



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

XXVII. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, 2021. május 20.

Konferenciakötet

Szerkesztette: Bene Szabolcs

2021



XXVII. Ifjúsági Tudományos Fórum

XXVII. Ifjúsági Tudományos Fórum

Konferenciakötet

Szerkesztette

Bene Szabolcs



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
Keszthely, 2021

A konferencia szervezőbizottsága

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

A kötet szerkesztője

Dr. Bene Szabolcs PhD (MATE Georgikon Campus)

© Szerzők, 2021

© Szerkesztő, 2021

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



A kiadvány az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 pályázat támogatásával valósult meg.

Kiadja

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

Felelős Kiadó: Dr. Rózsa László PhD, campus-főigazgató
Szöveggondozó, korrektor: Bene Szabolcs
Technikai szerkesztő, tördelő: Bene Szabolcs

ISBN 978-615-6338-04-4 (pdf)

ISBN 978-615-6338-03-7 (Print on Demand)

Tartalomjegyzék

1. Állattudományok.....	7
<i>Strifler Patrik – Such Nikoletta Amanda – Horváth Boglárka – Mohamed Ali Rawash – Wágner László – Dublec Károly – Pál László: Csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmányok és egy probiotikus készítmény hatása brojlercsirkék termelési paramétereire....</i>	<i>9</i>
<i>Horváth Boglárka – Strifler Patrik – Such Nikoletta Amanda – Janecsó Szilvia – Baranyay Henrik – Pál László: Osztott takarmányozási rendszer hatásának vizsgálata tojótyúkوك termelési eredményeire üzemi körülmények között.....</i>	<i>15</i>
<i>Mezőlaki Ákos – Such Nikoletta – Pál László – Mohamed Ali Rawash – Márton Alíz – Horváth Boglárka – Strifler Patrik – Dublec Károly: Extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának értékelése NIR készülékkel és laboratóriumi módszerekkel</i>	<i>21</i>
<i>Molnár Áron – Homoki Dávid – Lelesz Judit Éva – Kovács László – Bársony Péter – Fehér Milán: A mesterséges takarmány kiváltásának lehetőségei élő lisztbogár lárvá (Tenebrio molitor) etetésével a csapósünger (Perca fluviatilis) intenzív nevelése során.....</i>	<i>27</i>
<i>Ariuntungalag Javkhlan – Gabriella Kútvölgyi – Szabolcs T. Nagy: Chromatin condensation status of post mortem collected Przewalski's horse (Equus ferus) spermatozoa</i>	<i>33</i>
<i>Pap Tibor István – Szabó Rubina Tünde – Varga Barbara – Podmaniczky Béla – Pacz Marcell – Kovács-Weber Mária: LED és hagyományos (wolframszálas izzó) megvilágítás hatásai pecsenyecsirkék viselkedésére és termelési paramétereire</i>	<i>36</i>
2. Növény- és Környezettudományok	43
<i>Halász Adrienn – Lepossa Anita: NIRS fűszilázs kalibráció tesztelése zöldrozsok (Bromus catharticus Vahl) első növedékének takarmányérték-változásain keresztül</i>	<i>45</i>
<i>Fülöp Bence – Deák Balázs – Pacsai Bálint – Valkó Orsolya – Bódis Judit: Üde gyepkekhez köthető védett és ritka növényfajok ex situ csíráztatási kísérlete.....</i>	<i>51</i>
<i>Kozma-Bognár Kristóf – Simon-Gáspár Brigitta – Soós Gábor – Anda Angéla: Az eltérő vízellátás hatása a szója (Glycine max L.) termésmennyiségének alakulására</i>	<i>57</i>
<i>Kozma-Bognár Kristóf – Simon-Gáspár Brigitta – Soós Gábor – Anda Angéla: Az eltérő vízellátás hatása a szója (Glycine max L.) levélterületének alakulására</i>	<i>63</i>
<i>Soós Gábor – Anda Angéla: Szójaállomány modellezett területi evapotranszspirációja 2020-ban.....</i>	<i>69</i>
<i>Soós Gábor – Simon Brigitta – Anda Angéla: Szója sugárzashasznosítási hatékonyságának vizsgálata.....</i>	<i>75</i>
<i>Simon Szabina – Simon Brigitta – Anda Angéla: A mocsárciprus levél (Taxodium distichum) lebontásának vizsgálata a Hévízi-tóban.....</i>	<i>80</i>

3. Interdiszciplináris Tudományok.....	87
<i>Ihász Katalin – Farkas Szilvia – Bányai Krisztián: Vörösfarkú boából (Boa constrictor) kimutatott reptarénavírus közel teljes genomszekvenciájának meghatározása és filogenetikai vizsgálata.....</i>	<i>89</i>
<i>Magyari-Meskó Réka – Fülöp Dávid – Szita Éva: Pajzstetű DNS kivonás módszertani fejlesztése száraz anyagokból.....</i>	<i>95</i>
<i>Tóth Máté: Rekonstruált gyeppek madárállományainak alakulása a Hortobágyon.....</i>	<i>101</i>
<i>Zámbó András – Kondorosy Előd: A Drymini tribusz (Heteroptera: Rhyparochromidae) madagaszkári taxonjainak áttekintése</i>	<i>107</i>
<i>Major László – Budai Péter – Nadhirah Binti Saidon – Askarova Gulsamal Kairatkyzy – Szemerédy Géza – Lehel József – Szabó Rita: A Movento és a Mystic 250 EW növényvédő szerek embriótoxicitásának vizsgálata házityúk-embriókon</i>	<i>113</i>
<i>Kormos Éva – Somody Gergő – Buda István: Növényvédő szerek szemirritáló hatásának vizsgálatára alkalmas alternatív módszerek összehasonlítása</i>	<i>117</i>
<i>Bartl Bianka – Soós Gábor – Simon-Gáspár Brigitta: A Visegrádi Négyek környezetgazdálkodásának és fenntartható mezőgazdaságának elemzése</i>	<i>121</i>
<i>Németh Kornél – Deli Kornél: Az ipar4.0 technológiáinak gazdasági hatásai a munkakörök kompetencia igényeire</i>	<i>127</i>

1. Állattudományok

Csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmányok és egy probiotikus készítmény hatása brojlercsirkék termelési paramétereire

Strifler Patrik¹ – Such Nikoletta Amanda¹ – Horváth Boglárka¹ – Mohamed Ali Rawash¹ –
Wágner László¹ – Dublicz Károly¹ – Pál László¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
striflerpatrik@gmail.com

Összefoglalás

A szerzők kísérletükben egy 2%-os nyersfehérje szint csökkentés és egy probiotikum (Ecobiol 500®; Evonik Industries AG) hatását vizsgálták Ross 308 brojlercsirke kakasok termelési paramétereinek vonatkozásában, három különböző takarmányozási fázisban. Indító fázisban fehérjecsökkentést nem alkalmaztak. A nevelő és befejező fázisban négy különböző kezelési csoportot alakítottak ki (kontroll, kontroll+Ecobiol 500®, fehérjecsökkentett, fehérjecsökkentett+Ecobiol 500®). A kísérlet során elemezték a fázisok végén mért testsúlyok alakulását, a testsúlygyarapodást, a takarmányfelvételt és a takarmányértékesítést. A fehérjecsökkentés pozitívan befolyásolta a nevelő és befejező fázisokban a testsúlyokat, a súlygyarapodást és a takarmányértékesítést a kontroll fehérjeszintű takarmányt fogyasztó csoportokhoz viszonyítva. A probiotikus kiegészítés statisztikailag igazolható módon csökkentette a testsúlyokat és a testsúlygyarapodást a nevelő fázisban. A takarmányfelvételt nevelő fázisban csökkentette ($p < 0,05$) a fehérjecsökkentés. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 2%-os fehérjecsökkentés a termelési paraméterek javulását eredményezte, továbbá az Ecobiol 500© készítmény több vizsgált paraméter esetében is depresszív hatást fejtett ki.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Gazdasági haszonállataink fehérjetakarmányozásának javítása egy nagy fontossággal bíró kutatási terület napjainkban. A fehérje-túletetés, azon kívül, hogy megdrágítja a baromfihús-előállítás, állategészségügyi szempontból is kerülendő, mivel metabolikus zavarokat is okozhat. Az emésztetlen fehérjét a mikroorganizmusok fermentálják az utóbélben, káros anyagok, toxinok képződhetnek, negatívan befolyásolva a bél mikroflóráját. Megnö a húgysav és karbamid szintézis, ami többlet energiát igényel, tovább rontva a fehérjeemésztés határfokát. Ezenkívül a megnövekedett ammónia emisszió az istálló levegőjét is negatívan befolyásolja. (Vieira és mtsai.; 2016)

A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmányok etetése az egyik hatékony megoldás a korábban említett problémák kezelésére. Alkalmazását az „ideális fehérje” elv, a különböző állatfajták, hibridek táplálóanyag-szükségleteinek pontos ismerete, az emészthető aminosav alapú receptúrázás és a különböző kristályos aminosav készítmények rendelkezésre állása teszi lehetővé. Hazai és nemzetközi tanulmányok egyaránt bebizonyították, hogy 2%-os nyersfehérje szint csökkentés nem okoz romlást brojlercsirkék termelési eredményeiben. (Dublicz és mtsai., 2018.; Dari és mtsai.; 2005)

A hozamfokozó antibiotikumok betiltását követően (1831/2003/EK) a termelőknek különböző alternatív megoldások felé kellett fordulni, hogy megakadályozzák a termelési eredmények romlását. A probiotikumok olyan takarmányadalékok, amelyek meghatározott összetételben és mennyiségben tartalmaznak különféle mikroorganizmusokat (főleg baktériumok, de élesztők is), alkalmazásuk javítja a baromfik bélegészségét. Jótékony hatásuk a kompetitív kizárás (patogén kórokozók kiszorítása) elvén alapul. (Weese; 2002) A toxintermelő folyamatok gátlásával, az enzimműködés serkentésével, valamint vitaminok és antimikrobiális anya-

gok termelésével javítják az emésztési folyamatokat. (Guillot; 2003) Irodalmi források alapján javasolt probiotikumokat alkalmazni baromfifélék takarmányaiban, mivel használatukkal az emberre is veszélyes enteropatogén kórokozók (pl: *Salmonella enteritidis*, *Campylobacter jejuni*) fertőzése visszaszorítható, ezáltal növelve az egyedek testsúlygyarapodását. (Süle és mtsai.; 2010)

A kísérlet elsődleges célkitűzése volt megállapítani, hogy a takarmány nyersfehérje szintjének 2%-kal történő csökkentése és az Ecobiol 500® probiotikus készítmény együtt és külön alkalmazva miként hatott brojlercsirkék termelési eredményeire.

2. Anyag és módszer

A kísérlet helyszínét a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus Állattudományi tanszékének kísérleti telepe biztosította. A kísérletben résztvevő, összesen 576 Ross 308 genotípusú napos kakas egy helyi keltetőből került beszerzésre (Gallus Ltd., Devecser, Magyarország) és randomizáltan osztottuk szét őket mélyalmos rendszerű kísérleti fülkékben. Egy ólban 24 állat került elhelyezésre (14 madár/m²) és kezelésként 6 ismétlést alkalmaztunk. Az állatokat a keltetőben immunizálták fertőző bronchitis (CEVAC BRON), Newcastle betegség (baromfipestis) (VITAPEST) és fertőző bursitis (CEVAC TRANSMUNE) ellen. A világítási programot az Aviagen (2014) előírásainak megfelelően állítottuk be. Alomanyagként aprított búzaszalma szolgált. A környezeti kondíciók (fűtés, világítás és szellőztetés) minden egyes kísérleti egység esetében azonosak voltak.

A kísérlet során három takarmányozási fázist alakítottunk ki: indító- (0-10 nap; dercés takarmány), nevelő- (11-24 nap; pelletált takarmány) és befejező fázis (25-39 nap; pelletált takarmány). Az indító fázis esetében nem alkalmaztunk nyersfehérje csökkentést (LP), így csak két kezelés különíthető el (C és C+E), egyenként 12 ismétléssel. A nevelő és befejező fázisban négy takarmányozási kezelést különítettünk el, mindegyik esetében 6 ismétléssel, kísérleti egységenként 24 csirkével. A kezelések a következők: kontroll csoport (C), amely a Ross 308 hibrid előírt szükségleteit kielégítő általános takarmánykeveréket fogyasztott (Aviagen; 2019); egy C + E csoport, amely a C-vel megegyező takarmányt fogyasztott probiotikummal kiegészítve (Ecobiol 500 ®; *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940, min. 2 x 10⁹ CFU/g); egy fehérjecsökkentett takarmányt (-2% nyersfehérje) fogyasztó csoport (LP); és egy probiotikummal kiegészített fehérjecsökkentett kezelésben részesülő csoport (LP + E).

A kísérlet teljes időtartama alatt a madarak ad libitum víz- és takarmányellátásban részesültek. A kísérleti takarmányok alapját kukorica, búza alkotta, a fehérjeellátást extrahált szójadara, extrahált napraforgódara és DDGS biztosította. A takarmányok receptúráit az Evonik ajánlásai szerint állítottuk össze. A vitaminokat és nyomelemeket - a takarmányozási ajánlásoknak megfelelően - a kereskedelmi forgalomban kapható fázis-specifikus premixxel biztosítottuk az állatok számára. A kísérleti keveréktakarmányokat a MATE Georgikon Campusán állítottuk össze. A kísérlet során alkalmazott aminosav-kiegészítőket az Evonik gyártotta és szállította. A kísérleti keveréktakarmányok nem tartalmaztak kokcidiasztikumokat. A tápokot száraz, hűvös helyen tárolták (< 20°C) egészen felhasználásig. Minden egyes takarmánytételből reprezentatív mintát gyűjtöttünk laboratóriumi elemzés céljából. A különböző fázisokban etetett takarmányok aminosavainak standardizált ileális emészthetőségének értékei (SID) az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: A különböző fázisokban alkalmazott kezelések számított nyersfehérje és SID értékei (%)

SID értékek	Indító	Nevelő		Befejező	
	C és C+E	C és C+E	LP és LP+E	C és C+E	LP és LP+E
NYF	23,0	20,7	19,0	19,6	17,6
SID Lys	1,27	1,09	1,09	1,00	1,00
SID Met	0,62	0,53	0,55	0,49	0,52
SID M+C	0,92	0,81	0,81	0,76	0,76
SID Thr	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65
SID Trp	0,25	0,22	0,18	0,20	0,16
SID Val	1,00	0,87	0,87	0,80	0,80
SID Ile	0,86	0,75	0,75	0,71	0,71
SID Arg	1,41	1,25	1,13	1,18	1,06

*NYF → nyersfehérje szint; SID → Standardizált Ileális Emészthetőség

Az LP és LP + E takarmánykeverékekben az extrahált szójadara arányának csökkentésével sikerült elérni a 2%-os nyersfehérje csökkentést. Az aminosavszükségletek biztosítása érdekében metionin, lizin, threonin, valin, izoleucin és arginin kiegészítést is alkalmaztunk. Összehasonlítva a számított és a mért táplálóanyag-tartalmat, megállapítható, hogy nem voltak jelentős eltérések.

Az összes statisztikai analízist az SPSS 22.0 szoftvercsomaggal végeztük el, amely során az függők jelentették a kísérleti egységeket. Az adatokat kéttényezős varianciaanalízissel elemeztük ki (nevelő és befejező fázis). Szignifikánsnak fogadtuk el a különbségeket 0,05-nél kisebb P-érték esetében.

3. Eredmények és értékelésük

A kísérlet során a következő termelési paraméterek tekintetében hasonlítottuk össze a kísérleti csoportokat: testsúly, testsúlygyarapodás, takarmányfelvétel és takarmányértékesítés. Az eredményeket megfigyelve számos szignifikáns különbség figyelhető meg. A testsúlyokat vizsgálva (2. táblázat) megállapítható, hogy mind a nevelő, mind a befejező fázisban nagyobb testsúlyt értek el a fehérjecsökkentett tápot fogyasztó csoportok egyedei ($p < 0,05$). A nevelő fázisban a probiotikummal kezelt csoportok átlagsúlya 1065,67 g volt, ami szignifikánsan gyengébb eredmény a probiotikummal nem kezelt csoportok 1101,28 g-os átlagsúlyához viszonyítva. A testsúlygyarapodás alakulását szintén befolyásolták ($P < 0,05$) a kezelések. A fehérjehatást vizsgálva megfigyelhető, hogy a fehérjecsökkentés nevelő- és a befejező takarmányozási fázisban (illetve azok összesítésében is) statisztikailag igazolható ($p < 0,05$) javulást eredményezett a testsúlygyarapodásban. A probiotikus kezelés ezzel ellentétesen hatott: a nevelő fázisban szignifikánsan csökkentette a súlygyarapodást.

A takarmányértékesítésben a fehérjecsökkentett tápot fogyasztó csoportok (nevelő- és befejező fázis) szignifikánsan jobban teljesítettek, mint a hagyományos fehérjeszintű kezelésben résztvevő egyedek (3. táblázat). A fehérjecsökkentés az egyedi takarmányfogyasztást 4,2%-kal csökkentette a nevelő fázisban. A kontroll fehérjeszintű csoportokhoz viszonyítva.

