. (2021). Integrative analysis of the metabolome and transcriptome reveals seed germination mechanism in *Punica granatum* L. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 132–146. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63399-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63399-8)
- Gao, L., Wu, Y., Wan, C., Wang, P., Yang, P., Gao, X., Eeckhout, M., & Gao, J. (2022). Structural and physico-chemical properties of pea starch affected by germination treatment. *Food Hydrocolloids*, 124, 107303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107303>
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology*, 131(3), 872–877. <https://doi.org/10.1104/pp.017004>
- Haj Sghaier, A., Khaeim, H., Tarnawa, Á., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2023). Germination and Seedling Development Responses of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds to Temperature and Different Levels of Water Availability. *Agriculture*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture13030608>
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Tarnawa, Á. (2022). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- Koornneef, M., Bentsink, L., & Hilhorst, H. (2002). Seed dormancy and germination. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(1), 33–36. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(01\)00219-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1369-5266(01)00219-9)
- Liu Yanyan and Wu, L. and B. J. A. and W. C. A. (2011). Models of Biological Nitrogen Fixation of Legumes. In M. and N. M. and D. P. Lichtfouse Eric and Hamelin (Ed.), *Sustainable Agriculture Volume 2* (pp. 883–905). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_39
- Lock, M. ; M. B. ; S. B. ; L. G. (2005). *Legumes of the World*. Royal Botanical Gardens: Kew.
- Medina-Remón, A., Kirwan, R., Lamuela-Raventós, R. M., & Estruch, R. (2018). Dietary patterns and the risk of obesity, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular diseases, asthma, and neurodegenerative diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 262–296. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1158690>
- MEI, Y., & SONG, S. (2008). Early Morphological and Physiological Events Occurring During Germination of Maize Seeds. *Agricultural Sciences in China*, 7(8), 950–957. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60134-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60134-0)
- Poudel, R., Finnie, S., & Rose, D. J. (2019). Effects of wheat kernel germination time and drying temperature on compositional and end-use properties of the resulting whole wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 86, 33–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.004>
- Raghunathan, R., Hoover, R., Waduge, R., Liu, Q., & Warkentin, T. D. (2017). Impact of molecular structure on the physicochemical properties of starches isolated from different field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Saskatchewan, Canada. *Food Chemistry*, 221, 1514–1521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.142>
- Vanamala, J. (2017). Food systems approach to cancer prevention. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2573–2588. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1028023>
- Zhou, D., Ma, Z., Yin, X., Hu, X., & Boye, J. I. (2019). Structural characteristics and physicochemical properties of field pea starch modified by physical, enzymatic, and acid treatments. *Food Hydrocolloids*, 93, 386–394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.048>

Nitrogen nutrition and weed management effects on yield and chemical composition of soybean (*Glycine max* L. Merr)

Rosnani Binti Abd Ghani – Zoltan Kende – Akos Tarnawa – Suhana Binti Omar –
Maria Katalin Kassai – Marton Jolankai – Noriza Binti Khalid

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

Abd.Ghani.Rosnani@uni-mate.hu

Abstract

Soybean grain, with its high protein and valuable lipid content, is a vital component of the global food and feed industries. Apart from the genetically determined quality characteristics of a certain variety, management practices may influence the manifestation of quality parameters. At the Institute of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, agronomic impacts on grain yield, protein and lipid content of soybean crop was studied in a replicated field trial. Nitrogen application and various weed control managements were investigated, and grain yield samples were evaluated in accordance with the treatments. The results indicated that nitrogen topdressing had a positive, but not significant on grain yield. However, the means of weed control resulted in an almost twofold yield improvement compared to the control. The treatments had diverse effects on protein and lipid content of the crop yield, but significant protein and lipid yield improvement of the crop were observed.

1. Introduction and literature review

Soybean is the most important legume grown worldwide for food production and animal feeds due to its high nutritional value (*Sanginga et al.*, 2002). Protein and lipid are two of the most important nutritional compositions in soybean (*Gerge and White*, 2008). On average, protein and lipid together constitute about 60% of dry soybeans which include 40% protein and 20% lipid (*Maleki et al.*, 2013). Soybean yield and seed composition are affected by environmental conditions, variety, and agronomic practices such as fertilizer and weed management.

Nitrogen (N) is an important nutrient for soybean. According to *Fageria and Baligar* (2005), N is essential for soybean vegetative growth and biomass production. Biologically fixed N₂ and mineral N fertilizer are the two main sources of N for soybean (*Salvagiotti et al.*, 2008). If there is a deficiency of fixed N₂, N fertilization is required (*Miransari*, 2016). *Wood et al.* (1993) discovered a positive influence on soybean grain yields for treatments that applied N fertilizer in different sites. They also observed that the response to N fertilizer depends on the cultivar and application time. *Taylor et al.* (2005) reported the same finding that N application enhanced yield, but regardless of planting date, variety or location.

Most studies have indicated that N influenced soybean yield in most environmental conditions. However, N has not influenced soybean protein and oil content because mostly of protein and oil are affected by planting date, variety, and cultivation environment. Currently, lack of information on the influence of N on the soybean ES Gladiator variety planted on a crop site with brown forest soil. Therefore, it is important to study the effect of N application on yield and chemical content of certain soybean variety in specific soil type.

Furthermore, weed control is critical in soybean cultivation. Weeds can reduce soybean yield by up to 80% in certain areas if not managed properly (*Gazziero*, 2004). According to *Marangoni et al.* (2013), weed management (weeded vs. unweeded) has a significant impact on soybean yield. They evaluated the effect of weed management on different soybean cultivars and discovered that some have positive effects on yields while others have a negative effect. According to earlier research, weed management has a clear effect on soybean yield for certain

varieties. There is, however, insufficient information on the effect of weeds on yield and seed composition, particularly the alimentary value of the studied variety in the given environment. Therefore, the influence of weeds on a specific variety and the environment also must be evaluated. Thus, a study was conducted to examine the influence of N application and weed management on the yield and chemical composition of soybean variety grown on specific soil type. The findings of this study were published in the journal of *Acta Alimentaria* (*Abd Ghani et al.*, 2021).

2. Materials and methods

The field experiment was carried out on sandy loam, brown forest soil at the MATE Institute of Agronomy Gödöllő, Hungary, during the 2020 growing season. The soybean variety ES Gladiator was used at a plant density of 540,000 plants per hectare. The experimental design was a 2 x 3 factorial in a split plot with four replicates. Nitrogen (N) fertilizer was assigned to the main plot, and weed canopy to the sub-plot. Based on crop requirements, the basic fertilizer treatments were applied to the experimental area using standard practices (*Birkás et al.*, 2004). After eleven weeks of planting, the plants were supplied with N based on the treatments, which included no N fertilizer and 200 kg N/ha. Weeds were controlled every two weeks according to the weed canopy treatments which were weedy, hand weeded and mechanically weeded.

At harvest, all the plants in a sampling area of 1.5 m² per plot were harvested to calculate grain yield. The harvested pods were oven-dried for two days at 50°C. The dried pods were then hand-threshed and the grains were weighed to calculate the grain yield per plot. The grains were ground to determine protein and lipid content using a NIR Product Analyzer (INSTALAB 600). Protein and lipid yield were estimated by multiplying its content by the dry grain yield. A one-way ANOVA was conducted using IBM SPSS V.23 software to compare the effect of the different N fertilizer and weed canopy on all parameters. ANOVA was performed at $p=0.05$ level of significance to determine whether the treatments were different. Post hoc comparisons using the least significant difference (LSD) test was made at $P<0.05$.

3. Results and discussion

There was no significant difference between N supply (200 kg N/ha) and the control (0 kg/ha). However, soybean with N supply was 14.78% higher than the control. Similarly with the findings by *Kaschuk et al.* (2016) who found that N supply did not increase yield of soybean varieties. *Wood et al.* (1993) reported that the response of soybean yield to N fertilizer depends on the location, variety and application time. In contrast, *Taylor et al.* (2005) found that N increased grain yield regardless of planting date, variety or location. A study in Kashmir showed that soybean yield increased significantly with the increasing of N up to 150 kg/ha (*Hamid et al.*, 2009). A research across the USA showed that the grain yield increased when N was used up to 120 kg/ha (*Mourtzinis et al.*, 2018). The positive response of soybean grain yield to N fertilizer is most likely related to the low-nodulation variety or to an environmental constraint on soybean growth. Both of those factors have restricted N fixation, resulting in a positive response to N fertilizer.

The grain yield of soybean was significantly different at different weed canopy treatments (Figure 1). The grain yield for the hand weeded was the highest and significantly different with the weedy and mechanically weeded. *Marangoni et al.* (2013) and *Nepomuceno et al.* (2007) found that the yields were reduced by 30-32% when no weed control was done. *Pires* (2005) observed that all cultivars under the presence of weeds displayed yield reductions. As a result of these studies, it was obvious that weeds have an impact on soybean yield. In fact, if the weeds

are controlled mechanically, the stumps or roots of the weeds that are still left will also interfere with the soybean yield. One of the possible disruptions is competition for nutrients, water and light between crops and weeds.

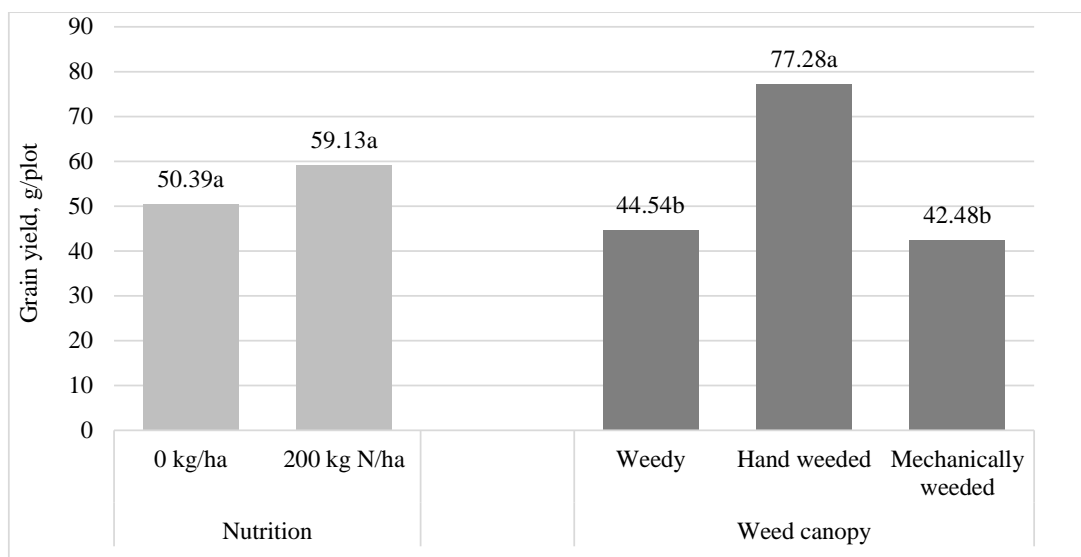


Figure 1: Effect of nutrition and weed canopy on grain yield (g/plot) of soybean. Means with the same letter are not significantly different from one another by LSD at $p < 0.05$

There was no significant difference in protein content at the different N supply and weed canopy (Figure 2). The protein content for mechanically weeded was the highest but not significantly different with weedy treatment. There was also no significantly different for both N supply and weed canopy on lipid content (Figure 3). Similar results with *Wood et al.* (1993) that reported six of the seven cultivars did not have a significant effect on protein and oil content of soybean. They concluded that N fertilization was ineffective for modifying the protein and oil content of soybean in Alabama, but that selecting cultivars with the desired oil and protein content would be a more reliable method of producing premium soybean based on seed composition. However, *Kaur et al.* (2017) reported that when 179 kg N/ha was applied on clay soil reduced protein by 1.05% and increased oil content by 0.7% compared to unfertilized soybeans. Soybean seed composition responded inconsistently to N fertilization, most probably due to climatic conditions such as lower temperatures and higher precipitation during seed filling may reduce protein and oil concentration, whereas high air temperatures and moderate rainfall during seed filling period can result in higher protein concentration in soybean seeds (*Bennett and Krishnan, 2005*).

There are limited previous findings on the effect of weeds on protein and lipid content of soybean. A study done by *Ariunaa et al.* (2006) found that no significant difference between unweeded and chemical control on both protein and fat content. Therefore, the presence of weeds has no effect on the protein and lipid content of soybean, but it could be due to other factors including environmental constraints such as drought or water stress conditions, which will cause inconsistent chemical composition. *Peer et al.* (2013) found that integrated hand weeding and herbicide recorded comparable lipid content in soybean yield.

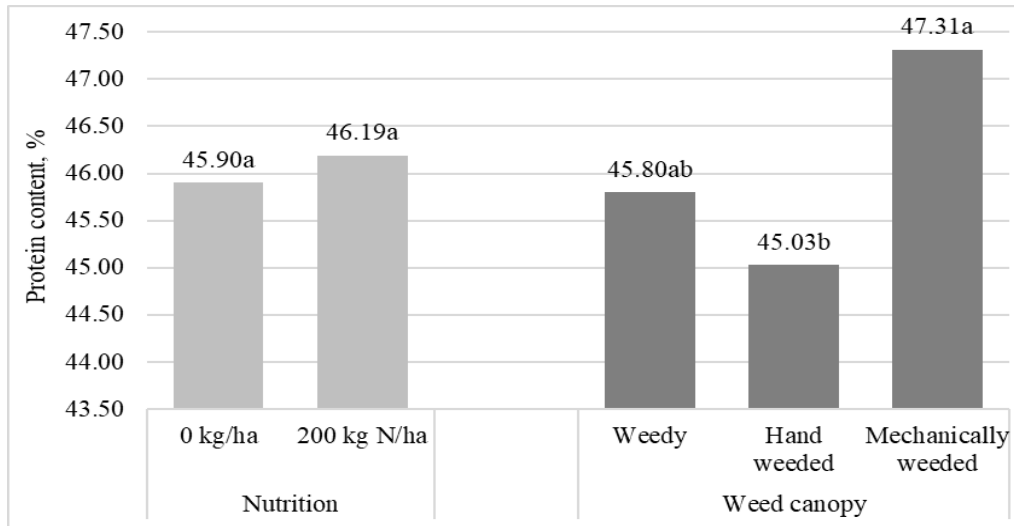


Figure 2: Effect of nutrition and weed canopy on protein content (%) of soybean. Means with the same letter are not significantly different from one another by LSD at $P < 0.05$

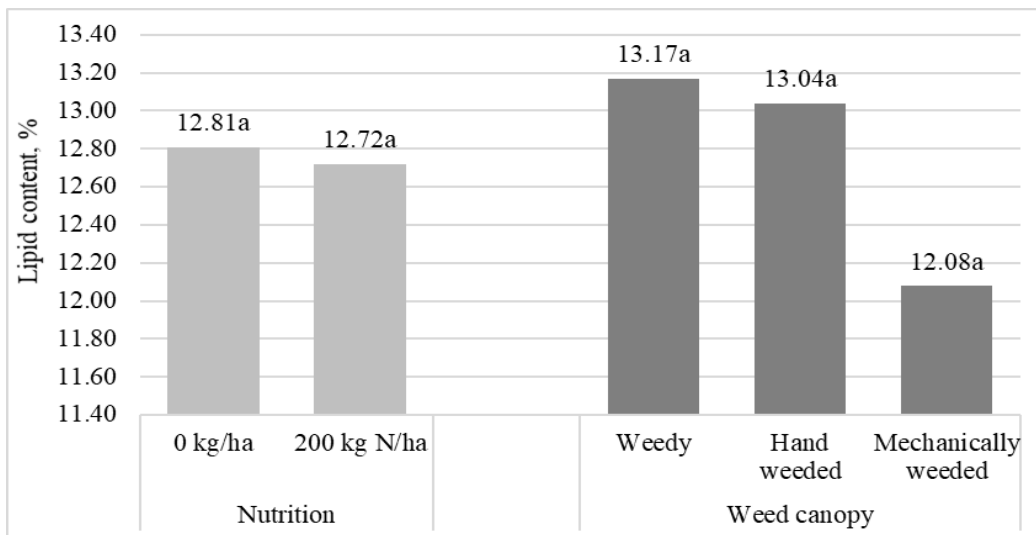


Figure 3: Effect of nutrition and weed canopy on lipid content (%) of soybean. Means with the same letter are not significantly different from one another by LSD at $P < 0.05$

There were no significant differences in protein yield under different N treatment (Figure 4). However, the application of 200 kg N/ha gave 14.69% higher soybean yield than without N supply. The results also revealed that the protein yield under different weed canopy was significantly higher at the hand weeded treatment (Figure 4). The result on lipid yield showed a similar trend (Figure 5). Soybean that was supplied with 200 kg N/ha was 12.71% higher with lipid yield than no N supply. The results on weed canopy showed that hand weeded was high significant different than the weedy and mechanically weeded. Although protein and lipid concentrations did not differ significantly under weed canopy conditions, the high grain yield on hand weeded treatment caused protein and lipid yield to increase greater than in other treatments. Soybean production based on seed composition yield is important in food production industries such as processed foods and oils.

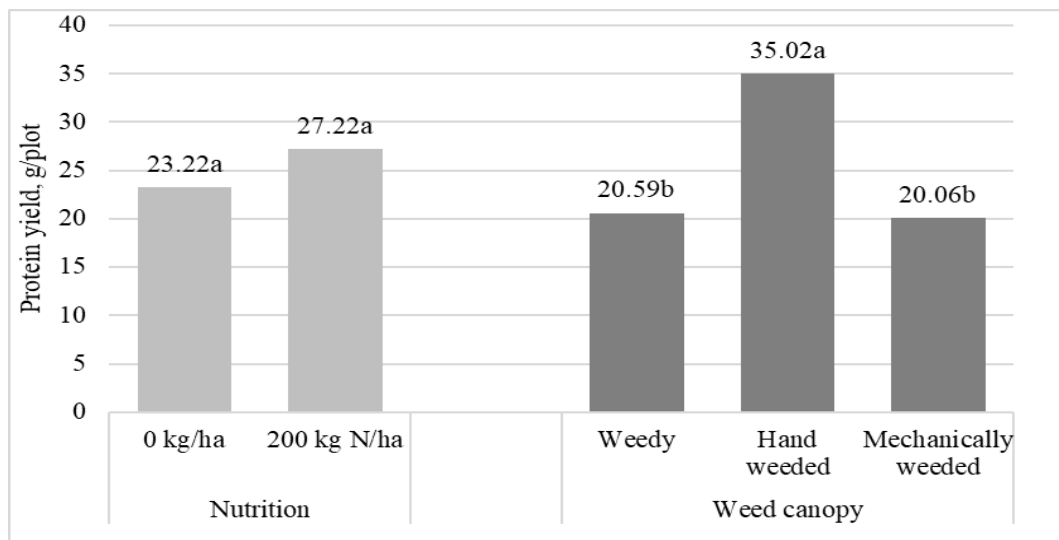


Figure 4: Effect of nutrition and weed canopy on protein yield (g/plot) of soybean. Means with the same letter are not significantly different from one another by LSD at $P < 0.05$

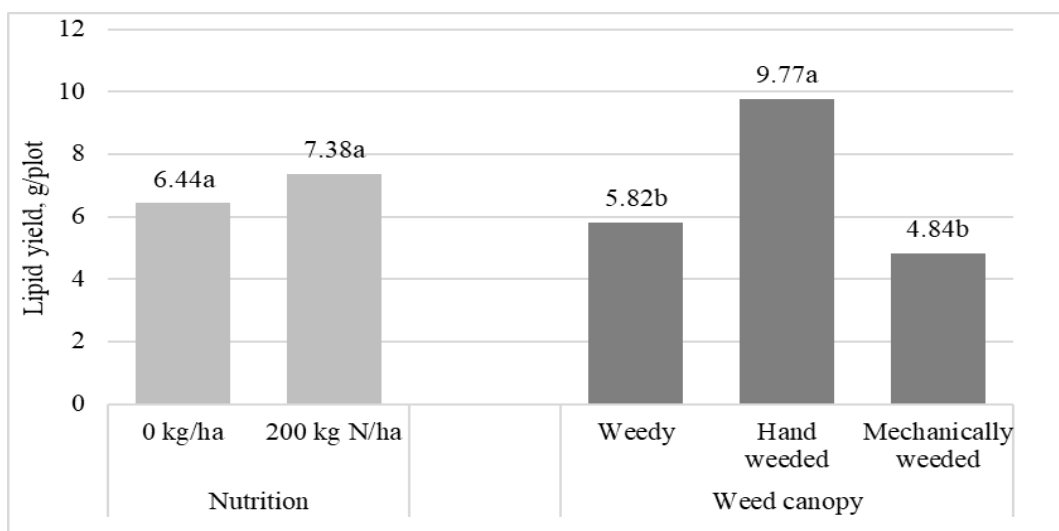


Figure 5: Effect of nutrition and weed canopy on lipid yield (g/plot) of soybean. Means with the same letter are not significantly different from one another by LSD at $P < 0.05$

4. Conclusions, suggestions

Based on the findings, it is possible to conclude that N topdressing had a positive but not statistically significant influence on grain yield, whereas weed control resulted in an almost two-fold yield improvement compared to the control. The treatments had varying effects on quality parameters, regarding protein and lipid content of the crop yield, however, significant protein and lipid yield improvement of the crop was observed. Therefore, the findings of our study can be used as a reference and a guideline for soybean cultivation with a specific variety and location or soil type.

5. References

- Abd Ghani, R., Kende, Z., Tarnawa, A., Omar, S., Kassai, M. K., & Jolankai, M. (2021). The effect of nitrogen application and various means of weed control on grain yield, protein and lipid content in soybean cultivation. *Acta Alimentaria.*, 50.4.537–547.
- Ariunaa, O., Otgonsuren, M., Bayarsukh, N. (2016). Effect of chemical weed control of soybean (*Glycine max* L.) field in Mongolia. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences.*, 3.1.192–198.
- Bennett, J. O., Krishnan, H. B. (2005). Long-term study of weather effects on soybean seed composition. *Korean Journal of Crop Science.*, 50.32–38.
- Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C., Percze, A. (2004). Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil & Tillage Research.*, 78.185–196.
- Fageria, N., Baligar, V. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy.*, 88.97–185.
- Gazziero, D. L. P. (2004). Manejo e controle de plantas daninhas em soja. In: VARGAS, L., Roman, E.S., Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves & Embrapa Uva e Vinho., 595–635.
- Gerge, J. A., White, P. J. (2008). Lipids. *Soybeans.*, 193–227.
- Hamid, H., Amir, A., Mahdi, A., & Ali Reza, D. (2009). Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at North Khorasan. *Journal of Crop Production.*, 2.2.25 – 42.
- Kaschuk, G., Nogueira, M. A., De Luca, M. J., & Hungria, M. (2016). Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. *Field Crops Research.*, 195.21–27.
- Kaur, G., William, R. S., John, M. O., Justin, M. M., Bobby, R. G., & Nacer, B. (2017). Nitrogen sources and rates affect soybean seed composition in Mississippi. *Agronomy.*, 7.77.1 – 10.
- Marangoni, R. E., Jakelaitis, A., Tavares, C. J., Rezende, B. P. M., Mello Filho, O. L., & Cunha, P. C. R. (2013). Effect of weed interference on soybean cultivars at two sowing times. *Planta Daninha.*, 3.31.511–519.
- Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin, S., & Maleki, R. (2013). Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences.*, 2.6.38–44.
- Miransari, M. (2016). Environmental stresses in soybean production. *Soybean Production.*, 2.273–298.
- Mourtzinisa, S., Kaurb, G., Orłowski, J. M., Shapiro, C. A., Leed, C. D., Wortmann, C., Holshouser, D., Nafziger, E. D., Jason, H. K., William, N., Josh, J. R., Vonk, L. J., Roozeboom, K. L., Thelen, K. D., Lindsey, L. E., Staton, M., Naevan, S. L., & Conley, S. P. (2018). Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis-analysis. *Field Crops Research.*, 215.74–82.
- Nepomuceno, M. (2007). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. *Planta Daninha.*, 1.25.43–50.
- Peer, F. A., Badrul Hassan, B. A. L., Qayoom, S., Latief Ahmad, B. A. K., Ssingh, P., & Singh, G. (2013). Effect of weed control methods on yield and yield attributes of soybean. *African Journal of Agricultural Research.*, 8.48.6135–6141.
- Pires, F. R. (2005). Potencial competitivo de cultivares de soja em relação as plantas daninhas. *Planta Daninha.*, 4.23.575–581.
- Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research.*, 108.1.1–13.
- Sanginga, N., Okogun, J., Vanlauwe, B., Dashiell, K. (2002). The contribution of nitrogen by promiscuous soybean to maize based cropping in the moist savanna of Nigeria. *Plant Soil.*, 241.223–231.
- Wood, C. W., Torbert, H. A., Weaver, D. B. (1993). Nitrogen fertilizer effects on soybean growth, yield, and seed composition. *Journal of Production Agriculture.*, 3.6.303 – 35.

Comparing the agronomical properties of new intergeneric hybrids resulting from crossing triticale with perennial rye

Ahmed Ali Hamad¹ – Dávid Polgári^{1,2} – Ákos Tarnawa¹ – László Sági²

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

²Agricultural Science Research Center, Martonvásár, Hungary

Ali.Ahmed@phd.uni-mate.hu

Abstract

The continuous increase in the global population and the growing demand for food present significant challenges to modern agriculture. Additionally, the intensive production of crops is causing depletion and erosion of the soil, which has become a pressing issue. Utilizing perennial crops could have various positive impacts on soil quality, such as enhancing the organic carbon pool, improving nutrient retention, increasing water storage capacity, strengthening soil stability and aggregation, reducing soil disturbance, and influencing soil microbial communities. The cultivation of perennial variants of cereals can facilitate the shift towards multifunctional agro-ecological systems. Apart from providing both forage and grain, these variants possess the ability to regrow for multiple years, resulting in substantial production with minimal soil and environmental costs. Perennial rye is derived from the crossbreeding of common rye (*Secale cereale*) and its weedy relative, *Secale strictum*, inheriting its perennial nature from the wild parent. Similar to common rye, the perennial variant of rye can also be crossbred with wheat and triticale, resulting in partially fertile progeny in both cases after inducing genome duplication through colchicine mediation. During our research, we explored the possibility of selecting offspring from these combinations that inherit the perennial characteristic of perennial rye while surpassing its productivity. We have developed several lines that, based on cytological analysis, contain genetic material or parts of both parent plants. Some of these lines exhibited the same perennial traits as the wild parent in controlled environments like greenhouses and semi-field conditions, and their grain size was significantly larger. Their spike morphology closely resembles that of triticale. Although some individuals in the selected lines still display signs of genetic segregation, we are optimistic about successfully identifying plants with mixed genomes from the materials currently being tested under field conditions. Our aim is to develop plants that meet the requirements of soil-friendly agriculture in every aspect.

1. Introduction

The increasing demand for food coupled with the rise of virulent pathogens and pests necessitates innovative approaches in agriculture. (Hall and Richards, 2013) The development of perennial grain breeding programs, particularly utilizing intermediate wheatgrass, presents opportunities for sustainable and multifunctional agroecological systems. While perennial crops offer numerous benefits to ecosystem processes, their limited presence in the region requires attention to further promote their adoption and overcome existing challenges. Perennial crops that can thrive for multiple years have emerged as a strategy for enhancing food production. Triticale, a man-made cereal crop resulting from the hybridization of wheat and rye, has played a crucial role in developing new hybrids and varieties with improved resistance to biotic and abiotic factors in common wheat. The first triticale was achieved by A. Stephen Wilson in 1875 through the successful pollination of wheat with rye pollen. However, these initial triticale plants produced sterile pollen and were unable to produce viable offspring. It was not until the development of embryo rescue techniques and colchicine-induced chromosome doubling that triticale breeding became viable. Different types of triticale can be synthesized by crossing with different species of wheat, such as *Triticum turgidum* or *Triticum aestivum*, resulting in

hexaploid or octoploid triticales, respectively. Among these types, hexaploid triticales (*durum* × rye) has shown superior vigor and reproductive stability, while the octoploid type (common wheat × rye) faces greater genetic instability and floret sterility. Recently bred variants mostly consist of secondary hexaploid triticales obtained through the crossing of hexaploid and octoploid triticales. The original goal of producing triticales was to create a new cereal crop that combines the agronomic performance and end-use qualities of wheat with the stress tolerance and adaptability of rye. However, successful wheat hybrids only obtained specific resistances, such as winter hardiness and resistance to diseases and drought.

Hybridization between perennial and annual species is a favored technique due to its time efficiency, although it comes with challenges. Differences in chromosome numbers or recombination during meiosis often occur between parental species, making cross-pollination challenging. Plant breeders have utilized crossbreeding with genetically distant species, including wild species, to introduce agronomically beneficial traits like stress resistance to cultivated varieties. Intergeneric and interspecific hybridization among cultivated crop species has also been pursued to combine favorable traits into a single new species. Compared to animals, plant hybrids can be obtained more easily across species boundaries. However, a common drawback is that primary hybrids are typically self-sterile due to difficulties in chromosome pairing during meiosis, resulting in abnormal division and sterile gametes. One solution involves genome duplication using tubulin inhibitors to restore fertility, albeit at higher ploidy levels. Through serial backcrossing with domesticated partners, new variants with the desired traits can be obtained while retaining the initial genetic background. Based on these assumptions and preliminary results, Our aim in this research was to evaluate and compare the agronomical properties of newly developed intergeneric hybrids resulting from the crossbreeding of triticales and perennial rye. The focus is on analyzing key factors such as yield potential, disease resistance, nutrient uptake efficiency, and adaptability to different environmental conditions.

2. Material and methods

Plant material: Keleti 1 diploid perennial rye variant $2n=2x=RR$, were used as a male partner, which is the new variant selected from the population of Perenne, and has a larger kernel size and higher fertility. The female partner was the (T8) Hexaploid spring triticales $2n=6x=AABBRR$, variant which has very good receptivity for alien fertilization.

Crossing: For the hybrid production the mother plants were grown in the glass house (Global Glasshouse Kft., Szentes) of the Agricultural Research Center in Martonvásár, for the synchronization of the flowering time we applied weekly shifted planting from the first week of March to the end of April 6 plants from each maternal partner were planted, to 1.2 l volume of plastic pots into tetőkerföld particular organic growth substrate (Spexialmix kft. Gödöllő). After cutting back one-third of the chaff leaf of the spikes, flowers were physically emasculated by metal tweezers 4-5 days before anthesis time. Receptive flowers were pollinated manually by freshly released pollen from the spikes of the perennial rye paternal lines, which were collected every morning from the research field of the University of Agriculture and Life Sciences in Gödöllő. One hour after pollination 1 ml of 100ppm 2,4 D (2,4-dichlorofenoxi-acetic acid, Sigma-Aldrich) solution was injected into the cavity of the last internode below the spike, to induce caryopsis development from the fertilized pistils. 14 days after pollination caryopsis were collected from the spikes, and for surface sterilization were soaked for 5 min at 70% EtOH and then 20 min in 30% of NaOCl. Thereafter the embryos were isolated under a stereo light microscope and were transferred to N6D media (Chu et al. 1975) for plant regeneration. Young plantlets were transferred to sterilized peat substrate, and after acclimatization, they were

transferred and grown in a Panasonic climate chamber under 16/8 light/dark and 15 oC/12 oC until the genome duplicating treatment.

Genome duplication: Plants were grown in PHCB MLR-352 (Panasonic) plant growth chamber, till the 3-4 stemmed bushing phase. On the day of treatment plants were removed from the substrate, and roots were washed out until no visible debris remained on them. Roots were clipped back to 5 cm length after labeling plants were immersed for 8 hours in 300 ml 0.05% colchicine (Sigma Aldrich) and 5% DMSO (Dimethyl sulfoxide, Sigma Aldrich) solution, paying attention to that the tillering node taking place below the level of the liquid. After the treatment plantlets were washed out from the treating agent, for one hour under flowing tap water, and were planted in the plastic pots into 1.2 l sterilized “tetőkertföld” substrate. Leaves and shoots were cut back to approximately 5 cm in length to keep the balance between the plant parts below and above the substrate. After regeneration plants were grown up in glasshouse conditions, and seeds were continuously collected from the ripe spikes.

Comparative study: Seeds of amphiploid and its parental genotypes were germinated after being induced by soaked overnight at 12.5 mg/l. the gibberellic acid solution (Serva) and seedlings were transferred to 3.5 diameters of jiffy peat pots. Young plantlets of all genotypes were planted in 3 leaf stage to outdoor conditions on September one of 2022 into plots that contained 100 of each individual in 5 replicates, data were collected from plants that were generative in all five repetitions within 4 weeks from 4 to 25 September 2022, and Results were analyzed by MS Excel.

3. Result and discussion

As a result of Keleti1 and T8 crossing and after colchicine treatment, only 7 plants were able to survive due to the strength of colchicine, which is a strong substance we put these 7 plants in the glasshouse to grow, after they grew and reached the harvesting stage, we harvested the spikes and out of the seven plants they had 5 seeds.

Then we put the 7 plants in semi-outdoor condition for next year to see if it revives in spring after the winter cold (Figure1), the 7 plants were in semi-outdoor condition throughout the winter and all 7 plants started growing in early spring, 100% was perennial in the semi-outdoor condition (Figure 2,3). This proved that 100% of the plants are perennial in semi-outdoor conditions.



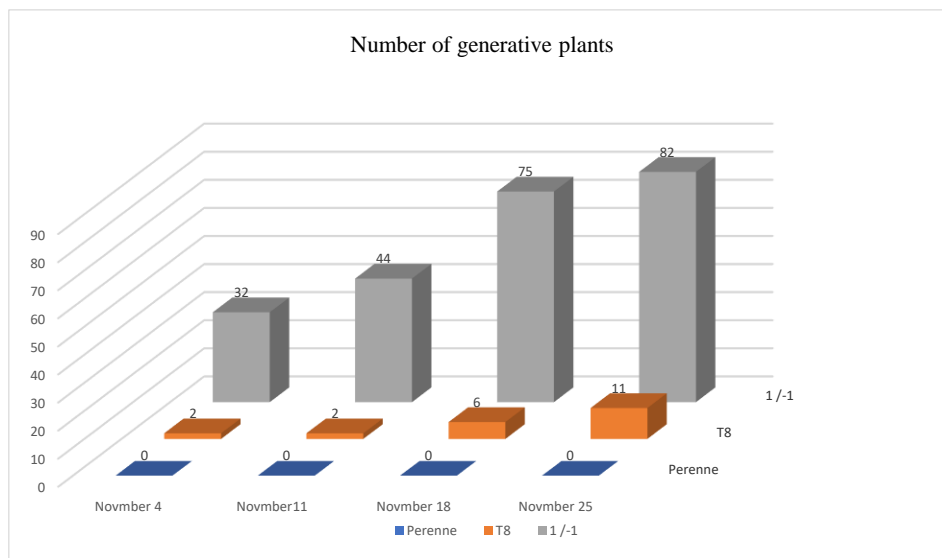
Figure1: Place the plants (Hybrids) in semi-outdoor condition



Figure 2: plants started growing after the winter (100% was perennial in the semi-outdoor condition)

Plants Generative: After planting 500 seedlings of each genotype in five lines of 100 seedlings per genotype and repeating them five times, we started collecting data on plants' generative phase at different times. As shown in graph (1), data were collected from plants that were generative in all five repetitions within 4 weeks the ratio of plants that were generative increased week by week, with the exception of Perenne, there were no generative plants out of all 500 plants during the five weeks. However 1/1 plants increased their generative rate significantly week by week, with all 5 repetitions in the first week (4th November) 32 plants from 1/1 were generative, and in the last week of data collection, 1/1 generatively for all five repetitions reached 82 plants.

As for T8, they did very little generating plants during that time with only two out of 500 plants being generated in the first and second weeks, then in the fifth week the number of T8 seedlings generative reached 11 plants. According to the data, the hybrid starts the generative phase earlier than its parent Triticale (T8) and Perenne.

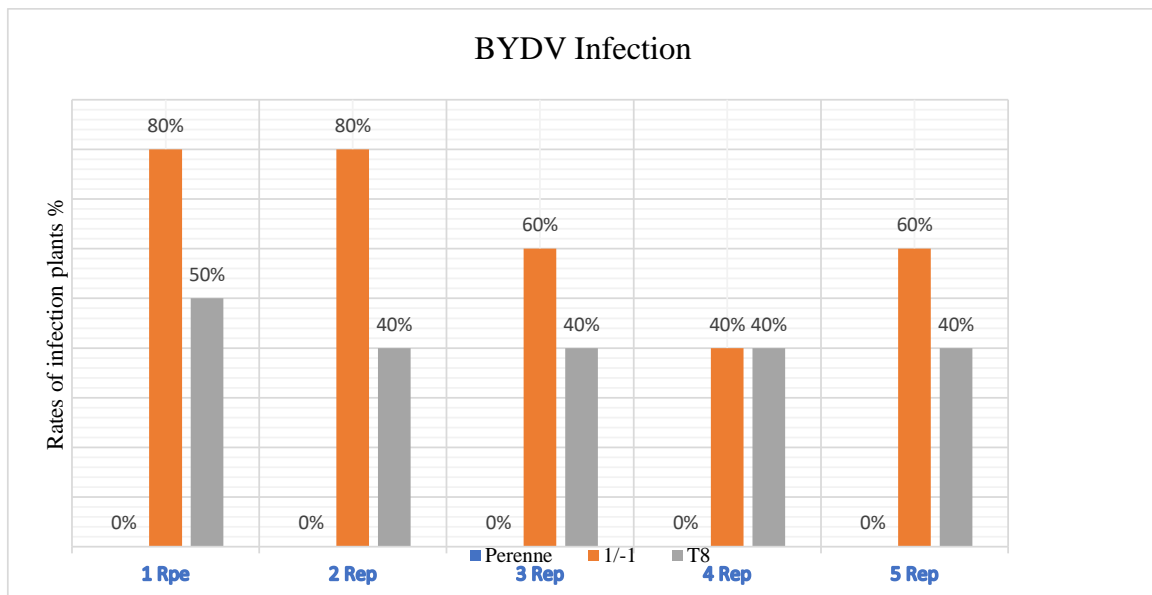


Graph 1: Number of plants generative of Perenne, 1/1 and T8 in one month.

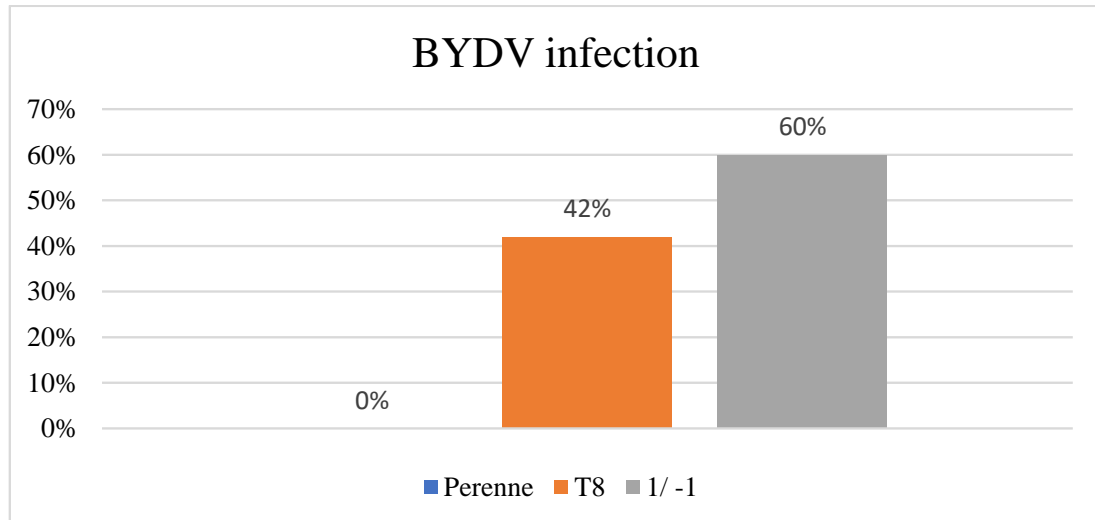
Virus infection: Regarding the resistance against Barley Yellow Dwarf Virus, the initial symptoms of this examination showed that they were infected with Barley yellow dwarf virus at varying rates, Perenne is 100% resistant to the virus, No Perenne were infected with BYDV in all five replications (Graph 2). However, 1/1 and T8 were both infected at different rates in each repetition, with 1/1 being much more infected than T8, reaching 80% in some repetitions. Whereas T8 was 50% infected with BYDV in the first repetitions and 40% in all four other repetitions. (Graph 3), the average infection rate of Barley Yellow Dwarf Virus in all five repetitions was 1/1 significantly infected, reaching 60% of the plants, followed by t8 with 40% of the plants (Graph 4).



Graph 2: Infection of Perenne, 1/1 and T8 with Barley Yellow Dwarf Virus.



Graph 3: Rates of plant infection (Perenne, 1/1, and T8) with Barley Yellow Dwarf Virus according to repetitions.



Graph 4: Average infection of Barley Yellow Dwarf Virus of plants (Perenne, 1/1, and T8).

4. References

- Chu CC, Wang CC, Sun CS, et al (1975). Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *Sci Sin* 18:659–668.
- Hall AJ, Richards RA (2013). Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *F Crop Res* 143:18–33. doi: 10.1016/j.fcr.2012.05.014

Evaluation of maize inbred lines and hybrids for agronomic characteristics, yield, and grain quality

Suhana Omar – Rosnani Abd Ghani – Noriza Khalid – Marton Jolankai
*Department of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Gödöllő, Hungary*
hana@mardi.gov.my

Abstract

Considering the important of agronomic characteristics, yield and quality in maize breeding, nine parental inbred lines, four single crosses (SC), one three-way cross (TC), and one double cross (DC), together with commercial check hybrids were evaluated planted in a randomized complete block design with three replications. The field research was conducted at the Experimental Plot of the Department of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, during the spring maize crop season of 2022. The study revealed that there are significant variations among genotypes in respect to plant height (cm), days to 50% flowering, ear weight (g), kernel row per ear, kernel number per ear, 1000-kernel weight (g), starch (%), protein (%), oil (%) and moisture content (%). V10, a hybrid (SC), showed the best genotype performance, producing a vigorous plant height of 121.50 cm, early flowering of 58.20 days, the highest ear weight of 105.89, the highest kernel row per ear of 15.07, the highest kernel number per ear of 436.27, and the highest starch content and oil with 70.27% and 3.80%, respectively. The results obtained clearly show that V10 has the potential to be developed as a commercial cultivar after a series of extensive trials. Furthermore, the superior hybrids for yield, components, and quality can be used in future breeding programs for the development of maize germplasm with superior characteristics.

1. Introduction

Maize or corn is one of the most important cereal crops worldwide with a global production of 1.163 billion metric tons in 2020 (FAO, 2022). The crop is grown mainly for food and feed, but also valuable for industrial purposes. In Hungary, maize is an important agricultural crop, producing 8.37 million metric tonnes in 2020 (FAO, 2022). It plays an essential role in cereal, which has a surplus and is in high demand in various markets. This is because maize is an important agricultural export commodity because to its numerous applications, including direct consumptions as food and on large scale in the livestock industries, manufacture of fructose/glucose, flour, oil, ethanol and distillers with soluble as byproducts (Mizik & Rádai, 2021).

In order to enhance the yield and quality of maize, it is necessary to have an in-depth understanding of its agronomic characteristics. The agronomic characteristics of maize, which include flowering time, plant height, ear size, grain yield, grain moisture, 1000 kernel weight, etc., play a crucial role in determining its yield and quality (Haq et al., 2005). These characteristics vary among maize cultivars and can be influenced by environmental factors, which also affect phenotypic selection criteria (Ezin, 2022). Therefore, the evaluation of agronomic characteristics is essential to selecting the appropriate cultivar for a specific environment, and yield is also affected by factors such as soil fertility, water availability, temperature, pests, and diseases (Liliane and Charles, 2014). In accordance with Kassai et al. (2020), crop yield and grain quality can also be affected by agronomic practices. In addition, genotypes with desirable characteristics are key factors in maize grain yield, which highly correlated with kernel set (Otegui, 1995), and susceptible to climatic conditions during tasselling and silking phases (Tollenaar and Lee, 2002). These characteristics are important for determining grain yield and the understanding the factors that drive increased yield has become a priority in research and development (Rizzo et al., 2022).

The quality of maize is another crucial aspect of evaluation that cannot be overlooked since it has high value added and is essential for both the human and animal diets. It can be assessed based on grain quality, which includes nutritional value, taste, texture, and suitability for processing. The nutritional value of maize is defined by its starch concentration, protein, oil, and moisture content, with 8–13% protein, 68–73% starch, 2–5% fat, 2–4% sugar, fibres, minerals, etc. (Lodha et al., 1976).

Assessment of genotypes for agronomic characteristics, yield and grain quality is one of the important steps towards the development of crop varieties. It is also one of the methods used by maize breeders to evaluate new hybrid or superior cross combinations to identify genotypes with superior characteristics, or methods for producing high yielding and quality maize for commercial release or future breeding purposes. Thus, it is necessary to conduct continuous evaluations and research based on these factors. Therefore, the present study was conducted to evaluate maize inbred lines and hybrids for agronomic characteristics, yield, and quality.

2. Materials and methods

The field research was carried out at the experimental plot of Department of Agronomy, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, during the spring maize crop season 2022. The experimental plot is in Gödöllő, between latitudes 47°59'46.46"N and 47°59'50.07"N, longitudes 19°36'98.08" and 19°37'02.81" at northeast part from Budapest, Hungary. The average maximum temperature has been recorded was 32.0 °C (89.6 °F) and 20.0 °C (68.0 °F), respectively, with July being the warmest month. The average quantity of rainfall was 530.90 mm (20.90 inches).

The maize seed genotypes used in this study were provided by Centre of Agricultural Research Martonvásár and Szeged University. A total of nine parental inbred lines, four single crosses (SC), one three-way cross (TC) and one double cross (DC), and together with commercial check hybrid was planted in Randomized Complete Block Design with three replications. The list of genotypes used in the study is shown in Table 1. The maize seed were sown during spring season using a Wintersteiger Plotman maize planter at a planting density of 75,000 plants per hectare. Weeding and irrigation were carried out when needed, particularly in month of July, August, and September, when the average afternoon temperature ranges from 27 °C to 37 °C. Meanwhile, all treatments have received the same standard agronomic practices as recommended by the area.

Ten randomly selected plants in each entry were used to collect the data on days to 50% flowering, plant height, ear weight, kernel row per ear, kernel number per ear, and 1000 kernel weight. Grain quality parameters such as starch concentration, protein, oil, and moisture content were determined using Mininfra grain analyser. The 1000 grains were counted using a Contador 2 seed counter, and the total weight was measured using a Scaltec electric weight balance.

The data obtained from the experiment were analysis using One-Way ANOVA with Randomized Block Design (RCBD). In addition, Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was implemented for means separation and comparison by using IBM SPSS 23 statistical analysis software.

3. Results and discussion

A One-Way analysis of variance (ANOVA) was conducted on sixteen genotypes of maize as shown in Table 2. These include the significant differences between ten characteristics for plant height, ear weight, kernel row per ear, kernel number per ear, 1000-kernel weight, starch content, protein content, oil content and moisture content. Table 3. show comparison of means of agronomic characteristics, yield, and quality measured.

Highly significant ($p < 0.001$) differences among genotypes were observed for plant height (Table 2). V10, a hybrid (SC), showed the best performance for all genotypes, producing a height of 121.50 cm, and highly significant difference from V14 (inbred line), which recorded the shortest plant height of 50.54 cm (Table 3). This is consistent with the concept of hybrid vigour, where hybrid performance is better than inbred lines on either parent. This also stated by Alvi *et al.* (2003). While, Baktash and Mazaal (1985), stated that the plant height basically determined by the variety and also sowing date. They are influenced by environmental and agronomical factors, and their expression is controlled by many genes and interactions, resulting in high heritability rate (Zsubori *et al.*, 2002). Regarding maize

genotypes, highly significant effect may occur in plants due to the genetic variation of these genotypes.

Among the 16 genotypes studied, V10 is the earliest genotype to flower, with a mean value of 58.20 days, followed by V9 (59.00 days), and V16 (67.33 days), while V1 is the latest genotype to flower which takes 91.53 days (*Table 3*). Days to flowering is essential characteristic that controls maturity duration in maize. Whereby earliness is a desirable characteristic in maize crops, as it assisting the plants to avoid biotic and abiotic stresses (*Khan et al.*, 2019). Similar findings have been reported by *Munchie and Fentie* (2016) and *Khan et al.* (2019), which found significant difference among the maize genotypes from day to flowering. While *Reddy et al.* (1986) has stated that there is significant difference between hybrids and inbred lines.

Overall yield and its components, such as ear weight, kernel row per ear, kernel number per ear, and 1000-kernel weight, indicate highly significant differences ($p < 0.001$) among genotypes studied (*Table 2*). V10, on the other hand, stands out more than other genotypes, and the difference between inbred lines is highly noticeable. V10 (SC hybrid) has shown the heaviest ear weight of 105.89 g, followed by V2 (TC hybrid) of 100.0 g and V16 (commercial check hybrid) of 98.45 g, while V12 (inbred line) had the lightest weight of 33.35g. Following that, V10 also recorded the maximum values for kernel row per ear and kernel number per ear, with 15.07 and 436.27, respectively, while the minimum kernel row per ear and kernel number per ear were observed for V1 (inbred lines) of 7.87 and 74.00, respectively. However, V11 (SC) had the greatest weight of 1000 kernels (438.87), and V3 (inbred line) produced the lowest weight of 217.00 g (*Table 3*). According to *Cirilo and Andrade* (1994), ear weight is highly correlated with grain yield, which is greatly influenced by genotypes and the kernel set. However, it is very sensitive to environmental changes, particularly when tasselling and silking. Moreover, a higher number of kernel row per ear enhances the grain weight and yield (*Manivanan*, 1998), which has a positive correlation with ear weight and kernel number per ear. In addition, *Khan et al.* (2019) also reported highly significant differences among maize genotypes for yield and its components. Also, *Mojgan and Hamid* (2008) found that the grain yield had a positive correlation with yield components.

Table 2. showed the highly significantly different between all genotype's studies for starch content. The ranged from 65.33% -70.27% and the minimum was found from V12 (inbred line), and maximum was in V10 (SC) with 65.33% and 70.27%, respectively (*Table 3*). This result show similarity with result of *Khan et al.* (2014). Starch is the constituent in the maize kernels, which contribute of 72-73% of the total weight. There is a different in the amount starch in our results and *Khan et al.* (2014) due to nitrogen application. When the nitrogen application is increased, the starch content decreased and vice versa when the amount of nitrogen is reduced (*Singh et al.*, 2004).

The highest protein content was produced by V6 (inbred line) of 9.37% and the lowest V3 (inbred line) of 7.10% (*Table 3*), similar findings to *Orhun et al.* (2013), where the protein amount was around 8 to 11%. According to *Bathala et al.* (2020), the quality of maize protein is influenced by agronomic practices as well genotype. However, the greatest oil content was recorded by V10 (SC) of 3.80%, while V1 (inbred line) and V12 (inbred line) had the lowest of 3.10% (*Table 3*). The oil content of maize is usually around 3–18% (*Batala et al.*, 2020), which coincides with the results we obtained and as reported by *Orhun et al.* (2013) and *Khan et al.* (2014). Moreover, increasing the oil content in maize will improve its properties for human health benefits.

The results showed significant differences in moisture content between various genotype studies (*Table 2*). V4 (inbred line) had the greatest moisture content, followed by V5 (SC) and V11 (SC), with 18.4%, 18.37%, and 17.40%, while V9, V10, and V16 had the lowest, with 16.07% (*Table 3*). Moisture content is important for germination activity; however, the results obtained show that the moisture content in the studied maize genotypes is relatively high compared to the moisture content required by maize, which is between 14% - 15% (*Gyri*, 2017). This situation occurs probably because

the moisture level at maturity and the drying rate in the field will affect grain moisture content during harvest, which is controlled by genetic variables (*Wang et al., 2019*) and the drying process by environmental conditions (*Martinez-Feria et al., 2019*).