2. táblázat: A nevelő- és befejező fázis végén mért testsúlyok és testsúlygyarapodások értékelése

Takarmánykezelések		Testsúly (g)		Testsúlygyarapodás (g)		
Nyersfehérje szint	Probiotikum	24. nap	39. nap	Nevelő	Befejező	Összes
Kontroll	E-	1061,72	2090,24	740,71	952,23	1692,95
	E+	1043,48	2119,08	716,74	986,32	1703,06
Csökkentett	E-	1140,83	2360,63	812,43	1111,08	1923,51
	E+	1087,86	2209,48	770,75	1033,12	1803,86
A nyersfehérje szint hatása						
Kontroll		1052,60 ^a	2104,66 ^a	728,72 ^a	969,28 ^a	1698,00 ^a
Csökkentett		1114,35 ^b	2285,06 ^b	791,59 ^b	1072,10 ^b	1863,69 ^b
Probiotikum kiegészítés hatása						
-Ecobiol		1101,28 ^a	2225,44	776,57 ^a	1031,66	1808,23
+Ecobiol		1065,67 ^b	2164,28	743,74 ^b	1009,72	1753,46
pooled SEM		9,668	29,797	9,340	19,455	26,486
Szignifikancia szint (P érték)						
Fehérjehatás		0,000	0,000	0,000	0,004	0,000
Probiotikum		0,011	0,172	0,013	0,502	0,172
Fehérjehatás+Probiotikum		0,186	0,050	0,472	0,096	0,109

*E- →nem tartalmazott Ecobiol 500 kiegészítést; E+→tartalmazott Ecobiol500 kiegészítést

3. táblázat: Egyedi takarmányfelvétel és a takarmányértékesítés eredményei

Takarmánykezelések		Takarmányfelvétel (g/madár)			Tak.értékesítés (kg tak./kg s.gy.)		
Nyersfehérje szint	Probiotikum	Nevelő	Befejező	Összes	Nevelő	Befejező	Összes
Kontroll	E-	1380,47	2126,26	3506,72	1,87	2,24	2,07
	E+	1369,46	2154,26	3523,72	1,91	2,20	2,07
Csökkentett	E-	1355,80	2143,56	3499,36	1,67	1,94	1,82
	E+	1279,27	2144,11	3423,38	1,66	2,08	1,90
A nyersfehérje szint hatása							
Kontroll		1374,96 ^a	2140,26	3515,22	1,89 ^a	2,22 ^a	2,07 ^a
Csökkentett		1317,53 ^b	2143,83	3461,37	1,67 ^b	2,01 ^b	1,86 ^b
Probiotikum kiegészítés hatása							
-Ecobiol		1368,13	2134,91	3503,04	1,77	2,09	1,95
+Ecobiol		1324,37	2149,18	3473,55	1,79	2,14	1,99
pooled SEM		14,550	16,587	23,870	0,030	0,037	0,029
Szignifikancia szint (P érték)							
Fehérjehatás		0,037	0,920	0,277	0,000	0,002	0,000
Probiotikum		0,104	0,690	0,548	0,633	0,409	0,322
Fehérjehatás+Probiotikum		0,217	0,701	0,346	0,489	0,131	0,318

*E- →nem tartalmazott Ecobiol 500 kiegészítést; E+→tartalmazott Ecobiol500 kiegészítést

Korábbi nyersfehérjecsökkentést vizsgáló kutatások eredményei nem egybehangzóak. *Bregendahl és mtsai.* (2002) nyersfehérjecsökkentés hatását vizsgálták brojlercsirkék esetében. A kontrollhoz (23,4% NyF) képest 4%-os fehérjecsökkentés mellett romló testtömeggyarapodásról és takarmányértékesítésről számoltak be. Későbbi kutatások során (*Han és mtsai.*, 1998; *Dean és mtsai.*, 2006) brojlercsirkékkel végzett kísérletekben a kristályos aminosavakkal kiegészített fehérjecsökkentett takarmányok megközelítően azonos teljesítményt eredményeztek, mint a pozitív kontroll csoportok egyedei. A kutatók véleménye megegyezik abban, hogy brojlercsirkék esetében 2%-nál nagyobb nyersfehérje szint csökkentés depresszíven hat az állatok termelésére. *Karpeggiane és mtsai.* (2019) brojlercsirkékkel végzett kísérlete során *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 probiotikum hatását hasonlították össze egy hozamfokozó antibiotikummal (bacitracin methylene disalicylate). A probiotikum és az antibiotikum is javulást eredményezett a testsúlygyarapodásban, takarmányértékesítésben és takarmányfelvételben. Egy 2012-es tanulmányban (*Jerzsele és mtsai.*) *Bacillus amyloliquefaciens* brojlercsirkékre gyakorolt hatását vizsgálták *Clostridium perfringens* fertőzés esetén. Jelen kísérletünkhöz hasonlóan a *B. amyloliquefaciens* nem javította a teljes kísérletre vonatkozó termelési eredményeket. A kísérletben a nyersfehérje csökkentés és probiotikum kiegészítés között szignifikáns kölcsönhatást, szinergizmust nem tapasztaltunk.

4. Következtetések, javaslatok

A fehérjehatást vizsgálva a csökkentett nyersfehérje kezelésben részesülő csoportok több paraméter esetében is (testsúly, testsúlygyarapodás, takarmányfelvétel, takarmányértékesítés) szignifikánsan jobb eredményt értek el. Ennek háttérben több tényező állhat. Véleményünk szerint a fehérjecsökkentett takarmányt fogyasztó csoportok jobb termelési eredményeinek elérésében részben szerepet játszott a takarmány nagyobb arányú kristályos aminosav kiegészítése. A kristályos aminosavak felszívódása eltér a takarmányban megtalálható, fehérjék alkotórészeként jelenlévő természetes aminosavak felszívódásától. Gyorsabb abszorpciójuk révén hamarabb be tudnak kapcsolódni a szöveti fehérjeszintézis folyamataiba, ami a takarmány kedvezőbb hasznosításában és a jobb növekedési teljesítményben nyilvánulhat meg. Ezen kívül a kisebb fehérjebevitelből adódóan kisebb a felesleges nitrogént átalakító húgsavszintézis energia igénye a májban. A jobb termelési eredményekhez az is hozzájárulhatott, hogy csökkent az utóbélbe kerülő emésztetlen fehérje mennyisége, megakadályozva a patogén mikrobák által előidézett kedvezőtlen fermentációs folyamatokat. Az Ecobiol 500 ® probiotikum kiegészítés a kísérlet egészében nem befolyásolta szignifikánsan a mért termelési jellemzőket. Ez nem zárja ki azt, hogy kísérletünkben pozitívan befolyásolta a bél mikrobiótáját, ám ilyen jellegű hatásai nem mutatkoztak meg statisztikailag igazolhatóan a növekedési erély és a takarmányértékesítés vonatkozásában.



A PUBLIKÁCIÓ ELKÉSZÍTÉSÉT AZ EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 SZÁMÚ PROJEKT TÁMOGATTA. A PROJEKT AZ EURÓPAI UNIÓ TÁMOGATÁSÁVAL, AZ EURÓPAI SZOCIÁLIS ALAP TÁRSFINANSZÍROZÁSÁVAL VALÓSULT MEG.



AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-20-3-II KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

5. Felhasznált irodalom jegyzéke

- 1831/2003/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról. O.J. 268/29 (2003.10.18)
- Aviagen (2019): Ross 308 Broiler Management Handbook. Aviagen Group, Cummings Research Park, 5015 Bradford Drive, Huntsville, AL 35805 USA
- Bregendahl, K. – Sell, J. L. – Zimmerman, D. R. (2002): Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. Poultry Science, Volume 81, Issue 8, Pages 1156-1167
- Dari, R. L. – Penz, A. M. Jr. – Kessler, A. M. – Jost, H. C. (2005): Use of Digestible Amino Acids and the Concept of Ideal Protein in Feed Formulation for Broilers; Journal of Applied Poultry Research; Volume 14, Issue 2, Pages 195-203
- Dean, D. W. – Bidner, T. D. – Southern, L. L. (2006): Glycine Supplementation to Low Protein, Amino Acid-Supplemented Diets Supports Optimal Performance of Broiler Chicks. Poultry Science, Volume 85, Issue 2, Pages 288-296
- Dublecz, K. – Koltay, I. – Such, N. – Dublecz, F. – Husvéth, F. – Wágner, L. – Péterné Farkas, E. – Márton, A. – Farkas, V. – Pál, L. (2018): Lehetőségek a takarmányok nyersfehérje tartalmának csökkentésére monogasztrikus állatokban. Állattenyésztés és Takarmányozás 67. 4; 273-286 o.
- Guillot, J.F. (2003): Probiotic feed additives. J Vet Pharmacol, Ther 26 (Suppl. 1) 52-55
- Han, Y. – Suzuki, H. – Parsons, C. M. – Baker, D. H. (1992): Amino Acid Fortification of a Low-Protein Corn and Soybean Meal Diet for Chicks. Poultry Science, Volume 71, Issue 7, Pages 1168-1178
- Jerzsele, A. – Székér, K. – Csizinszky, R. – Gere, E. – Jakab, C. – Mallo, J. J. – Gálfi, P. (2012): Efficacy of protected sodium butyrate, a protected blend of essential oils, their combination, and Bacillus amyloliquefaciens spore suspension against artificially induced necrotic enteritis in broilers. Poultry Science, Volume 91, Issue 4, Pages 837-843
- Karpeggiane, O. M. J. – Kazue, S. N. – Cesar, P. D. J. – Kiran, D. – Leticia, S. – Silva, V. G. (2019): Bacillus amyloliquefaciens CECT 5940 alone or in combination with antibiotic growth promoters improves performance in broilers under enteric pathogen challenge. Poultry Science, Volume 98, Issue 10, Pages 4391-4400
- Süle, J. - Tóth, T. - Zsédely, E. - Varga, L. (2010): A pro- és prebiotikumok szerepe a monogasztrikus és a kérődző állatok takarmányozásában. XXXIII. Óvári Tudományos Nap "A magyar élelmiszergazdaság jövője a KAP reform tükrében". Az előadások és poszterek teljes terjedelemben megjelent anyagai. Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar, Mosonmagyaróvár, Compact Disc, 7 pp. [ISBN 978-963-9883-55-0]
- Vieira, S. L. - Stefanello, C. - Cemin, H. S. (2016): Lowering the dietary protein levels by the use of synthetic amino acids and the use of a mono component protease; Animal Feed Science and Technology, Volume 221 Part B, Pages 262-266
- Weese, J.S. (2002): Probiotics, prebiotics, and synbiotics. J Equine Vet Sci., 22 357-360

Osztott takarmányozási rendszer hatásának vizsgálata tojótyúkok termelési eredményeire üzemi körülmények között

Horváth Boglárka^{1,2} – Strifler Patrik¹ – Such Nikoletta Amanda¹ –
Janecskó Szilvia² – Baranyay Henrik² – Pál László¹

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

²UBM Feed Zrt., Pilisvörösvár

boglarka.horvath@ubm.hu

Összefoglalás

Kísérletünket a Fuchs Tojás Kft. Bakonygyepesi telepén 12.000 db Nick Brown tojótyúkkal végeztük, ahol az osztott (kétfázisos) és a hagyományos takarmányozási program hatásait vizsgáltuk a tojó fázis indulásától kezdve 12 héten keresztül a kísérleti állatok tojástermelési mutatóira. Az osztott takarmányozási rendszer alkalmazása során a tojótyúkok délelőtt és délután eltérő összetételű és táplálóanyag-tartalmú takarmányt kaptak, követve a tojástermelés élettani igényeit. Kísérletünkben az osztott etetési technológia a hagyományos technológiánál jobb tojástermelési intenzitást (%) és azzal azonos tojástömeget eredményezett. A két vizsgált csoportban nem különbözött a takarmány felvétel, de az osztott etetés esetén szignifikánsan csökkent a tojók fehérje felvétele és a takarmányozási költség.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hagyományos, a nap folyamán mindig azonos összetételű és táplálóanyag-tartalmú takarmánykeveréket biztosító tojótyúk takarmányozási technológiák mellett létező alternatív rendszerek egyike az ún. osztott vagy kétszakaszos („*split feeding*”) technológia.

Az osztott takarmányozás során az állatok délelőtt és délután eltérő összetételű tápot kapnak, amely jobban alkalmazkodik a tojástermelés élettani igényeihez. A technológiát megalapozó korai kísérletek azt igazolták, hogy a tojótyúkok képesek az élettani szükségleteik szerint válogatni, szelektálni a nekik egy időben felkínált, különböző összetételű takarmányok között (Chah és Moran, 1985). Ha a tojótyúkoknak egy energiában és fehérjében gazdag keveréket, illetve egy kalciumban gazdag takarmányt kínálunk fel a nap folyamán folyamatosan, akkor az állatok a délelőtti órákban elsősorban az energia-fehérje keverékből, a délután folyamán pedig a kalciumban gazdag takarmányból fogyasztanak többet. Ismereteink szerint a tojótyúk a tojásképződés nap folyamán eltérő táplálóanyag- és kalcium szükségletét igyekszik ilyen módon kielégíteni. A reggeli, délelőtti órákban a tojásfehérje szintézis energia- és fehérje igénye, a délutáni órákban a tojás héj képződés kalcium szükséglete dominál (Hamelin és mtsai., 2017). A hagyományos tojótyúk takarmányozási rendszer mindig azonos összetételű keverék etetését jelenti, azaz a tyúkok nem tudják a tojásképződés élettani igényeinek megfelelő ritmusban és arányban felvenni a táplálóanyagokat és a kalciumot. Az osztott takarmányozási rendszer ezt a hátrányt küszöböli ki azzal, hogy az állatok a délelőtt folyamán egy energiában és fehérjében gazdag, illetve kalciumban szegény, míg a délután folyamán energiában, fehérjében szegény, kalciumban gazdag keveréket fogyasztanak (Lee és Ohh, 2002). Az élettani előnyökből kifolyólag a technológia alkalmazása a tojástermelés szinten tartása mel-

lett javíthatja a takarmányértékesítést és a tojáshéj minőségét, csökkentheti a környezetszennyezést, a környezetbe jutó nitrogén, kalcium és foszfor mennyiségét (Avicultura, 2020).

Bár az osztott etetési technológia tudományos elméleti alapjai ismertek, a technológia részletei a különböző hibridekre, a tojástermelés egyes szakaszaira és az eltérő tartástechnológiákra specifikusan lebontva nincsenek kidolgozva. Jelen üzemi kísérletünkben a Nick Brown mélyalmos körülmények között tartott tojóhibrid tojástermelésének kezdeti szakaszára kifejlesztett osztott takarmányozási rendszert kívántuk összehasonlítani egy hagyományos etetési rendszerrel a legfontosabb termelési tulajdonságok alapján.

2. Anyag és módszer

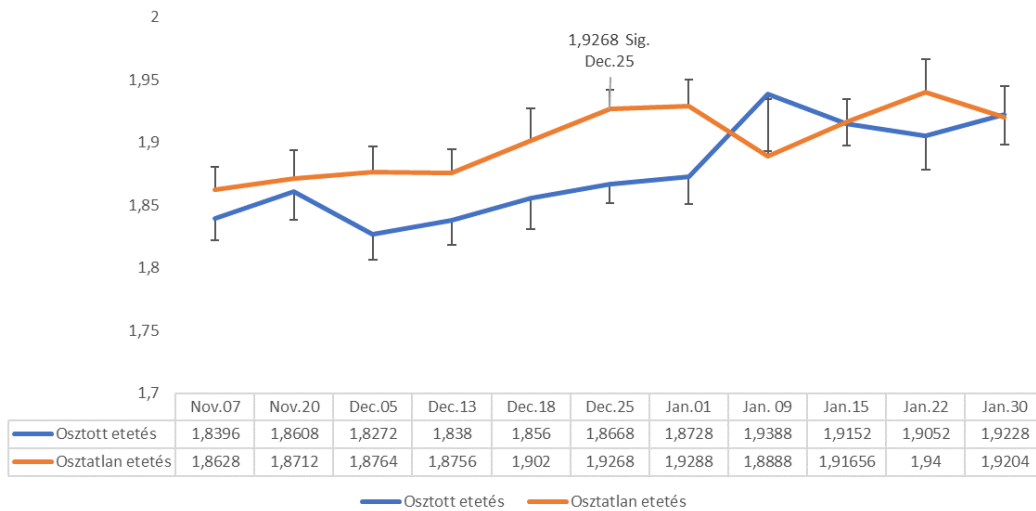
Kísérletünket a UBM Feed Zrt-vel partneri kapcsolatban álló Fuchs Tojás Kft-nél, a cég Ajka-Bakonygyepes településen lévő II. számú telepén végeztük. A telepen két, 700-700 m² alapterületű mélyalmos, automata etető-itató rendszerrel ellátott azonos tartástechnológiájú istálló szolgált a kísérletek elvégzésére. A két azonos paraméterekkel rendelkező istállóban 6000-6000 db Nick Brown fajtájú tojótyúk volt telepítve. A kísérleti takarmányok előállítása az UBM cégcsoport Szeleste község területén lévő takarmánykeverőjében történt.

Az állatok jérce korban érkeztek a telepre 16 hetesen (114 napos korban), és a következő 12 hétben tojó előkészítő, majd tojó starter takarmányt kaptak a hagyományos takarmányozási módszer alapján. Ezt követően, 28 hetes korban az egyik istállóban osztott etetési technológiára tértünk át, ahol biztosított volt a két eltérő táplálóanyag-tartalmú takarmány tárolása és behordása az állatok elé. A másik istállóban a kontroll csoport kísérleti állatai hagyományos módon mindkét napszakban azonos táplálóanyag-tartalmú takarmányt fogyasztottak, amely megfelelt a hibrid szükségleteinek. Az osztott rendszerben a délelőtti keverék a hagyományos táphoz képest azonos nyersfehérje szinttel és kismértékben nagyobb energia-tartalommal rendelkezett, míg a délutáni keverék a hagyományoshoz képest kisebb nyersfehérje- és energia tartalommal bírt. A kalcium a hagyományos keverékhez képest a délelőtti tápban kisebb, míg a délutániban nagyobb koncentrációban került bekeverésre. Az állatok délelőtt a napi takarmány adag 40%-át kapták, majd délután a napi takarmány adag további 60%-át kapták két részletben. A kísérleti tápok etetése 12 hétig történt.

A tojótyúkok termelési paramétereinek adatgyűjtése az Animalsoft Kft. által forgalmazott Livestocker telepi adatgyűjtő program által történt, mely programban teljes körűen napi szinten rögzítették a tojástermelésből származó adatokat (tojás mennyiség, méret) illetve az állománnyal kapcsolatos egyéb információkat (állat súlyok, elhullások, takarmány felhasználás, vízfogyasztás). A fenti paramétereken kívül hetente mindkét istállóból 30-30 db friss tojás súlyának mérését is elvégeztük. Az adatok előkészítését Microsoft Office Excel 2003, az adatbázis kiértékelését pedig az SPSS 9.0 statisztikai programmal végeztük. A statisztikai vizsgálatok során t-teszttel elemeztük a termelési eredményeket.

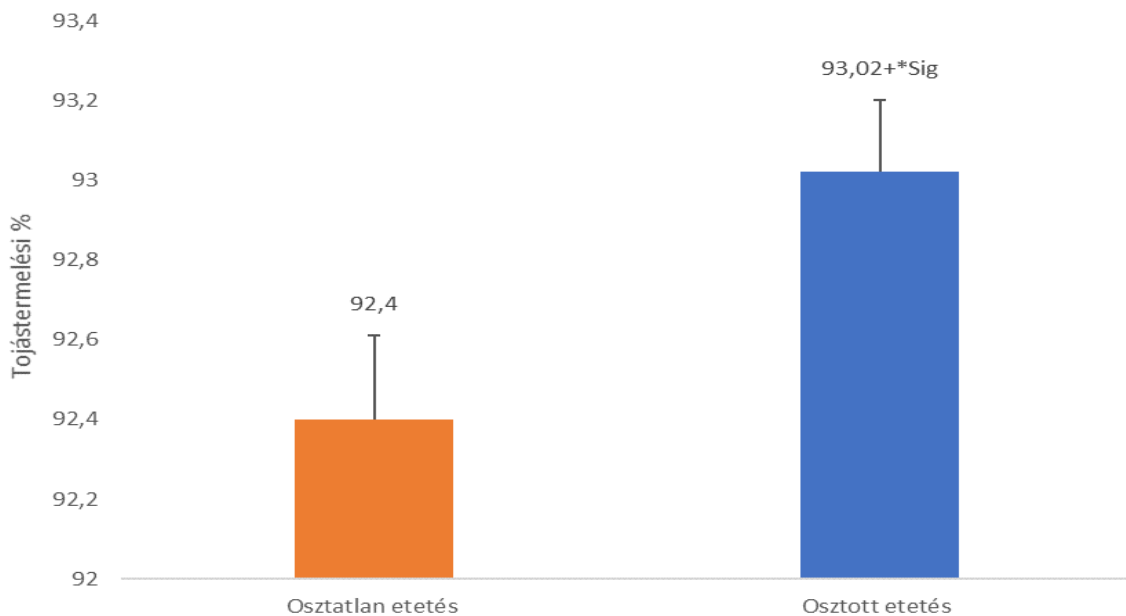
3. Eredmények és értékelésük

Az 1. ábra a kísérleti állatok testsúlyának változását mutatja be a kísérlet teljes időszakára nézve. A tojótyúkok testsúlya a két csoport összehasonlításában sem a kísérlet kezdetén, sem a végén nem különbözött szignifikáns mértékben. A teljes időszakra vonatkozó átlagsúly a hagyományos technológiánál $1,90 \pm 0,02$ kg, míg az osztott etetésnél $1,87 \pm 0,03$ kg volt. Szignifikáns különbséget egy időpontban tapasztaltunk az osztatlan etetés javára ($P < 0,05$).