Table 1: List of the maize genotypes used in the study

No	Source	Entry	Genotypes	Description
1	Martonvásár	V1	(B1026/17) (SC, F)	Inbred line
2	Martonvásár	V2	(TK222/17)	TC Hybrid
3	Martonvásár	V3	(TKAPA15/DV) (SC, M)	Inbred line
4	Martonvásár	V4	(TK1083/19) (DC, F)	Inbred line
5	Martonvásár	V5	(TK623/18)	SC Hybrid
6	Martonvásár	V6	(MCS901/19) (TC, F)	Inbred line
7	Martonvásár	V7	(TK256/17)	DC Hybrid
8	Szeged University	V8	(GK155)	Inbred line
9	Szeged University	V9	(GK131)	Inbred line
10	Szeged University	V10	(GK154 X GK155)	SC Hybrid
11	Szeged University	V11	(Szegeci 521)	SC Hybrid
12	Szeged University	V12	(GK154)	Inbred line
13	Szeged University	V13	(GK150)	Inbred line
14	Szeged University	V14	(GK144)	Inbred line
15	Szeged University	V15	(GK144XGK 150)	SC Hybrid
16	Commercial	V16	(MV277)	Commercial Check Hybrid

Table 2: Analysis of variance (ANOVA) for agronomic characteristics, yield, and quality of various maize genotypes

	Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F	Sig.
Plant Height (cm)	Between Groups	1081488.10	15	72099.21	150.43	.000
	Within Groups	1027615.04	2144	479.30		
	Total	2109103.14	2159			
Days to 50% flowering	Between Groups	23586.13	15	1572.41	20.56	.000
	Within Groups	17131.60	224	76.48		
	Total	40717.73	239			
Ear weight (g)	Between Groups	120460.65	15	8030.71	41.82	.000
	Within Groups	45822.07	224	192.054		
	Total	166282.72	239			
Kernel row per ear	Between Groups	893.13	15	59.54	40.48	.000
	Within Groups	329.47	224	1.47		
	Total	1222.60	239			
Kernel number per ear	Between Groups	2064762.86	15	137650.86	118.24	.000
	Within Groups	260767.00	224	1164.14		
	Total	2325529.80	239			
1000 kernel	Between Groups	141061.91	15	9404.13	9.56	.000

weight	Within Groups	31476.45	32	983.64		
	Total	172538.36	47			
Starch	Between Groups	68.65	15	4.58	8.22	.000
	Within Groups	17.82	32	.56		
	Total	86.47	47			
Protein	Between Groups	14.37	15	.96	8.55	.000
	Within Groups	3.59	32	.11		
	Total	17.96	47			
Oil	Between Groups	1.17	15	.08	5.25	.000
	Within Groups	.47	32	.02		
	Total	1.64	47			
Moisture	Between Groups	24.05	15	1.60	24.36	.000
	Within Groups	2.11	32	.07		
	Total	26.16	47			

df: Degree of freedom; Sig.: Significance; Significance level = $P < 0.001$

4. Conclusion

In order to develop promising genotypes, it is essential to know their different characteristics, particularly those related to grain yield and quality, which are the ultimate goals of any breeding program. The purpose of this research was to compare the agronomic characteristics, yield, and quality of various inbred lines and hybrids of maize. All characteristics and genotypes examined showed highly significant findings. V10, a hybrid (SC), showed the best genotype performance, producing a vigorous plant height of 121.50 cm, early flowering of 58.20 days, the highest ear weight of 105.89, the highest kernel row per ear of 15.07, the highest kernel number per ear of 436.27, and the highest starch content and oil with 70.27% and 3.80%, respectively. The results obtained clearly show that V10 has the potential to be developed as a commercial cultivar after a series of extensive trials. Furthermore, the superior hybrids for yield, its components, and quality can be used in future breeding programs for the development of maize germplasm with superior characteristics.

Table 3: Means of plant Height, days to 50% flowering, ear weight, kernel row per ear, kernel number per ear and 1000 kernel weight, starch, protein, oil and moisture content of various maize genotypes

Geno- types	PH (cm)	DFF (days)	EW	KRPE (cm)	KNPE	OTKW	SC	PC	OC	MC
V1	65.07 ^h	91.53 ^a	39.63 ^e	7.87 ^g	74.00 ^h	301.00 ^{de}	68.80 ^{bcd}	7.30 ^{cde}	3.10 ^c	17.07 ^{bc}
V2	115.91 ^b	69.40 ^{ef}	100.05 ^a	13.67 ^{bc}	325.67 ^b	349.00 ^{bcd}	69.97 ^{ab}	7.73 ^{b-e}	3.20 ^{bc}	17.37 ^b
V3	59.43 ⁱ	89.40 ^{ab}	34.32 ^e	10.53 ^{ef}	102.27 ^{gh}	217.00 ^f	68.87 ^{bcd}	7.10 ^e	3.27 ^{bc}	16.8 ^c
V4	98.95 ^d	74.53 ^{def}	60.61 ^{cd}	10.07 ^f	145.20 ^f	303.77 ^{cde}	68.53 ^{cd}	7.30 ^{cde}	3.20 ^{bc}	18.4 ^a
V5	101.09 ^d	71.13 ^{ef}	96.59 ^a	13.87 ^{bc}	329.13 ^b	362.37 ^{bc}	68.33 ^{cd}	7.50 ^{b-e}	3.40 ^b	18.37 ^a
V6	91.73 ^{ef}	67.73 ^f	67.61 ^{cd}	11.33 ^{de}	188.80 ^{de}	244.20 ^f	66.73 ^e	9.37 ^a	3.17 ^{bc}	16.73 ^{cd}
V7	107.03 ^c	71.40 ^{ef}	71.32 ^{bc}	12.00 ^d	152.13 ^{ef}	339.97 ^{bcd}	67.43 ^{de}	8.07 ^b	3.33 ^{bc}	16.9 ^c
V8	51.80 ^j	84.27 ^{bc}	64.69 ^{cd}	13.67 ^{bc}	220.33 ^d	368.03 ^b	68.97 ^{abc}	7.93 ^{bc}	3.23 ^{bc}	16.63 ^{cde}
V9	88.01 ^{fg}	59.00 ^g	54.45 ^d	14.53 ^{ab}	262.13 ^c	308.83 ^{b-e}	67.83 ^{cde}	7.27 ^{de}	3.20 ^{bc}	16.07 ^f
V10	121.50 ^a	58.20 ^g	105.89 ^a	15.07 ^a	436.27 ^a	342.03 ^{bcd}	70.27 ^a	7.57 ^{b-e}	3.80 ^a	16.07 ^f
V11	100.98 ^d	75.80 ^{de}	81.66 ^b	11.93 ^d	193.2 ^d	438.87 ^a	67.97 ^{cde}	8.07 ^b	3.27 ^{bc}	17.40 ^b
V12	67.68 ^h	80.00 ^{cd}	33.35 ^e	11.33 ^{de}	139.87 ^{fg}	260.00 ^{ef}	65.33 ^f	7.30 ^{cde}	3.10 ^c	16.30 ^{def}
V13	58.51 ⁱ	88.00 ^{ab}	60.30 ^{cd}	13.20 ^c	208.60 ^d	344.30 ^{bcd}	68.13 ^{cd}	7.90 ^{bcd}	3.23 ^{bc}	16.63 ^{cde}
V14	50.54 ^j	84.00 ^{bc}	57.20 ^d	10.54 ^{ef}	126.87 ^{fg}	253.20 ^{ef}	66.67 ^e	7.17 ^e	3.30 ^{bc}	16.60 ^{cde}

V15	84.51 ^g	70.40 ^{ef}	81.57 ^b	14.27 ^{ab}	272.33 ^c	305.33 ^{cde}	67.63 ^{cde}	7.63 ^{b-e}	3.27 ^{bc}	16.23 ^{ef}
V16	96.46 ^{de}	67.33 ^f	98.45 ^a	13.93 ^{bc}	260.07 ^c	353.80 ^{bcd}	68.67 ^{bcd}	7.13 ^e	3.27 ^{bc}	16.07 ^f
Mean	83.63	75.13	69.56	12.35	214.80	318.23	68.13	7.64	3.27	16.80
SEM	0.65	.84253	1.69	0.15	6.31	8.75	0.19	0.09	0.03	0.11
CV%	36.9	17.37	37.59	18.31	45.55	19.04	1.99	8.08	5.71	4.43

Values followed by the same letters are not significant different at $p=0.05$ by DMRT. SEM = Standard Error of Mean & CV = Coefficient of Variance, PH = Plant Height, DFF = Days to 50% flowering, EW = Ear Weight, KRPE = Kernel Row per Ear, KNPE = Kernel Number per Ear, OTKW=1000 Thousand Kernel Weight, SC = Starch content, PC = Protein Content, OC = Oil Content and MC = Moisture Content.

5. References

- Alvi, M.B., Rafique, M., Tariq, M.S., Hussain, A., Mahmood, T., & Sarwar, M. (2003). Hybrid vigour of some quantitative characters in maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)
- Baktash, F. Y. - Mazaal, A. D. (1985). Effect of seeding dates and genotypes on corn grain yield. J. of Agr. and Water Resources Res. 4. 1–11.
- Bathla, S., Jaidka, M., Kaur, R. (2020). Nutritive Value. In IntechOpen eBooks.
- Cirilo, A.G., Andrade, F.H. (1994): Sowing Date and Maize Productivity: I. Crop Growth and Dry Matter Partitioning. Crop Science, 34(4). 1039–1043.
- Ezin, V., Kpanougo, C.M.I., Ahanchede, A. (2022). Genetic diversity and environmental influence on morphological and yield parameters of maize in Benin. Heliyon, 8(6). e09670.
- FAO (2022). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome.
- Haq, N.M., Saad, I.M., Mozamil, H., Sajjad, U.R.C., Habib, I.J. (2005). Genetic correlation among various quantitative characters in maize (*Zea mays* L.) hybrids. J. Agric. Soc., 1813-2235/2005/01-3-262-265.
- Khan, M.I. et al. (2019). Evaluation of Maize Hybrids for Yield and Maturity Traits. Sarhad Journal of Agriculture, 35(1). 7–12.
- Khan, A.H., Minhas, N. M., Asad, J., Iqbal, A., Ilyas, M., Mahmood, R.T (2014). Estimation of Protein, Carbohydrate, Starch and Oil Contents of Indigenous Maize (*Zea mays* L.) Germplasm. Academic Research International. Vol. II. Issue 4.
- Liliane, T.N., Charles, M. (2020). Factors Affecting Yield of Crops. in IntechOpen eBooks.
- Lodha, M.L., Srivastava, K.N., Gupta, H.O., Eggum, B.O., Mehta, S.L., & Singh, J. (1976). Nutritive value of normal and opaque-2 maize. Curr. Sci. 45.287–289.
- Manivannan, N.A. (1998). Character association and component analysis in corn. Madras J. Agric., 85.293-294.
- Mizik, T., Rádai, Z. (2021). The Significance of the Hungarian Wheat Production in Relation to the Common Agricultural Policy. Review on Agriculture and Rural Development, 10(1–2). 36–43.
- Mojgan, B., Hamid, A. (2008). Correlation Coefficient Analysis Between Grain Yield and Its Components in Corn (*Zea Mays* L.) Hybrids. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey. 263–265.
- Muchie, A., Fentie, D. (2016). Performance Evaluation of Maize Hybrids (*Zea Mays* L.) in Bahir Dar Zuria District, North Western, Ethiopia.
- Orhun, G.E. (2013). Maize for life. Int J of Food Sci and Nutri Eng. 3 (2). 13–16.
- Otegui, M.E. (1995). Prolificacy and grain yield components in modern Argentinean maize hybrids. Maydica, 40. 371–376.
- Reddy, P.R.R., Satyanarayana, E., Kumar, R.S. (1986). Maturity components of inbred lines and single crosses of maize (*Zea mays* L.). Annals. Agricultura Research, 7. 337–342.
- Rizzo, G. et al. (2022). Climate and agronomy, not genetics, underpin recent maize yield gains in favourable environments. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 119(4).
- Sandhu, K.S., Singh, N., Lim, S.T. (2007). A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological, and pasting properties. LWT-Food Science and Technology. 40 (9).1527–1536.
- Singh, M., Paulsen, M.R., Tian, L., Yao, H. (2004). Site-Specific study of corn Protein, oil, and extractable starch variability using nit spectroscopy.” Food and Process Eng. Inst ASAE. 21 (2). 239–251
- Tollenar, M., Lee, E.A. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize, F Crop Res., 75. 161–169.
- Zsubori, Z.T. et al. (2002). Inheritance of Plant and Ear Height in Maize (*Zea Mays* L.). Acta Agraria Debreceniensis, 8. 34–38.

Genetic analysis of *Phytophthora infestans* resistance in potato

Babatunde A. Kareem – János Taller – Krisztián Frank

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Keszthely

Babatundekareem04@gmail.com

Abstract

Late blight caused by the oomycete fungus, *Phytophthora infestans* (Pi), is the most devastating disease affecting potato (*Solanum tuberosum*) production in the world. This disease is hard to control because the Pi races possess high evolutionary potential, and can overcome known resistance genes. The general purpose of this research project is to explore the genetic background of resistance against Pi, with the aim of developing molecular tools, which can be effectively used in resistance breeding of potato. For this goal, here we use RNA-seq to conduct a time-course experiment aimed at systematically profiling the late blight resistance response genes in the White Lady potato variety. This variety contains the R1, R2, R3a, R4, R5, R6, R7, R8, R10, and R11 genes that convey strain-specific resistance against *P. infestans*. Since the transcriptomes are not yet completely annotated, we chose the most upregulated first 200 transcripts and we found 41 differentially expressed genes (DEGs) linked to immune response, most of which encoded transcription factors and protein kinases, as well as 13 NBS-LRR genes. The result of this study showed that the White Lady potato cultivar exhibited time-point-specific induction/repression of the late blight response genes. The DEGs were considerably enriched in metabolic process, protein serine/threonine kinase activity, and secondary metabolite production, according to Gene Ontology and KEGG analyses. These results provide valuable information for understanding potato's late blight resistance mechanism. However, there is a need to validate the results of RNA-seq data by analyzing the expression levels of the DEGs through qRT-PCR. Comparing the transcription profiling data from the RNA-seq analysis and qRT-PCR will help us determine/validate the reliability of our result.

1. Introduction and literature review

Potato is the world's third most important food crop in terms of human consumption, after wheat and rice (FAOSTAT 2013). The cultivated potato (*Solanum tuberosum* L.) is an autotetraploid species ($2n = 4x = 48$) (Raker and Spooner, 2002). Late blight, caused by the oomycete fungus, *Phytophthora infestans*, is a disease that has had a significant historical impact, including the Irish famine in 1840. Pi infects potato and other solanaceous crops like tomato (Derevnina et al., 2016, Yuen, 2021) at any developmental stage, causing annual economic losses of up to \$6 billion (Derevnina et al., 2016).

Since late blight is the most serious obstacle to potato production in the world (Yang et al., 2018), resistance to late blight has long been a concern of potato farmers in Hungary and elsewhere. Late blight resistance has been transferred through repeated backcrossing of *Solanum demissum* to cultivars of *S. tuberosum*. R1 is a gene present in many varieties, while R2, R3, and/or R4 are present in other varieties. However, R genes only conferred temporary resistance to late blight, so, new pathotypes can overpower R-gene-mediated resistance (Ballvora et al., 2002; Lokossou et al., 2009). Potato R genes typically create receptors that can detect secretory effector (Avr) proteins made by *P. infestans*. In potato varieties with R genes, these effector proteins strongly promote resistance, but in potato types without R genes, they inhibit resistance. Using *Rpi* genes recognizing conservative, essential effectors of Pi and the construction of *Rpi* gene pyramids may help achieve durable, broad-spectrum late blight resistance, which could be accelerated through genetic engineering (Paluchowska et al., 2022).

In the gene bank of the Potato Research Centre at Keszthely, there are different genotypes that convey resistance against the late blight-causing *Phytophthora infestans*. Considering the importance of *P. infestans* and the resistance sources in potato, in this present study, we explored the genetic background of resistance against late blight (*P. infestans*) of potato by analyzing the resistance response to *P. infestans* inoculation of the potato variety, White Lady. Our results will help contribute to the development of molecular tools, which can be effectively used in the resistance breeding of potato.

2. Material and methods

2.1. Plant materials used in PI inoculation test

To examine the reaction of White Lady (Hungarian potato variety) to *Phytophthora infestans*, disease-free mini tubers were used in this experiment at the Potato Research Centre (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Keszthely, Hungary). The plants were grown under vector-free greenhouse and phytotron conditions. Previously, the White Lady cultivar showed resistance to *P. infestans*, displaying a hypersensitive response (HR).

For the *P. infestans* resistance tests, the MP-1548 isolate was used. This isolate was obtained upon request from Dr. Jadwiga Sliwka, IHAR, Mlochow, Poland. Infection with the *P. infestans* isolate was done directly on the abaxial leaf surface of living plants (whole plant assay) and detached leaf assay (DLA). Five plants were infected, and two leaves of each plant were used for infection. Samples for transcriptome analyses were taken at four different time points (18-, 24-, 48-, and 72-hours post-infection, hpi) from uninfected leaflets of infected leaves. The samples were collected on dry ice and were stored at -80°C until RNA extraction.

2.2. Wet lab methods of transcriptome analyses

50 mg of leaf samples of the control and of the treated four time-points samples were smashed in 2 mL tubes in the presence of 100 µL TRIzol using a DNA mill (Retsch, Germany). Then, 400 µL TRIzol was added, and total RNA was extracted with the Direct-zol RNA Microprep kit (Zymo Research, USA) following the protocol of the producer. Poly-A enrichment was done with the Poly(A) RNA Selection kit (Lexogen, Austria). RNA integrity was checked with 2100 Bioanalyzer (Agilent, USA) using the RNA 6000 Pico kit. For further processing RNA with RIN value higher than 5.5 was used. Sequencing libraries were prepared with the NEXTFLEX Rapid Directional RNA-Seq kit 2.0 (PerkinElmer, USA) according to the producer's guidelines. Sequencings were done on a NextSeq 500 (Illumina, USA) type sequencer, using High Output 150 sequencing kits (Illumina, USA).

2.3. Transcriptome construction and data analysis methods

De novo reconstruction of the transcriptomes was done using the SOAPdenovo program. For gene expression analyses, the *de novo* transcriptome of White Lady was used as a reference. The "index" and "quant" commands of the Salmon program package were used to quantify RNA-Seq data. Quantified transcripts were analyzed and visualized with the DESeq2 package in 'R' environment. Further analyses of the transcript sequences are done with the seqkit program, supplemented with the "grep", "awk", "join", and "comm" commands.

3. Results and discussions

The White Lady's transcriptomes [one control and four treated (18-, 24-, 48-, and 72-hours post-infection, hpi)] were constructed. In control, 92,079 transcripts were obtained. 2198, 845, 1100, and

1210 transcripts showed significant upregulation at 18, 24, 48, and 72 hpi, respectively. The transcriptomes were not yet completely annotated, so we chose the most upregulated first 200 transcripts and checked them in the NCBI and UniProt databases to identify the resistance gene-like sequences among them. Gene Ontology and KEGG pathway enrichment analysis were also used to gain more insight into the resistance gene lists.

The immune-responsive genes showed time-point-specific induction/repression. Out of the 200 transcripts that were checked, 15, 19, 4, and 3 differentially expressed genes (DEGs) were linked to immune response at 18, 24, 48, and 72 hpi, respectively. 9 DEGs linked to immune response were continuously upregulated at all the four time points (Table 1). These DEGs include transcription factors, protein kinases, and 13 NBS-LRR genes. Two of the NBS-LRR coding genes were annotated as *S. tuberosum* Disease resistance protein R3a, and Disease resistance protein RGA2, *S. bulbocastanum* Blight resistance protein RPI, RGA2-blb (which could play a role in broad-spectrum resistance to Pi infection). Other NBS-LRR coding genes were annotated as CC-NB-LRR protein, NB-ARC domain-containing protein, Cc-nbs-lrr resistance protein, Hero resistance protein 1 homologue, and ADP-ribosyl cyclase/cyclic ADP-ribose hydrolase, 3.2.2.6. (Tables 1, 2, and 3)

Studies have reported that several protein kinases (PKs) also regulate the resistance to late blight in potatoes (King *et al.*, 2014; Ren *et al.*, 2019). PKs were found to be differentially regulated. These PKs were from families including serine/threonine protein kinase (STK), Leucine-rich repeat transmembrane protein kinase, histidine kinase (HK), calcium-dependent protein kinase (CDPK), and receptor-like kinase (RLK), among others (Tables 1, 2, & 3). Other defense response genes that were upregulated include heat shock protein 90 family (Table 1), and WRKY transcription factor. Stress responses are characterized by the induction of heat shock proteins (HSP) and defense responses by the induction of pathogenesis-related (PR) genes and other genes associated with plant disease defense (Whitham *et al.*, 2006). The members of the WRKY transcription factor family, which is a type of zinc-finger family proteins, are involved in the regulation of various physiological processes that are unique to plants including pathogen defense and senescence (Eulgem, 2005). They are important regulators of salicylic acid-dependent defense responses. It is demonstrated that they bind to promoter elements of defense-related genes and regulate, activate, or repress their expression (Eulgem *et al.*, 2000).

Whole transcriptome shotgun sequencing, known as RNA-seq is becoming a widely used high-throughput powerful tool for transcriptome profiling, comparative gene expression analysis, and gene identification (Chen *et al.*, 2016, Muthusamy *et al.*, 2016). Several studies have used RNA-seq to identify genes involved in the potato response to late blight at the genome level. The result of our study, therefore, corresponds with the findings of Yang *et al.* (2018), who reported that late blight-responsive genes showed time-point-specific induction/repression by identifying DEGs, which mainly encoded transcription factors and protein kinases, and also included four NBS-LRR genes. A similar result was reported by Li *et al.* (2022), stating that resistant potatoes activated a set of biotic stimulus responses and phenylpropanoid biosynthesis genes, including kirola-like protein, NBS-LRR, disease resistance, heat shock proteins, and kinase genes. Yang *et al.* (2018), also reported that forty-three DEGs were involved in the immune response, of which 19 were enriched in hypersensitive response reaction, which could play an important role in broad-spectrum resistance to Pi infection.

Table 1: Defense Response continuously upregulated DEGs at all four time points

*N/A: Not Available; PPI: Plant-Pathogen Interactions

S/N	Transcript ID	UniProt ID	Protein Name	Organisms	Protein Families	Gene Ontology	KEGG Pathway
1	36939	M1ABJ9	CC-NB-LRR protein	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	disease resistance NB-LRR family.	ADP binding; defense response to other organism	PPI (sot04626)
2	21923	A0A2G2W4X3	NB-ARC domain-containing protein	<i>Capsicum baccatum</i> (Peruvian pepper)	disease resistance NB-LRR family.	cytoplasm; membrane; ADP binding; plant-type hypersensitive response	N/A
3	4557	M1BLZ6	Disease resistance protein R3a	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	disease resistance NB-LRR family.	ADP binding; defense response to other organism	N/A
4	71273	M1CS93	Verticillium wilt disease resistance protein	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	RLP family.	plasma membrane; defense response to fungus	N/A
5	23954	M1ANN3	Ubiquitin-protein ligase	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	defense response to other organism	N/A
6	50823	A0A3Q7HWV8	Phosphatidylinositol 4-phosphate 5-kinase, 2.7.1.68	<i>Solanum lycopersicum</i> (Tomato)	N/A	plasma membrane; 1-phosphatidylinositol-4-phosphate 5-kinase activity; ATP binding; phosphatidylinositol phosphate biosynthetic process; phosphorylation	N/A
7	56591	M1AI77	NAK-like ser/thr protein kinase	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	membrane; ATP binding; protein serine/threonine kinase activity; protein phosphorylation	N/A
8	87856	A0A3Q7EGA4	Protein kinase domain-containing protein	<i>Solanum lycopersicum</i> (Tomato)	N/A	ATP binding; protein kinase activity; protein phosphorylation	N/A
9	115801	M1BQI2	Heat shock protein 90	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	heat shock protein 90 family.	unfolded protein binding; de-etiolation; protein folding; protein import into chloroplast stroma; response to chlorate; response to heat; response to salt stress; response to water deprivation	PPI (sot04626)

Table 2: Defense Response DEGs at 48 hours post infection (hpi)

*N/A: Not Available

S/N	Transcript ID	UniProt ID	Protein Name	Organisms	Protein Families	Gene Ontology	KEGG Pathway
1	10211	M1BF53	ADP-ribosyl cyclase/cyclic ADP-ribose hydrolase, 3.2.2.6	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	disease resistance NB-LRR family.	nucleus; ADP binding; defense response to fungus; signal transduction	N/A
2	27379	M0ZXF4	Leucine-rich repeat transmembrane protein kinase	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	membrane; ATP binding; protein kinase activity; receptor serine/threonine kinase binding; defense response to other organism; protein phosphorylation	N/A
3	13842	M1ASW2	Nucleotide binding protein	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	N/A	N/A
4	86293	M1CK90	3,4-dihydroxy-2-butanone kinase	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	cytosol; ATP binding; glycerone kinase activity; glycerol catabolic process; phosphorylation	N/A

Table 3: Defense Response DEGs at 72 hours post infection (hpi)

*N/A: Not Available

S/N	Transcript ID	UniProt ID	Protein Name	Organisms	Protein Families	Gene Ontology	KEGG Pathway
1	10211	M1BF53	ADP-ribosyl cyclase/cyclic ADP-ribose hydrolase, 3.2.2.6	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	disease resistance NB-LRR family.	nucleus; ADP binding; defense response to fungus; signal transduction	N/A
2	23182	M1E040	Pollen-specific kinase partner protein	<i>Solanum tuberosum</i> (Potato)	N/A	guanyl-nucleotide exchange factor activity	N/A
3	59321	A0A2G2WEZ0	Serine/threonine-protein kinase 24	<i>Capsicum baccatum</i> (Peruvian pepper)	N/A	ATP binding; protein kinase activity; protein phosphorylation	N/A

4. Conclusion and recommendation

The Pi-responsive genes and their expression patterns will aid in our understanding of critical resistance genes to late blight and give a biological basis for plant-pathogen interactions. This study employed a time course RNA-seq to evaluate the resistance response of the White Lady potato variety to *P. infestans* inoculation. The result of this present study showed that the White Lady potato cultivar exhibited time-point-specific induction/repression of the late blight response genes and biotic stimulus responses. These results provide valuable information for understanding the late blight resistance mechanism of potato. However, there is a need to validate the results of RNA-seq data by analyzing the expression levels of the DEGs through qRT-PCR. Comparing the transcription profiling data from the RNA-seq analysis and qRT-PCR will help us determine the reliability of our result.

5. References

- Ballvora A, Ercolano MR, Weiß J, Meksem K., Bormann CA., Oberhagemann P., Salamini F., & Gebhardt C (2002). The *R1* gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *Plant J* 30:361–371
- Chen, C., & Li, A. (2016). Transcriptome analysis of differentially expressed genes involved in *Proanthocyanidin* accumulation in the rhizomes of *Fagopyrum dibotrys* and an irradiation-induced mutant. *Front. Plant Physiol.* 7, 100.
- Derevnina, L., Petre, B., Kellner, R., Dagdas, Y. F., Sarowar, M. N., Giannakopoulou, A., et al. (2016). Emerging oomycete threats to plants and animals. *Philos. Trans. R. Soc. B* 371:20150459. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0459>
- Eulgem, T. (2005). Regulation of the Arabidopsis defense transcriptome. *Trends in Plant Science* 10, 71-78.
- Eulgem, T., Rushton, P. J., Robatzek, S., & Somssich, I. E. (2000). The WRKY superfamily of plant transcription factors. *Trends in Plant Science* 5, 199–206.
- FAOSTAT (2013). Food balance sheet. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>
- King, S. R. F., Mclellan, H., Boevink, P. C., Armstrong, M. R., Bukharova, T., Sukarta, O., et al. (2014). *Phytophthora infestans* RXLR effector PexRD2 interacts with host MAPKKK epsilon to suppress plant immune signaling. *Plant Cell* 26, 1345–1359. <https://doi.org/10.1105/tpc.113.120055>
- Li, H., Hu, R., Fan, Z., Chen, Q., Jiang, Y., Huang, W., & Tao, X. (2022). Dual RNA Sequencing Reveals the Genome-Wide Expression Profiles During the Compatible and Incompatible Interactions Between *Solanum tuberosum* and *Phytophthora infestans*. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.817199>
- Lokossou AA, Park TH, van Arkel G, Arens M, Ruyter-Spira C, Morales J, Whisson SC, Birch PRJ, Visser RGF, Jacobsen E, & van der Vossen EAG (2009). Exploiting knowledge of *R/Avr* genes to rapidly clone a new LZ-NBS-LRR family of late blight resistance genes from potato linkage group IV. *Mol Plant Microbe Interact* 22:630–641
- Muthusamy, M.; Uma, S.; Backiyarani, S.; Saraswathi, M.S.; & Chandrasekar, A. (2016). Transcriptomic changes of drought-tolerant and sensitive banana cultivars exposed to drought stress. *Front. Plant Sci.* 7, 1609.
- Paluchowska, P., Śliwka, J. & Yin, Z. (2022). Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta* 255, 127. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03910-6>
- Raker, C. M., & Spooner, D. M. (2002). Chilean tetraploid cultivated potato is distinct from the Andean populations. *Crop Science* 42, 1451–1458.
- Ren, Y., Armstrong, M., Qi, Y., Mclellan, H., Zhong, C., Du, B., et al. (2019). *Phytophthora infestans* RXLR effectors target parallel steps in an immune signal transduction pathway. *Plant Physiol.* 180, 2227–2239. <https://doi.org/10.1104/pp.18.00625>
- Whitham, S. A., Yang, C. L., & Goodin, M. M. (2006). Global impact: Elucidating plant responses to viral infection. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 1207–1215.
- Yang, X., Guo, X., Yang, Y., Ye, P., Xiong, X., Liu, J., Dong, D., & Li, G. (2018). Gene Profiling in Late Blight Resistance in Potato Genotype SD20. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1728. <https://doi.org/10.3390/ijms19061728>
- Yuen, J. (2021). Pathogens which threaten food security: *Phytophthora infestans*, the potato late blight pathogen. *Food Sec.* 13, 247–253. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01141-3>

6. Multidisciplinary sciences (English language)

Review on evolutionary game theory: History, concepts, and applications to tourism recovery post-Covid-19 crisis

Abdi Shukri Yasin^{1, 2}

¹*Doctoral School of Economics & Regional Science, Hungarian University of Agriculture and Life Science; Gödöllő, Hungary*

²*Department of Natural Resources Management, Kabridahar University, Kabridahar, Somali Region, Ethiopia*
Yasin.Abdi.Shukri@phd.uni-mate.hu

Abstract

The Covid-19 pandemic has had a profound impact on the global tourism industry, which is a major contributor to the global economy. As the industry seeks to recover from the Covid-19 crisis, innovative approaches are needed to understand and address the complex dynamics of tourism recovery. Evolutionary game theory is believed to offer a promising framework for the tourism in different ways. Cognizant of this, this study review aimed to provide an overview of the history, concepts, and applications of evolutionary game theory in the context of tourism recovery from crises, with a focus on the Covid-19 pandemic. To achieve this aim, a desk review of existing literature was conducted using a range of search words including "evolutionary game theory," "tourism recovery," "Covid-19," "strategic behavior," and "natural selection.". After that, key findings were synthesized, and gaps and limitations in the current knowledge were identified. Finally, direction for future works was given.

1. Introduction

The novel Coronavirus disease (COVID-19) was confirmed to be a pandemic and public health emergency of international concern (PHEIC) on March 11, 2020 by the World Health Organization (WHO). Since then, the world has witnessed the health, social, and economic effects of the pandemic with varying effects across industries. Compared to other businesses, the pandemic has had a profound impact on the global tourism industry, which is a major contributor to the global economy and provides employment opportunities for millions of people with widespread disruptions and challenges faced by businesses and destinations including widespread travel restrictions, business closures, and changes in consumer behaviors. This has caused a substantial decline in the number of international tourists in the first quarter of 2020 (*UNWTO, 2020*) and resulted in the loss of over 150 million jobs (*ICC and WTTC, 2020*).

As the industry seeks to recover from the Covid-19 crisis, innovative approaches are needed to understand and address the complex dynamics of tourism recovery. Evolutionary game theory, a branch of game theory that studies the behavior of individuals in a population who interact repeatedly with each other and evolve their strategies over time (*Fudenberg & Tirole, 1991*), is believed to offer a promising framework for the tourism in different ways. Cognizant of this, this study review aims to provide an overview of the history, concepts, and applications of evolutionary game theory in the context of tourism recovery from crises, with a focus on the Covid-19 pandemic.

2. Material and methods

To achieve the review objectives, a systematic review of the existing literature on the history and concepts of evolutionary game theory and its applications to the tourism recovery post-

covid 19 crisis was conducted using a range of search words including "evolutionary game theory," "tourism recovery," "Covid-19," "strategic behavior," and "natural selection.". After that, key findings were synthesized, and gaps and limitations in the current knowledge were identified. Finally, direction for future works was given.

3. Results and discussion

3.1 History and concepts of evolutionary game theory

Evolutionary Game Theory (EGT) is a mathematical framework that combines game theory and evolutionary biology to study the dynamics of strategic interactions in evolving populations (Traulsen and Glynatsi, 2023). It was developed in the 1970s and has since become a prominent tool in understanding social behavior, cooperation, and competition in various domains (Smith, 1982; Hofbauer & Sigmund, 1998). EGT originated from the ideas of Smith and Price (1973) who sought to extend classical game theory to incorporate the effects of genetic inheritance and natural selection. Their work built upon the foundation laid by pioneers such as John von Neumann and Oskar Morgenstern in game theory and the insights of Charles Darwin in evolutionary biology. The first evolutionary game theory models were used to analyse animal competitions, after that, it was quickly applied to a variety of disciplines and drew attention of scholars from other fields like mathematics and economics (Grodwohl and Parker, 2023).

Evolutionary game theory differs from classical game theory in that it concentrates more on the dynamics of strategy change (Newton, 2018) as influenced by factors other than the quality of the various competing strategies but also by the frequency with which those various competing strategies are present in the population (Easley and Kleinberg, 2010). Additionally, Yan *et al.* (2021) believe that, unlike the assumption of "perfect rational" in classical game theory, that of "limited rationality" in evolutionary game theory makes the dynamic system, whose behavior changes over time, more suitable for predicting the behavior of game participants.

The key concept in EGT is the evolutionary stable strategy (ESS), a strategy in a population that, once established, cannot be invaded by alternative strategies. ESS is a state of equilibrium where the frequencies of different strategies remain constant over time. EGT explores how different strategies can emerge, persist, or become extinct through repeated interactions and the impact of fitness, which represents the reproductive success of individuals (Hofbauer & Sigmund, 1998). The famous example of the Prisoner's Dilemma illustrates the power of EGT. In this game, two players can either cooperate or defect, leading to different payoffs. EGT analyzes how strategies like "Tit-for-Tat" can evolve and outperform others, revealing the conditions under which cooperation can emerge even in scenarios where self-interest might suggest defection (Smith, 1982).

According to Kornstein (2011), four stages make up the evolutionary game theory system process; i) the model works with a population, just as evolution does (P_n). Individuals in the population that are in competition with one another will differ. The game in the model serves as a representation of this competition. ii) the game puts players' strategies to the test while adhering to the game's regulations.

These rules result in various payoffs, measured in units of fitness (the production rate of offspring). Pairwise competitions between the contestants and others typically take place in a population that is extremely mixed. The population's variety of tactics influences the reward outcomes by changing the likelihood that any given person will run into someone using a different strategy in a contest. iii) each population member then undergoes replication or culling based on the fitness that results, which is specified by the precise mathematics of the replicator dynamics process. A new generation, $P_{(n+1)}$, is then created by this general process. The outcome of the game has now assigned a new fitness level to each survivor. iv) the cycle then

resumes with the current generation replacing the preceding one. It's possible for the population composition to settle on an evolutionary stable state that can't be overrun by any mutant tactics.

While there are valuable resources available on specific aspects of Evolutionary Game Theory, a comprehensive analysis of its history and concepts is lacking.

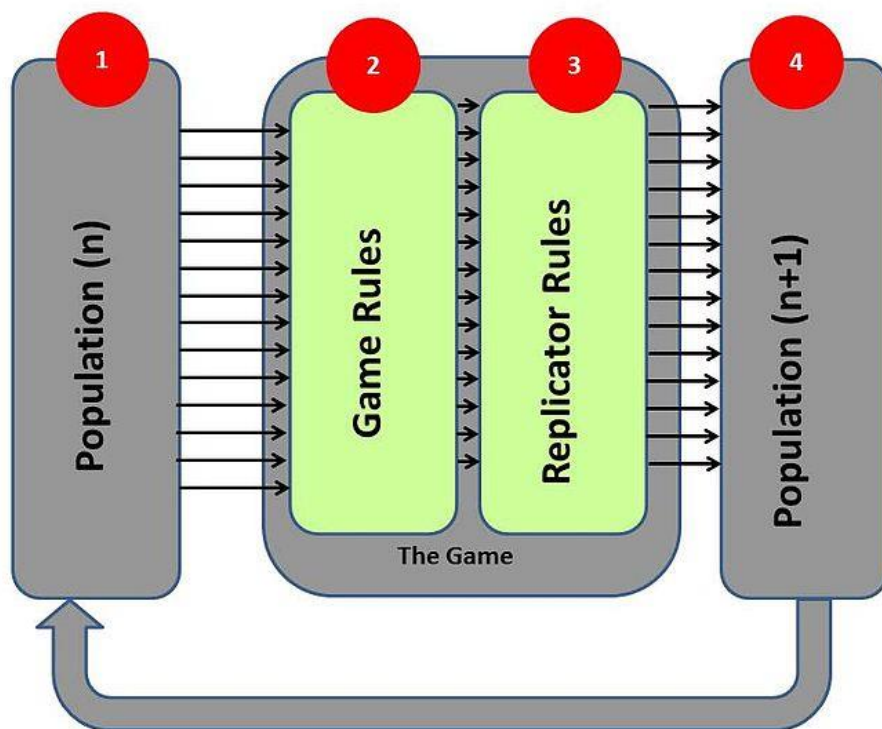


Figure 1: EGT's system diagram of structure (Kornstein, 2011)

3.2 Applications of evolutionary game theory to tourism recovery post-COVID-19 crisis

Even though evolutionary game theory has helped to explain the basis of altruistic behaviors in Darwinian biological evolution, it has in turn become of interest to economists, sociologists, anthropologists, and philosophers (Cai and Kock, 2009; Smith and Price, 1973; also cited in Yan et al., 2021).

It has also helped explain phenomena such as the evolution of social norms, the emergence of cooperation among unrelated individuals, and the evolution of mating strategies (Nowak, 2006; Axelrod 1981; Smith and Price, 1973).

Evolutionary game theory is also applied to the general tourism industry with the main concerns whether or not sustainable practises will be used, taking into account various population types. For instance, He, He and Xu (2018) investigated the government's incentive system for developing sustainable tourism and offered some recommendations to the government using an evolutionary game model. Antoci, Borghesi, and Galeotti (2013) used evolutionary games to depict the interaction between tourists and stakeholders, where a protection mechanism (environmental bonus) is introduced by the government as an incentive to adopt sustainable practises. Qingyun and Mu (2021) also proposed a model to explain the interaction of strategies of three stakeholders (government, developers, and the local community) in the process of distribution of land revenue. Blanco et al. (2009) also determined the connection between green businesses and regulations.

In the tourism recovery post-covid 19 crisis, there are a few studies [Yan et al., 2021; Xiang et al., 2020] which employed evolutionary game theory to mainly analyze the behaviors of participants in the industry from the perspective of stakeholders (Barari et al., 2012) by discussing the relationships among stakeholders [tourists, governments, and tourism enterprises]. This can help make a distinction between different equilibrium states and recognize the long-term dynamics of participants where tourism businesses can cooperate to promote safety measures and protocols to reassure travelers and reduce the risk of transmission of the virus (Xiang et al., 2020). For example, governments can cooperate with businesses to provide financial support and incentives to help them survive the crisis and also travelers can cooperate with businesses by adhering to safety measures and protocols and supporting local businesses. Additionally, Hernández et al. (2022) has uniquely addressed the issue of coordination amongst the various parties constituting a tourism network using evolutionary game theory.

All the above works have made significant contributions to the application of evolutionary game theory to the general tourism industry and specifically to tourism recovery post-covid 19 crisis tourism. But none of them have considered multi-level and multi-actor interactions. Thus, there is a need for integrating factors like behavioral and psychological factors into the evolutionary game models. Also, future researches could explore the applicability of evolutionary game theory to other tourism contexts, and investigate the practical implications of evolutionary game theory for tourism recovery strategies and policy interventions.

4. Conclusions and recommendations (or implications)

The major purpose of this desk review study was to provide an overview of the history, concepts, and applications of evolutionary game theory in the context of tourism recovery from crises, with a focus on the Covid-19 pandemic. The study found that Evolutionary Game Theory (EGT) was founded in 1973 as a result of John Maynard Smith and George R. Price's formalization of competitions. EGT differs from classical game theory in that it concentrates more on the dynamics of strategy change. Even though Darwinian biological evolution was the basis of the EGT, it has in turn become of interest to economists, sociologists, anthropologists, and philosophers. In the tourism industry, EGT analyses the behaviors of participants in the industry from the perspective of stakeholders [tourists, governments, and tourism enterprises].

Applying the evolutionary game theory to tourism recovery in the post-covid-19 can help explain the mechanisms influencing the behaviors of tourism stakeholders, offer policy recommendations for tourism recovery, and reduce the pandemic's impact on the industry. Furthermore. The findings of this review highlight the potential of evolutionary game theory as a valuable tool for understanding and addressing the complex dynamics of tourism recovery in the post-COVID-19 era. The review identified emerging themes and research gaps in the literature, such as the need for not only empirical studies on evolutionary game theory but also a comprehensive theoretical analysis of its history and concepts. And the need for future researches to focus on the applicability of evolutionary game theory to other tourism contexts.

5. References

- Antoci, A., Borghesi, S., Galeotti, M. (2013). Environmental Options and Technological Innovation: An Evolutionary Game Model. *J. Evol. Econ.* 23, 247–269.
- Axelrod, R. - Hamilton, W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science*, 211(4489), 1390-1396.
- Barari, S., Agarwal, G., Zhang, W.J., Mahanty, B., & Tiwari, M.K. (2012). A decision framework for the analysis of green supply chain contracts: An evolutionary game approach. *Expert Syst. Appl.* 39, 2965–2976.
- Blanco, E., Lozano, J., & Rey-Maqueira, J. (2009). A dynamic approach to voluntary environmental contributions in tourism. *Ecol. Econ.* 69, 104–114.

- Cai, G., & Kock, N. (2009). An evolutionary game theoretic perspective on e-collaboration: The collaboration effort and media relativeness. *Eur. J. Oper. Res.*, 194, 821–833.
- Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fudenberg, D., & Tirole, J. (1991). *Game Theory*. MIT Press, Cambridge. <https://scholar.harvard.edu/fudenberg/publications/game-theory>
- Grodwohl, J.B.; Parker G.A. (2023). The early rise and spread of evolutionary game theory: perspectives based on recollections of early workers. *Phil. Trans. R. Soc. B3782021049320210493*
- He, P., He, Y., Xu, F. (2018). Evolutionary analysis of sustainable tourism. *Ann. Tour. Res.* 2018, 69, 76–89.
- He, Y., He, P., Xu, F., & Shi, C. (2019). Sustainable Tourism Modeling: Pricing Decisions and Evolutionarily Stable Strategies for Competitive Tour Operators. *Tour. Econ.* 25, 779–799.
- Hernández, J.M., Bulchand-Gidumal, J., Chica, M. (2022). The Role of the Tourism Network in the Coordination of Pandemic Control Measures. *Sustainability*. 14, 16188. <https://doi.org/10.3390/su142316188>
- Hofbauer, J., Sigmund, K. (1998). *Evolutionary Games and Population Dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge. doi:10.1017/CBO9781139173179
- Kornstein, Howard (2011). Animated System Diagram-Evolutionary Game Theory. 26 September 2011. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Game_Diagram_AniFin.gif
- International Chamber of Commerce (ICC) - World Travel & Tourism Council (WTTC). (2020). Issue COVID-19 Restart Guide for the Travel & Tourism Sector. <https://wttc.org/News-Article/ICC-and-World-Travel-and-Tourism-Council-issue-COVID-19-restart-guide-for-theTravel-and-Tourism-sector>.
- Newton, J. (2018). Evolutionary Game Theory: A Renaissance. *Games*. 9 (2): 31. doi:10.3390/g9020031.
- Nowak, M. A. (2006). *Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjghw98>
- Qingyun, P., Mu, Z. (2021). Evolutionary Game Analysis of Land Income Distribution in Tourism Development. *Tour. Econ.* 27, 670–687.
- Smith, J. (1982). *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge University Press, Cambridge. doi:10.1017/CBO9780511806292
- Smith, J., Price, G. (1973). The Logic of Animal Conflict. *Nature* 246, 15–18 (1973). <https://doi.org/10.1038/246015a0>
- Traulsen, A., Glynatsi, NE. (2023). The future of theoretical evolutionary game theory. *Phil. Trans. R. Soc. B* 378: 20210508. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0508>
- United Nations World Tourism Organization (UNWTO). (2020). Briefing Note – Tourism and COVID-19, Issue 1. How are countries supporting tourism recovery? Available online: https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fspublic/2020-06/BFN_V4.pdf
- Xiang, Z., Du, Q., Ma, Y., & Fan, W. (2020). A comparative analysis of major online review platforms: Implications for social media analytics in hospitality and tourism. *Tourism Management*, 77, 104-117.
- Yan, H., Wei, H., & Wei, M. (2021). Exploring Tourism Recovery in the Post-COVID-19 Period: An Evolutionary Game Theory Approach. *Sustainability*, 13, 9162. <https://doi.org/10.3390/su13169162>.

Pastoralism and its direct economic value in the Oromiya region, Ethiopia

Gebbisa Mesfin Bekele¹ – Zsuzsanna Bacsi²

¹*Doctoral School of Economic and Regional Science, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus, Gödöllő*

²*Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Keszthely*

bekelemesfin4@gmail.com

Abstract

Ethiopia is one of the most prominent countries in terms of livestock resources both in Africa and worldwide. The aim of this study is to analyze pastoralism and its economic value in the Oromiya region, in Ethiopia. The study reviewed some empirical studies conducted in the study area and found that the Oromiya pastoral area has a large potential and accounts for about 72.9 percent of regional livestock resources. Despite their existing potential for livestock resources, their performance has remained low in terms of production. This is due to poor feed quality and seasonal availability, high disease incidence and parasite challenges, and limited access to services and inputs as well as extreme weather events and a changing climate. The total direct economic valuation of Oromiya pastoral area livestock products is estimated at US\$ 1.18 billion and accounts for 24.8% of the total national economic value. To improve livestock production in the Oromiya pastoral area awareness creation about livestock products and by-products will be provided for pastoralist households, expansion of effective adequate veterinary services and infrastructure, and creation of market linkage between pastoralists and traders should be taken place.

1. Introduction and literature review

Pastoralism is a natural resource-based subsistence pattern in which people make their living by keeping herds of animals in a communal or free-range land system. It involves mobility to track seasonally available natural pastures (WB, 2016). Ethiopia is ranked first in Africa and ranked fifth worldwide in terms of livestock resources. It contributes 18.95 % and 4.61 % of all livestock in Africa and the world, respectively (FAO, 2022). Ethiopia has an approximate land area of 1.1 million square kilometers, of which 624,880 square kilometers are designated as pastoral areas, making up 61% of the nation (Gebremeskel *et al.*, 2019; WB, 2016). This pastoral region extends across the borders of Somalia, Kenya, Sudan, and Djibouti (Mohamed, 2019). Ethiopians who practice pastoralism inhabit seven national and regional states. Those who live in the regional states of Somali, Afar, and Oromo make up 87% of the total pastoralist population, and the remaining 13% are in SNNPR, Benishangul-Gumuz, Dire Dawa, and Gambella (Gebremeske, *et. al.* 2019; WB, 2016).

The largest proportion of the country's livestock population is found in Oromiya Regional State. In 2021/22, Oromiya had about 30.15% of the country's total livestock population (CSA, 2021/22). In Oromiya Regional State, pastoralism is practiced in 8 zones, 43 districts, and 712 kebeles, covering 152,170 km² (41.87% share from the regional area) of predominantly savanna-type grassland that supports cattle, camels, and small ruminants (OPADC, 2021). At the national level, the livestock sector contributed up to 40% of the agricultural GDP, nearly 20% of the total GDP, and 20% of national foreign exchange earnings in 2017 (WB, 2017). Overall, the output of the livestock sector, which largely originates from pastoral and agro-pastoral areas, contributes 12–16% to Ethiopia's GDP and 30–35 % to its agricultural GDP (MoA, 2012). Pastoral areas contributed 20% of the national export and 90% of live animal

export of the Ethiopian trade, and 80% of the annual milk supply to the Ethiopian community (*Abduletif*, 2019). The pastoral sector is a source of livestock meat and milk destined for domestic consumption and export markets. Thirty-four % of the national red meat, 38 % of total milk, and 21 % of cow's milk are produced by pastoral and agro-pastoral lowland grazing systems (*IGAD*, 2010; *Shapiro et al.*, 2017).

2. Material and method

This study is based on reviews of other scientific literature and secondary data sources from *CSA* (2021/22), *OPADC* (2021), and *NBE* (2023) about the study to help conceptualize the topics within the framework. The main objective of this study is to analyze pastoralism and its economic value in the Oromiya region, in Ethiopia. Specifically, the study objectives are the following:

- To analyze the livestock population of the Oromiya pastoral area
- To examine livestock products of the Oromiya pastoral area
- To examine the utilization of livestock products in the Oromiya pastoral area
- To analyze the direct economic value of livestock products in the Oromiya pastoral area

To achieve the stated objectives of the study we used descriptive statistics such as frequency and distribution tables and mean values and direct economic valuation methods to calculate the economic value of livestock products in the analyzed region, using MS-EXCEL.

3. Results and discussion

3.1. Livestock population of Oromiya pastoral area

Livestock population and distribution across the pastoral area of the Oromiya national regional state has variation due to different factors including climate, vegetation types, and cover, availability of water, settlement conditions, and agroecology in general.

Table 1: Oromiya pastoral area livestock population from 2017-2021.

Item	2017	2018	2019	2020	2021
Livestock numbers, thousand animals					
Cattle	5,200.3	6,597.2	5,799.9	7,580.1	9,236.3
Goat	4,788.1	5,574.2	6,739.9	7,639.4	7,097.2
Sheep	1,704.9	1,965.0	2,272.1	2,624.4	5,877.4
Camel	315.5	294.1	294.3	292.9	242.4
% Share of Oromiya pastoral area livestock from the regional livestock population					
Cattle	21.28	26.92	23.17	29.72	34.43
Goat	55.73	61.36	89.55	90.67	93.94
Sheep	18.15	20.10	24.54	26.91	63.23
Camel	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Source: *OPADC* (2021) and own computation

According to Table 1, Oromiya regional state pastoral areas have 9.2 million cattle, 7 million goats, 5.8 million sheep, and 242,377 camel head populations in 2021/22. Similarly, 72.9 percent of the total Oromiya national regional state livestock of cattle, goats, sheep, and camels is in the pastoral area. This stock represents significant sources of wealth for both pastoral households and the national economy, and it supports sustainable income generation from the

livestock sector. Almost all pastoral communities in Oromiya's national regional state have livestock, which provides major employment in pastoral areas. In this context, livestock holdings per capita in the pastoral area of the Oromiya national regional state are anticipated to be around 23 cattle per household (OPADC, 2021). In short, animal stocks and the number of people engaged in livestock production indicate that the livestock sub-sector is a central component of the country's economy in general and in pastoral areas.

3.2. Livestock products of Oromiya pastoral area

Livestock production is the mainstay of the economy in all areas of the region, providing both food and revenue to maintain their livelihoods. Meat, milk, eggs, honey, hide and skin, gum, and incense are the most important livestock products.

Table 2: Livestock production at the national level and Oromiya pastoral area (2021)

Item	National	Oromiya	Oromiya as % of national
Milk, 1000 litre	5,646,577.8	241,049.9	4.27
Meat, 1000 kg	769,179.1	52,922.0	6.88
Hide and Skin, 1000 heads	21,127.4	3,147.5	14.90

Source: CSA (2021/22) and OPADC (2021)

According to Table 2, Oromiya pastoral area livestock production accounts for 4.27 percent of milk production, 6.88 percent of meat production, and 14.90 percent of hide and skin production at the national level. In comparison to the existing resource, the Oromiya pastoral area's contribution to national livestock output has been low or negligible because the region has the highest proportion of the country's livestock population (30%) and the Oromiya pastoral area has 72.9 percent of the regional livestock shares. This is due to poor genetics, poor reproductive performance, poor feed quality and seasonal availability, high disease incidence and parasite challenges, and limited access to services and inputs as well as extreme weather events and a changing climate. Additionally in this area, increases in livestock production to date are founded on growth in the herd and flock size rather than yield increases.

3.3. Oromiya pastoral area livestock product utilization

Livestock utilization in the country can be classified as household subsistence, sale, wage, and others (CSA, 2021). Regarding utilization, most of the Oromiya pastoral area livestock production is used for household consumption or subsistence, as indicated in Table 3. According to Table 3, of the total annual milk production of the pastoral area of the Oromiya region, 44.51 percent was used for household consumption, 9.37 percent was sold, only 0.29 percent was used for wages in kind, and the rest, 45.83 percent, was used for other purposes (could be to produce butter, cheese, and the like). Most of the milk consumed in Ethiopia's pastoral areas, particularly in the Oromiya region, is by the producer households themselves. There are several reasons for this. First, in pastoral areas, milk is the primary food source for households. Second, there is insufficient infrastructure that would enable the transportation of milk to far-off markets, including market and transportation facilities as well as milk maintenance tools. The third factor is culture. Selling milk is looked down upon in traditional societies, just like many other practices (IUNC, 2006).

Regarding the total production of meat, 49.22 percent of cattle meat, 84.13 percent of goat meat, and 63.69 percent of camel meat are used for household consumption. Meat and other livestock products are the only major source of household food. In addition, the domestic demand for meat increases during traditional and -religious festivities (Mekuriaw - Harris-Coble,

2021). In the same way, as indicated in Table 3 hides and skins are mainly used for household consumption (59.3% for cattle and camels, and 51.55% for goats) and sales (24.41% for cattle and camels, and 32.96% for goats). In addition to using them in their homes for various uses, pastoralists make mats, bed mats, prayer mats, seat covers, and milk containers at home from hides and skins (*Kedir, 2016*).