1. ábra: A kísérleti állatok testsúlyának változása (átlag ± SD)
 (*Sig: Statistkailag szignifikáns eredmény)

A kísérleti egyedek teljes kísérletre vonatkozó tojástermelési intenzitás eredményeiben szignifikáns különbséget tapasztaltunk a két csoport között (2. ábra). Az osztott etetés során magasabb volt a tojástermelési szint összehasonlítva az osztatlan etetés eredményeivel ($P < 0,05$). A tojások átlagsúlya a kísérlet során a hagyományos technológia esetében $61,2 \pm 2,2$ g, az osztott takarmányozásnál pedig $61,0 \pm 1,1$ g volt, amely átlagok nem különböztek igazolható mértékben ($P < 0,05$).

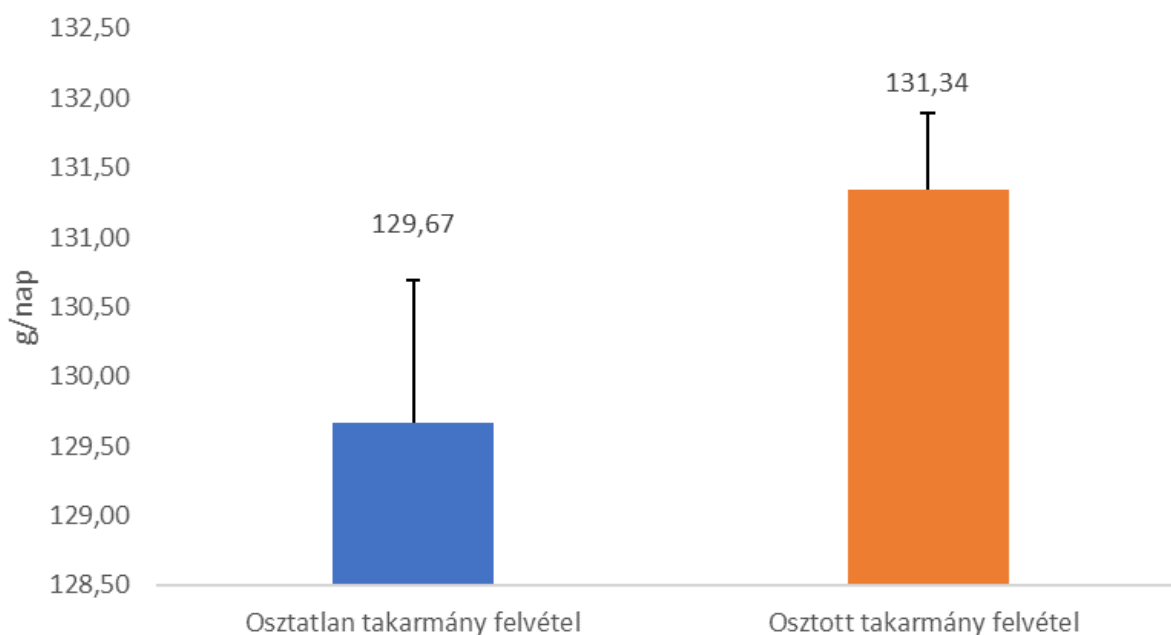


2. ábra: A kísérleti állatok tojástermelési intenzitása (átlag + SD)
 (*Sig: Statistkailag szignifikáns eredmény)

Saját eredményeinkhez hasonlóan az eddigi, hagyományos és osztott takarmányozási technológiát összehasonlító kísérletek arról számoltak be, hogy a két technológiával a tojótyúk tojástermelési intenzitása azonos szinten tartható. Lee és Ohh (2002), illetve Traineau és

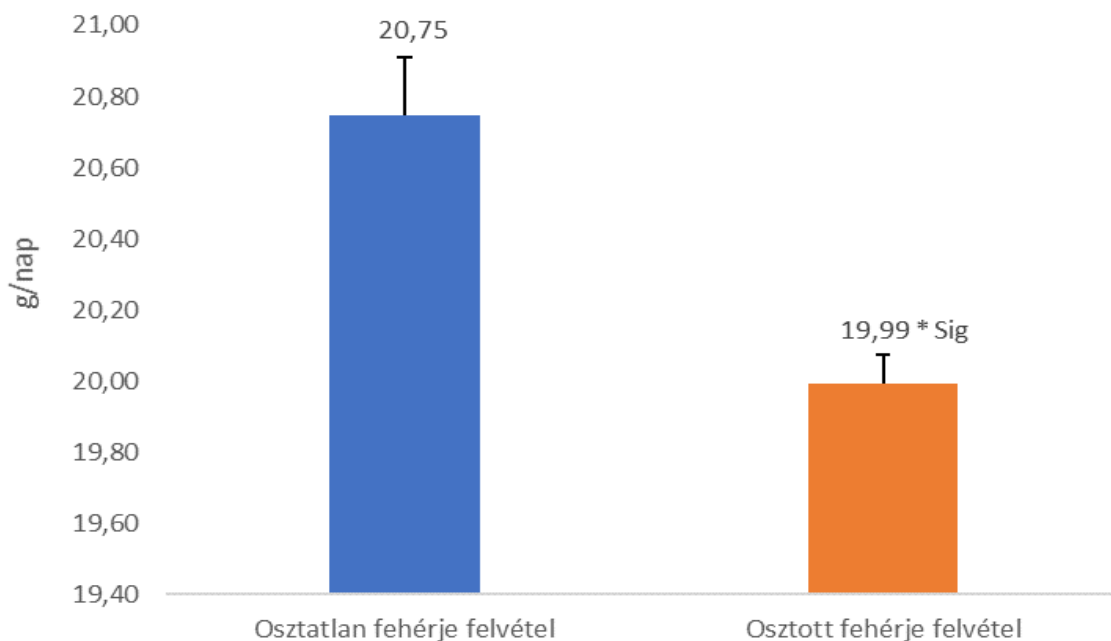
mtsai. (2013) fiatal állatok (30-38 hetes, ill. 20-35 hetes), Molnár és mtsai. (2017) illetve Jon de los Mozos és mtsai. (2015) pedig idős állományokban tapasztalta ezt (72-83 hetes illetve 95-98 hetes). A hasonló tojástermelési % mellett a tojássúly sem különbözött szignifikánsan az említett vizsgálatok során (Lee és Ohh, 2002; Traineau és mtsai., 2013; Molnár és mtsai., 2017), ahogy a saját eredményeink is ezt erősítik meg.

A 3. ábrán mutatjuk be az állatok napi takarmány felvételét. A két technológia átlagai között nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget, viszont az osztott etetés során átlagosan 1,67 grammal több takarmányt vettek fel az állatok ($P > 0,05$). A takarmány felvétel ismeretében érdemes megvizsgálni a két technológia költségviszonyait is. A hagyományos takarmányozási technológia havi takarmány költsége 6000 db állat esetén 1.677.375 Ft volt, az osztott takarmány havi takarmány költsége 6000 db állat esetén 1.608.300 Ft. Így havi szinten (30 nap) 69.073 Ft-ot sikerült megtakarítani 6000 db állat esetén az osztott etetés során.



3. ábra: A kísérleti állatok napi takarmány felvétele (átlag +SD)

A kísérleti állatok napi fehérje felvételének összehasonlítása után kijelenthető, hogy az osztott etetés során az egyedek napi 0,76 grammal kevesebb fehérje felvétellel tudták a hagyományos technológiát meghaladó tojástermelési intenzitásukat biztosítani (4. ábra). Számításaink alapján, havi szinten az osztott etetéssel 22,8 gramm fehérjét tudunk megtakarítani egyenként.



4. ábra: A kísérleti állatok napi fehérje felvétele (átlag + SD)

(*Sig: Statistikailag szignifikáns eredmény)

Korábbi kutatások szerint az osztott etetési technológia során a tojótyúkok azonos mennyiségű (Molnár és mtsai., 2017) vagy kevesebb takarmányt vettek fel (Traineau és mtsai., 2013), mint az osztatlan etetés esetén. Utóbbi vizsgálat során a kisebb takarmányfelvétel azonos termelési színvonal fenntartása mellett lehetővé tette a kedvezőbb takarmányértékesítést az osztott csoportban. Hozzánk hasonlóan egyes kísérletekben az osztott etetésű tojók kisebb napi fehérje felvételét mutatták ki a hagyományos etetéssel összehasonlítva, de ez nem hatott negatívan a tojástermelési mutatókra (Lee és Ohh, 2002; Umar Faruk és mtsai., 2010).

4. Következtetések, javaslatok

Kísérletünk eredményei alapján elmondható, hogy az osztott etetési technológia sikeresen alkalmazható a Nick Brown hibrid mélyalmos tartása esetén is. A technológia nem hatott negatívan a tojástermelési eredményekre, miközben gazdaságosabb termelést tett lehetővé. További kísérletek során terveink között szerepel az osztott takarmányozásnak a tojásminőségre, illetve modell körülmények között egyes táplálóanyagok és makroelemek emészthetőségére/retenciójára kifejtett hatásának vizsgálata is.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

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

6. Felhasznált irodalom

- Avicultura (2020): <https://avicultura.info/en/splitfeeding-a-more-profitable-method-for-egg-production/>
- Chah, C. és Moran, E.T.*, (1985): Egg characteristics of high performance of hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein and calcium. *Poultry Science* 64: 1696-1712.
- Hamelin, C., Molnar, A. és Nys, Y.*, (2017): Sequential and choice feeding in laying hens: adapting nutrient supply to requirements during the egg formation cycle. *Proceedings of the 21st European Symposium on Poultry Nutrition*
- Jon de los Mozos, Alberto Navarro-Villa, Ana Isabel García-Ruiz* (2015), Splitfeeding system reduces second grade eggs in the late production phase of laying hens, *Proceedings of the 20th European Symposium on Poultry Nutrition*
- Lee, K.H. és Ohh, Y.S.*, (2002): Effects of nutrient levels and feeding regimen of a.m. and p.m. diets on laying hen performances and feed cost. *Korean Journal of Poultry Science* 29: 195-204
- M. Traineau, I. Bouvarel, C. Mulsant, L. Roffidal, C. Launay, and P. Lescoat* (2013) Effects on performance of ground wheat with or without insoluble fiber or whole wheat in sequential feeding for laying hens: *Poultry Science* 92 :2475–2486
- Umar Faruk, M., I. Bouvarel, N. Meme, N. Rideau, L. Roffidal, H.M. Tukur, D. Bastianelli, Y. Nys, and P. Lescoat.* (2010) Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poult. Sci.* 89:785–796.
- Umar Faruk, M., I. Bouvarel, S. Mallet, M. N. Ali, H. M. Tukur, Y. Nys, and P. Lescoat.* (2011). Is sequential feeding of whole wheat more efficient than ground wheat in laying hens *Animal* 5:230–238.

Extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának értékelése NIR készülékkel és laboratóriumi módszerekkel

Mezőlaki Ákos^{1,2} – Such Nikoletta¹ – Pál László¹ – Mohamed Ali Rawash^{1,3} - Márton Alíz¹ – Horváth Boglárka¹ – Strifler Patrik¹ – Dubleczy Károly¹

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

²Agrofeed Kereskedelmi Kft. Győr

³Regional Centre for Food and Feed, Agricultural Research Centre, Giza, Egypt

akos.mezolaki@agrofeed.hu

Összefoglalás

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

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A közeljövő egyik legnagyobb kihívása a Föld népességének elegendő mennyiségű élelmszerrel, a fenntarthatóság szempontjait is figyelembe vevő módon történő ellátása. Ebben kiemelt szerepe van az állattenyésztésnek, különösen a baromfiágazatnak, hiszen gazdasági és környezeti szempontból a baromfiágazatban a leghatékonyabb az állati fehérje előállítás (Horn és Sütő, 2014). Hazánk 2013-ban indította útjára a Nemzeti Fehérjetakarmány Programját, amelynek az a célja, hogy az állattenyésztők minél nagyobb arányban tiszta, genetikai módosítástól mentes magyar takarmány-alapanyaggal váltsák fel a jelenleg 95%-ban génmódosított import szóját. A magyar állattenyésztés fehérjeigénye jelentős, az ágazat egy év alatt csaknem 840 ezer tonna szójababnak megfelelő fehérjeforrást használ, amit ma jórészt import szójadarával elégítenek ki (NKFI, 2019).

Számos alternatív fehérjeforrás áll az állattenyésztők rendelkezésére (Van Krimpen, 2013), melyek közül az extrahált darák jelentős nagyságrendet képviselnek (Manamperi és mtsai., 2011). A napraforgó Európa második legjelentősebb olajnövénye (Van Krimpen és mtsai., 2013). Az extrahált napraforgódara olajipari melléktermék, ami általánosan 30–50% fehérjét tartalmaz az extrakciós eljárásoktól függően (Dorrell & Vick, 1997), a folyamat következtében ezen értékek nagymértékben változhatnak (Slabi és mtsai., 2020).

A NIR készülékeket széles körben használja a takarmányipar az alapanyagok és a tápok táplálóanyag-tartalmának gyors tesztjére. Használatuk elterjedt gyorsaságuk és költséghaté-

konyságuk miatt, azonban a nedveskémiái mérések és a NIR becslések között adott esetben kisebb-nagyobb eltérések lehetnek (Yasar és mtsai. 2019).

Vizsgálatunk célja az volt, hogy összehasonlítsuk a hazánkban 2019-ben forgalmazott extrahált napraforgódarák táplálóanyagainak szórását, az egyes táplálóanyagok közötti korrelációt és meghatározzuk a NIR készülék pontosságát az egyes táplálóanyagokra vonatkozóan. Célunk volt továbbá, hogy az eredményekből becslő egyenletet hozzunk létre, amely alkalmas az extrahált napraforgódara metabolizálható energiatartalmának becslésére.

2. Anyag és módszer

Munkánk során a hazánkban forgalmazott extrahált napraforgó darákból reprezentatív mennyiséget gyűjtöttünk. Összesen 20 minta vizsgálatára került sor, amelyek esetében az Agrofeed Kft. szalkszentmártoni üzemében elvégeztük a NIR készülékkel történő méréseket, majd a Pannon Egyetem Georgikon Kar Állattudományi Tanszékének Élelmiszer- és Takarmányanalitikai Laboratóriumában a szabványos módszerekkel megmértük ugyanazokat a táplálóanyag kategóriákat, amelyek a NIR becslésnél is szerepeltek. A weendei kategóriák mellett meghatároztuk a napraforgó darák ADF, NDF, összes cukor, az összes és fitin foszfor, aminosav és bruttó energia (BE) tartalmát. Meghatároztuk a vizsgált termékek átlagos táplálóanyag szintjét, az egyes táplálóanyagok változékonyságát, a táplálóanyagok közötti összefüggéseket, valamint a NIR becslés pontosságát. Az energiaszolgáltató táplálóanyagokból többváltozós lineáris regressziós egyenletet hoztunk létre a napraforgó dara metabolizálható energiatartalmának becslésére.

A táplálóanyagok változékonyságát a variációs koefficienssekkel (CV) jellemeztük. A táplálóanyagok közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs együtthatóval jellemeztük, a két mérési módszer összehasonlítását pedig párosított t-próbával vizsgáltuk. Az adatok kiértékelését SPSS 23.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

3. Eredmények és értékelésük

Az 1. és 2. táblázatban az extrahált napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának, valamint aminosav összetételének NIR készülékkel, valamint nedveskémiái módszerekkel mért értékeit mutatjuk be. Az 1. táblázat adataiból látható, hogy legnagyobb szórás és CV% a nyerszsír, a nyersrost, az ADF és NDF esetében volt. A vizsgált termékek átlagosan 38,5% nyersfehérjét, 1% nyerszsírt és 16,6% nyersrostot tartalmaztak. A NIR mérés mindhárom táplálóanyag szintjét felül értékelte. A két mérési módszert összehasonlítva a bruttó energia esetében nem volt szignifikáns az összefüggés. Ennek magyarázata az lehet, hogy a NIR készülék a táplálóanyagok égéshőjéből szoftveresen számítja, így a szerves anyag kategóriák bármelyikének becslési hibája kihat a BE pontosságára. NIR készülékkel jól becsülhető a napraforgó dara nyersfehérje tartalma, a rostfrakciók és a foszfor. Kevésbé pontos a nyerszsír, a nyershamu és cukortartalom becslése. A mért és becsült aminosavtartalmak között minden esetben szignifikáns volt a kapcsolat magas korrelációs együtthatóval (2. táblázat), ami azt jelenti, hogy NIR készülékkel a napraforgó dara aminosavtartalma pontosan becsülhető.

Az egyes táplálóanyagok közötti összefüggésvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a napraforgó darák esetében szoros negatív korreláció áll fenn a nyersfehérje és a rostfrakciók között (3. táblázat). Ez nem meglepő, mivel a héj aránya határozza meg alapvetően a napraforgó termékek minőségét és a fehérje nagyságát. A nyershamu, a foszfor és cukortartalom ugyanakkor pozitív összefüggést mutatott a nyersfehérjével, ami azzal magyaráz-

ható, hogy az említett táplálóanyagok nagyrészt a héj nélküli maghoz köthetők. Az egyes rostkategóriák a nyersfehérjén túl szintén negatív korrelációban változtak a nyershamuval, a foszforral és a cukortartalommal. A nyerszsír minimális szintje miatt, ennek a paraméternek a változása nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a többi táplálóanyaggal.

A napraforgó darák táplálóanyag-tartalmából az Európai Unió országában használt becslő egyenlet segítségével (Fisher és McNab, 1986) kiszámítottuk a termékek baromfi fajokra vonatkozó metabolizálható energia tartalmát, ami átlagosan 7,53 MJ/kg volt. Ezt követően többváltozó lineáris regressziós módszerrel határoztuk meg, hogy a saját vizsgálatainkban mely táplálóanyagok mutatnak összefüggést az AME tartalommal és alkalmasak arra, hogy a becslő egyenlet változóiként szerepeljenek. Eredményeink szerint az extrahált napraforgó dara nyersfehérje-, nyerszsír-, cukor- és hamutartalmának figyelembevételére esetén kaptuk a legpontosabb becslést.

$$\text{AME} = -0,121 + 0,158 \times \text{ny. fehérje} + 0,294 \times \text{ny. zsír} + 0,086 \times \text{cukor} + 0,095 \times \text{ny. hamu}$$

4. Következtetések, javaslatok

A napraforgó fehérjét értékes alternatív fehérjeforrásnak tekintjük, amennyiben antinutritív hatásának és toxikus vegyületeinek mértéke megfelelő (Gonzales-Perez, 2007). Felhasználhatóságát a monogasztrikusok takarmányozásában elsősorban rosttartalma limitálja. Az extrahált napraforgódarák táplálóanyagai közül a nyerszsír és a különböző rostfrakciók mutatják a legnagyobb szórást. A NIR készülékkel történő becslés megfelelő pontosságú a fehérje, az aminosavak, a rostfrakciók és a foszfor esetében. Kisebb a becslés pontossága a cukor, a nyershamu és a cukortartalom esetében. A táplálóanyagok közötti összefüggésvizsgálatok alapján a nyersfehérje és a rost közötti negatív korreláció a legmarkánsabb. Az extrahált napraforgó dara AME szintjét a nyersfehérje, a nyerszsír, a nyershamu és a cukortartalomtól pontosan lehet becsülni.

5. Köszönetnyilvánítás

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

1. táblázat: Az extrahát napraforgó darák táplálóanyag-tartalmának NIR készülékkel és nedveskémiai módszerekkel meghatározott értékei

	Szárazanyag	Nyersfehérje	Nyerszsír	Nyersrost	Nyershamu	ADF	NDF	Cukor	Foszfor	Fitin Foszfor	BE
NIR átlag	91,424	41,219	1,810	17,405	7,005	20,355	28,190	5,700	1,194	1,015	17,58
minimum	90,03	37,28	1,30	10,50	6,10	12,40	18,10	5,10	1,03	0,87	17,36
maximum	92,65	48,10	2,40	21,00	8,10	24,40	33,80	6,60	1,45	1,23	18,14
szórás	0,736	3,304	0,308	3,573	0,607	3,800	5,541	0,514	0,126	0,107	0,167
CV%	0,805	8,015	16,999	20,527	8,670	18,666	19,656	9,015	10,586	10,586	0,950
Mért átlag	92,232	38,492	1,084	16,569	7,620	20,248	28,380	6,044	1,389	1,004	17,94
minimum	91,09	34,32	0,61	6,96	6,70	10,42	16,09	4,59	1,21	0,83	17,02
maximum	92,79	46,50	1,78	23,02	8,84	26,20	38,29	7,38	1,73	1,28	18,23
szórás	0,349	4,522	0,26	5,51	0,69	5,25	6,84	0,81	0,18	0,14	2,863
CV%	0,378	11,749	23,532	33,245	9,022	25,917	24,087	13,469	12,854	13,535	1,595
<i>Párosított t-próba eredménye</i>											
r érték	0,757	0,965	0,457	0,935	0,849	0,934	0,904	0,735	0,911	0,797	0,282
p érték	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,229

Az egymással szorosnak ítélt kapcsolatokat $r \geq \pm 0,900$ -nak határoztuk meg. A szorosnak ítélt kapcsolatokat dőlt betűvel vannak megjelölve.

2. táblázat: Az extrahál napraforgó darák aminosav összetételének NIR készülékkel és nedveskémiai módszerekkel mért értékei

	MET	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	GLY	SER	PRO	ALA	ASP	GLU
NIR átlag	0,932	0,652	1,456	1,498	0,523	3,341	1,664	2,579	2,014	0,977	1,841	2,435	1,720	1,747	1,735	3,647	7,749
minimum	0,86	0,60	1,34	1,36	0,47	3,04	1,51	2,34	1,83	0,89	1,70	2,25	1,56	1,58	1,58	3,32	7,11
maximum	1,09	0,76	1,71	1,75	0,64	4,02	1,98	3,04	2,38	1,16	2,17	2,85	2,02	2,06	2,04	4,32	9,28
szórás	0,075	0,053	0,119	0,119	0,050	0,295	0,144	0,215	0,172	0,086	0,144	0,188	0,145	0,144	0,145	0,315	0,672
CV%	8,075	8,087	8,161	7,920	9,534	8,838	8,641	8,346	8,535	8,847	7,804	7,740	8,440	8,258	8,334	8,629	8,675
Mért átlag	0,920	0,639	1,433	1,495	1,005	3,290	1,616	2,506	1,980	1,047	1,838	2,349	1,733	1,763	1,742	3,634	8,030
minimum	0,79	0,57	1,27	1,31	0,83	2,98	1,43	2,19	1,75	0,90	1,67	2,07	1,52	1,49	1,52	3,29	7,14
maximum	1,19	0,76	1,78	1,85	1,17	3,86	1,93	2,93	2,27	1,38	2,18	2,83	2,13	2,20	2,09	4,39	9,98
szórás	0,139	0,058	0,175	0,196	0,098	0,319	0,167	0,240	0,175	0,178	0,176	0,290	0,229	0,259	0,210	0,413	1,101
CV%	15,072	9,065	12,249	13,096	9,716	9,706	10,326	9,578	8,838	17,011	9,594	12,326	13,224	14,694	12,056	11,360	13,714
<i>Párosított t-próba eredménye</i>																	
r-érték	0,973	0,935	0,970	0,955	0,827	0,905	0,917	0,960	0,891	0,971	0,925	0,942	0,967	0,935	0,929	0,962	0,950
p-érték	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Az egymással szorosnak ítélt kapcsolatokat $r \geq \pm 0,900$ -nak határoztuk meg. A szorosnak ítélt kapcsolatokat dőlt betűvel vannak megjelölve.

3. táblázat: Az extrahált napraforgó dara táplálóanyagai közötti összefüggésvizsgálatok eredményei

		Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF	NDF	Cukor	Foszfor	F. foszfor	BE	ME
Nyers-fehérje	r-érték	1										
	p-érték											
Nyerszsír	r-érték	0,338										
	p-érték	0,145										
Nyersrost	r-érték	-0,984	-0,326									
	p-érték	0,000	0,161									
Nyershamu	r-érték	0,92	0,335	-0,926								
	p-érték	0,000	0,149	0,000								
ADF	r-érték	-0,988	-0,367	0,984	-0,922							
	p-érték	0,000	0,111	0,000	0,000							
NDF	r-érték	-0,962	-0,315	0,964	-0,953	0,964						
	p-érték	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000						
Cukor	r-érték	0,698	0,174	-0,706	0,72	-0,645	-0,702					
	p-érték	0,001	0,462	0,001	0,000	0,002	0,001					
Foszfor	r-érték	0,973	0,319	-0,969	0,922	-0,985	-0,959	0,696				
	p-érték	0,000	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001				
Fitin Foszfor	r-érték	0,848	0,332	-0,855	0,847	-0,862	-0,87	0,65	0,895			
	p-érték	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000			
BE	r-érték	0,244	0,06	-0,189	0,138	-0,204	-0,227	0,495	0,266	0,235		
	p-érték	0,3	0,801	0,424	0,56	0,387	0,335	0,027	0,256	0,318		
ME	r-érték	0,993	0,41	-0,979	0,934	-0,98	-0,96	0,736	0,966	0,864	0,263	
	p-érték	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,262	

Az egymással szorosnak ítélt kapcsolatokat $r \geq \pm 0,900$ -nak határoztuk meg. A szorosnak ítélt kapcsolatok dőlt betűvel vannak megjelölve.

6. Felhasznált irodalom

- Dorrell, D. G. - Vick, B. A.* (1997): Properties and processing of oilseed sunflower. In A.A. Schneiter (Ed.), *Sunflower: Technology and production*, 709–745. Madison: American Society of Agronomy.
- Fisher C - McNab JM* (1986). Techniques for determining the ME content of poultry feeds. In: Haresign W, Cole DJA (eds). *Recent Advances in Animal Nutrition* Butterworths, London, 3-17.
- González - Pérez, S. - Vereijken, J. M.* (2007): Sunflower proteins: Overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 12, 2173–2191.
- Horn, P. - Sütő, Z.* (2014): A világ baromfihús-termelése és az előállítás versenyképessége. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18. 1. 14–29. Elérés forrás <https://journal.ke.hu/index.php/aak/article/view/2079>
- Manamperi, W. A. - Wiesenborn, D. P. - Chang, S. K., - Pryor, S. W.* (2011). Effects of protein separation conditions on the functional and thermal properties of canola protein isolates. *Journal of Food Science*, 76. 3. 266–273.
- Nemzeti Kutatás Fejlesztési Innovációs Hivatal* (2019): Agrárium. 45-46. elérhető: <https://nkfih.gov.hu/hivatalrol/nyomtatott-sajto/feherjetakarmany>
- Slabi, S.A. - Mathe, C. - Basselin, M. - Framboisier, X. - Ndiaye, M. - Galet, O. – Kapel, R.* (2020): Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower proteins from cold press meal. *Food Chemistry*, 317. 126423. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126423>.
- Van Krimpen, M.M. - Bikker, P. - van der Meer, I.M. - van der Peet-Schwering, C.M.C. - Vereijken, J.M.* (2013): Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Wageningen UR Livestock Research, Report 662, Lelystad, pp. 63.
- Wu, S. B. –Swick, R. A –Noblet, J. –Rodgers, N. – Cadogan, D. – Choct, M.* (2019): Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poultry Science*, 98. 3. 1222-1234. <https://doi.org/10.3382/ps/pey442>.
- Yasar, S. - Alma, M. H. - Tosun, R. - Salan, T.* (2019): Improved by potassium chloride (KCl) dilution predictive ability of attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy to determine nutrient contents of sunflower meal. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28. 3. 282-290. <https://doi.org/10.22358/jafs/110419/2019>

A mesterséges takarmány kiváltásának lehetőségei élő lisztbogár lárva (*Tenebrio molitor*) etetésével a csapósügér (*Perca fluviatilis*) intenzív nevelése során

Molnár Áron^{1,2} – Homoki Dávid¹ – Lelesz Judit Éva² – Kovács László¹ – Bársony Péter¹ – Fehér Milán^{1,2}

¹Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Állattenyésztési tanszék

molnar.aron@agr.unideb.hu

Összefoglalás

A Debreceni Egyetem Halbiológiai laboratóriumában takarmányozási kísérletet állítottunk be, amelynek keretében a csapósügér (*Perca fluviatilis*) ivadékokat élő lisztbogár lárvaival (*Tenebrio molitor*) etettük. A csapósügér őshonos ragadozó halfajunk, amely kiváló húsminőségének köszönhetően egyre nagyobb szerepet tölt be az akvakultúrában. A kísérlet során 4 kezelést állítottunk be, egyenként 3 ismétlésben. Kezelésenként 15, összesen 60 hal került kihelyezésre $24,5 \pm 4,61$ g átlagos egyedi testtömeggel. Az LT75% csoport 75%-ban élő lisztbogár lárvét 25%-ban száraz tápot kapott, az LT50% csoport 50%-ban élő lisztbogár lárvét, 50%-ban tápot kapott, míg ezek az arányok az LT25%-os csoport esetében 25%-ban lisztbogár lárvét, 75%-ban tápot jelentettek. A kontroll csoport 100%-ban tápot kapott. A vizsgálat összesen 35 napig tartott. A kísérlet végén meghatároztuk a halak termelési paramétereit. A vizsgálat során elhullást nem tapasztaltunk, a megmaradás 100%-os volt. A lehalászási egyedsúly vonatkozásában az LT75 ($32,7 \pm 7,06$) kezelés érte el a legjobb eredményt, utána az LT50 ($32,5 \pm 5,91$), míg a legrosszabb mutatót a kontroll kezelés ($31,9 \pm 6,48$) és az LT25 ($32 \pm 6,49$) kezelések produkálták. Az SGR eredményei hasonlóképpen alakultak, a legkedvezőbb mutatót az LT75 ($0,85 \pm 0,04$) érte el, a legkedvezőtlenebbet a K ($0,75 \pm 15$). Hasonló eredmények születtek a FCR értéket vizsgálva is, a legjobb mutatót az LT75 ($1,09 \pm 0,06$) érte el, a legrosszabbat a kontroll ($1,27 \pm 0,27$). A kísérlet végén az általunk vizsgált termelési paraméterek adatai nem mutattak kedvezőtlenebb eredményt még a legnagyobb dózisban lisztbogár lárvét fogyasztó kezelések esetében sem a kontroll csoporthoz viszonyítva. A kísérlet eredményei alapján kijelenthető, hogy az élő lisztbogár lárva takarmányként történő alkalmazása beilleszthető a csapósügér intenzív nevelési technológiájába.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ahogy a világ népessége növekszik, úgy az élelmiszerek iránti igény is folyamatosan bővül (Godfray et al., 2010, Siemianowska et al., 2013). A humán étrend ráadásul egyre nagyobb arányban tartalmaz halat és húst, ennek köszönhetően a fehérje szükséglet is fokozódni fog a jövőben (Broekhoven et al., 2015).

Az utóbbi évtizedekben az akvakultúrák termelésbe számos új halfaj került bevonásra, ezek közül kiemelkednek a sügérfélék, amely főként kiváló húsminőségüknek köszönhető. A csapósügér (*Perca fluviatilis*) őshonos ragadozó halfajunk, mely egyre fontosabb szerepet tölt be az akvakultúrában (Grignard et al., 1996.). Alapvetően napjainkban is extenzív módszerrel, kisebb-nagyobb tavakban, víztározókban tenyésztik, emberi fogyasztásra és sporthorgászat céljára egyaránt (Kestemont et al., 2009, Gillet et al., 2013).

Húsa kiváló ízű és minőségű, ezáltal a piaci kereslet is egyre intenzívebben nő iránta. A világ csapósügér termelése 2018-ban több, mint 28 ezer tonna volt, amelynek túlnyomó része halászsákmányból származik. A globális akvakultúrák termelése folyamatosan nő, ugyanakkor 2018-ban is mindössze 670 tonna volt (FAO, 2021). Jól látható, hogy a csapósügér, mint termék a halászsákmány mennyiségétől függ, azonban a megnövekedett piaci igények kielégítése a természetes vízi halászatból egyre kevésbé fenntartható (Mousavi et al., 2020). Amennyiben a piaci kereslet teljes körű kiszolgálása a cél, az intenzív termelés volumenének növelése szükséges. Az intenzív nevelés során a kezdeti lárva stádiumot leszámítva kizárólag mesterséges takarmányok alkalmazhatók, ellentétben a tógazdaságokkal, ahol jelentős természetes takarmánybázis alakul ki a nevelő tavakban. A csapósügér igen magas fehérje tartalmú takarmányt igényel az intenzív rendszerben történő nevelése során. Mivel a jó minőségű, állati eredetű fehérje elsődleges forrása a halliszt, a ragadozó halaink, így a csapósügér takarmányozása is egyre több fenntarthatósági problémát vet fel. Mindezek alapján kijelenthető, hogy olyan új, alternatív fehérje források bevezetése szükséges, amelyek jóval inkább fenntartható forrásból származnak, egyúttal alkalmasak a takarmányok halliszt tartalmának kiváltására (Hua et al., 2021).

Az egyik megoldást a különböző rovarok haltakarmányozásba történő bevonása jelentheti, amelyek potenciális, alternatív fehérjeforrásként szolgálhatnak a jövőben (Van Huis, 2013; Henry et al., 2015; Azagoh et al., 2016; Purschke et al., 2018). A rovarok magas fehérjetartalmuk és a hallisztéhoz hasonló esszenciális aminosav profiljuk miatt alkalmasak lehetnek a halliszt kiváltására (Stejskal et al., 2020). Ezen kívül a rovarok kiváló zsírsav források, ezeknek a zsírsavak mennyisége és típusa változó az adott fajtól, annak fejlődési szakaszától és takarmányozásától függően (Mérida et al., 2019). A hazánk klimatikus adottságait figyelembe véve kiválóan tenyészthető, ezáltal megfontolandó alternatíva lehet a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*).

A közönséges lisztbogár a gyászbogárfélék (*Tenebrionidae*) családjába tartozó faj. A lisztbogár lárvája a rovarok között is kiemelkedik magas tápanyagtartalmával, valamint igen könnyű és gyors tenyésztése is (Dreassi et al., 2017, Wang et al., 2012). Környezetét egyáltalán nem terheli, ellenben jelentős fehérje és zsír forrás (Wang et al., 2012). A közönséges lisztbogár lárvája neveléssel 1 kg fehérje állítható elő 1,7 kg szerves hulladék felhasználásával, 1 m² területen (Mézes, 2018).

Számos kutatócsoport végzett takarmányozási kísérleteket, melyben a halak takarmányozását részben lisztbogár lárvával egészítették ki (Gasco et al., 2014., Gasco et al., 2016). Kísérletünk során arra kerestünk a választ, hogy az élő lisztbogár lárva alkalmas-e részben kiváltani a halliszt alapú takarmányt, valamint milyen arányban alkalmazható a halak takarmányozásában a termelési paraméterek leromlásának elkerülése mellett.

2. Anyag és módszer

A 35 napos kísérletet a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának akváriumrendszerében állítottuk be. Az akváriumok hasznos víztérfogata 12,96 liter volt. A négyszögletes akváriumok 3 sorban helyezkedtek el, a tesztkörnyezetet összesen 12 db egységből áll. A vizsgálatot akváriumonként 5, összesen 60 egyeddel állítottuk be. A halak átlagos testsúlya 24,25 ± 0,26 g volt. A megvilágítás időtartama napi 14 óra (06 - 20 óra). A víz oldott oxigén tartalmát (8,16 ± 0,27 mg/l), pH értékét (9 ± 0,29) és a víz hőmérsékletét (20,12 ± 1,78 °C) naponta ellenőriztük (HACH HQ30d). A különböző vízben előforduló nitrogénformák koncentrációját hetente mértük (NH₃⁺ (0,16 ± 0,07 mg/l), NO₂⁻ (0,015 ± 0,004 mg/l), spektrofotometriás méréssel (HACH DR3900).

A kísérlet során 4 kezelést alkalmaztunk, 3-3 ismétlésben. A kezelések elnevezésüket a lisztbogár lárva (L) és annak az aránya (%) alapján kapták. Az LT75% csoport 75%-ban élő lisztbogár lárvát 25%-ban száraz tápot kapott, az LT50% csoport 50%-ban élő lisztbogár lárvát, 50%-ban tápot kapott. Az LT25%-os csoport 25%-ban lisztbogár lárvát, 75%-ban tápot fogyasztott a kísérlet alatt. A kontroll csoport (K) 100%-ban száraz takarmányt kapott a teljes idő alatt.