Table 3: Oromiya pastoral area livestock product utilization (%) in 2020/21

		Cattle	Goat	Camel
National Livestock Numbers	Total, 1000 TLU	9,236.3	7,097.3	242.4
	Milk animal, %	10.03	4.67	33.80
	Meat animal, %	2.92	9.04	36.25
% of Oromiya pastoral area livestock product utilization				
Milk	For subsistence	44.51	44.51	44.51
	For sale	9.37	9.37	9.37
	Wage in kind	0.29	0.29	0.29
	Others	45.83	45.83	45.83
Meat	For subsistence	49.22	84.13	63.69
	For sale	37.71	9.26	26.54
	Wage in kind	2.00	0.36	0.00
	Others	11.07	6.25	9.77
Hides and Skin	For subsistence	59.3	51.55	59.3
	For sale	24.41	32.96	24.41
	Wage in kind	0.08	0.42	0.08
	Others	16.21	15.07	16.21

Source: CSA (2020/21) and OPADC (2021). TLU = Tropical Livestock Unit

3.4. Direct economic values of livestock product

This direct economic valuation of pastoralism consists of measurable products and outputs such as livestock meat, milk, hide, and skins utilized for household consumption, sales, wages, and served for another purpose. The total economic valuation of Oromiya pastoral area livestock products (milk, meat, hide, and skin) is estimated at US\$ 1.18 billion and accounts for 24.48 % (16.81% of cattle value, 5.15 % of goat value and 2.51 % of camel value) of the total national economic value. The total estimated direct value per capita per annum is US\$408.9. This shows the significant annual value addition by Oromiya pastoral area livestock production to the national economy.

The total annual economic value addition from milk for subsistence consumptions, commercial sales, wages, and others from Oromiya pastoral area is estimated at US\$ 207.2 million in 2020/21 market prices and 4.28 percent share of national economic value. In terms of livestock species considered cattle, goats, and camel account for 75.40 percent, 7.77 percent, and 16.84 percent of the total milk value of the Oromiya pastoral area respectively. The total annual economic value addition from meat from Oromiya pastoral area is estimated at US\$ 974.2 million in 2020/21 market prices and 20.12 percent share of national economic value. In terms of livestock species considered, cattle, goats, and camel account for 67.39 percent, 23.7 percent, and 8.91 percent of the total meat value of the Oromiya pastoral area respectively. The total annual economic value addition from hides and skin from Oromiya pastoral area is estimated at US\$ 3.6 million in 2020/21 market prices and 0.08 percent share of national economic value.

In terms of livestock species considered, cattle, goats, and camel account for 33.93 percent, 65.18 percent, and 0.89 percent of the total hide and skin value of the Oromiya pastoral area respectively.

Table 4: Direct economic valuation of livestock products of Oromiya pastoral area

	Cattle	Goat	Camel	Total
National market value, 1000 USD	2,642,315.1	1,279,247.5	920,471.9	4,842,034.5
Oromiya pastoral area livestock market value				
Milk value, 1000 USD	156,225.7	16,097.3	34,884.5	207,207.4
% share from the total value	75.40	7.77	16.84	100.00
Meat value, 1000 USD	656,561.7	230,880.0	86,839.0	974,280.7
% share from the total value	67.39	23.70	8.91	100.00
Hides and skin value, 1000 USD	1,243.3	2,388.5	32.6	3,664.4
% share from the total value	33.93	65.18	0.89	100.00
Oromiya pastoral total, 1000 USD	814,030.7	249,365.8	121,756.1	1,185,152.6
% share from the total value	68.69	21.04	10.27	100.00
% share of Oromiya's total national	16.81	5.15	2.51	24.48
Oromiya pastoral, population	2,898,365	2,898,365	2,898,365	2,898,365
Per capita per annum (USD)	280.86	86.04	42.01	408.90

Source: own computation. The official exchange rate of 1 USD to 52 ETB for the annual, 2020/21 is used.

4. Conclusions and recommendations

Oromiya pastoral area has a large potential for livestock resources and accounts for about 72.9 percent of regional livestock resources. Despite their existing potential, the performance of the Oromiya pastoral area has remained low in terms of production and productivity. The total economic valuation of Oromiya pastoral area livestock products (milk, meat, hide, and skin) is estimated at US\$ 1.18 billion and accounts for 24.8 % of the total national economic value.

The results of the study serve as a potential input in policy formulation for the livestock sector in the region and its effort to bring about inclusive pastoral development in the area. The findings also help researchers as a baseline for further study of the livestock sector in the pastoral community even in other parts of the country at large. This study is based on secondary data gathered from official government statistical sources. However, there is data inconsistency and unreliability among data sources. Also, at the national level, the lack of systematically disaggregated livestock and livestock product data by the highland and pastoral system is another problem. Additional investigation is needed on livestock and livestock product market prices (current and future perspectives), how to build reliable data on livestock production and utilization at the regional and country level, and detailed analysis of the pastoral livestock export market at regional and country levels. To make considerable improvements in livestock production in Oromiya pastoral area the following recommendations could be made:

- Awareness should be enhanced about livestock products and by-products will be provided for pastoralist households by concerned government bodies and stakeholders.
- Expansion of effective adequate veterinary services and infrastructure, and
- Creation of market linkage between pastoralists and traders.

5. References

- Abduletif, A. A. (2019). Benefits and challenges of pastoralism system in Ethiopia. *Studia Mundi–Economica*, 6.3. 56–67.
- CSA (2021/22). Central Statistical Agency of Ethiopia. <http://www.statsethiopia.gov.et/>
- FAO (2022). World Food and Agriculture –Statistical Yearbook 2022. FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2211e>
- Gebremeskel, E. N., Desta, S., & Kassa, G. K. (2019). Pastoral Development in Ethiopia: Trends and the way forward. World Bank. Washington.
- IGAD (2010). The contribution of livestock to the Ethiopian economy–Part II. IGAD LPI Working Paper No. 02 –11. Roy Behnke, Odessa Centre, Great Wolford (UK).
- IUNC (2006): Pastoralism in Ethiopia: Its total economic values and development challenges. IUNC – UNEP.
- Kedir, J. (2016). The contribution of hides and skins to the Pastoralist economy in the Ethiopian Somali regional state: findings from Jarrar and Shebelle zones. USAID, <https://agri-learning-ethiopia.org/wp-content/uploads/2016/07/Jemal-et-al-TEV-skin-hide-report.pdf>
- Mekuriaw, Z., Harris-Coble, L. (2021). Ethiopia’s livestock systems: Overview and areas of inquiry. Feed the Future Innovation Lab for Livestock Systems. Gainesville (FL, USA).
- MoA (2012). Ethiopia Country Programming Paper to End Drought Emergencies in the Horn of Africa.”The Ministry of Agriculture. Addis Ababa (Ethiopia).
- Mohamed, A. A. (2019). Pastoralism and development policy in Ethiopia: a review study. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal*, 2.4. 01–11.
- NBE (2023). National Bank of Ethiopia, Statistical Data Series. <https://nbe.gov.et/statistical-data-series/>
- OPADC (2021). Livestock production and productivity improvement towards pastoral livelihood enhancement in the pastoral areas of Oromiya region. Oromiya Pastoral area Development Commission, Finfinnee, Oromiya.
- Shapiro, B.I., Gebru, G., Desta, S., Negassa, A., Nigussie, K., Aboset G., & Mechale. H. (2017). Ethiopia livestock sector analysis. ILRI Project Report. International Livestock Research Institute, Nairobi (Kenya)
- WB (2017). International Development Association: Project Appraisal Document on a Proposed Credit in the Amount of SDR 121.1 million (US\$170 Million Equivalent) to The Federal Democratic Republic of Ethiopia for a Livestock and Fisheries Sector Development Project (Project Appraisal Document No. PAD2396). World Bank, Washington.
- WB (2016). Policies and Proclamations Relevant to Pastoral Areas Land Management for Ethiopia, Kenya, and Uganda Review Report. World Bank, Washington.

Bioeconomy as a sustainable development model: study case of Latin America and the Caribbean region

Maria Lourdes Ordonez

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Godollo Campus, Doctoral School of Economy and Regional Planning

Ordonez.Lourdes.Maria@uni-mate.hu

Abstract

In general terms, the bioeconomy seeks to produce various products and services in a sustainable manner to address major global challenges such as the global demand for biomass, climate change and the scarcity of natural resources. This concept has been adopted by several developed and developing countries as part of their commitments under the Paris Agreement, but not all emerging economies, such as those in Latin America and the Caribbean, have specific frameworks and policies to promote the bioeconomy as a development model. Due to the availability of water, soil and land quality, the LAC region is considered one of the most biodiverse regions in the world and the one with the highest biomass production. However, wealth and prosperity coexist with vulnerability and extreme poverty, especially in rural areas. This review article briefly describes the global context of the bioeconomy, with a focus on Latin America and the Caribbean. It identifies the main challenges facing the bioeconomy model to achieve sustainable development.

1. Introduction

The bioeconomy seeks to reduce the use of non-renewable fossil energy and replace it with renewable resources as one of its main goals (*Hodson De Jaramillo et al., 2019; Papadopoulou et al., 2021; Perišić et al., 2022*). However, other objectives that bioeconomy look for are the linking of most of the economic and industrial sectors that use biological resources and processes to produce bio-based food, feed, products, and services (*European Commission, 2019*). Or in some cases, it optimized the products life cycle and created bio-based secondary market products (*Dorokhina & Kharchenko, 2017*).

The previous objectives are closely related to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) (*Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018*), where the bioeconomy is a response to at least four emerging and global challenges a) The increase in world population; b) The increase in world demand for biomass, which aggravates the scarcity of natural resources; c) The awareness that fossil fuels will disappear in the long term; and d) Concerns about climate change (*Linser & Lier, 2020*)

Today, the bioeconomy as a new development concept has also been adopted by developing countries as their commitment to the Paris Climate Agreement (*Delzeit et al., 2021*). For LAC, sustainable bio-economy strategies can provide new opportunities for value-added development and industrialization to support the socio-economic goals of the countries. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018; Schröder et al., 2020*).

This review article briefly describes the global context of the bioeconomy. It focuses on the Latin American and Caribbean region. The article describes the LAC region in general terms to understand the scope of the region, the global and regional importance of the bioeconomy. Finally, it identifies the main challenges that the bioeconomy model faces in achieving sustainable development, reducing inequalities and promoting inclusive green economic growth.

2. Materials and methods

The methodological approach of this research is a qualitative literature review based on secondary data obtained mainly from official government documents, international reports, and journal articles related to the research topic. The information obtained from the bibliographic databases was categorized according to the issues addressed in this literature review, from general aspects of the bioeconomy in the global context to particularities in the region under study. Once this revision is finished, the author make remarks about the main aspects that lead bioeconomy as a model for sustainable development.

According to *Snyder (2019)*, qualitative literature reviews perform an essential role as a foundation for all types of research. It can serve as a basis for knowledge development, create guidelines for policy and practice, provide evidence of an effect, and have the capacity to engender new ideas and directions for a particular field.

The primary purpose of a literature review, according to the Western Sydney University Report, is to obtain an understanding of the existing research relevant to a particular topic or area of study and to present that knowledge in the form of a written report (*Western Sydney University Library Study Smart, 2017*). In addition, a bibliographic review also makes it possible to present important concepts in the field of the study and to obtain information to formulate some recommendations about the problems addressed.

3. Literature review

3.1. Region description

Latin America and the Caribbean (LAC) comprises 33 developing countries, with a vast coastline facing the Pacific Ocean on the western seaboard and the Atlantic Ocean/Caribbean Sea on the eastern coast (*International Marine Organization, 2018*).

The countries of Latin America and the Caribbean have the largest endowments of natural capital in the world due to their immense biodiversity and the natural resources that are the mainstay of their economies (*Boeri et al., 2020*). In terms of water, soil quality and land availability, the region has the biggest biomass production (*Interamerican Institute for Agriculture Cooperation, 2019*). Due to its high biodiversity has a more significant contribution to people's quality of life than the global average (*Rodríguez et al., 2017a; Sasson & Malpica, 2018*).

The region is home to 650 million people in different countries, with wealth and prosperity coexisting alongside vulnerability and extreme poverty, especially in rural areas (*United Nations, 2022*). One of the main problems facing the region is income inequality among the population; although it has been reduced in recent years, Latin America and the Caribbean remains the most unequal region in the world.

LAC remains exposed to an unstable global, regional, and national geopolitical and economic scenario, marked by successive crises linked to recent events such as the 2019 pandemic and the war in Ukraine. Economic growth in LAC is estimated to reach 3.2% of GDP in 2022 and is projected to fall to only 1.4% in 2023 (*ECLAC, 2022*).

These latter scenarios have led to a slowdown in economic growth and sluggish job creation. These are compounded by other natural risks facing the region, such as the increased frequency of disasters and the impact of climate catastrophes.

As a result of the development models adopted by Latin American countries after the green revolution, they boosted their economic growth based on natural resources and import substitution. If we analyze the GDP composition in LAC region, the primary sector does not have as much weight in the general composition however is one of the most important sectors in the trade balance of the countries since in many of them raw materials are exported. Value-added products are imported, contributing to around 19.3% of the economically active population.

The secondary sector considered a mixture of extractive, manufacturing, and industrial activities, is fundamental, especially in oil-producing countries whose economies depend on exports of these non-renewable resources. Finally, the third sector, corresponding to services, has the highest share during all the periods evaluated.

3.2. Bioeconomy at a global level

According to Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018b), bioeconomy is defined as "*the knowledge-based production and utilization of biological resources, processes, and principles to provide sustainable goods and services across all economic sectors.*"

In the study of (Hodson De Jaramillo *et al.*, 2019), they conclude that bioeconomy seeks to reduce the use of non-renewable fossil energy and replace it with renewable resources through environmental, social and economic sustainability framework by producing, processing, and consuming biological materials and minimizing polluting waste.

According to (Linser & Lier, 2020b) the bioeconomy is a sustainable pathway to achieving the UN Sustainable Development Goals, as several SDGs (14 out of 17) are considered relevant to the bioeconomy strategy. In addition, at least four emerging and global challenges can be addressed by the bioeconomy a) The increase in world population; b) The increase in world demand for biomass, which aggravates the scarcity of natural resources; c) The awareness that fossil fuels will disappear in the long term; and d) Concerns about climate change (Food and Agric. Organization of the United Nations, 2018b; Perišić *et al.*, 2022).

The research of (Calicioglu & Bogdanski, 2021), analyzed the literature linking of bioeconomy with the SDGs, the findings consider the strong potentials in contribution to the attainment of several SDGs, compared to others. Figure 1, show the SDG clusters obtained in terms of their relationship with sustainable bioeconomy impact categories derived from International Sustainable Bioeconomy Working Group's aspirational Principles and Criteria. From the bioeconomy literature studied, the clusters indicate the degree of integration between the SDGs. Clusters are formed based on the number of shared P&C impact categories, reflecting the degree of relevance in terms of reporting. The findings suggest that bioeconomy assessments offer opportunities to be linked to reporting on the SDGs across all three dimensions of sustainability, particularly those related to economic development (SDG 8), access to food security (SDG 2), and sustainable consumption (SDG 12). It has also shown potential synergies with biodiversity protection, waste recycling, gender equity and international collaboration.

According to the (GBS, 2018), the bioeconomy has gained momentum worldwide. It is a certainty in many developed countries, such as France, Germany, the Netherlands, Finland, Japan and Russia. Nearly 50 countries included defined bioeconomy policies in their development plans at the beginning of 2018.

Globally, the importance of the bioeconomy can be seen in several ways:

- a) **Economic growth:** The bio-economy has the potential to generate economic growth in all sectors, both primary and secondary, and to create new jobs. It can contribute to rural development, export growth, and the reduction of fossil fuel dependency (Kuosmanen *et al.*, 2020).
- b) **Environmental sustainability:** It encourages sustainable practices that can help reduce greenhouse gas emissions and mitigate climate change. It can also help reduce waste and pollution by using biological resources more efficiently (European Network for Rural Development, 2019).
- c) **Food security:** the bioeconomy can contribute to food security by increasing the availability of nutritious food and reducing waste. It can also contribute to diversifying food

production systems and reducing dependence on a limited number of crops (Trigo *et al.*, 2023).

- d) **Health and welfare:** can contribute to developing new medicines, vaccines, and other health products through biotechnological methods (Wesseler *et al.*, 2017).

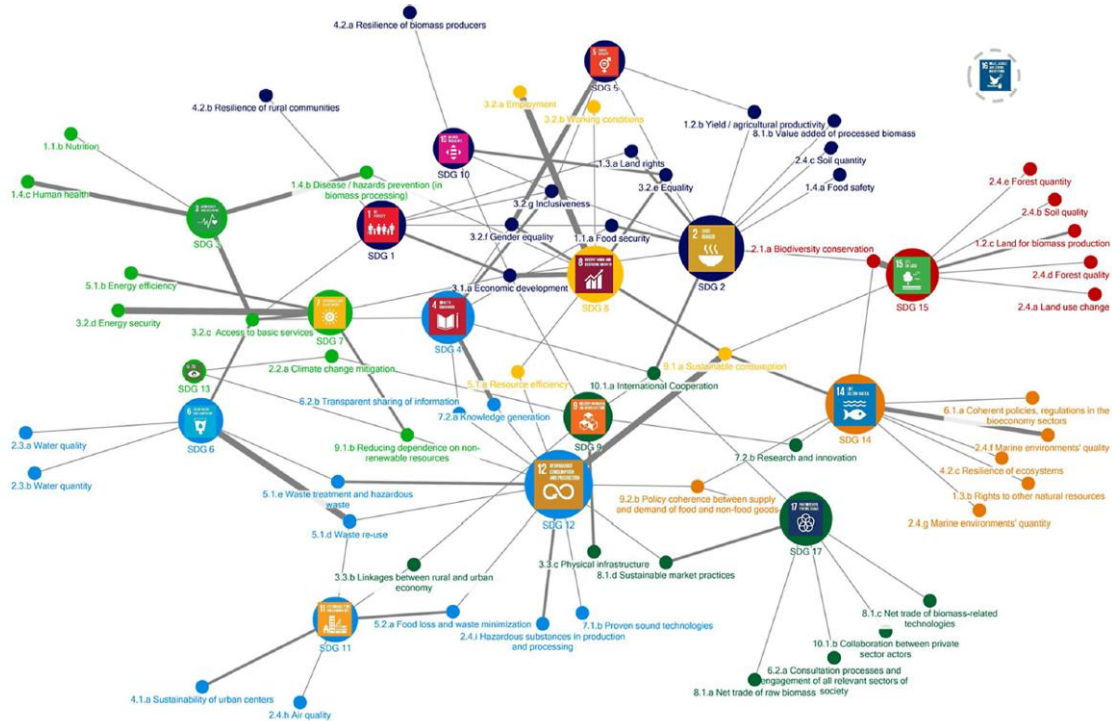


Figure 1: SDG clusters obtained in terms of their relationship with sustainable bioeconomy (Calicioglu & Bogdanski, 2021)

3.2. Bioeconomy at Latin America and the Caribbean Region

As a result of the development models adopted by Latin American countries after the green revolution, they boosted their economic growth based on natural resources and import substitution. That is why the importance of bioeconomy concept since it emerged as a socioeconomic model that reduces fossil resource dependence, endorse green energetic transition, and promotes the production and intensive use of knowledge of biological resources. Bioeconomy can allow the sustainable supply of goods and services in all economic sectors (bioenergy, agriculture and bio-inputs, food, fiber, health products, industrial products, and bioplastics); while conclusively contribute to human welfare and decarbonizing of the economies to comply with global environmental agreements for sustainability (Fao, 2019).

Bioeconomy in the Caribbean and Latin American countries in a global context has two main challenges. At the global level, the region has an essential role to play in contributing in global terms to the food, fiber and energy balances, while improving environmental sustainability in these production systems. And the bio-economy, based on improvements in agriculture and biomass production, is a new model of equitable growth and opportunity within the region's borders (Chavarría *et al.*, 2021; Trigo *et al.*, 2013).

Table 1: Absolute values of revealed comparative advantage in exports of bioeconomy products, 2010-2015 for Latin America and the Caribbean (14 countries)

Country	Bioeconomy of Primary Sectors			Bioeconomy of value added in primary sector						Bioeconomy of high value added			
	Agriculture and Agro-Industry	Fisheries, aquaculture and subproducts	Forestry and wood industries	Food Industry	Paper industry pulp	Fibers, Textiles and Leather	Biodiesel	Bioethanol	Solid Energy	Bio-based chemicals	Biopharma Industry	Bioplastics	Biocosmetic Industry
Argentina	6.00	2.79	0.36	9.48	0.54	1.49	29.50	0.34	1.06	1.38	0.33	0.75	4.81
Bolivia	1.42	0.00	0.98	3.07	3.02	0.48		12.09	0.16	0.03	0.00	0.01	0.53
Brazil	6.58	0.15	1.28	2.18	2.53	1.46	0.16	13.43	1.23	0.70	0.07	1.25	2.55
Chile	2.37	7.92	3.73	1.77	3.55	0.16		0.03	10.11	0.21	0.01	0.79	0.07
Colombia	2.50	0.52	0.12	0.84	0.67	0.55		0.01	0.13	0.20	0.04	1.10	0.09
Costa Rica	6.19	1.88	0.99	3.85	1.10	0.26		5.80	0.00	0.71	1.25	0.40	1.07
Ecuador	4.49	18.96	1.67	1.48	0.21	0.24	0.89	2.51	0.58	0.16	0.03	0.03	0.20
El Salvador	2.48	2.42	0.21	3.11	4.02	1.61		10.89	0.20	0.10	0.02	0.12	0.09
Guatemala	7.70	1.17	0.96	3.87	1.76	0.85		25.99	0.08	0.47	0.06	0.33	1.26
Guyana	6.27	8.20	5.66	1.77	0.22	0.01		0.04	0.55	0.02	0.00	0.04	0.02
Honduras	9.26	2.11	0.27	0.32	0.28	0.01			0.85	0.06	0.02	3.40	0.38
Jamaica	2.02	1.12	0.16	4.14	0.10	0.02		78.35	0.02	0.02	0.01	0.01	2.66
Mexico	0.38	0.35	0.14	0.84	0.33	0.26		0.03	0.16	0.36	0.06	0.77	0.64
Nicaragua	9.43	8.17	0.54	1.92	0.18	0.76		2.43	0.12	0.04	0.08	0.03	0.82
Panama	1.29	4.47	1.06	1.27	0.61	1.57		1.15	0.01	0.21	0.34	0.02	0.19
Paraguay	11.91	0.00	0.96	4.68	0.17	1.74		1.45	9.59	0.07	0.09	0.01	4.21
Peru	2.04	4.55	0.59	2.13	0.22	0.63		3.30	0.00	0.22	0.01	0.05	0.63
Rep.Dom	2.86	0.23	0.15	2.01	1.08	3.46		1.10	0.22	0.19	0.11	0.13	5.17
Tri. Tog	0.05	0.12	0.06	0.75	0.38	0.01		0.51	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Resto Caribe	1.94	4.51	1.39	1.94	0.45	0.73		11.32	0.07	0.11	0.16	0.03	1.18
Uruguay	14.29	2.92	8.69	1.14	0.91	5.37	0.01	0.04	26.45	1.14	0.54	0.28	2.39
Venezuela	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01		0.05	0.06	0.16	0.02	0.01	0.51

Source: Own construction based on (Rodriguez, 2017)

According to the Community of Latin American and the Caribbean States, most Latin and Caribbean countries, especially South America, have revealed comparative advantages (VCR) in exporting bioeconomy products with low added value, such as agricultural, agro-industrial, and fishing products. On the other hand, only a few countries as Argentina, Brazil, Costa Rica, and Uruguay; reflect competitiveness in various products of the bioeconomy with medium added value such as paper, fiber, textile industry, biodiesel, reliable energy; and more than one product with high added value such as bio-based chemicals, biopharmaceutical industry, bioplastics, and biocosmetics. The rest of the region generally shows low competitiveness beyond essential products (IDB, 2018).

The Table 1, present the Revealed Comparative Advantage (VCR) of the countries of the LAC region for the items included in the three bioeconomy categories. Based on the research of (Rodriguez, 2017), the countries with VCRs in the most items are Brazil (9 out of 12), Uruguay (8 out of 12) and Argentina, and Costa Rica (7 out of 12). Only Mexico, Trinidad and Tobago, and Venezuela have no RCAs in any export item of the bioeconomy.

Even though there are no specific studies measuring the contribution of the bioeconomy for the rest of Latin America. In most of the countries of this region, the bioeconomy is considered

an alternative model for sustainable development and green growth, especially for the mega biodiversity that the region offers as a great potential for biomass production and utilization.

Concerning bioeconomy policy strategies in LAC countries, bioeconomy has gained importance in Latin America and the Caribbean even if there are no dedicated national bioeconomy policy strategies as yet; however, countries such as Argentina, Brazil, Colombia, and Ecuador have already announced their willingness to prepare appropriate policy documents (*Bioeconomy Council*, 2018). Moreover, Brazil and Argentina are among the leaders in bioenergy production and are among the top five users of genetically modified crops. Colombia, Paraguay, and Uruguay have already taken the first steps in the knowledge-based bioeconomy (bioprospecting, agricultural technologies). In conclusion, by doing this, LAC country's intentions are better aligned with existing initiatives and provide further developments of bioeconomy policies and programs.

3.3. Major challenges of bioeconomy in Latin America and the Caribbean countries

The bioeconomy represents a substantial opportunity for Latin American and Caribbean regions to achieve sustainable development, reduce inequalities, and promote inclusive green economic growth. However, in the following statements we point out the several challenges need to be addressed to realize the potential of the bioeconomy fully.

- a) ***Lack of institutional frameworks and policies:*** many Latin American and Caribbean countries don't have the necessary legal and regulatory frameworks to support the development of the bioeconomy. This framework includes inadequate policies, weak intellectual property protection, and a lack of incentives for private investment (*Bucaram et al.*, 2020).
- b) ***Limited access to investments:*** for bioeconomy projects in the LAC region, particularly for small and medium-sized enterprises that need extra support to escalate their business. The report of Global Bioeconomy Submit. 2018, remarks that public funds available in the LAC countries are scarce and usually restricted to initial Research and Development; the venture capital market hardly exists in most countries, and there is not a culture of investment in innovation by the private sector.
- c) ***Limited R&D capabilities:*** to support the development of new technologies and products that can be commercialized in the bioeconomy. These limitations include inadequate skills for developing bio-based new products, processes, and value chains.
- d) ***Environmental and sustainable aspects:*** one of the main concerns related to bioeconomy models are associated with the potential negative impacts on biodiversity, soil quality, and water resources. The 2008 World Bank Development Report on Agriculture states that the major challenge for governments in developing countries, like those in Latin America and the Caribbean, is ensure the "*implementation of regulations and develop certification systems that reduce the environmental and food security risks of biofuel production*" (*Falck-Zepeda Jose et al.*, 2010; *Scarlat et al.*, 2015).

4. Conclusions and recommendations

This review shows the global importance of the bioeconomy as an alternative economic model to promote people's well-being and address the major challenges of population growth, energy transition, climate change and intensive agricultural systems.

In the case of developed countries, most of them adopt different frameworks and policies to promote the bioeconomy, for example, since 2013 the European Union has established a common strategy to encourage economic and industrial sectors to produce bio-based products in a sustainable way. However, in the case of Latin America and the Caribbean, not all countries

have the necessary legal and regulatory frameworks to support the development of the bioeconomy.

In contrast to the indicators monitored by the European Union on the bioeconomy, information on the economic importance of the bioeconomy in the LAC countries is very scarce and responds to several specific studies carried out in a general way but not specifying the contribution to the total added value or number of jobs that the different sectors of the bioeconomy contribute to the countries. It is therefore recommended for future research to generate a methodological framework to determine these indicators in order to evaluate the real contribution of the bioeconomy in the region.