Azok a csoportok, melyek etetési protokolljában a száraz takarmány is szerepelt, 2 mm szemcseméretű kereskedelmi forgalomban kapható (47% fehérje, 16 % zsír) tápot kaptak, amely naponta kétszeri megoszlásban került kijuttatásra. A kísérlet során 1,08%-os takarmányozási intenzitást alkalmaztunk. A lisztbogár lárva szárazanyag tartalma laboratóriumi méréseink alapján 40%, azon belül 51% - os fehérjetartalommal, magas zsírtartalommal (33-34%), 4-5% hamutartalommal, valamint 10-12% szénhidrát (főként kitin) tartalommal rendelkezett. A lisztbogár lárvát fogyasztó kezelések nap takarmányadagjai szárazanyag ekvivalencia alapján kerültek kiszámításra (1. táblázat).

1. táblázat: Az alkalmazott takarmányozási protokoll

Kezelés	LT75	LT50	LT25	K
Takarmány (g)	1,3 g	1,3 g	1,3 g	1,3 g
Lisztbogár lárva kiegészítés aránya (%)	75 %	50 %	25 %	0 %
Lisztbogár lárva kiegészítés aránya (g)	2,44 g	1,63 g	0,81 g	0 g
Lisztbogár lárva kiegészítés aránya (szárazanyag g)	0,98 g	0,65 g	0,325 g	0 g
Táp kiegészítés aránya (g)	0,33 g	0,65 g	0,98 g	1,3 g

A kísérlet végén meghatároztuk a halak egyedi nedves testtömegét, kéttized pontos digitális mérleg segítségével. A termelési mutatókat az alábbi képletek alapján számoltuk ki:

- Megmaradás (%): $S = (\text{lehalászott darabszám/kihelyezett darabszám}) \times 100$
- WG (%) = $(B_f - B_i) / B_i \times 100$, ahol: B_f : kezelések végső biomasszája (g), B_i : kezelések kezdő biomasszája (g)
- SGR (%) = $(\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$, ahol: W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g), t : napok száma
- FCR (g/g) = $F / (W_f - W_i)$, ahol: F : a kísérlet során elfogyasztott takarmány mennyisége szárazanyagban (g), W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g)
- Variációs koefficiens (CV%) = $100 \times SD / W_f$, ahol SD : a standard szórás, W_f : a halak befejező átlagtömege (g).

Az eredmények statisztikai elemzéséhez IBM SPSS 22 szoftvert használtunk. Az adatok homogenitását Levene-tesztel ellenőriztük. Az eredmények értékelésére egytényezős variancia-analízist (ANOVA) alkalmaztunk. A szignifikáns különbség meghatározása Tukey-tesztel ($P \leq 0,05$) történt.

3. Eredmények és értékelésük

A kísérlet során nem volt elhullás, a megmaradás minden kezelés esetében 100% volt. A vizsgált termelési paraméterek egyikében sem tapasztaltunk statisztikailag igazolható eltérést (2. táblázat), még a legnagyobb dózisban lisztbogár lárvával kiegészített takarmányt kapó kezelések (LT75) sem értek el kedvezőtlenebb eredményt a csak száraz takarmánnyal etetett csoporthoz (K) képest.

2. táblázat: A halak termelési paraméterei a kísérlet végén

	LT75	LT50	LT25	K
Kezdő testtömeg (g)	24,19 ± 4,70	24,39 ± 4,30	23,91 ± 5,40	24,50 ± 4,89
Végso testtömeg (g)	32,5 ± 5,91	32,7 ± 7,06	32 ± 6,49	31,9 ± 6,48
WG (%)	34,54 ± 1,96	34,16 ± 5,52	33,67 ± 4,74	30,33 ± 7,09
SGR (%/ nap)	0,85 ± 0,04	0,84 ± 0,12	0,83 ± 0,10	0,75 ± 0,10
FCR (g/g)	1,09 ± 0,06	1,11 ± 0,20	1,15 ± 0,18	1,27 ± 0,27
CV% kezdő	19,44 ± 4,66	17,67 ± 8,86	22,61 ± 8,68	19,87 ± 9,42
CV% záró	19,01 ± 5,08	22,33 ± 8,05	20,93 ± 7,92	20,95 ± 8,54

A kezelések átlagos lehalászási tömegének eredményeit tekintve a kísérlet végén az LT50 (32,7 ± 7,06) kezelés érte el a legjobb eredményt, ezt követte az LT50 csoport eredménye (32,5 ± 5,91). A legnagyobb dózisban élő lárvát kapó kezelés sem ért el kedvezőtlenebb mutatót a kontroll kezelés (31,9 ± 6,48) és az LT25 (32 ± 6,49) csoporthoz viszonyítva. A kezelések biomassza növekménye (WG%) ott érte el a legmagasabb értéket, ahol a lisztbogár lárvával kiegészítés aránya a legnagyobb volt (LT75 = 34,54 ± 1,96), míg a legalacsonyabbat a kontroll csoportoknál (K = 30,33 ± 7,09). Megállapítható tehát, hogy már a 25%-os és az 50%-os arányban élő lárvával kiegészített takarmányozás is kedvezően hatott a halak növekedésére (LT50 = 34,16 ± 5,52), (LT25 = 33,67 ± 4,74).

A halak specifikus növekedési ütemét vonatkozásában a legkedvezőbb mutatót az LT75 (0,85 ± 0,04) érte el, a legkedvezőtlenebbet a K (0,75 ± 0,10). Az LT50 (0,84 ± 0,12) és LT25 (0,83 ± 0,10) csoportok LT75 kezelésénél alacsonyabb, a kontroll kezelésénél viszont magasabb értékei azt bizonyítják, hogy minél több rovarfehérjét tartalmazott a halak étrendje, annál jobban tudták a benne lévő tápanyagot hasznosítani és a növekedésre fordítani a tápanyagokat.

A halak takarmányértékesítését tekintve a legkedvezőbb mutatót az LT75 (1,09 ± 0,06) kezelés érte el, míg a kontroll (1,27 ± 0,27) kezelés a legkedvezőtlenebbet. Az LT50 (1,11 ± 0,20) és LT25 (1,15 ± 0,18) csekély mértékben ugyan, de elmaradt az LT75 kezeléstől, de a kontroll csoporttól kedvezőbb eredményt ért el. Az állomány homogenitását (CV%) tekintve az LT75 (19,01 ± 5,08) bizonyult a leginkább egyöntetűnek, míg az LT50 (22,33 ± 8,05) kezelésnél volt tapasztalható a legnagyobb mértékű szétválás a többi kezeléshez képest (LT25 = 20,93 ± 7,92), (K = 20,95 ± 8,54).

A halak tehát nem csak szívesen fogyasztották az élő lisztbogár lárvát, hanem ezen adatok alapján kiválóan képesek annak emésztésére is, amely elősegítette az állományok növekedését. Ezt a hipotézist alátámasztja az is, hogy az FCR értékek teljes egészében korrelálnak a kísérlet végén mért lehalászási egyedsúlyok mutatóival.

4. Következtetések és javaslatok

Összességében kijelenthető, hogy bár a termelési paraméterek vonatkozásában szignifikáns eltéréseket nem tapasztaltunk a 35 napos kísérletünk végén, kedvező eredménnyel zárult a vizsgálat. Fontos kiemelni, hogy a csapósüveg szívesen elfogyasztotta az élő lisztbogár lárvát, tehát hosszútávon nem csak liszté őrölt formában lehetséges beilleszteni a takarmányozási protokolljába, ahogyan azt számos kutató csoport tanulmányozta (*Tilami et al.*, 2020, *Tran et al.*, 2021). Az általunk vizsgált termelési paraméterek mutatói nem mutattak kedvezőtlenebb eredményt a nagyobb dózisban lisztbogár lárvát kapó kezeléseknél sem a kontroll csoporthoz viszonyítva. A lisztbogár lárvát élő eleséggként való alkalmazása teljes mértékben alkalmasnak bizonyult a halliszt alapú takarmány kiváltására kedvező fehérje tartalmának köszönhetően. A következtetések levonásánál fontos megállapítani, hogy takarmány-, illetve élelmiszerbiztonsági okokból kifolyólag a lisztbogár lárvát sok más rovarfajhoz hasonlóan liszt formájában keverik a takarmányhoz, miután szárítással, hőkezeléssel és egyéb fertőtlenítő módszerekkel sterilizálják. A rovarfogyasztás, illetve az azzal való takarmányozás gyakorlati alkalmazása előtt számos egyéb tényező vizsgálatát is el kell végezni. Ez azért is fontos, mert a testfelületükön, illetve a bélcsatornájukban a gazdasági állatokra és az emberre egyaránt veszélyes patogén mikroorganizmusokat is hordozhatnak, illetve további veszélyt jelenthetnek egyes mikotoxinok és paraziták. A rovarok ezen felül számos allergén anyagot is termelhetnek, valamint nehézfémeket is akkumulálhatnak. Mindezeket figyelembe véve a különböző halfajok rovar alapú takarmányozása csakis szigorú laboratóriumi vizsgálatok elvégzését követően lehetséges. A teljes mértékben lisztbogár lárvára alapozott takarmányozás – akár élő táplálék, akár liszt formájában történik - gyakorlati alkalmazásának bevezetése érdekében további vizsgálatok elvégzése szükséges.

5. Köszönetnyilvánítás

A munkát a MAHOP-2.1.1-2016-2017-00002 (RESEARCHFISH) projekt támogatta. A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. Felhasznált irodalom:

- Azagoh, C. - Ducept, F. - Garcia, R. - Rakotozafy, L. - Cuvelier, M.E. - Keller, S. - Mezdoor, S. (2016):* Extraction and physicochemical characterization of *Tenebrio molitor* proteins. *Food Research International*, 88.24–31.
- Broekhoven, S. V. - Onincx, D. - Huis, A. V. - Loon, J. A. P. (2015):* Growth performance and feed conversion efficiency of three edible 4 mealworm species (Coleoptera:Tenebrionidae) on diets composed of 5organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73.1-10.
- Dreassi, E. - Cito, A.- Zanfini, A.- Materozzi, L. - Botta, M. - Francardi, V. (2017):* Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, 52.3.285–294.
- Gasco, L. - Belforti, M. - Rotolo L. - Lussiana, C.L.- Parisi, G. - Terova G.- Roncarati A.- Gai, F. (2014):* Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Abstract book Conference “Insects to Feed The World”. The Netherlands, 14-17.
- Gasco, L. - Henry, M. - Piccolo, G. - Marono, S. - Gai, F. - Renna, M. - Chatzifotis, S. (2016):* *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220.34-45.

- Gillet, C. - Lang, C. - Dubois, J. P.* (2013): Fluctuations of perch populations in Lake Geneva from 1984 to 2011 estimated from the number and size of egg strands collected in two locations exposed to different fishing practices. *Fisheries Management and Ecology* 20, 484-493.
- Godfray, H. C. J. - Beddington, J. R. - Crute, I.R. - Haddad, L. - Lawrence, D.- Muir, F.J. - Pretty, J. -Robinson, S. - Thomas, S. M. - Toulmin, C.* (2010): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818.
- Grignard, C. - Mélard, C. - Baras, E. - Poirier, A. - Philippart, J.C. - Bussers, J. C.* (1996): Occurrence and impact of *Heteropolaria* sp. (Protozoa, Ciliophora) on intensively cultured perch (*Perca fluviatilis*) *Annales Zoologici Fennici*, 33, 653-657.
- Henry, M. - Gasco, L. - Fountoulaki, E.* (2015): Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal feed science and technology*.203.1-22.
- Hua, K.* (2021): A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. *Aquaculture*, 530, 735732.
- Kestemont, P. - Craig, J. F. - Farrell, R.* (2009): Warm water fish: the perch pike, and bass families. *Fisheries and Aquaculture*. 3, 200-229.
- Mérida, N. S. - Gobbi, P. - Józefiak, D. - Mazurkiewicz, J. - Dudek, K. - Rawski, M. - Józefiak, A.* (2019): Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 11.4.1080-1103.
- Mézes, M.* (2018): A rovarfehérje, mint a fehérjeellátás új alternatívája. *Állattenyésztés és takarmányozás*. 67. évf. 4. sz. 287-296.
- Mousavi, S. - Zahedinezhad, S. - Loh, J. Y.* (2020): A review on insect meals in aquaculture: The immunomodulatory and physiological effects. *International Aquatic Research*, 12.2.100-115.
- Purschke, B. - Mendez S. Y. D. - Jäger, H.* (2018): Centrifugal fractionation of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) for protein recovery and concentration. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 224–228.
- Siemianowska., E. - Kosewska, A. - Aljewicz, M..* (2013): Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences*, 4.06.287-291.
- Stejskal, V., Tran, H. Q., Prokesova, M., Gebauer, T., Giang, P. T., Gai, F., & Gasco, L.* (2020): Partially Defatted *Hermetia illucens* Larva Meal in Diet of Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) Juveniles. *Animals*, 10.10.1876.
- Tilami, S. K. - Turek, J. - Červený, D. - Lepič, P. - Kozák, P. - Burkina, V. - Mráz, J.* (2020): Insect Meal as a Partial Replacement for Fish Meal in a Formulated Diet for Perch *Perca fluviatilis*. *Turk. J. Fish. & Aquat. Sci*, 20.12. 867-878.
- Tran, H. Q. - Van Doan, H. - Stejskal, V.* (2021): Does dietary *Tenebrio molitor* affect swimming capacity, energy use, and physiological responses of European perch *Perca fluviatilis*?. *Aquaculture*, 539.736610.
- Van Huis.* (2013): *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*, FAO Forestry Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 171.
- Wang, H. C. - Liao, H. Y. - Chen, H. L.* (2012): *Tenebrio* small-scale ecological farming feasibility study. In *Advanced Materials Research, International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development*. Stafa-Zurich, Switzerland: Trans tech publications ltd., 267-270.

Chromatin condensation status of post mortem collected Przewalski's horse (*Equus ferus*) spermatozoa

Ariuntungalag Javkhlan – Gabriella Kútvölgyi – Szabolcs T. Nagy

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Sciences

nagy.szabolcs.tamas@uni-mate.hu

Summary

Post mortem collected Przewalski's stallion spermatozoa were evaluated with Feulgen staining kit and light microscopy to reveal sperm chromatin condensation status. The average rate of abnormally condensed sperm chromatin was $2.4 \pm 1.7\%$. Feulgen staining is an easy, informative assay to reveal the chromatin status of spermatozoa, it can be used for breeding soundness evaluations as well as in basic reproductive biology studies.

1. Introduction

Przewalski's horse (*Equus ferus*) is the only living wild horse species. Its current status is Endangered according to the IUCN Red List, however, previously the species was considered as Critically Endangered (2008) and Extinct in the Wild (1996). The increase is due to an international effort to save and reintroduce the species, which started as an International Stud Book in 1959 and later developed into a Species Survival Plan. The actions taken include *in vivo* (*in situ* and *ex situ*) conservation efforts (King *et al.*, 2015).

Assisted reproductive technologies (ART) provide useful tools to save the genetic diversity of endangered species (Lueders and Twink Allen, 2020). Using gamete cryopreservation as an ART tool to create gene banks has been already used since the 1990-s (Wildt *et al.*, 1997). Sperm storage technologies developed for domestic animals can be applied to wild species providing a useful conservation tool (Wildt *et al.*, 1995).

Semen collection can be used via a *post mortem* approach, when spermatozoa are collected from the epididymis after castration or culling. Our group has successfully applied this approach on several wild mammal species, including red deer, *Cervus elaphus*, fallow deer, *Dama dama* (Zomborszky *et al.*, 2005); reindeer, *Rangifer tarandus* (Nagy *et al.*, 2019a); argali, *Ovis ammon* (Kovács *et al.*, 2007).

One of the extremely important but often overlooked sperm trait is nuclear condensation. Nuclear abnormalities are uncompensable defects, i.e. these spermatozoa are capable of fertilizing the oocyte, however, the embryonic development will likely fail (Evenson, 1999).

The aim of the present study was to evaluate the nuclear condensation status of *post mortem* collected and cryopreserved Przewalski's horse spermatozoa via Feulgen staining and light microscopy.

2. Materials and methods

Post mortem collected spermatozoa from five Przewalski's stallions were cryopreserved in a commercial stallion semen extender and transferred to the laboratory in liquid nitrogen. Straws were thawed in a 37°C water bath for 30 sec, then smears were made on Superfrost slides. Air-dried smears were stained with a Feulgen staining kit (Merck, cat.no. 1079070001), following the protocol suggested by the Manufacturer, with modifications. Slides were held in 5 mol/L HCl solution in a Hellendal jar, then rinsed for 5 min under running tap water. Slides were then transferred into Schiff's reagent and kept in the dark for 1 hr. Slides were rinsed with sodium bisulfite solution for 3 min, then under running tap water for 10 min. Slides were allowed to dry at room temperature then covered with Merck Entellan and coverslip.

Digital photos were taken at 1000x magnification using an Olympus CX40 microscope. One hundred spermatozoa per stallion were evaluated on digital photos and classified as normal or abnormal chromatin condensation.

3. Results

Spermatozoa with intact, properly condensed chromatin show a uniform, magenta color, while disturbances of chromatin condensation are indicated by a grainy, non-homogenous staining pattern (Figure 1.).

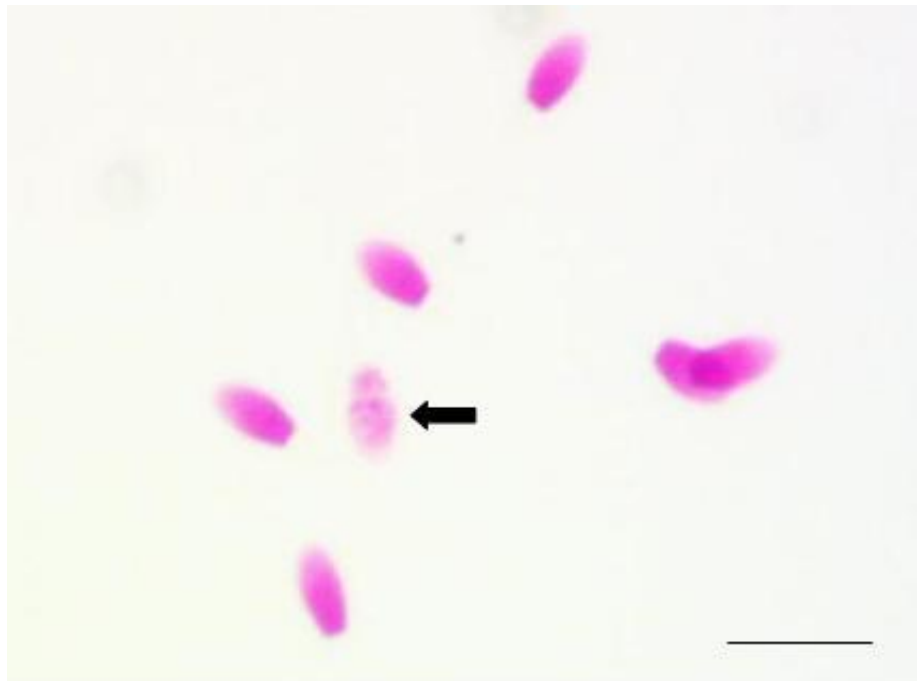


Figure 1. Feulgen staining of Przewalski's stallion spermatozoa. Abnormal chromatin status is shown by grainy staining (arrow). Bar shows 10 μm.

The average (\pm SD) % of abnormal chromatin was $2.4 \pm 1.7\%$; (2, 5, 3, 1, 1% in individual stallions).

4. Conclusions

The Feulgen staining is an easy, informative assay to reveal the chromatin status of spermatozoa. It can be adapted to field work as only air dried smears are made on site; the staining protocol can be finished later in a suitable laboratory. It can be used for breeding soundness evaluations as well as in basic reproductive biology studies, i.e. to reveal intramale sperm size variance, an indirect indicator of postcopulatory sperm competition (Nagy *et al.*, 2019b).

5. References

- Evenson D. P. (1999): Loss of livestock breeding efficiency due to uncompensable sperm nuclear defects. *Reprod. Fert. Dev.* 11, 1-16.
- King, S.R.B. - Boyd, L. - Zimmermann, W. - Kendall, B.E. (2015): Equus ferus. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T41763A97204950.
- Kovács, A. - Khorholjav, T. - Shirhingijn, D. - Nagy, Sz. - Kútvölgyi, G. - Oláh, J. - Jávora, A. (2007): Argálispermiumok mélyhűtése: Cryopreservation argali spermatozoa. Preliminary communication. *Magyar Állatorvosok Lapja* 129. 5. 306-309.
- Lueders, I. - Twink Allen, W.R. (2020): Managed wildlife breeding-an undervalued conservation tool?, *Theriogenology*, 150, 48-54.
- Nagy, Sz. - Lindeberg, H. - Nikitkina, E. - Krutikova, A. - Kumpula, J. - Holand, Ø. (2019a): Reproduction of the reindeer (*Rangifer tarandus*) male –basic and applied aspects. Proceedings of the 23rd Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR). *Reproduction in Domestic Animals* Vol. 54 • Supplement 3 September (2019) p. 62.
- Nagy, Sz. - Lindeberg, H. - Nikitkina, E. - Krutikova, A. - Kumpula, J. - Holand, Ø. (2019b): Intramale variation in reindeer sperm head size –a pilot study 10th Circumpolar Agriculture Conference. New thinking about local agriculture in the circumpolar Arctic – Best practices, innovations and perspectives. 13 - 15 March 2019, Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finland P30.
- Wildt, D. - Pukazhenti, B. - Brown, J. - Monfort, S. - Howard, J. - Roth, T. (1995): Spermatology for understanding, managing and conserving rare species. *Reprod Fert. Dev.* 7(4):811-24.
- Wildt, D.E. - Rall, W.F. - Critser, J.K. - Monfort, S.L. - Seal, U.S. (1997): Genome resource banks: living collections for biodiversity conservation. *Bioscience* 47, 689–698.
- Zomborszky, Z. - Nagy, S. - Nánássy, L. - Szabari, M. - Bodó, S., (2005): Experiences in deer sperm cryopreservation under practical conditions - a pilot study. *Anim. Reprod. Sci.* 90, 185–190.

LED és hagyományos (wolframszálal izzó) megvilágítás hatásai pecsenyecsirkék viselkedésére és termelési paramétereire (Előzetes etológiai vizsgálati eredményekkel)

Pap Tibor István¹ – Szabó Rubina Tünde¹ – Varga Barbara¹ – Podmaniczky Béla² –
Pacz Marcell³ – Kovács-Weber Mária¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Gödöllő

²AgriSearch Hungary Kft., Pécel

³Led-Lighting Kft., Budapest

paptiboristvan@gmail.com

Összefoglalás

A fény központi szerepet játszik a baromfitartásban, ezért zárt tartás esetén fontos a megfelelő fényforrás kiválasztása mind állatjóléti, mind gazdasági szempontokat figyelembe véve. A fényintenzitás, a *fotoperiodikus* rendszerek alkalmazása, a fényforrás típusa, valamint a fény hullámhossza mind befolyásolják a termelést (Manser, 1996). A baromfiágazat szereplői közül sokan lecsérték az alkalmazott fényforrásaikat a korszerűbb LED technológiák valamelyikére, azonban nem tudni, hogy pontosan milyen hatást gyakorol ez az állatra nézve. Vizsgálatainkban arra a kérdésre keressük széles körben a választ, hogy a kétféle megvilágítási mód hogyan befolyásolja a pecsenyecsirkék termelési paramétereit, mindezt etológiai megfigyelésekkel kiegészítve, hogy milyen megoszlásban vannak az egyes tevékenységek, amiket az állatok a nevelési idő alatt végeznek. Azt már tudjuk, hogy bizonyos tartományba eső fény használata stimulálja a brojlerszárnyak testtömeg-gyarapodását (Rozenboim és mtsai., 1999). Ezt mi is alá tudjuk támasztani a LED fényforrás javára a testtömegben és a takarmányértékesítésben is jobb eredményeket értek el a csoport állatai. A kiemelt felvételek azt mutatják, hogy a LED csoportban több időt töltöttek az állatok táplálkozással és társas viselkedéssel, míg kevesebb időt pihenéssel.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A külvilágból bejövő információink legnagyobb részét a szemünkön keresztül „szerezzük be”. A jó térbeli tájékozódásunk is elsősorban a látásunknak köszönhető. Ezért fontos nem csak számunkra, de brojlerszárnyak számára is a látás és annak körülményei.

A pecsenyecsirke előállításánál is világítási programokat alkalmazunk. Mikor megérkeznek az állatok, az első héten a legtöbb világítási program ajánlásban ez a megvilágítás 23 órás, egy órányi sötét periódussal. Erre azért van szükség, hogy a frissen letelepített állatok megtalálják a táplálékot és a vizet és szinte egész nap tudjanak táplálkozni. Az egy órányi sötétre azért van szükség, hogy a csibék megszokják azt, esetleges áramkimaradás hatására ne ijedjenek meg a hirtelen, szokatlan sötétől (*Bogenfürst és mtsai.*, 2011). Hetedik naptól vágásig, hat órányi sötét periódust kell beiktatni a napi ritmusukba, melyet rendelet is szabályoz: „A csirkék épületben való elhelyezésétől számított 7 napon belül olyan 24 órás ritmust követő megvilágítást kell alkalmazni, amely összesen legalább napi 6 órányi sötét időszakot foglal magában. A sötét időszakok közül egynek megszakítás nélkül legalább 4 órán át kell tartania, melyben nincsenek félhomályos időszakok. A vágás várható időpontja előtt 3 nappal ezen megvilágítási mód alkalmazásával fel lehet hagyni” (32/1999. (III. 31.) FVM rendelet).

A világítási programok hatással lehetnek a takarmányfelvételre, így közvetetten a bél motilitására és az emésztésre. Azoknál a világítási programoknál, ahol 10 lux alatti a fényintenzitás és 4-6 órás a sötét periódus, jobb a takarmányértékesítés. Ez valószínűleg a lassabb takarmány felvétel miatt van, így több idő jut az emésztésre, vagyis jobb lesz az emésztés hatásfoka (Edgar, 2019). A 2007/43/EC rendelet tartalmazza megvilágítás követelményeit, miszerint állatjóléti szempontokra hivatkozva minimum 20 lux megvilágítás szükséges (Bárány, 2013).

2. Anyag és módszer

A kísérletben Cobb 500 kakasokkal dolgoztunk. Két kísérleti csoportot (LED és izzó) alakítottunk ki 5-5 ismétléssel ($n = 40$ egyed/ismétlés), összesen 400 állattal. A tartástechnológiát a Cobb Management Guide (2018) ajánlásai szerint alakítottuk ki, különbség csak a fényforrásban volt. Emellett a két fény erőssége (lux) és színe azonos volt a két csoportban.

Az állatok takarmány fogyasztását heti rendszerességgel ismétlésenként mértük, így kaptuk meg a pontos takarmány fogyasztás mennyiségét. A testtömeget heti rendszerességgel egyenként mértük, amiből a heti testtömeggyarapodást számítottuk. A madarak tömegéből és elfogyasztott takarmányból számoltuk a csirkék halmozott takarmányértékesítését ismétlésenként, ahol az ismétlések átlaga adja a csoportok hetenkénti takarmányértékesítést.

A nevelés alatt mindkét csoport 1-1 ismétlésében videófelveteleket készítettünk. Ennek teljes elemzése folyamatban van, amiből jelen esetben egy reprezentatívnak számító 4 napos intervallumot kiemeltünk a nevelési időszak középső szakaszából. Megfigyeltük a csirkék aktivitását, hogy a természetes mutatókkal össze tudjuk vetni, mint a takarmányfogyasztás, testtömeg, takarmányértékesítés. Rögzítettük az evéssel, ivással és az egymás közötti interakciók létesítésével kapcsolatos eseményeket.

A videófelveteleket VLC médialejátszó program segítségével elemeztük, az alábbi tematika szerint: a megvilágított időszakban (18 óra) 5 percenként megállítva a felvételt összeszámoltuk az egyes vizsgált tevékenységeket végző állatokat: evés, ivás, pihenés és az interakciók (1. ábra). Az adott időpillanatot 5 másodperces időablakban rögzítettük, így bizonyosodtunk meg a cselekvés tényleges meglétéről (például az állatok több kisebb adagban veszik fel a vizet, így csak egyetlen időpillanatban történő értékeléssel hamis eredményeket kaphattunk volna). Az így kapott eredményeket napi átlagként dolgoztuk fel, ezekre szórás értékeket illesztettünk.

1. ábra: Takarmányfelvétel, vízfogyasztás, interakciók, pihenés (balról jobbra)

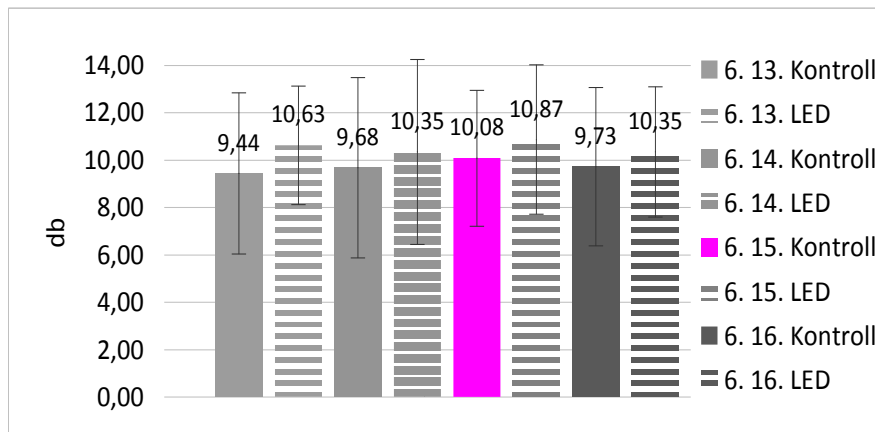


A kapott adatokat Microsoft Excel 2010 program segítségével gyűjtöttük és dolgoztuk fel. Kétmintás T-próbát végeztünk az adatok értékelésére, ahol a szignifikancia szint $p < 0,05$.

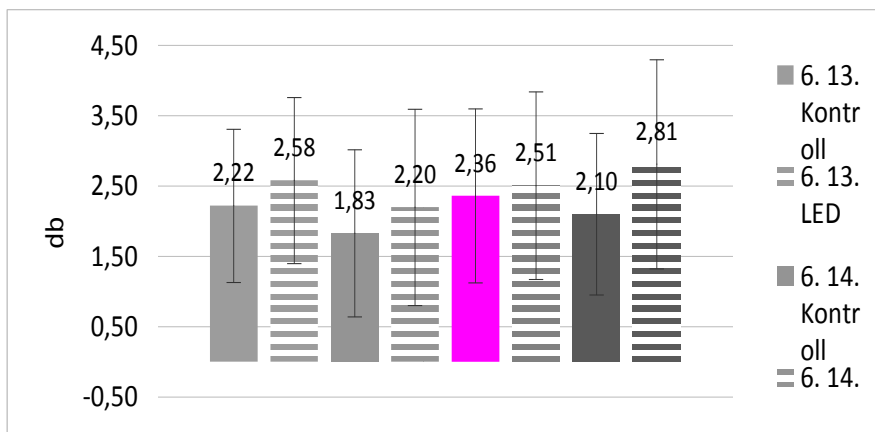
3. Eredmények és értékelésük

A 2. ábra a vizsgált 4 napon mutatja, hogy mennyi állat foglalkozott evéssel. A LED csoport esetében minden nap átlagosan több időt töltöttek az állatok az etetőnél, így az evéssel egyaránt. A vizsgált 4 nap mindegyikén átlagosan több mint 10 madár tartózkodott egyszerre a LED csoportban, míg a kontroll csoport madarai esetében a 3. vizsgált nap kivételével átlagosan kevesebb mint 10 egyed tartózkodott egyszerre az etetőnél. Takarmányfelvétel terén szignifikáns ($p = 0,00645$) különbség csak június 13-án volt.

2. ábra: Takarmányfelvétel (4 nap)



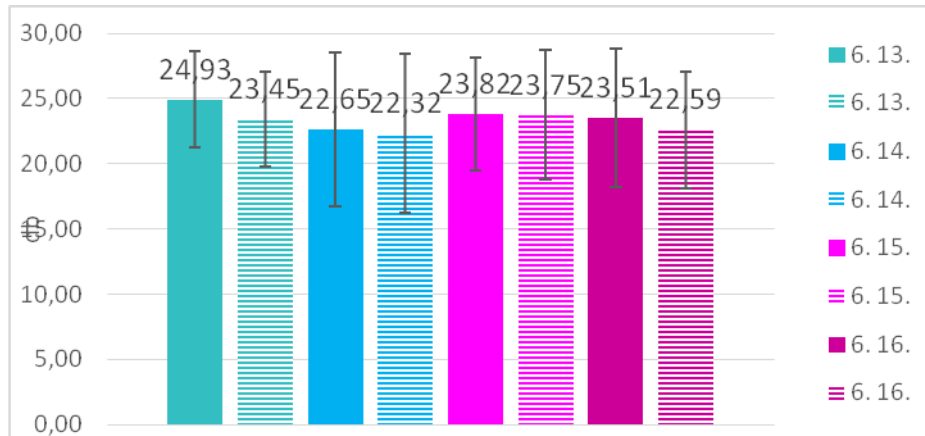
3. ábra: Ivóvízfelvétellel (4 nap)



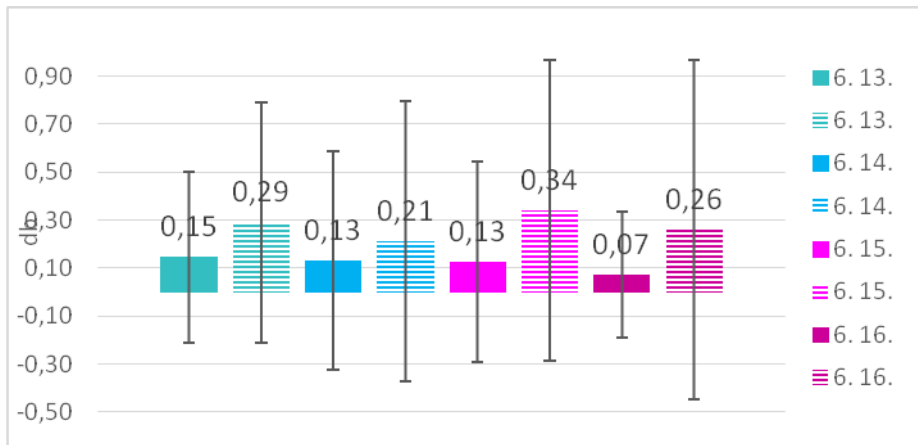
A 3. ábrán a vízfogyasztást láthatjuk. Ebben az esetben is a LED csoport töltött több időt a vízfelvétellel, mind a négy napon. A négy nap átlagát tekintve a LED-el megvilágított kísérleti csoportban átlagosan 2,52 egyed ivott, míg az izzóval megvilágított csoportban az átlagosan ivással foglalkozó egyedek száma 2,12 volt. A vízfelvételben június 13-án ($p = 0,0296$), június 14-én ($p = 0,0137$) és június 16-án is szignifikáns ($p = 0,0026$) különbség volt megfigyelhető.

Pihenéssel (4. ábra) az izzóval megvilágított csoport töltött több időt. A LED csoportban a vizsgált négy napon átlagosan 23,02 egyed pihent, míg a kontroll csoportban ugyanezt 23,72 csirke végezte. A pihenő egyedek számában csak június 13-án volt szignifikáns ($p = 0,00577$) különbség, ahol a kontroll állomány állatai mutattak magasabb értékeket.

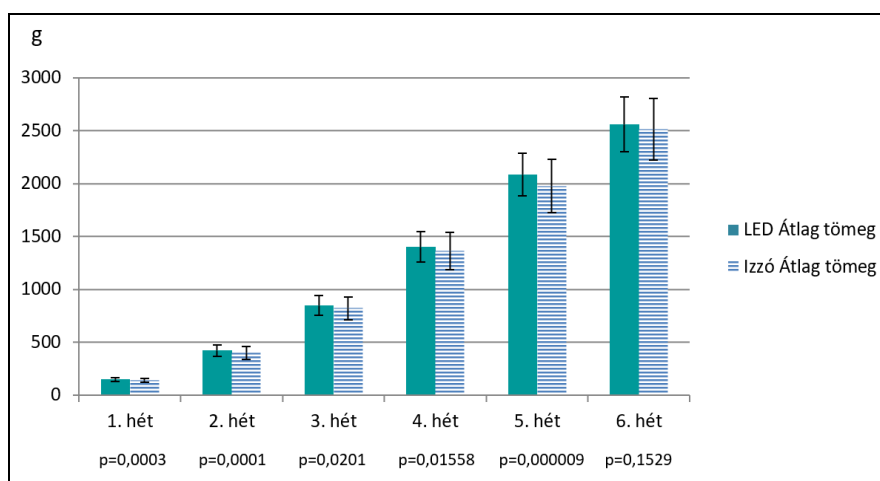
4. ábra: Pihenés (4 nap)



5. ábra: Interakciók (4 nap)



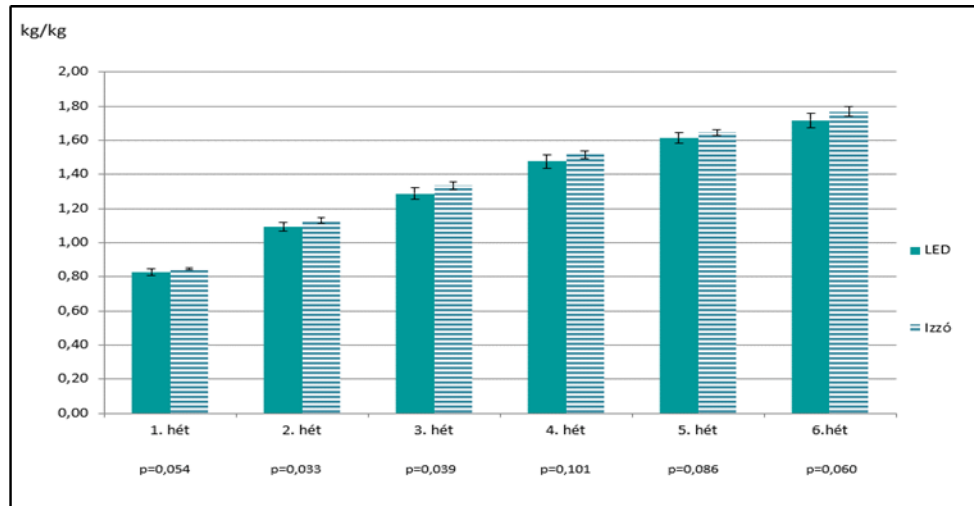
6. ábra: Nevelés alatti testsúly



A LED csoportban lévő egyedek aktívabbak voltak a vizsgált időszak alatt, amit az egymás közötti interakciók (5. ábra) száma támaszt alá. A LED-el megvilágított csoportban a vizsgált négy napban átlagosan 0,27 egyed került interakcióba valamelyik társával, míg a kontroll

csoportban mindössze 0,12 madár. LED világításnak köszönhetően a madarak élénkebbek voltak, június 13-án ($p = 0,02108$), június 15-én ($p = 0,0059$), és június 16-án ($p = 0,04047$) szignifikáns eltérés volt megfigyelhető.