In the literature reviewed, the production of biofuels is highlighted as one of the main sectors of importance in the region, with Brazil, Argentina, Uruguay and Mexico being the countries with the largest production. Information on the other sectors related to the production of value-added bioproducts is very limited, however, certain initiatives in the textile and cosmetics industries are highlighted.

Finally, one of the main concerns about the bioeconomy as a development model is the sustainability it can bring in terms of important factors such as food security, land use, water availability and biodiversity. This is why another suggestion is to quantitatively determine the impact of the bioeconomy on the sensitive aspects mentioned above in order to better direct bioeconomy initiatives that are fully aligned with the potential of the region and the sustainable development of its countries.

5. References

- Bioeconomy Council, G. (2018). Update Report of National Strategies around the World. <https://gbs2020.net/bioeconomy-strategies/>
- Bucaram, S., Villacís, J., Chiara Trabacchi, M. E., Schneider, N. de A. C., & Watson, G. (2020). A call for an integrated framework for the bioeconomy in Latin America and The Caribbean region. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/en/a-call-for-an-integrated-framework-for-the-bioeconomy-in-latin-america-and-the-caribbean-region/>
- Calicioglu, Ö., & Bogdanski, A. (2021). Linking the bioeconomy to the 2030 sustainable development agenda: Can SDG indicators be used to monitor progress towards a sustainable bioeconomy? *New Biotechnology*, 61, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.010>
- Chavarría, H., Trigo, E., & Martínez, J. F. (2021). Policies and Business for the Bioeconomy in LAC: An ongoing process. *Circular and Sustainable Bioeconomy*, 1–17.
- Delzeit, R., Heimann, T., Schuenemann, F., Söder, M., Zabel, F., & Hosseini, M. (2021). Scenarios for an impact assessment of global bioeconomy strategies: Results from a co-design process. *Research in Globalization*, 3, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2021.100060>
- Dorokhina, E. Y., & Kharchenko, S. G. (2017). Business models of the circular economy as mechanism of sustainable development achievement. *Ecology and Industry of Russia*, 21(7), 58–61. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-7-58-61>
- European Commission. (2019). Mainstreaming the Bioeconomy. In *EU Rural Review* (Vol. 28). <https://enrd.ec.europa.eu>
- European Network for Rural Development. (2019). The Economic Value of Climate Action within the Rural Bioeconomy ENRD Thematic Group “Bioeconomy and climate action in rural areas.” https://ec.europa.eu/info/files/communication-european-green-deal_en
- Falck-Zepeda Jose, Mangi Siwa, Sulser Timothy, Zambrano Patricia, & Falconi Cesar. (2010). Biofuels and Rural Development in Latin America and the Caribbean.
- Fao. (2019). Towards Sustainable Bioeconomy Guidelines. <https://www.fao.org/3/ca5145en/ca5145en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Assessing the Contribution of Bioeconomy to Countries Economy. FAO. www.fao.org/publications
- GBS. (2018). Communiqué Global Bioeconomy Summit 2018 Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. <http://gbs2018.com/resources/>
- Global Bioeconomy Summit 2018. (2018). Latin America’s developing bio-economies: concept note for a regional panel discussion. [https://agritrop.cirad.fr/589178/1/GBS18%20CN%20LACpanel%20\(v13Abr\).pdf](https://agritrop.cirad.fr/589178/1/GBS18%20CN%20LACpanel%20(v13Abr).pdf)
- Hodson De Jaramillo, E., Henry, G., & Trigo, E. (2019). Bioeconomy New Framework for Sustainable Growth in Latin America.

- IDB. (2018, July 28). Knowledge-based bioeconomy in Latin America.
- Kuosmanen, T., Kuosmanen, N., El-Meligi, A., Ronzon, T., Gurria, P., Iost, S., M'barek, R., & European Commission. Joint Research Centre. (2020). How big is the bioeconomy?: reflections from an economic perspective. European Commission.
- Linsler, S., & Lier, M. (2020). The contribution of sustainable development goals and forest-related indicators to national bioeconomy progress monitoring. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072898>
- Papadopoulou, C. I., Loizou, E., Melfou, K., & Chatzitheodoridis, F. (2021). The knowledge based agricultural bioeconomy: A bibliometric network analysis. In *Energies* (Vol. 14, Issue 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en14206823>
- Perišić, M., Barceló, E., Dimic-Misic, K., Imani, M., & Spasojević Brkić, V. (2022). The Role of Bioeconomy in the Future Energy Scenario: A State-of-the-Art Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14010560>
- Rodriguez, A. G. (2017). The bioeconomy: opportunities and challenges for rural, agricultural and agro-industrial development in Latin America and the Caribbean. <https://biomimicry.org>.
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.env-dev.2015.03.006>
- Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas, A., Macewen, M., & Tilkanen, J. (2020). The circular economy in Latin America and the Caribbean Opportunities for building resilience.
- Trigo, E., Chavarria, H., Pray, C., Smyth, S. J., Torroba, A., Wesseler, J., Zilberman, D., & Martinez, J. F. (2023). The Bioeconomy and Food System Transformation. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation* (pp. 849–868). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_45
- Trigo, E. J., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel, C., Santana, C., & Rocha, P. (2013). Towards a Latin America and Caribbean Knowledge Based Bio-Economy in partnership with Europe Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean. www.bioeconomy-alcue.org
- Wesseler, J., Smart, R. D., Thomson, J., & Zilberman, D. (2017). Foregone benefits of important food crop improvements in Sub-Saharan Africa. *PLOS ONE*, 12(7), e0181353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181353>

The water absorption capacity of superabsorbent polymers

Gabriella Erzsébet Szemők – Petra Piroska – Zoltán Kende

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Plant Sciences, Institute of Agronomy, Szent István Campus, Gödöllő

szemok.gabriella.erzsebet@phd.uni-mate.hu

Summary

In summary, this study focuses on the use of superabsorbent polymers (SAPs) in addressing water scarcity issues in agriculture. The results indicate significant differences between the tested SAP types (DCM, ZEBA, and STOCKOSORB) in terms of their water absorption capacities and behaviours. The ANOVA analysis confirms the presence of significant variations among the groups, while multiple comparisons reveal specific differences between the SAP types. The findings emphasize the importance of selecting the appropriate SAP type for specific applications, as they have distinct characteristics and performance. The results suggest that SAPs can effectively retain water in the soil, enhancing plant growth and reducing fertilizer leaching. However, further research is needed to explore the relationship between temperature and SAP performance. Overall, this study provides valuable insights into the potential benefits of SAPs in addressing water scarcity in agriculture and informs decision-making regarding their use in different contexts.

1. Introduction

In Hungary, the effects of climate change on arable crops are a growing problem. The amount of precipitation for germination soil is unpredictable. Uniform, simultaneous germination is key to the cultivation of most major crops, which is ensured by homogeneous soil moisture. According to *Cannazza et al.* (2014), water management will be one of the major challenges by 2030, with water demand likely to increase by 50% due to increasing production demands and the negative impacts of climate change, of which drought will be the most critical factor (*Ahopelto et al.*, 2019; *Saha et al.*, 2020).

Superabsorbent polymers (SAPs or hydrogels) are polymers that can absorb large amounts of water (up to 1000 times their mass), and retain it, but do not dissolve (*Ahmed*, 2015; *Sivapalan*, 2006; *Zekry et al.*, 2020). In the 1960s, the United States Department of Agriculture (USDA) announced the first highly absorbent polymer that could improve the water retention capacity of the soil. By grafting acrylonitrile polymers into a starch skeleton, a resin was created that could absorb up to 400 times its dry weight. Research over the last decade has shown that it can be a good alternative for soil health conservation and nutrient application (*Kumar et al.*, 2018).

Due to environmental needs, it is largely made of natural materials (e.g. cellulose) and is therefore biodegradable (*Esposito et al.*, 1996). When properly applied in arid and semi-arid areas, SAP can alleviate problems caused by water scarcity in both arable and horticultural crops (*Han et al.*, 2010).

By incorporating hydrogels into the soil, the water-holding capacity of the soil can be increased, thus retaining most of the precipitation in a soil layer that is easily absorbed by the plant. This can be of great benefit in poorer, sandy soils, also increases yields in better-quality soils (*Woodhouse & Johnson*, 1991). Hydrogel swells in response to moisture in the soil, allowing the active ingredient it delivers to penetrate the soil (*Davidson et al.*, 2013) and slow diffusion means that the active ingredients are present for longer, reducing the amount of

fertilizer applied. The three-dimensional mesh of hydrogels allows the roots of plants to penetrate and absorb water and ions.

Han et al. (2010) found that SAP treatment changes the physical properties of the soil and that there is a need to investigate the relationship between the water uptake and release times of hydrogels and the water and nutrient uptake by plants. Under drought conditions, hydrogels are able to release the water and nutrients they store, thereby aiding plant germination and increasing grain yield (*Khodadadi Dehkordi & Seyyedboveir*, 2013), and their use reduces water leaching losses from NPK fertilizers by 12.6-22.7%, increases nutrient availability, increases pore volume and porosity in the top 10 cm of soil (*Abdallah et al.*, 2021; *Zhao et al.*, 2022) found in their experiment that SAP-treated soil can absorb and retain low precipitation, thereby reducing percolation water loss. The retained water can be taken up by plants, which also increases growth vigor, biological yield, and dry matter.

2. Material and methods

The studies on this subject were tested under laboratory conditions using 3 SAPs approved on the market, based on potassium polyacrylate, starch g-poly(2-propenamide-co-2-propenoic acid) potassium salt, and gamma-poly glutamate.

In the laboratory tests carried out so far, the water absorption capacity of three superabsorbent polymers has been analyzed at different temperatures. The superabsorbent polymers DCM Aquaperla, STOCKOSORB, and ZEBA were used in the experiment and 0.01g of each was measured out into test tubes using an analytical scale. Hydrogels from all three manufacturers were tested with 10 different volumes of water (1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml, 8 ml, 9 ml, and 10 ml) and at 9 different temperatures (5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C and 45°C). At each temperature, we tempered the hydrogels and distilled water in climate chambers and pipetted the distilled water onto the superabsorbent polymers. Four replicates were set for each parameter during the experiment. The treatments were run for one hour at the set temperature and then the unabsorbed water was filtered and drained from the tubes using a filter and absorbent paper. The swollen hydrogens were repeatedly measured on an analytical scale, and the data were systematically analyzed and processed. The data measured have been analyzed using IBM SPSS software. By analyzing the data, the following questions can be answered:

- How much water can each hydrogel absorb at different temperatures and water volumes?
- At what temperature and water volume does each SAP reach its maximum absorption capacity?
- How fast does each SAP absorb water at different temperatures and water volumes?
- Do the different types of SAP show different behavior under the conditions indicated?

3. Results

The results of ANOVA show the following information:

The sum of Squares (SS): The sum of squares represents the variability in the data. In your case, the sum of squares between groups is 168.785, the sum of squares within groups is 864.032, and the total sum of squares is 1032.817.

Degrees of Freedom (df): The degrees of freedom represent the number of independent pieces of information available to estimate the population parameters. You have 2 degrees of freedom between groups and 1077 degrees of freedom within groups, resulting in a total of 1079 degrees of freedom.

Mean Square (MS): The mean square is calculated by dividing the sum of squares by the degrees of freedom. In your case, the mean square between groups is 84.393 (168.785 divided by 2), and the mean square within groups is 0.802 (864.032 divided by 1077).

F-statistic: The F-statistic is calculated by dividing the mean square between groups by the mean square within groups. In your case, the F-statistic is 105.194 (84.393 divided by 0.802).

Significance (Sig): The significance, often denoted as the p-value, indicates the probability of observing the F-statistic or a more extreme value under the null hypothesis. In your case, the p-value is reported as 0.000,00, indicating an extremely small p-value.

To interpret the results: Since the p-value is extremely small ($p < 0.001$), we can conclude that there is strong evidence of significant differences between the groups. Additionally, the large F-statistic value of 105.194 further supports the rejection of the null hypothesis. The F-statistic is significant, indicating that the variation between groups is significantly larger than the variation within groups.

In summary, based on the ANOVA results you provided, there is strong evidence to suggest that there are significant differences between the groups in terms of the variable being analyzed.

1. Table: Tukey HSD Post-hoc multiple Comparisons of the three SAPs

Multiple Comparisons						
Dependent Variable:						
Tukey HSD						
(I) hydrogel		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
DCM	ZEBA	,955839*	0,066761	0,000	0,79915	1,11252
	STOCKOSORB	,343569*	0,066761	0,000	0,18689	0,50025
ZEBA	DCM	-,955839*	0,066761	0,000	-	-
	STOCKOSORB	-,612269*	0,066761	0,000	0,76895	0,45559
STOCKOSORB	DCM	-,343569*	0,066761	0,000	0,50025	0,18689
	ZEBA	,612269*	0,066761	0,000	0,45559	0,76895

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

The multiple comparisons analysis conducted on the dataset reveals significant differences between the groups.

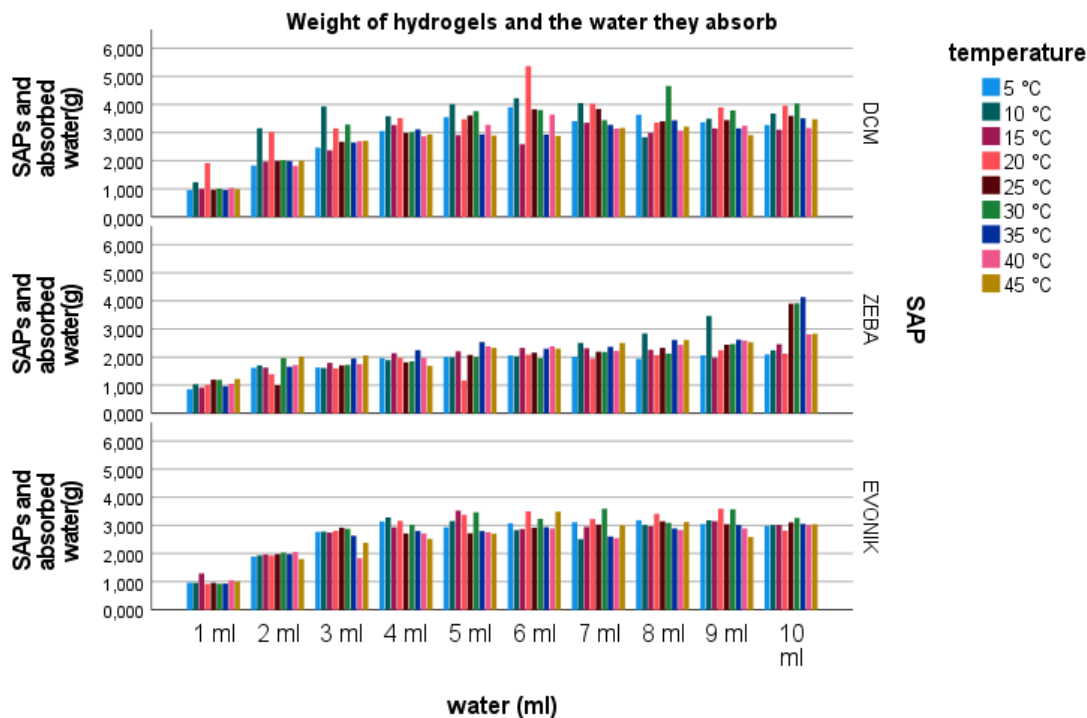
Comparing DCM and ZEBA, the mean difference is 0.955839 with a 95% confidence interval ranging from 0.79915 to 1.11252, indicating that DCM has a significantly higher value compared to ZEBA.

Similarly, comparing DCM and STOCKOSORB, the mean difference is 0.343569 with a 95% confidence interval ranging from 0.18689 to 0.50025, showing that DCM has a significantly higher value than STOCKOSORB.

When comparing ZEBA and STOCKOSORB, the mean difference is -0.612269 with a 95% confidence interval ranging from -0.76895 to -0.45559. This indicates that ZEBA has a significantly lower value compared to STOCKOSORB.

These results highlight the distinct nature of the groups and suggest that the choice of SAP type (DCM, ZEBA, or STOCKOSORB) has a significant impact on the measured outcomes.

Further exploration of the underlying factors contributing to these differences may be beneficial for a comprehensive understanding of the data.



1. Figure: The weight of SAPs and the water they absorb (g) split into the three products

The superabsorbent polymer produced by DCM absorbed and retained more and more water up to 6 ml of water, after which its absorption capacity started to slightly decrease. On average, the mass of the swollen hydrogel was 3.687 g at 6 ml of added water, here it absorbed 368 times its own mass (0.01 g).

The ZEBBA hydrogel showed a trend of steadily increasing absorbency, with the rate of increase in absorbency starting to slow down at 4 ml of added water. Compared to other hydrogels, the mass of water absorbed is lower. While DCM rose above 3 g, STOCKOSORB was close to 3 g, and ZEBBA was below 3 g.

As with DCM, the absorption capacity of STOCKOSORB hydrogel peaked at 6 ml of water and then stagnated with the addition of more water. At 6 ml of added water, the mass of the gel leached was 3.086 g.

In evaluating the results, we observed that above a certain limit, they cannot absorb more water and that the absorption capacity of hydrogels may be related to temperature.

4. Conclusions

The ANOVA results indicate significant differences between the groups, suggesting that the choice of superabsorbent polymer (SAP) type has a significant impact on the measured outcomes. The multiple comparisons analysis further supports these findings, showing significant differences in mean values between the SAP types.

Specifically, DCM exhibits the highest mean value compared to both ZEBBA and STOCKOSORB. ZEBBA, on the other hand, has a significantly lower mean value compared to both DCM and STOCKOSORB. STOCKOSORB falls between DCM and ZEBBA in terms of mean values, with a significantly lower mean value compared to DCM.

Regarding the absorbency of the SAPs, DCM initially absorbs and retains more water up to 6 ml, after which its absorption capacity decreases. ZEBA shows a continuous increase in absorbency but with a slower rate of increase after 4 ml of added water. STOCKOSORB's absorbency also peaks at 6 ml of water and then stagnates with further additions.

It is worth noting that all SAPs have a limit beyond which they cannot absorb more water, indicating a saturation point. Additionally, temperature may play a role in the absorption capacity of the hydrogels, although further investigation is needed to establish this relationship.

In conclusion, the ANOVA and multiple comparison analyses demonstrate significant differences between the SAP types, with each exhibiting distinct absorption characteristics. These findings contribute to a better understanding of SAP performance and can inform decisions regarding their appropriate use in various applications.

5. References

- AbdAllah, A. M., Mashaheet, A. M., & Burkey, K. O. (2021). Super absorbent polymers mitigate drought stress in corn (*Zea mays* L.) grown under rainfed conditions. *Agricultural Water Management*, 254, 106946. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106946>
- Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6(2), 105–121. <https://doi.org/10.1016/J.JARE.2013.07.006>
- Ahopelto, L., Veijalainen, N., Guillaume, J. H. A., Keskinen, M., Marttunen, M., & Varis, O. (2019). Can There be Water Scarcity with Abundance of Water? Analyzing Water Stress during a Severe Drought in Finland. *Sustainability*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/su11061548>
- Cannazza, G., Cataldo, A., de Benedetto, E., Demitri, C., Madaghiele, M., & Sannino, A. (2014). Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process. *Water (Switzerland)*, 6(7), 2056–2069. <https://doi.org/10.3390/w6072056>
- Davidson, D. W., Verma, M. S., & Gu, F. X. (2013). Controlled root-targeted delivery of fertilizer using an ionically crosslinked carboxymethyl cellulose hydrogel matrix. *SpringerPlus*, 2(1), 318. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-318>
- Espósito, F., Del Nobile, M. A., Mensitieri, G., & Nicolais, L. (1996). Water sorption in cellulose-based hydrogels. *Journal of Applied Polymer Science*, 60(13), 2403–2407. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19960627\)60:13<2403::AID-APP12>3.0.CO;2-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19960627)60:13<2403::AID-APP12>3.0.CO;2-5)
- Han, Y., Yang, P., Luo, Y., Ren, S., Zhang, L., & Xu, L. (2010). Porosity change model for watered super absorbent polymer-treated soil. *Environmental Earth Sciences*, 61, 1197–1205.
- Khodadadi Dehkordi, D., & Seyyedboveir, S. (2013). Evaluation of super AB A 200 Superabsorbent on water use efficiency and yield response factor of SCKaroun701 corn under deficit irrigation. *Advances in Environmental Biology*, 7, 4615–4622.
- Kumar, B., Deeba, F., Priyadarshi, R., Sauraj, & Negi, Y. S. (2018). Agriculture: Super Absorbent Functional Polymers. In M. Mishra (Ed.), *Encyclopedia of Polymer Applications* (Vol. 3, pp. 93–110). CRC Press.
- Saha, A., Sekharan, S., & Manna, U. (2020). Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil and Tillage Research*, 204, 104736. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104736>
- Sivapalan, S. (2006). Benefits of treating a sandy soil with a crosslinked-type polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(4), 579–584. <https://doi.org/10.1071/EA04026>
- Woodhouse, J., & Johnson, M. S. (1991). Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. *Agricultural Water Management*, 20(1), 63–70. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-3774\(91\)90035-H](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-3774(91)90035-H)
- Zekry, M., Nassar, I., Salim, H., & Abdallah, A. (2020). The Potential of super absorbent polymers from diaper wastes to enhance water retention properties of the soil. *Soil and Environment*, 39, 27–37. <https://doi.org/10.25252/SE/2020/132058>
- Zhao, C., Zhang, L., Zhang, Q., Wang, J., Wang, S., Zhang, M., & Liu, Z. (2022). The effects of bio-based superabsorbent polymers on the water/nutrient retention characteristics and agricultural productivity of a saline soil from the Yellow River Basin, China. *Agricultural Water Management*, 261, 107388. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107388>

Identifying and analyzing barriers faced by SMEs in Visegrad Countries: A bibliometric review

Saurav Chandra Talukder

*Doctoral School of Economic and Regional Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Gödöllő, Hungary*

saurav.ais.ru@gmail.com

Abstract

The purpose of this article is to identify, organize and review the literature on the issue of challenges encountered by small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Visegrad Group (V4) countries in Central Europe. Scholarly articles published between 2013 and 2022 were analyzed using Biblioshiny and R Studio. The Web of Science database provided the source for the data, and a total of 79 documents were analyzed in the analysis. The results show that the number of articles published has been rising steadily over the past decade. Among the most prolific authors, Aleksandr Kljunikov, Mehmet Civelek, and Grzegorz Zimon stand out as the top three. Tomas Bata University (Universidad Tomas Bata) Zlin published the most papers in this area of research, followed by University of Zilina and Rzeszow University of Technology. As shown by the conceptual map Small and Medium-Sized businesses (SMEs) in the Visegrad nations face many obstacles. These include difficulties with financing, internalizing of SMEs, obtaining working capital, and receiving government policy and support. Furthermore, the article serves as a useful springboard for policymakers and practitioners concerned with SMEs.

1. Introduction

The contributions of SMEs to national economies, the creation of new jobs, and the development of new technologies cannot be overstated (*Ivanova, 2017*). The Visegrad Group (V4) countries of Central Europe - Hungary, Slovakia, the Czech Republic, and Poland - have seen a growing number of small and medium-sized enterprises (SMEs) (*Svabova et al., 2020*). Nevertheless, these businesses face a wide variety of obstacles that threaten their development, competitiveness, and long-term viability to establish successful measures for encouraging the growth of SMEs in the Visegrad nations, it is essential to understand and analyze these obstacles (*Belas et al., 2019*). The purpose of this research is to undertake a thorough bibliometric review to identify and assess the obstacles encountered by SMEs in the Visegrad nations. The bibliometric analysis provides a thorough perspective of the issues faced by SMEs in these nations, allowing evidence-based policymaking and directing future research endeavors. This research is important because it may help policymakers, business leaders, and academics better understand the challenges facing small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Visegrad group of countries. Understanding the unique challenges that SMEs experience will allow us to develop effective solutions to remove them, creating a climate conducive to SME expansion and economic progress.

The study strategy involves a comprehensive literature search of the web of Science database, with a particular emphasis on articles published each year range (2013 and 2022). This research takes a systematic approach. The bibliometric analysis methodology is discussed in Section 2. The results and analysis are presented in Section 3, which also includes a discussion of the most significant obstacles encountered by small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Visegrad Group. In Section 4, we draw conclusions from our findings and stress the necessity of removing these obstacles to help small and medium-sized enterprises (SMEs) in Hungary, Slovakia, the Czech Republic, and Poland.

2. Materials and methods

To better understand the challenges faced by small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Visegrad Group, author analyzed bibliometric data and systematically reviewed relevant literature. Web of Science database were used in the present research for making the bibliometric data set. Previous studies have shown this to be the most relevant and trustworthy resource (*Harzing and Alakangas, 2016*). Three of the most extensively used citation databases are included (*Liu, 2020*). In order to map the scientific literature, researchers selected the Web of Science since its narrower scope compared to Scopus allowed us to focus on high-quality English publications (*Chadegani et al., 2013*). Searches were conducted on the Web of Science (WoS), and all documents published between January 1, 2013, and December 31, 2022, were retrieved. *Figure 1* shows the search process flowchart. Researcher tried out multiple combinations of search terms before settling on the most effective set. It is generally accepted that bibliometric analysis is a rigorous method for studying and evaluating academic works. The adoption of this method improves the logical structure, patterns of collaboration, trends in research, and individual components of any given subject (*Donthu et al. 2021*). Biblioshiny in R studio and VOS-viewer software were used for answering the following research questions.

RQ 1. What have been the trends in literature publication during the last ten years?

RQ 2: Who are the most influential authors in this field of study?

RQ 3: What are the leading universities involved in this research?

RQ 4: What is the thematic map and future directions of this field's research?

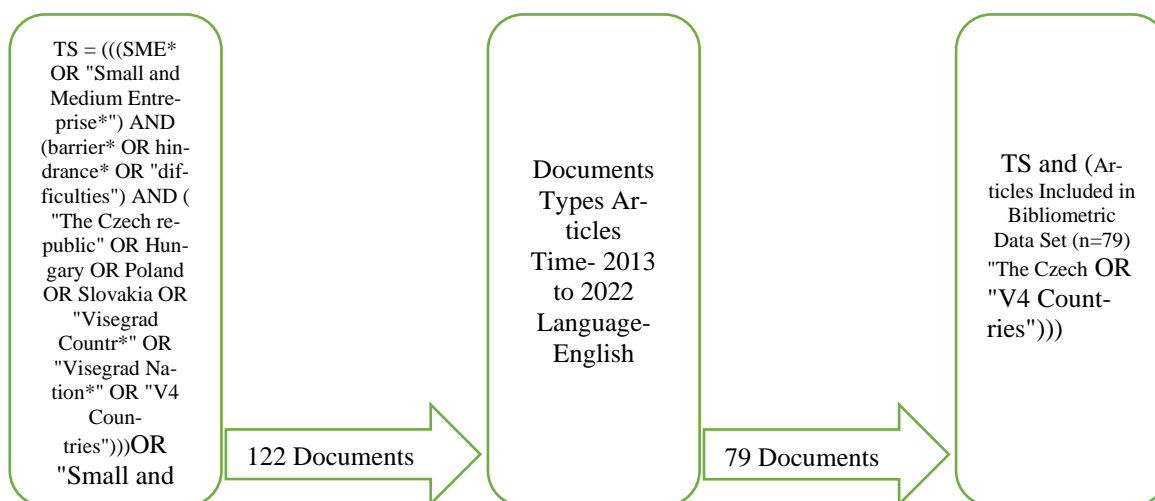


Figure 1: Data retrieval process from WoS

3. Result and discussion

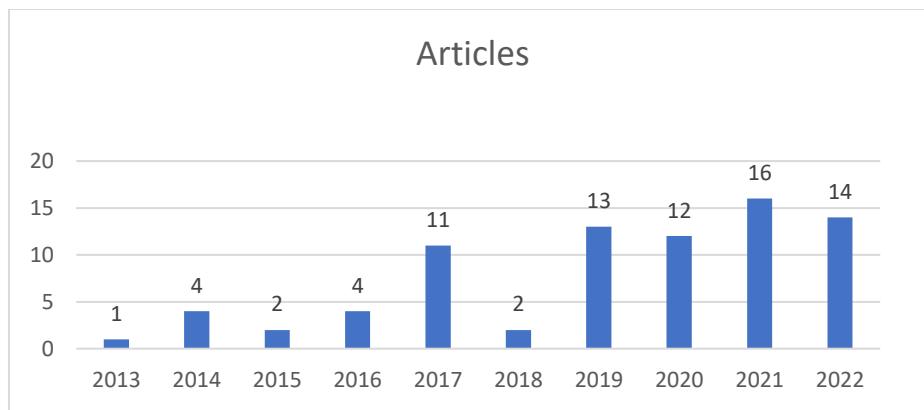
3.1. Common description of bibliometric analysis

Table 1 provides a brief overview of the researched articles' most significant aspects as determined by the keyword search. There were 237 authors in total, and the articles appeared in 47 journals between 2013 and 2022. A yearly increase of 34.07% indicates an increasing pattern in the overall number of publications.

Publications from 2013-2022 are displayed in *Figure 2*. For instance, the number of publications went risen significantly from 12 in 2020 to 16 in 2022. There have been 79 publications since 2013 that have been found to contain the desired keywords.

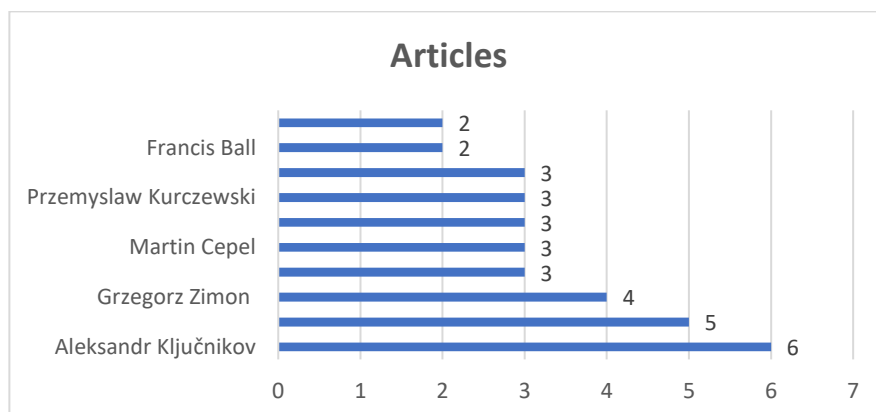
Table 1: Main Information About Data

Timespan	2013:2022
Sources (Journals)	47
Documents	79
Annual Growth Rate %	34.07
Authors	237
Single-authored docs	12
Co-Authors per Doc	3.53
International co-authorships %	29.11



**Figure 2: Annual scientific production (Author own elaboration)
Most Contributing Authors**

A total of 237 authors have been uncovered, who together have produced 79 works in this topic. Out of the entire number of authors (12), only 5% had documents they wrote on their own, while the remaining 95% all contributed to multiple works. There was an average of 3.53 authors per paper, making the collaboration index 29.11%. Moreover, Aleksandr Kljunikov, Mehmet Civelek, and Grzegorz Zimon are the top three top-producing authors (Showing in *figure 3*) in this field, with 6, 5, and 4 publications published on SMEs and their challenges, respectively.



**Figure 3: Most contributing authors (Author own elaboration)
Top affiliated institutions**

The top 10 research institutions in the field of small and medium-sized enterprises (SMEs) and the obstacles they face are shown in Figure 4. The years 2013 through 2022 are included. Tomas

Bata University Zlin ranked first in terms of the number of publications published, with 9. This was followed by University of Zilina with 7, and Rzeszow University of Technology with 6.

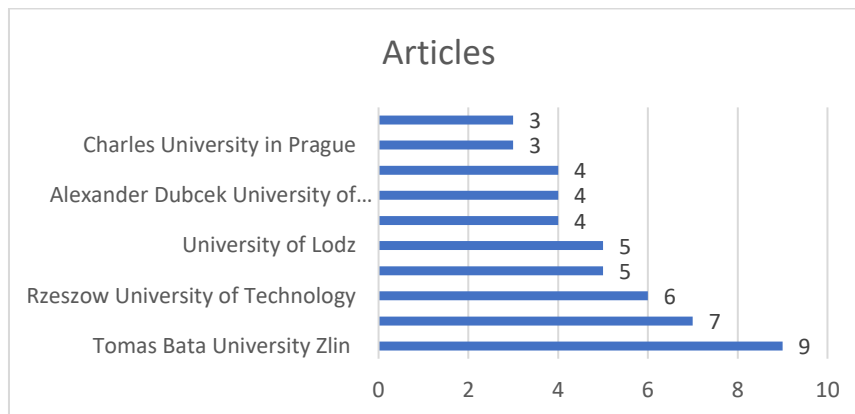


Figure 4: Top ten productive institutions in the number of publications (Own elaboration)

3.2. Conceptual structure map

The present study's conceptual map is shown in Figure 5. SMEs in the Visegrad nations face significant difficulties in the areas of finance, internalization of SMEs, innovation, liquidity crises, lack of working capital, bankruptcy prediction, and a lack of government policy and support. The success of enterprises depends on the availability of affordable financing options that can be provided by the state (Civelek et al., 2019; Kljucnikov, 2016). Moreover, SMEs face some export hurdles, such as regulatory, tax-related, and cultural/linguistic differences, which enhance their export risk and hinder the way of internalization (Kljucnikov et al., 2022). However, research and development, investment in technology, enhanced product quality, and access to international markets are all crucial factors in fostering innovative thinking and new product development of SMEs (Korab and Koudelkova, 2016). For small and medium-sized businesses (SMEs), innovation is crucial to survival in today's fast-paced, highly competitive market (Dziendziura et al., 2022). Nevertheless, Small and medium-sized businesses (SMEs) face a significant challenge in the area of innovation (Lesakova et al., 2017). Overall, Increases in economic efficiency and performance, especially among smaller and medium-sized businesses (SMEs), are the direct result of innovations, which in turn fuel economic growth (Lesakova, 2018).

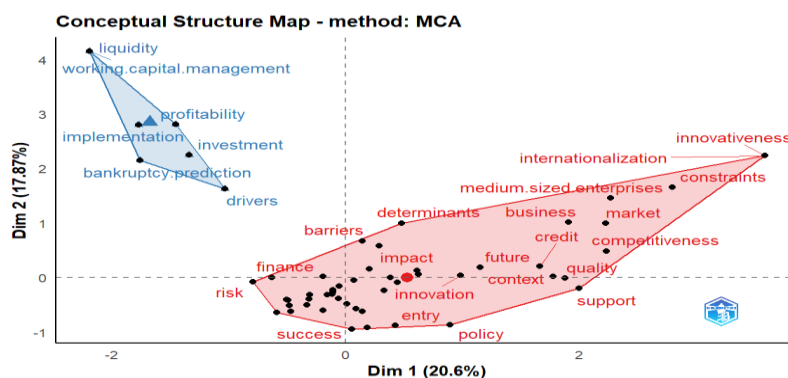


Figure 5: Conceptual structure Map (Source Biblioshiny and R Studio)

4. Conclusion and recommendation

In conclusion, this bibliometric analysis provided an obvious picture of the current situation of the research field involving SMEs and its barriers. The researcher believes the bibliometric review added to the existing literature on SME barriers and give useful insights for policymakers, practitioners, and researchers in the Visegrad nations who are committed to fostering the growth and success of SMEs. To improve economic growth, stability, and innovation in the Visegrad countries, it is important to identify the challenges faced by small and medium-sized enterprises (SMEs). However, overcoming those obstacles requires concerted effort from a wide range of parties, including governments, financial institutions, industry groups, and small and medium-sized enterprises (SMEs). Governments may play a crucial role in creating an enabling climate by enacting pro-business legislation, simplifying regulatory processes, expanding access to capital, and easing internationalization efforts. In addition, banks and business aid groups can help SMEs to develop their potential by providing individualized financial services, mentoring, and educational opportunities. SMEs in the Visegrad countries have serious challenges due to the aforementioned factors (lack of government policy and support, bankruptcy prediction, liquidity crises, shortage of working capital, etc.). These obstacles must be removed to foster an environment that encourages small and medium-sized enterprises (SMEs) to expand their operations, innovate, and remain resilient in the face of economic difficulties. This research is limited since data was gathered from a single database. Another restriction is that the study was performed only on publications written in English. Eventually deeper findings might be obtained if future studies integrated additional databases such as Scopus and Google Scholar.

Acknowledgement

Author acknowledges Doctoral School of Economic and Regional Sciences, MATE, Hungary.

5. References

- Belas, J., Z. Strnad, B. Gavurova, and M. Cepel. 2019. 'Business Environment Quality Factors Research - Sme Management ' S Platform'. Polish Journal of Management Studies 20(1):64–77. doi: 10.17512/pjms.2019.20.1.06 WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI).
- Chadegani, Arezoo Aghaei, Hadi Salehi, Melor Md Yunus, Hadi Farhadi, Masood Fooladi, Maryam Farhadi, & Nader, and Ale Ebrahim. 2013. 'A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases'. Asian Social Science 9(5). doi: 10.5539/ass.v9n5p18.
- Civelek, M., A. Kljucnikov, P. Kristofik, and Z. Rozsa. 2019. 'Barriers in Financing Microenterprises from the Perspective of Czech and Slovak Microentrepreneurs'. Journal of Business Economics and Management 20(2):244–67. doi: 10.3846/jbem.2019.8114 WE - Social Science Citation Index (SSCI).
- Donthu, Naveen, Satish Kumar, Debmalya Mukherjee, Nitesh Pandey, and Weng Marc. 2021. 'How to Conduct a Bibliometric Analysis : An Overview and Guidelines'. Journal of Business Research 133(April):285–96. doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- Dziendziora, J., M. Smolarek, D. Zebrak, and E. Gross-Golacka. 2022. 'Organizational Factors of Commitment to Innovation vs. Innovative Behavior in Smes in the Renewable Energy Sources (RES) Industry'. ENERGIES 15(15). doi: 10.3390/en15155674 WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED).
- Harzing, Anne Wil, and Satu Alakangas. 2016. 'Google Scholar, Scopus and the Web of Science: A Longitudinal and Cross-Disciplinary Comparison'. Scientometrics 106(2):787–804. doi: 10.1007/S11192-015-1798-9/TABLES/4.
- Ivanova, E. 2017. 'Barriers to the Development of SMEs in the Slovak Republic'. OECOMOMIA COPERNICANA 8(2):255–72. doi: 10.24136/oc.v8i2.16 WE - Social Science Citation Index (SSCI).
- Kljucnikov, A. 2016. 'Uncover Smes Finance Through the Impact of the Specific Factors. Evidence from Slovakia'. Transformations In Business & Economics 15(2B):741–754 WE-Social Science Citation Index (SSCI).
- Kljucnikov, A., M. Civelek, C. Klimes, and R. Farana. 2022. 'Export Risk Perceptions of SMEs in Selected Visegrad Countries'. Equilibrium-Quarterly Journal of Economics and Economic Policy 17(1):173–90. doi: 10.24136/eq.2022.007 WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI).

- Korab, V., and P. Koudelkova. 2016. 'What Determines Innovation in Small and Medium Enterprises? A Case Study from the Czech Republic'. *Transformations in Business & Economics* 15(2):78–88 WE-Social Science Citation Index (SSCI).
- Lesakova, L. 2018. 'The Critical View on Innovation Activity in SME's Sector in Slovakia'. Pp. 137–47 in *Modeling Innovation Sustainability And Technologies: Economic And Policy Perspectives*, edited by A. Dias, B. Salmelin, D. Pereira, and M. S. Dias. Matej Bel Univ, Fac Econ, Dept Business Econ & Management, Banska Bystrica, Slovakia.
- Lesakova, L., P. Gundova, P. Kral, and A. Ondrusova. 2017. 'Innovation Leaders, Modest Innovators and Non-Innovative SMEs In Slovakia: Key Factors and Barriers of Innovation Activity'. *Organizacija* 50(4):325–38. doi: 10.1515/orga-2017-0024 WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI).
- Liu, Weishu. 2020. 'Accuracy of Funding Information in Scopus: A Comparative Case Study'. *Scientometrics* 124(1):803–11. doi: 10.1007/S11192-020-03458-W/FIGURES/4.
- Martín-Martín, Alberto, Enrique Orduna-Malea, Mike Thelwall, and Emilio Delgado López-Cózar. 2018. 'Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A Systematic Comparison of Citations in 252 Subject Categories'. *Journal of Informetrics* 12(4):1160–77. doi: 10.1016/J.JOI.2018.09.002.
- Svabova, L., L. Michalkova, M. Durica, and E. Nica. 2020. 'Business Failure Prediction for Slovak Small and Medium-Sized Companies'. *SUSTAINABILITY* 12(11). doi: 10.3390/su12114572 WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI).

Blind test for sweet and sour cherry preference in Érd, “Elvira major”

Francesco Desiderio – Samuel Szilagyi – Zsuzsanna Békefi

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Research Centre of Fruit Growing

desiderio.francesco@uni-mate.hu

Abstract

Sweet and sour cherries are highly appreciated fruit crops in temperate regions. Local varieties withhold unique properties and can be integrated in breeding programs. Consumers opinion could help breeders to better meet the customers' needs and preferences to breed varieties having highly appreciated taste and unique qualities. In this study a blind test was conducted for sweet and sour cherry varieties. The preliminary results suggest that varieties of sweet cherry such as 'Magdolna' and sour cherry such as 'Érdi bőtermő' and 'Csengődi' maintain interesting characteristics highly appreciated by the consumers.

1. Introduction

Sweet cherry (*Prunus avium*, L.) and sour cherry (*Prunus cerasus*, L.) are important horticultural crops in Central Europe. Hungary is one of the biggest producers, with more than 5 tons of sweet cherry and above 50 tons of sour cherry produced per year (Bujdosó and Hrotkó, 2017). Consumers demand is constant and the request for new varieties is a common desire from commercial breeding (Dirlewanger et al., 2007; Schuster et al., 2017). Considering this, we decided to evaluate fruit varieties collected in the germplasm located in Érd, Elvira major. During the pick-your-own events (mid-June 2022), when the fruits of sweet and sour cherry are ripening, Elvira major is open to visitors. Customers can buy on spot fresh fruits at low price and for this reason many people from the neighbouring areas come to the field itself. During this period, a blindfold test was performed to the customers and visitors. Customers were invited to test and evaluate different varieties of sweet and sour cherry, to then better understand which varieties are the most appreciated by Hungarian local consumers.

2. Materials and methods

A total of 42 people ($n=42$) decided to join the survey and filled a questionnaire regarding the most important fruit characteristics. Sweet cherry was evaluated for size, firmness, colour. Sour cherry was evaluated for size, colour, sourness, and firmness. Evaluation score was determined in a scaling system from 1 to 5 where 1 was the lowest value and 5 the highest value. Five varieties of sweet cherry and four varieties for sour cherry were collected in the germplasm of Elvira major the same day of the survey (Table 1 and Table 2). After sample collection the fruits were put in paper bags and indicated with numbers, to avoid that the participants would know the variety names. Afterwards, questionnaires were collected and analysed.

3. Results

3.1. Sweet cherry

Preliminary data indicate that the consumers prefer firm, sweet and big sweet cherry fruits. ‘Magdolna’ (43%) appears to be the best preferred between the interviewed, followed by ‘Kordia’, ‘Linda’ (14%), ‘Germersdorfi 3’ (11%) and ‘Sweetheart’ and ‘Krupni’ (4%) (Figure 1 and Figure 2).

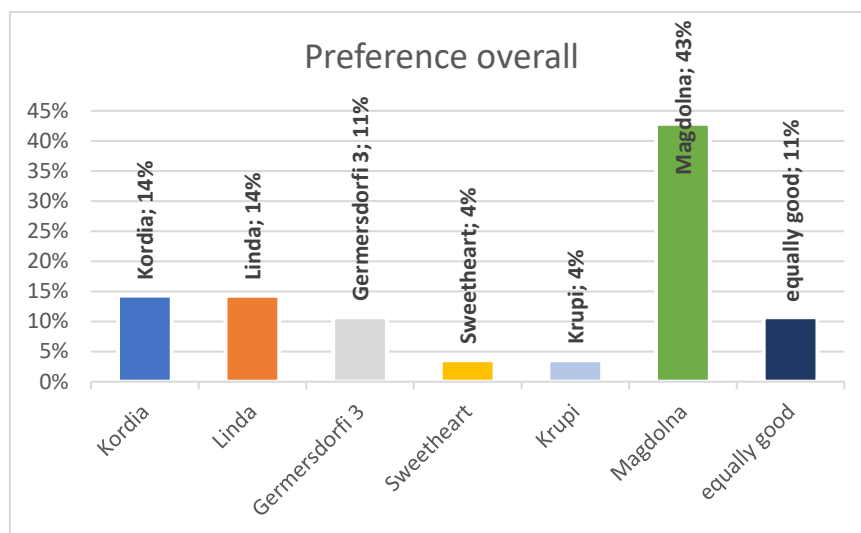


Figure 2: Sweet cherry preference in consumers. Magdolna appears to be the most appreciated between the sweet cherry.

When compared in size, sweetness, flavour, and fresh consumption choice, again it appears that Magdolna is the most appreciated between the varieties proposed.

3.2. Sour cherry

Four sour cherries instead, the most preferred variety is ‘Csengődi’ (36%), followed by ‘Érdi bőtermő’ (29%) ‘Érdi nagygyümölcsű’ (21%) and last ‘Petri’ (7%) (Figure 3).

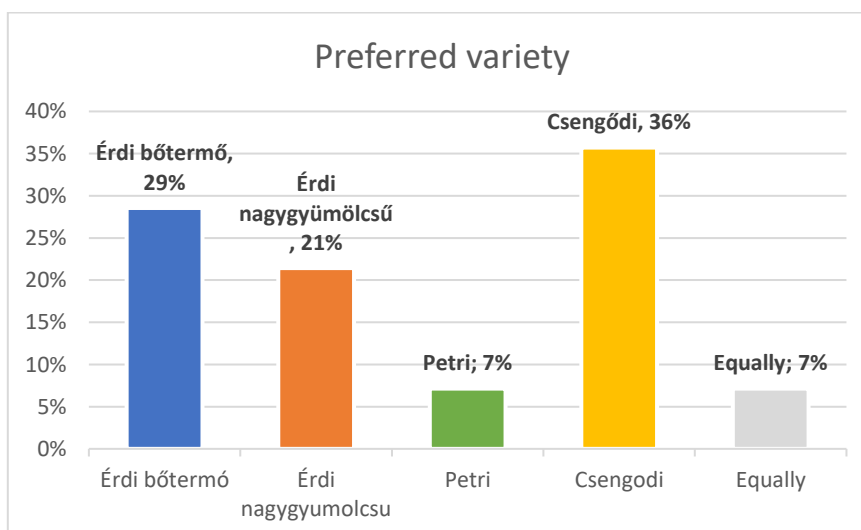


Figure 3: Sour cherry preference according to consumers.

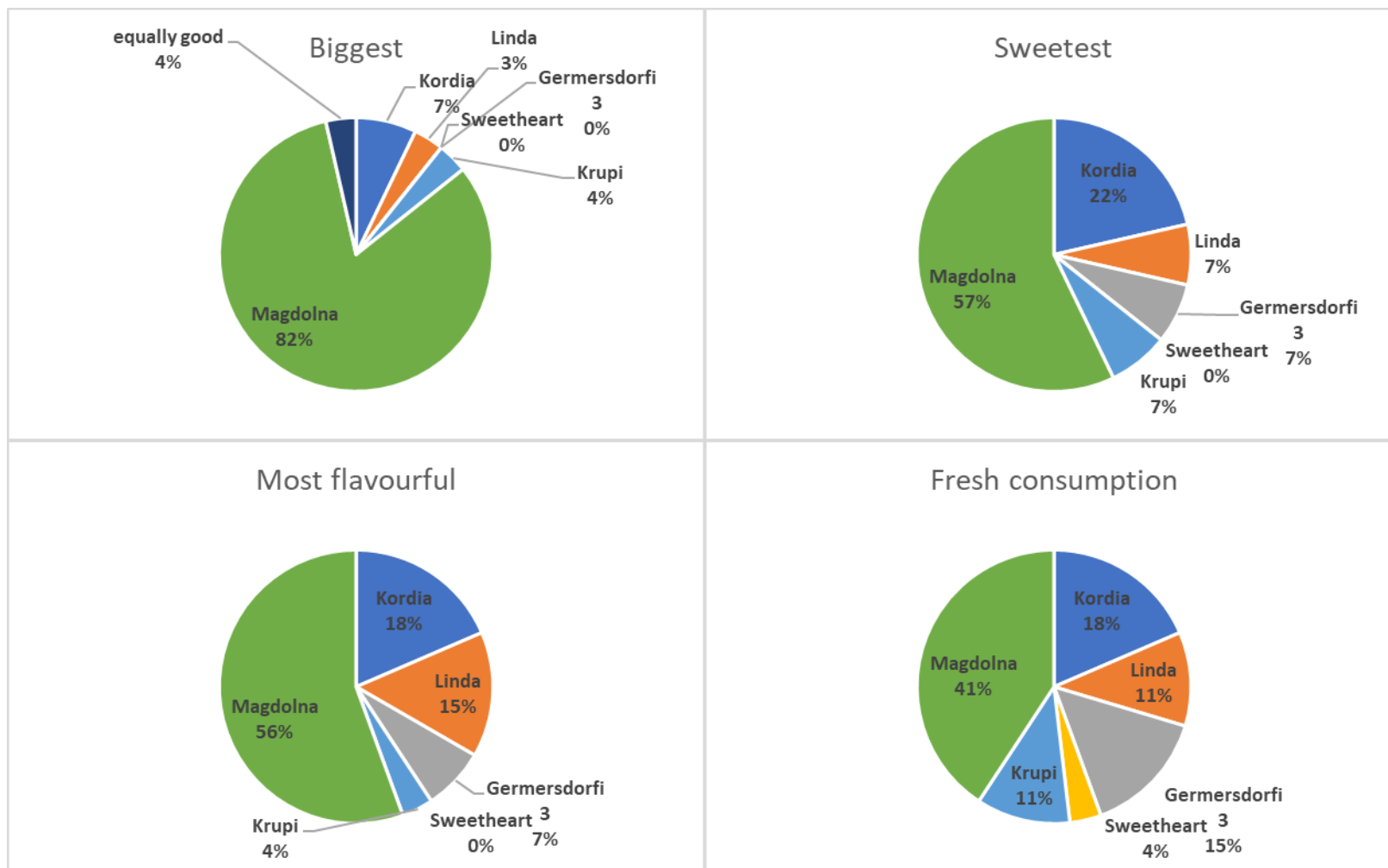


Figure 4: Consumers preference for sweet cherry. Varieties are shown in percentage of the responders.

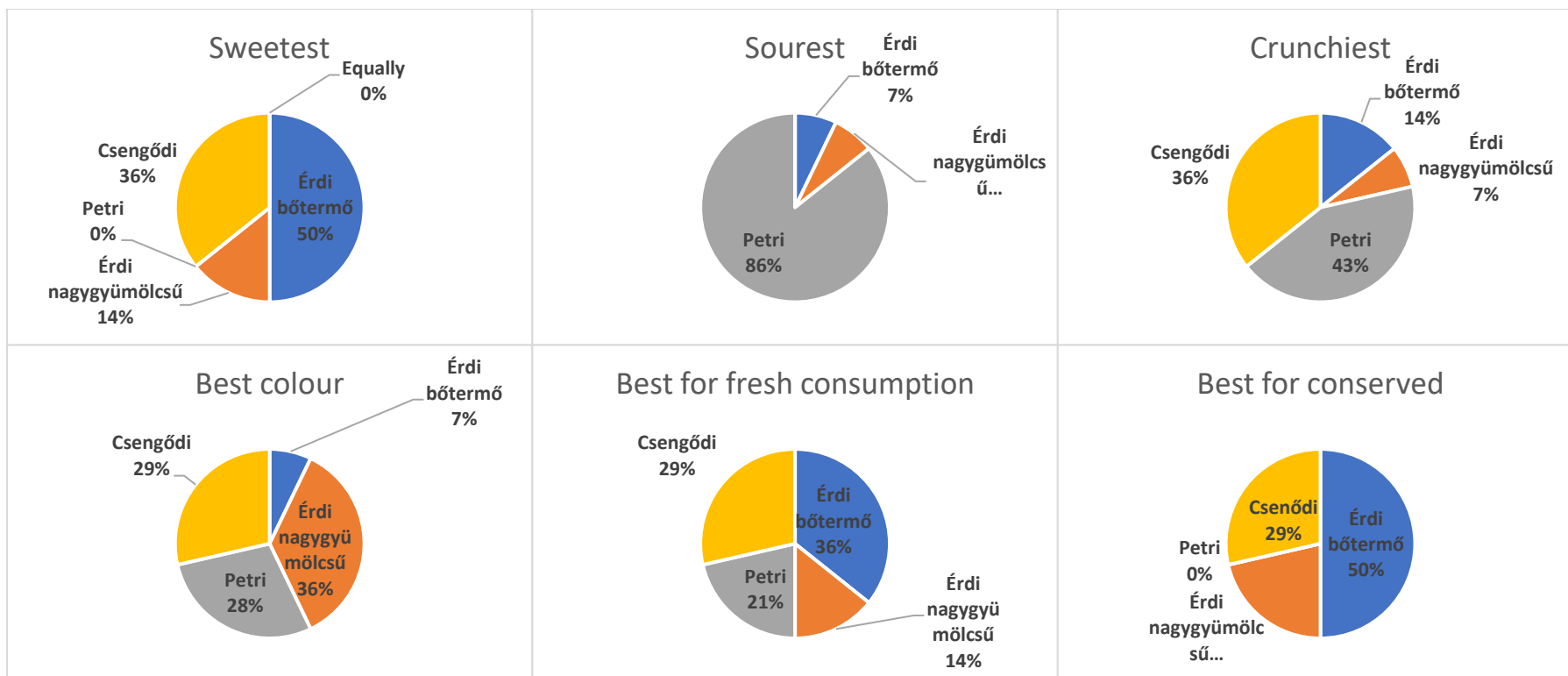


Figure 5: Consumers preference for sour cherry. Varieties are shown in percentage of the responders.