7. ábra: Nevelés alatti takarmányértékesítés



A LED csoportban lévő madarak testtömege magasabb értéket ért el, amit a 6. ábrában láthatunk. A testtömeg-gyarapodás a két csoport között a nevelés első 5 hetében szignifikáns különbséget mutatott (1. hét: 0,0003; 2. hét: 0,0001; 3. hét: 0,0201; 4. hét: 0,0155; 5. hét: 0,000009), a LED csoport nagyobb tömeget ért el. Ez a különbség a hizlalás végére mérséklődött (vágás kori átlagos testsúly különbség a két csoport madarai között 43 gramm volt), de így is a LED csoport teljesített jobban (LED: 2560 g, Kontroll: 2517 g). Ha az integrátorok által szorgalmazott öt hetes hizlalási időt vesszük figyelembe, akkor egyértelműen végig a LED megvilágításban lévő csoport teljesített jobban.

A nevelési idő alatt végig a LED-es csoport halmozott takarmányértékesítése volt az alacsonyabb, amit a 7. ábrán láthatunk. A nevelés első heteiben (2. és 3. hét) a különbség statisztikailag is alátámasztható (2. hét: 0,033; 3. hét: 0,039).

4. Következtetések, javaslatok

Kísérletünkben a LED és a hagyományos wolframszálas izzó általi megvilágítás hatásait vizsgáltuk pecsenyecsirkék termelési és etológiai paramétereire. Feltételezhetően a stroboszkóp hatás, amit az izzós megvilágítás okoz, zavaró volt a madarak számára, míg LED-es megvilágításban ennek hiányának következtében nyugodtabbak voltak az állatok. A LED-es csoport esetében a megnövekedett takarmány- és ivóvízfelvétel és a nyugodtabb környezet következtében kialakuló jobb takarmányértékesítés okozhatta a jobb termelési mutatókat. Termelési paraméterekben tehát a LED csoport jobban teljesített, míg az etológiai vizsgált 4 napban összességében, a LED csoport esetében több interakció volt megfigyelhető az egyedek között, illetve a takarmányfelvétellel és vízfogyasztással is több időt töltöttek, míg pihenéssel kevesebbet a kontroll csoport egyedeihez képest. Ez arra a következtetésre vezethet minket, hogy állatjóléti szempontokból is kedvezőbb lehet a LED-es megvilágítás.

Összességében elmondható, hogy a végén elért 43 grammos súlykülönbség bár nem számottevő, de nagy állomány esetén gazdasági jelentősége van. Mindemelllett a jobb takarmányértékesítés is hozzájárul a nevelési költségek mérsékléséhez.

Továbbiakban szükségesek lehetnek nagyobb mintaszámon elvégzett kutatások, és különböző hormon vizsgálatokkal alátámasztott vizsgálatok, melyek bizonyítják, hogy állatjóléti szempontból valóban kedvezőbb-e ez az új technológia. Különböző fényspektrumú LED-ek összehasonlítása esetén az is kiderülhetne, hogy a fény spektrumnak milyen befolyásoló szerepe van a termelési és az állatjóléti paraméterekre.

5. Felhasznált irodalom

- 32/1999. (III. 31.) FVM rendelet 7. számú melléklet: A hústermelés céljából tartott csirkék tartásának minimális követelményei
- Bárány L. - Pípos T. - Szőlősi L. (2013): *Versenyképes brojlerhizlalás*, Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 316 p.
- Bogenfürst F. - Horn P. - Sütő Z. - Gaál K. - Kovács G. (2011): *Baromfitenyésztés, „E-tananyag” az Állattenyésztő mérnöki BSc szak hallgatói számára*
- Cobb Broiler Management Guide (2018): <https://www.cobb-vantress.com/assets/5c7576a214/Broiler-guide-R1.pdf>
- Edgar O. Oviedo-Rondón (2019): *Holistic view of intestinal health in poultry*
- Manser C. (1996): *Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: A review Anim. Welf. 5:341-360*
- Rodenboog H. – Noord - Oost P. (2001): *Sodium, green, blue, cool or warm-white light World Poultry, 17(12):22-3*
- Rozenboim I. - Biran I - Uni Z. – Robinzon B. – Halevy O. (1999): *The effect of monochromatic light on broiler growth and development, Poult. Sci., 78:135-138*

2. Növény- és Környezettudományok

NIRS fűszilázs kalibráció tesztelése zöldrozsok (*Bromus catharticus* Vahl) első növedékének takarmányérték-változásain keresztül

Halász Adrienn¹ – Lepossa Anita¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
Lepossa.Anita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Zöldrozsokkal (*Bromus catharticus* Vahl) beállított egytényezős, három ismétléses, szántóföldi kisparcellás kísérletből származó növényminták nyers fehérje, nyers hamu, NDF és ADF értékeinek változását mértük NIR spektroszkópia segítségével. A 2021. ápr. 28. és május 14. között hét alkalommal elvégzett vizsgálat-sorozatban az alkalmazott kalibráció megfelelően érzékenynek bizonyult az egyszerűs (50 kg/ha) és kétszeres tavaszi nitrogénpótlást kapott kezelés hatásának kimutatására. A FOSS NIRS™ DS2500 típusú készülék fűszilázsra (Fresh Grass Silage) készült kalibrációját alkalmasnak látjuk a nemesítési és fajtafenntartási programunkban kezelt takarmányfű állományok anyatóveinek szelekciós eszközeként.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Hazánkban a múlt század elején megindult fűnemesítés az 1920-as évek Zöldmező Mozgalomának köszönhetően nagyobb lendületet kapott, melynek célja a rétek és legelők felújításához megfelelő terméshozamot és minőséget adó hazai gypvetőmagvak biztosítása volt. Keszthely korábban a hazai fűnemesítés egyik legjelentősebb bázisa volt számos kitűnő szakemberrel. Kolbai Károly, akadémiai rendes tanár a Georgikon fűfajták felújításával kezdte nemesítői munkáját; Dőry Lajos, az Alsódunántúli Zöldmező Egyesület igazgatója az 1960-70-es évek egyik legeredményesebb fűnemesítője volt; Ecker István professzor a meglévő fajták fenntartásának irányítása mellett számos, állami minősítést kapott takarmányfű fajtát nemesített; Ivány Károly, egyetemi docens pedig az utóbbi évtizedekben egyre keresettebb parkfűfajták nemesítése irányába fordult (Kapás, 1997; Kocsis és mtsai., 2019). A magyar fűnemesítés versenyképessége az EU-tagországokkal szemben az olyan takarmányfűfajok (magyar rozsok, taréjos búzafű, zöld pántlikafű, vörös csenkesz, réti csenkesz, nádképű csenkesz, réti perje stb.) esetében is fennáll, amelyek jelentősége az éghajlatváltozás következtében az arid, semi-arid térségekben világviszonylatban is felértékelődik (Czinkoczkó, 2021).

Jelenleg a MATE Georgikon Campusán három államilag elismert és egy bejelentés alatt álló-, valamint megbízással további négy fűfajta fenntartó munkáját végezzük. A 2020. évi Nemzeti Fajtajegyzék Szántóföldi növények listája (Csapó, 2020) mindössze kilenc gyppalkotó fűfaj 24 fajtáját tartalmazza. Tekintve, hogy a hazai fenntartású fajták harmada (30,4%) a Georgikon Campushoz kötődik, a fű fajtafenntartásban – a korábbiakkal nem összehasonlítható, nehezített feltételek mellett – jelenleg folyó szakmai munka szintén elismerést érdemel. A kezelt fajták közel fele legeltetésre is alkalmas takarmány típusú szálfű, melyeknél a nemesítési, és ennek megfelelően a fajtafenntartási cél a terméshozam mellett a jó takarmányozási érték (elsősorban megfelelő fehérje- és rosttartalom) kialakítása, ill. megőrzése. A törzsállományok anyatóveinek szelekciós szempontú, gyors és olcsó beltartalmi vizsgálatára megfelelő

módszer a gyakorlati takarmány- és terményvizsgálatokban is már rutinszerűen használt NIR (közeli infravörös spektroszkópia) mérés technika.

A diffúz reflektancia méréseket használó közeli infravörös spektroszkópiát a takarmányelemzés új módszereként *Norris és mtsai.* vezették be 1976-ban. A módszer gyors, precíz, reprodukálható, roncsolásmentes és olcsó akár kis mennyiségű növényi minta kémiai és fizikai jellemzőinek elemzésére és a takarmányérték becslésére (*Naydenova és mtsai.*, 1998). Az 1990-es évek végén kifejlesztett nagy hőmérsékleti stabilitással és robusztus kialakítással rendelkező nagysebességű diódasoros érzékelőknek köszönhetően friss növényi minták elemzése is lehetővé vált, így az ezredforduló óta már szántóföldi betakarítógépeken is használják (*Feuerstein és Paul*, 2007). Angol kutatók sikerrel tesztelték valós idejű NIRS használatát legeltetett gyepeken és szilázsfű természetesen hasznosított kaszálókon a tápanyagtartalom szezonális változásainak kimutatására (*Bell és mtsai.*, 2018). A módszert több mint két évtizede használják takarmánynövény-nemesítésben is (*Castro és Oliveira*, 1996; *Ren és mtsai.*, 2008; *Fonseca és mtsai.*, 2020). A NIR mérés technika elvéről, történetéről és működésének átfogó ismertetéséről, felhasználási területeiről annak hazai szakemberétől, *Gergely Szilvesztertől* olvashatunk (2005).

A FOSS NIRS™ DS 2500 típusú készülékhez kínált Fresh Grass Silage mérőprogramot eredetileg kukorica szilázssok mintázását követő azonnali tápanyagvizsgálatához tervezték, de később egyéb szilázsfűvek friss mintáinak vizsgálatára is ajánlották. Az alkalmazás öt vizsgált paraméterre tartalmaz kalibrációt, melyet lengyel, dán, amerikai és magyar kukorica szilázssok mintákkal fejlesztettek. Az említett öt paraméter (szárazanyag tartalom, nyers fehérje, hamutartalom, NDF, ADF) becslésének alapja a növényi minta víztartalmának megfelelő érzékelése. A kalibrációt 16,1-80,7% nedvességtartalmú alapanyagra fejlesztették, ami – feltételezésünk szerint – alkalmassá teszi a friss kaszálást követő és a szénabetakarítás előtti gyepnövényzet vizsgálatára is. Új minták használatához természetesen lehetőség van a predikciós modell fejlesztésére, a meglévő beállítások pontosítására, továbbá párhuzamos laboratóriumi vizsgálatokkal a kalibráció validálására (*FOSS AN 5429*).

Munkánk célja annak vizsgálata, hogy a MATE Növénytermesztési-tudományok Intézete Agronómia Tanszéken rendelkezésre álló FOSS NIRS™ DS2500 típusú készülék fűszilázssokra készült kalibrációja (Fresh Grass Silage) alkalmas-e a nemesítési és fajtafenntartási programokban kezelt állományok gyors és olcsó beltartalmi vizsgálatára. Ennek megállapítására egyéves zöldrozsok (*Bromus catharticus* Vahl) állományban 2021. tavasszal három nitrogén szinten, három ismétlésben állítottunk be szántóföldi kisparcellás kísérletet. Jelen dolgozatban az első növedékben végzett ismételt mérések során elemezzük a fehérje, hamu- és rosttartalom változásait, és a műszer víztartalom érzékelésének pontosságát.

2. Anyag és módszer

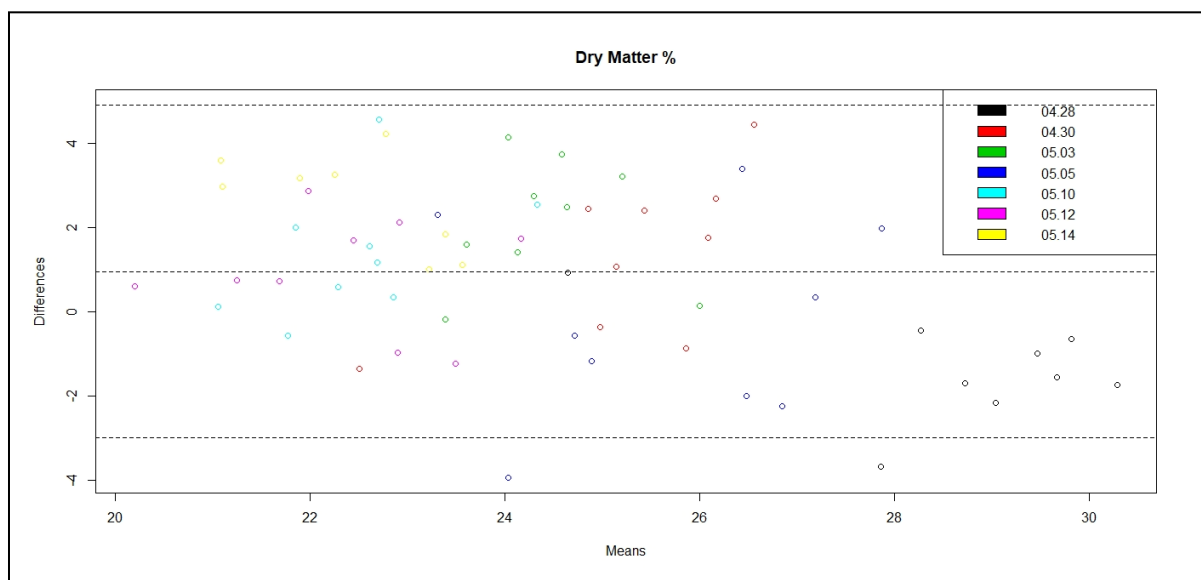
2020. februárban a Georgikon Campus szántóföldi kísérleti területére (Ramann-féle barna erdőtalaj, elővetemény: barna ugar) telepített zöldrozsok (*Bromus catharticus* Vahl) állományban 2021. tavasszal a kb. 115 m² nagyságú területen 3x4 m-es parcellákat jelöltünk ki. A véletlen elrendezésű kísérletet három nitrogén szintre (A = 50, B = 100, C = 150 kg/ha; MAS 27), három ismétlésben állítottuk be. A tavaszi első nitrogén fejtrágyát (50 kg/ha hatóanyag) 2021. március 9-én kapta a teljes állomány, bokrosodás fejlettségi állapotban. A második fejtrágya adag (50 kg/ha) kijuttatása csak a B és C kezelésekre történt 2021. április 21-én, szárbaszökés kezdetén. A kísérletterv szerint a harmadik N-pótlást csak a C kezelés parcellái kapják a második növedék betakarítását követően, különbséget tehát a B és C kezelésekre között jelen vizsgálatoknál nem várunk.

A parcellákból véletlenszerűen 10-10 mintavételi pontról, kb. 5 cm magasságban lekaszált növényzetet nyolttasokba gyűjtöttük, a minták feldolgozását és mérését fél órán belül megkezdjük. A növényi mintákat ollóval feldaraboltuk kb. 3 cm-es szeccskaméretre, ismert tömegű alumínium tálcákba tettük, és feljegyeztük a friss minta tömegét. A minták vizsgálatát ezt követően azonnal megkezdjük a FOSS NIRSTM DS2500 típusú műszer Fresh Grass Silage programmal. A műszeres mérést három egymást követő ismétlésben végeztük, és végül a mintákat szárítószekrényben, 105°C-on tömegállandóságig szárítottuk a növényi anyag nedvességtartalmának laboratóriumi meghatározásához.

A műszeres mérés adatait Excel 2013 programmal elemeztük, a műszer által meghatározott nedvességtartalmú minták vizsgált paramétereinek értékét 100% szárazanyag tartalomra számítottuk át, és a mintánkénti három mérés adatainak számtani átlagát vettük. Az időben változó paramétereket kezelésként Excel grafikonon ábrázoltuk. R v3.5.1. programot használtunk a mért paraméterek adatainak normalitásvizsgálatához (Shapiro-Wilk normalitás vizsgálat), illetve a kezelések és azok ismétlései közötti szignifikáns különbségek kimutatására (egytényezős varianciaanalízis). A laboratóriumi nedvességtartalom mérés és a műszer által becsült szárazanyag tartalom adatsorából módszer-egyeztési vizsgálatot (*Bland és Altman, 1986*) végeztünk az R BlandAltmanLeh programcsomaggal.