Table 2: Sweet cherry varieties used in this study. Parents are indicated as the fruit description from previous literature.

<i>Sweet Cherry</i>						
<i>Variety</i>	<i>Kordia</i>	<i>Linda</i>	<i>Germersdorfi 3</i>	<i>Sweetheart</i>	<i>Kruplopodnaja</i>	<i>Magdolna</i>
Parents	<i>Seedling</i>	<i>Seedling</i>	<i>Seedling</i>	<i>Van x Newstar</i>	<i>Napoleon White x pollen mixture of the varieties Valeriy Chkalov and Elton</i>	<i>Seedling</i>
Fruit description	<i>Large, brownish purple to black red, highly shiny. Spicy and aromatic, powerful aroma and long finish.</i>	<i>Large fruits. Dark red colour. Harmonic sweet-sour flavour.</i>	<i>Medium-big fruit. Dark red colour skin. Good flavour, sweet.</i>	<i>Medium to large. Red slightly marbled, shiny. Balanced sweetness.</i>	<i>Large fruits. Dark carmine colour skin. Flavour is sour sweet and aromatic.</i>	<i>Large fruits. Dark red colour of flesh.</i>
Source	https://www.graeb.com/en/range/sweet-cherries/maturity-table/translate-to-english-kordia/	http://mkszn.hu/termekek/cseresznye/?lang=en#linda (Albertini and Della Strada 1996)	(Albertini and Della Strada 1996)	https://www.graeb.com/en/range/sweet-cherries/maturity-table/translate-to-english-kordia/	http://mkszn.hu/termekek/cseresznye/?lang=en#krupnoplodnaja https://www.shop.zahradnictvo-limbach.sk/en/sweet-cherry-sour-cherry-trees-for-sale/krupnoplodnaya-sweet-cherry-tree	<i>Bujdosó, personal communication</i>

Table 3: Sour cherry varieties used in this study. Parents are indicated as the fruit description from previous literature.

<i>Sour Cherry</i>				
Variety	<i>Érdi bőtermő</i>	<i>Érdi nagygyümölcsű</i>	<i>Petri</i>	<i>Csengődi</i>
Parents	<i>Pándy x Nagy Angol</i>	<i>Hankovszky x unknow</i>	<i>Landrace</i>	<i>Landrace</i>
Fruit description	<i>Medium large fruits. Carmine red colour skin. Sweet-sour pleasant taste.</i>	<i>Large fruits. Dark carmine red skin that turns black when overripen. Taste less acidic than other sour cherry fruits and has pleasant sweetness</i>	<i>Medium to large fruits. Carmine red skin and shiny. Harmonic sweet-sour, not acrid when freshly consumed.</i>	<i>Medium to large fruits. Carmine red skin, darkening at the end of the picking season. Medium acidity in taste.</i>
Source	http://mkszn.hu/termekek/meggy/?lang=en#erdi-bo-termo	http://mkszn.hu/termekek/meggy/?lang=en#erdi-nagygyumolcsu	-	http://mkszn.hu/termekek/meggy
	<i>(Baris et al. 2017)</i>	<i>(Baris et al. 2017)</i>	<i>(Nyéki, Szabó, and Soltész 2016)</i>	<i>(Baris et al. 2017)</i>

Sour cherry preference did not show a particular variety preferred by the consumers. However, we can observe that ‘Érdi bőtermő’ is the sweetest (50%) variety and best choice for conserved (50%). On the other hand, ‘Petri’ was considered the sourest variety (86%) between the one tested and the firmest (43%). ‘Érdi nagygyümölcsű’ was considered preferred for colour (36%) (Figure 4).

4. Conclusions

This preliminary survey could help us to better understand the consumers preferences regarding the sweet and sour cherry collection available in Elvira major, where many varieties can be used for breeding source. Consumers appear to agree on the fact that sweet cherry of dark colour, firm and big, such as ‘Magdolna’, are the most appreciated by the local market. This observation is in line with previous results regarding the size and flavour profile of sweet cherry (Bujdosó et al. 2020; Dirlewanger et al. 2007). The sour cherry variety preferred, instead, was overall ‘Csengődi.’ However, for conserved purposes the most appreciated is ‘Érdi bőtermő.’ Both varieties are highly appreciated in commercial uses, especially ‘Érdi bőtermő’ for its unique flavour profile. Interestingly the overall preference for ‘Csengődi’ could indicate hidden organoleptic characteristics wanted for breeding better varieties. This study could be repeated in the following season including more customers and more varieties to better understand the consumers preference of Hungarian local market.

5. References

- Albertini, Alberto, and G. Della Strada. (1996). *Monografia Di Cultivar Di Ciliegio Dolce*.
- Baris, Eren, Janka Bedő, Ogboro Samson Edosa, Erzsébet Kiss, and Anikó Veres. (2017). “Preliminary Results of SSR Based Characterization of Sour (*Prunus Cerasus* L.) and Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.) Genotypes Cultivated in Hungary.” *Columella* 4(1):31–45. doi: 10.18380/szie.colum.2017.4.1.31.
- Bujdosó, Géza, and Károly Hrotkó. (2017). “Cherry Production.” *Cherries: Botany, Production and Uses* (September 2018):1–13. doi: 10.1079/9781780648378.0001.
- Bujdosó, Geza, Károly Hrotkó, Daine Feldmane, Daniela Giovannini, Husnu Demirsoy, Ryutaro Tao, Sezai Er-cisli, Nur Ertek, and Svetoslav Malchev. (2020). “What Kind of Sweet Cherries Do the Final Consumers Prefer?” *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment* 11(1):37–48.
- Dirlewanger, E., J. Claverie, and a F. Iezzoni. (2007). “3 Cherry.” 4.
- Szabó, T., Vaszily, B., & Nyéki, J. (2016). *Fajtahasználát*. In *Meggy: A jövedelmező intenzív termesztés alapjaival* (pp. 80–100).
- Schuster, Mirko, Janos Apostol, Amy Iezzoni, Martin Jensen, and Dragan Milatovica. (2017). “Sour Cherry Varieties and Improvement.” *Cherries: Botany, Production and Uses* 95–116. doi: 10.1079/9781780648378.0095.

Population genetic parameters and phenotypic trends based on some performance tests data of Gidran broodmares

Szabolcs Bene¹ – Péter J. Polgár¹ – Annamária Simon¹ – Ferenc Szabó²

¹*Institute of Animal Sciences, Georgikon Campus, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Keszthely, Hungary*

²*Department of Animal Sciences, Kázmér Albert Faculty, Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár, Hungary*

bene.szabolcs.albin@uni-mate.hu

Abstract

Body measurement and some conformation data recorded in the national breeding mare performance test of the Hungarian Association of Gidrán Horse Breeders were processed. The initial database contained the data of the entire Hungarian active (living) breeding mare stock (N=293), which were born between 1994-2016 and were offspring of 44 breeding stallions. During the study, four traits - pedigree score (PES), conformation score (COS), movement score (MOS), total score (TOS) - were evaluated. One- and multi-trait analysis of variance (GLM) and weighted linear regression analysis were used to process the data. The corrected mean values (\pm SE) of the examined traits were as follows: PES 29.1 \pm 0.3 points, COS 72.8 \pm 0.5 points, MOS 40.5 \pm 0.4 points, TOS 142.4 \pm 0.7 points. The heritability of COS and TOS was moderate and high (0.37-0.48), while low h^2 values was estimated for MOS (0.20). For the traits while stagnant (NS) phenotypic trends were established. It can be concluded that the average body measurements and the test traits results of the Gidran breeding mares in performance tests did not change essentially during the period under review.

1. Introduction and literature review

Breeding mares of the Gidran breed are qualified after they reach the age of three. For the certification, a performance test is organized, during which the pedigree, conformation and movement of the mares are evaluated. Based on the results achieved, the mares are classified into pedigree classes. The order of performance testing is described in detail in the *Horse Performance Testing Guideline* (2007).

Very few data can be found in the relevant literature sources on the performance results and qualification of breeding mares of different breeds. In Hungary, *Posta and Komlósi* (2007) and *Posta et al.* (2007ab) dealt in more detail with the performance test of Hungarian Sport Horse mares, its genetic parameters and heritability. In the case of breeding, some source data (*Dietl et al.*, 2004, 2005; *Thorén Hellsten et al.*, 2006; *Ducro et al.*, 2007) can also be found in the literature, the results of which were described in detail in our previous work (*Bene et al.*, 2012).

There is quite a lot of information on the examination of the jumping ability of different breeds in the literature (Dutch Warmblood - *Huizinga et al.*, 1990, *Ducro et al.*, 2007; Trakehneni - *Preisinger et al.*, 1991; Mecklenburger - *Dietl et al.*, 2005; Haflinger - *Samoré et al. et al.*, 1997). There is often talking about evaluating the performance of horses of different ages and building age into the statistic model (*Koenen et al.*, 1995; *Bugislaus et al.*, 2004). There are references to the effect of gender in several literature sources (*Langlois and Blouin*, 2004; *Lewczuk et al.*, 2005; *Poncet et al.*, 2006), as well as to differences in vintages (*Ricard and Touvais*, 2007).

In light of the above, the primary aim of our work was the evaluation of the data recorded during performance tests of breeding mares of the native Gidran breed. We were curious as to how the phenotypic trend of the studied traits developed in the past period, and how their

heritability value was. We would like to estimate the breeding value of the stallions (sires) in the investigated traits. In the case of the Gidran breed, population genetic studies of this kind are largely absent from the domestic literature and completely absent from the international literature.

2. Material and methods

2.1. The database

During the study the pedigree, conformation and performance data of living breeding mares from the mare register of the Hungarian Association of Gidrán Horse Breeders at the end of 2021 were collected. In this way, almost the entire, living Hungarian Gidran mare population was included in the tests. The initial database contained the data of 293 broodmares, which were born between 1994-2016 and had offspring in 44 breeding stallions. Data of mares that had at least one half-sibling on the paternal side were only included the examination.

2.2. The examined traits

The pedigree score (PES) was the basic value of breed identity. It was calculated in the fourth ancestral line (great-grandparents). Among the 16 great-grandparents, 2 points could be given for each Gidran breed ancestor, 1 point for a parent accepted in breeding but not a Gidran, while 0 points could be given for all other or unknown parents. The base value of the PES could thus be 32. An extra 8 point could be given in the case of an outstanding great-grandparents, so the maximum value of the pedigree score could be 40 (32+8) (*Horse Performance Testing Guideline*, 2007).

The conformation score (COS) was determined using a classic 100-point evaluation system. During the type "B" judging, a total of 18 conformation traits were judged.

The movement score (MOS) was determined based on the length, momentum and regularity of the walk, canter and gallop. 10 points could be given for each of the six evaluated parameters, so the maximum value of the movement score could be 60 points.

The total score (TOS) of the mares was determined by adding the pedigree score, the conformation score and the movement score. A total of 200 points (40+100+60) could be obtained during the basic qualification (*Horse Performance Testing Guideline*, 2007).

2.3. Examining the effects of different factors

A multifactor analysis of variance (General Linear Model - GLM) was used to evaluate the performance test database of the Gidran mares. The sire (stallion) of the examined broodmares was included in the models as a random effect, and the birth year of the mares as a fixed effect. In the course of the work, all eight examined traits were treated separately and model calculations (runs) were performed separately. The general form of the applied estimation models was described as follows:

$$\hat{y}_{hi} = \mu + S_h + Y_i + e_{hi}$$

(Where \hat{y}_{hi} = the evaluated trait, born in the year "i" from sire "h"; μ = the average of all observations; S_h = the effect of the sire; Y_i = the effect of the birth year; e_{hi} = random error).

2.4. Calculating phenotypic trends

During the calculation of the phenotypic trends, the data of the mares born in the same year were averaged for all eight traits, and then linear lines were fitted using the one-factor linear regression analysis weighted to the averages. The evaluated trait was considered as the dependent variable, the birth year of the mare as the independent variable, and the number of animals per year as the weighting factor.

2.5. Estimation of population genetics parameters and breeding values

For the estimation the simple GLM procedure described above (with ANOVA Type III method) was used. The estimated variance components and the process of their calculation were described in detail by *Willham (1972)*, *Szöke and Komlósi (2000)*, and *Lengyel et al. (2004)*, so we do not repeat them here.

2.6. The used softwares

The data were prepared using Microsoft Excel 2003 and Word 2003. The evaluation of the database was performed with the statistical software package SPSS 27.0 (2020).

3. Results and discussion

3.1. The effect of birth year of mare and the phenotypic trends

The effect of birth year is presented in *Table 1*. The corrected main mean values (\pm SE) of the examined traits were as follows: PES 29.1 \pm 0.3 points, COS 72.8 \pm 0.5 points, MOS 40.5 \pm 0.4 points, TOS 142.4 \pm 0.7 points. The effect of birth year of the mare was found to be statistically reliable ($p < 0.05$ and $p < 0.01$) for two traits: PES, and COS.

The average COS of mares born in 1994, 1999 and 2016 exceeded 76 points (78.7 \pm 3.8 points, 77.6 \pm 2.9 points, 78.3 \pm 3.6 points, respectively). The smallest COS (68.0 \pm 1.3 points) was observed in mares born in 2011. The mares born in 1994, in addition to their outstanding COS value, achieved a well above average MOS (43.4 \pm 2.8 points), so we also obtained the highest TOS (153.1 \pm 5.8 points) for these mares. Among the examined traits, the smallest differences between the individual years in case of PES were found. The highest MOS (46.3 \pm 2.0 points) was shown by mares born in 1996, the lowest (38.0 \pm 1.4 points) by mares born in 2000. As a result of the COS and MOS results that were significantly lower than the average, the TOS of the mares born in 2000 (135.7 \pm 2.9 points) was the smallest.

The phenotypic trends estimated based on the annual average results are summarized in *Table 2*. Parameters recorded in the performance tests, the fitting value of the trend lines was not found to be statistically reliable in any case. Both the R^2 values and the slope (b) values were very close to zero, so we could establish a stagnant tendency for these traits.

3.2. Population genetics parameters, breeding values

The population genetic parameters estimated during in this work are presented in *Table 3*. Among the tested traits, the heritability of COS and TOS proved to be moderate and high ($h^2 = 0.37-0.47$). Low heritability value ($h^2 = 0.20$) was calculated for MOS. Since no literature data on the heritability of the examined traits in the Gidran breed were found, so we were able to compare our results with data from research conducted in other breeds. *Posta et al. (2007ab)* reported similar h^2 values to our results for both conformation and movement traits in Hungarian Sport Horse breed. Most of the relevant literature sources (*Preisinger et al., 1990*; *Koenen et al., 1995*; *Samoré et al., 1997*) also reported moderate or high heritability values for conformation parameters. Similar to our results, *Dietl et al. (2004)* and *Huizinga et al. (1990)*

estimated h^2 values between 0.1 and 0.3 in the case of movement traits in Mecklenburger and Dutch warmblood herds.

Table 1: Effect of birth year of mare on the examined traits

Birth year of mare	N	PES (points)	COS (points)	MOS (points)	TOS (points)
		mean \pm SE			
- 1994	3	31.1 \pm 2.1	78.7 \pm 3.8	43.4 \pm 2.8	153.1 \pm 5.8
- 1995	7	28.7 \pm 1.3	71.6 \pm 2.3	41.4 \pm 1.8	141.7 \pm 3.6
- 1996	5	28.2 \pm 1.4	71.8 \pm 2.6	46.3 \pm 2.0	146.1 \pm 4.1
- 1997	7	29.6 \pm 1.2	71.4 \pm 2.3	39.4 \pm 1.7	140.3 \pm 3.5
- 1998	8	26.9 \pm 1.2	69.3 \pm 2.2	41.7 \pm 1.6	138.3 \pm 3.4
- 1999	5	27.9 \pm 1.6	77.6 \pm 2.9	39.8 \pm 2.2	145.2 \pm 4.5
- 2000	9	28.9 \pm 1.0	68.9 \pm 1.8	38.0 \pm 1.4	135.7 \pm 2.9
- 2001	15	28.6 \pm 1.0	71.2 \pm 1.9	39.9 \pm 1.4	139.6 \pm 2.9
- 2002	12	29.4 \pm 1.0	71.2 \pm 1.9	39.6 \pm 1.4	140.2 \pm 2.9
- 2003	10	31.9 \pm 1.0	70.5 \pm 1.9	39.4 \pm 1.4	141.8 \pm 2.9
- 2004	10	30.3 \pm 1.0	74.5 \pm 1.9	39.4 \pm 1.4	144.1 \pm 2.9
- 2005	18	28.6 \pm 0.8	74.9 \pm 1.4	40.2 \pm 1.1	143.5 \pm 2.2
- 2006	10	27.1 \pm 0.9	75.5 \pm 1.7	40.1 \pm 1.3	142.5 \pm 2.6
- 2007	21	25.9 \pm 0.7	74.3 \pm 1.3	40.0 \pm 1.0	140.1 \pm 2.0
- 2008	8	26.6 \pm 1.0	75.8 \pm 1.8	41.7 \pm 1.4	144.0 \pm 2.8
- 2009	17	27.2 \pm 0.8	70.2 \pm 1.5	40.6 \pm 1.1	138.0 \pm 2.3
- 2010	19	29.4 \pm 0.7	73.5 \pm 1.4	40.1 \pm 1.0	143.3 \pm 2.1
- 2011	18	30.6 \pm 0.7	68.0 \pm 1.3	39.4 \pm 1.0	138.0 \pm 2.1
- 2012	30	30.9 \pm 0.6	70.0 \pm 1.2	39.6 \pm 0.9	140.5 \pm 1.8
- 2013	18	30.4 \pm 0.7	71.5 \pm 1.4	38.4 \pm 1.0	140.3 \pm 2.1
- 2014	33	30.0 \pm 0.7	71.8 \pm 1.3	40.4 \pm 1.0	142.3 \pm 2.0
- 2015	8	31.0 \pm 1.4	74.2 \pm 2.6	39.9 \pm 2.0	145.2 \pm 4.0
- 2016	2	30.4 \pm 1.9	78.3 \pm 3.6	42.8 \pm 2.7	151.6 \pm 5.5
Corrected overall mean (\pm SE)	293	29.1 \pm 0.3	72.8 \pm 0.5	40.5 \pm 0.4	142.4 \pm 0.7
Effect of birth year (p)		<0.01	<0.01	NS	NS

PES = pedigree score; COS = conformation score; MOS = movement score; TOS = total score

Table 2: The phenotypic trend of the estimated traits

Traits	Slope (bX)			Intercept (a)			Fitting	
	b	SE	p	a	SE	p	R ²	p
PES (points)	+0.05	0.05	NS	-79.90	103.73	NS	0.05	NS
COS (points)	-0.04	0.09	NS	163.26	181.13	NS	0.01	NS
MOS (points)	-0.03	0.04	NS	96.47	73.31	NS	0.03	NS
TOS (points)	+0.02	0.09	NS	103.43	190.65	NS	0.00	NS

PES = pedigree score; COS = conformation score; MOS = movement score; TOS = total score

The estimated breeding values (BV) of the sires included in the study based on the performance of their daughters can be seen in *Table 4*. The sire's effect was found to be significant ($p < 0.05$ and $p < 0.01$) for all traits except MOS.

Table 3: Population genetic parameters of the examined traits

Traits	Additive direct genetic variance (σ^2_d)	Residual variance (σ^2_e)	Phenotypic variance (σ^2_p)	Heritability ($h^2 \pm SE$)
COS	11.49	19.33	30.82	0.37 \pm 0.22
MOS	2.79	11.32	14.11	0.20 \pm 0.19
TOS	43.49	46.82	90.31	0.48 \pm 0.24

COS = conformation score; MOS = movement score; TOS = total score

Among the tested sires, the breeding stallion number 4889 (name Gidrán XXVII Podbor, line "C") proved to be outstanding. For this stallion the highest breeding values were estimated for three of the evaluated traits (compared to the corrected overall mean value of the population, COS +9.6 points, MOS +4.4 points, TOS +19.8 points). No data were found in the international or domestic literature about the BV of the stallions used for breeding in the Gidrán breed in the tested traits, so we did not have the opportunity to compare our results with the data of previous tests. Following this idea, the breeding values estimated during our work can be considered novel.

Table 4: The breeding value of sires in the examined traits

Identity number of sire [#]	N*	COS (points)	MOS (points)	TOS (points)
Corrected overall mean	293	72.8	40.5	142.4
Difference from corrected overall mean				
- 1624	20	+2.8	-5.0	+3.4
- 2550	12	+0.0	+0.2	-2.2
- 3782	8	+6.4	+2.2	+3.4
- 3833	12	-1.2	+4.8	+5.4
- 4053	15	+0.4	+3.2	+12.8
- 4103	26	+1.0	+3.2	+11.2
- 4473	9	+3.2	-1.2	+8.4
- 4659	27	+2.0	-0.8	+5.4
- 4694	13	+6.0	+2.6	+2.0
- 4889	13	+9.6	+4.4	+19.8
Effect of sire (p)		<0.01	NS	<0.01

[#] breeding values are presented only for the 10 sires with the most offspring; N* = number of progeny; COS = conformation score; MOS = movement score; TOS = total score

4. Conclusion

The finding that the movement traits of the Gidrán mares did not change significantly during the examined period, suggests that gene preservation is being successfully carried out in this breed.

On the basis of the moderate and high heritability experienced in the case of the eight examined traits, it can be concluded that by selecting a suitable sire, a significant genetic progress can be achieved even within a few generations, if that were the goal.

The finding, that the movement scores due to the stallions used for drop blood crossing were improved, suggests that the sport performance of the breed can be improved in this way.

5. References

- Bene, Sz., Giczi, A. and Szabó, F.: Performance test results of stallions of different breeds between 1998-2010 in Hungary. 1st paper: The warmblood breeds in cart, *Hung. J. Anim. Prod.*, 61, 1–16, ISSN: 0230-1614, 2012. [in Hungarian]
- Bugislaus, A. E., Roehe, R., Uphaus, H. and Kalm, E.: Development of genetic models for estimation of racing performances in German thoroughbreds, *Arch. Anim. Breed.*, 47, 505–516, <https://doi.org/10.5194/aab-47-505-2004>, 2004.
- Dietl, G., Hoffmann, S. and Albrecht, S.: Parameters and trends of mare inspections of Mecklenburger Warmblut Horse, *Arch. Anim. Breed.*, 47, 107–117, <https://doi.org/10.5194/aab-47-107-2004>, 2004. [in German]
- Dietl, G., Hoffmann, S. and Reinsch, N.: Impact of trainer and judges in the mare performance test of Warmblood horses, *Arch. Anim. Breed.*, 48, 113–120, <https://doi.org/10.5194/aab-48-113-2005>, 2005.
- Ducro, B. J., Koenen, E. P. C., Van Tartwijk, J. M. F. M. and Van Arendonk, J. A. M.: Genetic relations of first stallion inspection traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses, *Liv. Sci.*, 107, 81–85, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.09.019>, 2007.
- Horse Performance Testing Guideline. 6th edition. Editor: Zámboi, M. Agricultural Administration Office, Budapest, Hungary, 2007. [in Hungarian]
- Huizinga, H. A., Boukamp, M. and Smolders, G.: Estimated parameters of field performance testing of mares from the Dutch Warmblood riding horse population, *Liv. Prod. Sci.*, 26, 291–299, [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(90\)90066-F](https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90066-F), 1990.
- IBM Corporation: IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, Armonk, NY, USA, 2020.
- Koenen, E. P. C., Van Veldhuizen, A. E. and Brascamp, E. W.: Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood riding horse population, *Liv. Prod. Sci.*, 43, 85–94, [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00010-I](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00010-I), 1995.
- Langlois, B. and Blouin, C.: Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting, and galloping races in France, *Liv. Prod. Sci.*, 87, 99–107, <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.003>, 2004.
- Lengyel, Z., Balika, S., Polgár, J. P. and Szabó, F.: Examination of reproduction and weaning results in Hungarian Limousin population. 2nd paper: Sire- and animal model comparison, *Hung. J. Anim. Prod.*, 53, 199–211, ISSN: 0230-1614, 2004. [in Hungarian]
- Lewczuk, D., Słoniewski, K. and Reklewski, Z.: Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider, *Liv. Sci.*, 99, 125–130, <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.008>, 2006.
- Philipsson, J., Arnason, T. and Berglund, B.: Alternative selection strategies for performance of the Swedish warmblood horse, *Liv. Prod. Sci.*, 24, 273–285, [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(90\)90007-S](https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90007-S), 1990.
- Poncet, P. A., Pfister, W., Muntwyler, J., Glowatzki-Mullis, M. L. and Gaillard, C.: Analysis of pedigree and conformation data to explain genetic variability of the horse breed Franches-Montagnes, *J. Anim. Breed. Genet.*, 123, 114–121, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2006.00569.x>, 2006.
- Posta, J. and Komlósi, I.: Parameter estimation of Hungarian Sport Horse mares from performance test, *Hung. J. Anim. Prod.*, 56, 253–261, ISSN: 0230-1614, 2007. [in Hungarian]
- Posta J., Komlósi I. and Mihók S.: Analysis of genetic progress in the Hungarian Sport Horse population, *Hung. J. Anim. Prod.*, 56, 313–323, ISSN: 0230-1614, 2007a. [in Hungarian]
- Posta, J., Komlósi, I. and Mihók, S.: Principal component analysis of performance test traits in Hungarian Sporthorse mares, *Arch. Anim. Breed.*, 50, 125–135, <https://doi.org/10.5194/aab-50-125-2007>, 2007b.
- Preisinger, R., Wilkens, J. and Kalm, E.: Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications, *Liv. Prod. Sci.*, 29, 77–86, [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90121-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90121-6), 1991.
- Ricard, A. and Touvais, M.: Genetic parameters of performance traits in horse endurance races, *Liv. Sci.*, 110, 118–125, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.10.008>, 2007.
- Samoré, A. B., Pagnacco, G. and Miglior, F.: Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse, *Liv. Prod. Sci.*, 52, 105–111, [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00143-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00143-7), 1997.
- Szóke, Sz. and Komlósi, I.: Comparison of BLUP models, *Hung. J. Anim. Prod.*, 49, 231–246, ISSN: 0230-1614, 2000. [in Hungarian]
- Thorén Hellsten, E., Viklund, Å., Koenen, E. P. C., Ricard, A., Bruns, E. and Philipsson, J.: Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition, *Liv. Sci.*, 103, 1–12, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.01.004>, 2006.
- Willham, R. L.: The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals, *J. Anim. Sci.*, 35, 1288–1293, <https://doi.org/10.2527/jas1972.3561288x>, 1972.

A konferencia szervezői

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Állattenyésztési Tudományok Intézet



Magyar Tudományos Akadémia Pécsi Területi Bizottsága
Állattenyésztési és Takarmányozási Munkabizottság