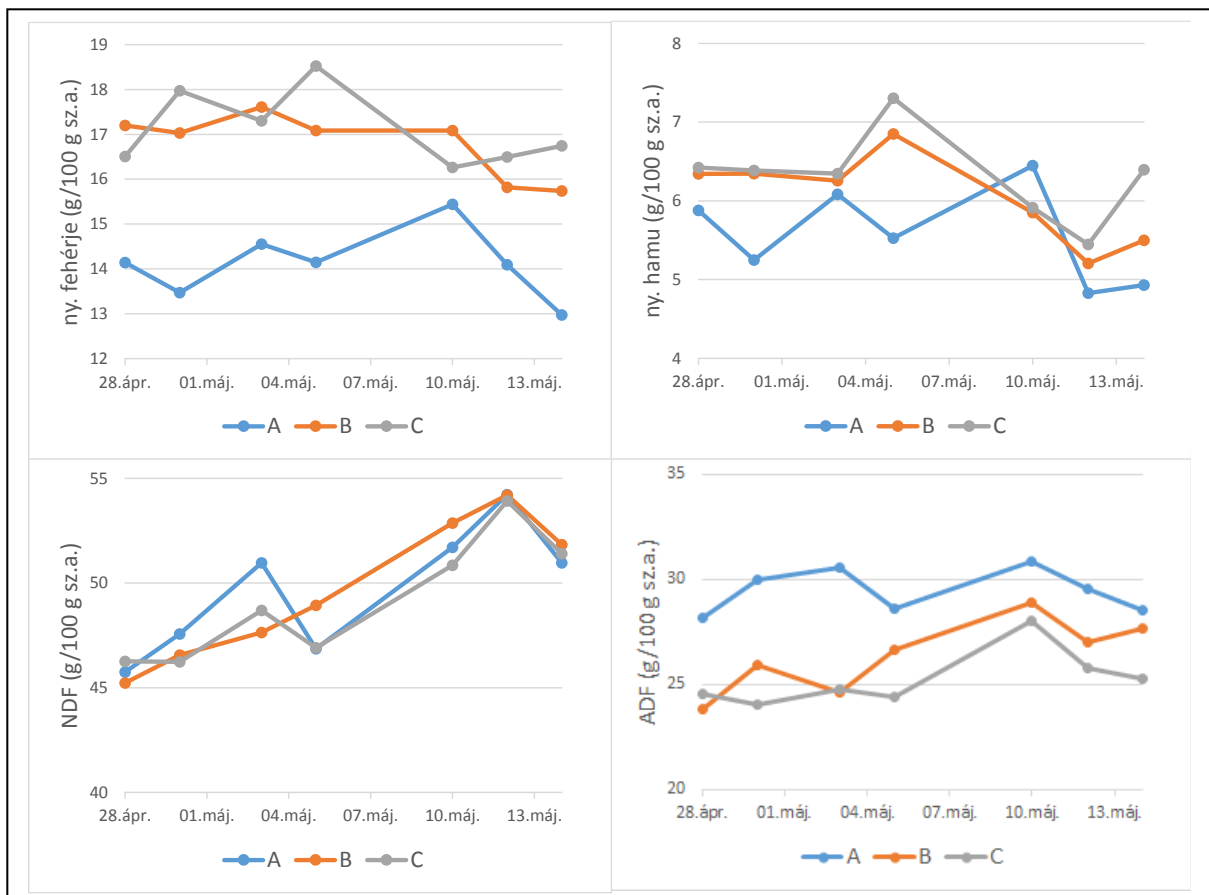
3. Eredmények és értékelésük

A műszeres és a laboratóriumi mérésekből származó szárazanyag-tartalom adatok mintánként nem tértek el jelentősen egymástól, a méréspárok adatainak többsége a 95%-os konfidencia intervallumon belül helyezkedett el (1. ábra). A két adatsor eltéréseinek fenti módszer szerint számított átlaga $0,96 \pm 4,04\%$. Az ábrán jelzett színek a mintavétel napjára utalnak.



1. ábra: Bland-Altman módszeregyezési analízis zöldrozsok minták szárazanyag tartalom adataival

A zöldrozsok mintákban 2021. április 28. és május 14. között, a virágzás kezdetéig mért és abszolút szárazanyagra számított vizsgált takarmányérték-mutatók változását a 2. ábra szemlélteti. A *nyersfehérje tartalom* 10,7-19,9%, a nyers hamutartalom 4,2-8,0%, a neutrális detergens rost (NDF) 39,9-60,6%, a savdetergens rost (ADF) frakció értékei 21,2 és 37,1% között változtak. A fehérjetartalom a várakozásnak megfelelően az A kezelésben végig alacsonyabb értéket mutatott, mint a B és C kezeléseknél, utóbbiak értékei között átlagosan 0,3% eltérés adódott, míg az A-kezelés fehérje értékei átlagosan 2,7 (B), ill. 3,0 (C) százalékkal voltak alacsonyabbak a kétszeres N-hatóanyagot kapott kezelésekhöz viszonyítva. A *nyershamu tartalom* $6 \pm 0,7\%$ körül alakult a vizsgált időszakban, az A-kezelés értékei átlagosan 0,5 (B), ill. 0,75 (C) százalékkal voltak alacsonyabbak a kétszeres N-hatóanyagot kapott kezelésekhöz viszonyítva. Az *NDF-értékek* a vizsgált időszakban $49,5 \pm 3,4\%$ körül alakultak, az A-kezelésben átlagosan 0,1 (B), ill. 0,5 (C) százalékkal mértünk magasabb értékeket az emelt nitrogénszintű kezelésekhöz viszonyítva. Az *ADF értékei* $27 \pm 2,2\%$ körül alakultak, az A-kezelésben szintén magasabb értékeket mértünk, átlagosan 3,1 (B), ill. 4,2 (C) százalékkal.



2. ábra: Nyers fehérje, nyers hamu, NDF és ADF értékek változása zöldrozsok első növedékében (2021. 04.28.-05.14.)

A műszeres mérés adatai minden vizsgált paraméter esetében normális eloszlást mutattak, egytényezős varianciaanalízissel egyik esetben sem volt kimutatható szignifikáns eltérés a kezelés-ismétlések között. A kezelések között ugyanakkor szignifikáns ($p < 0,05$) eltérések mutatkoztak fehérje, hamu és ADF esetében (1. táblázat). A várakozásainknak megfelelően a B és C kezeléseknél szignifikáns eltéréseket nem tudtunk igazolni.

1. táblázat: Kezelések között kimutatott szignifikáns eltérések

<i>vizsgált paraméterek</i>	<i>kezelések</i>		
	A	B	C
ny. fehérje	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>
ny. hamu	<i>a</i>	<i>ab</i>	<i>b</i>
NDF	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
ADF	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

4. Következtetések, javaslatok

A mintavételek napját úgy alakítottuk, hogy csapadékhullás következtében felületi nedvességet tartalmazó növényi anyag vizsgálatával ne befolyásoljuk a méréseket. A szárazanyag tartalmat véleményünk szerint a műszer elfogadható hibahatárral becsli, az adatok megoszlásából úgy sejtjük, hogy adott körülmények között, illetve a növényfejllettség egyes szakaszaiban kis mértékben a laboratóriumi mérés alá-, vagy fölé becsül. Például a mérésorozat első napján, szárbaszökés fejlettségi állapotban mért minták esetében a műszer kis mértékben túlbecsülte a nedvességtartalmat, míg a virágzás kezdeti állapotban kis mértékben alábecsülte.

A NIRS méréseinkkel kapott nyersfehérje értékek a zöldrozsoknál reálisak, hasonlóak egy korábbi munka (Laczkó, 2019) laboratóriumi takarmányvizsgálattal meghatározott eredményeihez, illetve más szerzők (Hosaka, 1957; Belesky és mtsai., 2007) által mért értékhez. A beltartalmi vizsgálatok előzetes eredményei továbbá információt nyújtanak e hazánkban jelenleg kevésbé ismert rozsnokfaj hasznosíthatóságára vonatkozóan.

García és Cozzolino (2006) 650, eltérő kémiai összetétellel rendelkező, különböző fenológiai állapotban lévő és különböző takarmánynövény fajok (köztük gyepalkotó fű- és pillangós fajok, pl. nádképű csenkesz, olaszperje, csomós ebír, fehér here, szarvaskerep) NIR vizsgálat-sorozatát hasonló paraméterekre elvégezve arra a következtetésre jutottak, hogy a technika rutinszerűen alkalmazható a növénynevelésben, amennyiben növényfajonként, növedékenként és a speciális feltételeket is figyelembe véve készülnek a kalibrációk. Azóta – úgy gondoljuk - sok előrelépés történt mind a mérés technikában, mind a műszerfejlesztés terén, és egy-egy kalibráció szélesebb mintaspektrumban is használható párhuzamosan elvégzett laboratóriumi vizsgálatokkal tesztelve, és a vizsgált növény minta jellemzőihez hangolva.

5. Felhasznált irodalom

- Belesky, D.P. – Ruckle, J.M. – Abaye, A.O. (2007): Seasonal distribution of herbage mass and nutritive value of Prairiegrass (*Bromus catharticus* Vahl). Grass and Forage Science, 62, 301–311.
- Bell, M.J. - Mereu, L. – Davis, J. (2018): The Use of Mobile Near-Infrared Spectroscopy for Real-Time Pasture Management. Front. Sustain. Food Syst. 2:76.
- Bland, J.M. – Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, i, 307-310.
- Burns, G.A. – O’Kiely, P. – Gilliland, T.J. (2015): Selection of calibration sub-sets to predict ryegrass quality using principle component analysis for near infrared spectroscopy.
- Castro, P. - Oliveira, J.A. (1996): Breeding for quality: Analysis of perennial ryegrass by NIRS. Proceedings of XVIth EGF Meeting, 1996, Grado, Italy.
- Czinkoczkó M. (2021): Gyep- és takarmányfűvek vetőmagtermesztése. In: Izsáki Z. - Kruppa J. (szerk.): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése. Mezőgazda Kiadó, megjelenés alatt.
- Csapó J. (szerk.) (2020): Nemzeti Fajtajegyzék. Szántóföldi növények. Zsigmond Richard, NÉBIH, Budapest. 54 p.
- Feuerstein, U. - Paul, C. (2007): NIR-Spectroscopy of non-dried forages as a tool in breeding for higher quality – laboratory tests and online investigations on plot harvesters. Proceedings of the XXVII. EUCARPIA

- Symposium on Improvement of Fodder Crops and Amenity Grasses. Aug. 19-23, 2007, Copenhagen, Denmark
- Fonseca, C.E.L. – Pessoa Filho, M. – Braga, G.J. - Ramos, A.K.B. – Carvalho, M.A. - Fernandes, F.D. – Karia, C.T. – Maciel, G.A. - Athayde, N.B. – Dessaune, S.N. – Thomé, S.P. – Garcia, A.C.C. (2020): Near-infrared reflectance spectroscopy as a tool for breeding *Andropogon gayanus* Kunth for forage quality. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 13(6): 57-66.
- FOSS Application Note 5429/ Rev.1. Part No. 6008 3058
- García, J. – Cozzolino, D. (2006): Use of Near Infrared Reflectance (NIR) Spectroscopy to predict chemical composition of forages in broad-based calibration models. Agricultura Técnica (Chile), 66(1): 41-47.
- Gergely Sz. (2005): Gabonák nyersanyag minősítése: közeli infravörös spektroszkópia. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. 15p. (<https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/gabonakNIR.pdf>)
- Hosaka, E.Y. (1957): Palatability and nutritive value of forages. Extension Circular 381, Sept 1957, University of Hawaii Agricultural Extension Service, Honolulu, Hawaii. 9p.
- Kapás S. (1997): Növényfajták és növénynevelők. OMMI, Budapest. 219-229.
- Kocsis L. – Hoffmann B. – Kovács J. – Polgár Zs. – Cernák I. (2019): A Pannon Egyetem Georgikon Karának és Burgonyakutatási Központjának növénynevelése. In: Karsai I. (felelős szerk.): A magyar növénynevelés eredményei az ezredfordulón (1990-2018). 169-186.
- Laczó Cs. (2019): A zöldrózsok (*Bromus catharticus*) terméseredményei intenzív körülmények között. Diplomadolgozat, PE Georgikon Kar.52p.
- Naydenova, Y. – Tomov, P. – Dardenne, P. (1998): Near infrared spectroscopy estimation of feeding value of forage perennial grasses in breeding programmes by global and specific calibrations. Estimation of chemical composition and digestibility. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 153-165.
- Norris, K.H. -Barnes, R.F. - Moore, J.E. - Shenk, J.S. (1976): Predicting forage quality by infrared reflectance analysis, J. Anim. Sci. 43, 889-897.
- Ren, W.B. - Han, J.-G. - Zhang, Y.-W. – Guo, H.-Q. (2008): Application of near-infrared reflectance spectroscopy in grass breeding with space flight mutagenesis. Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi. 28(2): 303-7.

Üde gyepekhez köthető védett és ritka növényfajok ex situ csíráztatási kísérlete

Fülöp Bence^{1,2} – Deák Balázs³ – Pacsai Bálint¹ – Valkó Orsolya³ – Bódis Judit¹

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

² Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság, Csupak

³ ÖBI Lendület Vegetáció és Magbank Dinamikai Kutatócsoport, Ökológia és Botanikai Intézet, Ökológiai Kutatóközpont, Vácrátót

9112bence@gmail.com

Összefoglalás

Hazánkban az üde gyepeket jellemzően emberi hatások alakították ki és tartották fenn. Az utóbbi évtizedekben végbement társadalmi–gazdasági változások a jelentőségüket erősen csökkentették, ami a felhagyásukhoz, degradációjukhoz és az ilyen élőhelyekhez kötődő specialista fajok megritkulásához vezetett. A szakemberek aktív beavatkozásokkal, például magvetéssel igyekeznek a veszélyeztető tényezők hatását ellensúlyozni. Kutatásunk során 24 faj magjait gyűjtöttük be a Battyai-lápréten 2020-ban, majd mindegyik faj esetében 75, előkezelés nélküli magot vetettünk cserepekbe, melyeket természeteshez közeli körülményeket között tároltunk. A cserepeket heti két alkalommal ellenőriztük, és dokumentáltuk a csíranövények megjelenését. Minden faj esetében dokumentáltunk sikeres csírázást, a vetés és a csírázás ideje között eltelt idő alapján pedig öt különböző csoportot határoztunk meg. Eredményeink rámutatnak a vizsgált fajok csírázásának időbeli mintázataira és az egymáshoz viszonyított sajátosságaira, valamint bizonyítják azt, hogy a vizsgált fajok magjai a csírázást indukáló mesterséges külső behatások nélkül is viszonylag rövid időn belül képesek kicsírázni.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Pannon biogeográfiai régióban az üde, jó vízellátottságú gyepek az emberi behatások következtében, azaz a hagyományos tájhasználat útján jöttek létre, majd aktív beavatkozásokkal tartották fenn őket gazdasági jelentőségük miatt (Penksza et al., 2008; Házi et al., 2011; Kelemen et al., 2014; Carboni et al., 2015; Catorci et al., 2017). A gyepek extenzív kaszálóként vagy legelőként való művelése az utóbbi évtizedekben végbement társadalmi és gazdasági változások miatt jelentősen visszaszorult Európa szerte (Joyce 2014), mivel a művelést meghatározó szempontok közül a hosszú távú fenntarthatóság helyett a rövid távú haszonra törekvés vált a legfontosabbá (Horrigan et al., 2002; Tilman et al., 2002). Kiterjedésük napjainkban is folyamatosan csökken, melynek elsődlegesen a felhagyás az oka.

A felhagyás következtében jelentősen csökken a fajgazdagság a kompetitor növényfajok és az idegenhonos inváziós fajok térnyerése miatt, mindezek mellett a cserjésedés is a jellemző veszélyeztető tényezők közé sorolható (Wisheu & Keddy 1992). A természetvédelem – felismerve az élőhelyek degradációját – aktív természetvédelmi beavatkozásokkal igyekszik a korábban felhagyott területek vegetációjának helyreállítását segíteni (Joyce 2014, Tölgyesi et al., 2019).

Az élőhelyrekonstrukció egyik legkézenfekvőbb módja a növények magvetéssel történő visszatelepítése, mivel a magok egyébként is alapvető szerepet töltenek be a növények terjedésében. A növényfajok állományainak fennmaradásában kulcsfontosságú a csírázási erély, illetve a magoncok túlélési aránya (Grubb, 1977; Kitajima & Fenner, 2000), így ezen folya-

matok alaposabb megismerésével segíthetjük a ritka fajok visszatelepítésének megalapozását vagy állományaik megerősítését, fennmaradását.

Egyes fajok magjai az érést követően azonnal csírázni kezdenek, míg más esetekben jellemző a fajspecifikus dormancia, melynek célja a csíranövények számára kedvezőtlen időszakok áthidalása (Valkó et al. 2014). Az esetleges dormancia hosszát és a csírázás körülményeit számos biotikus és abiotikus tényező és azok együttes hatása határozza meg (Grubb 1977; Bakker & Vries 1992; Kitajima & Fenner 2000; Baskin & Baskin 2001).

Vizsgálatunk célja, hogy segítsük megalapozni a későbbi magvetéses restaurációs célú természetvédelmi beavatkozásokat. Ennek érdekében kiválasztottunk nedves gyeppekhez köthető védett és ritka, védelemre érdemes növényfajokat, melyeket magvetéses kísérlettel vizsgáltunk, megállapítva a fajok csírázási arányát és a csíranövények megjelenésének időbeli ritmussát.

2. Anyag és módszer

Vizsgálatunkhoz 11 törvényi védelem alatt álló és további 13 ritka, természetvédelmi szempontból kiemelt figyelemre érdemes növényfaj magjait gyűjtöttük a 2020-as év vegetációs időszakában, minden faj esetében 80 magot. (1. táblázat)

A maggyűjtést a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területén található Batyki-lápréten végeztük, amely az „Alsó-Zala völgy” különleges természetmegőrzési terület részeként kapcsolódik a Natura 2000 hálózathoz.

1. táblázat: A vizsgált fajokat összefoglaló táblázat.

Vizsgált fajok		
<i>Anthericum ramosum</i>	<i>Iris sibirica</i> *	<i>Sanguisorba officinalis</i>
<i>Betonica officinalis</i>	<i>Molinia arundinacea</i>	<i>Schoenus nigricans</i> *
<i>Centaurea jacea</i>	<i>Ornithogalum sphaerocarpon</i> *	<i>Scorzonera humilis</i> *
<i>Cirsium canum</i>	<i>Parnassia palustris</i> *	<i>Serratula tinctoria</i>
<i>Dianthus superbus</i> *	<i>Potentilla erecta</i>	<i>Sesleria caerulea</i> *
<i>Dorycnium germanicum</i>	<i>Potentilla rupestris</i> *	<i>Succisa pratensis</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Prunella grandiflora</i> *	<i>Succisella inflexa</i>
<i>Gentiana pneumonanthe</i> *	<i>Pseudolysimachion longifolium</i> *	<i>Thymus pulegioides</i>

*-védett növényfajok

A magokat egyszerre, 2020 október 1-jén vetettük el, minden fajt három különböző cserépbe, minden cserép esetében 25 mag felhasználásával. Munkánk során igyekeztünk a növények eredeti termőhelyéhez a lehető legjobban hasonlító ültetőközeget választani (kereskedelmi forgalomban lévő virágföldet használtunk), a cserepeket a természetes körülményeket szimuláló környezetben tároltuk, mellőztünk mindenféle csírázást indukáló külső behatást, a szükséges nedvességet pedig a heti kétszeri öntözéssel biztosítottuk.

A csíranövények megjelenését hetente két alkalommal ellenőriztük és dokumentáltuk 2020. október 1. és 2021. április 17. között, összesen 29 héten keresztül.

Az egyes fajok csírázási jellemzőinek szemléltetésére oszlopdiagramokat készítettünk.

3. Eredmények és értékelésük

A csíranövények száma

Mind a 24 vizsgált faj esetében találtunk sikeresen csírázó egyedet vagy egyedeket, a 29 hét alatt összesen 555 csíranövényt regisztráltunk, ami az elvetett magok 30,8%-ának felel meg (2. táblázat).

2. táblázat: Az egyes fajok csírázási arányát összefoglaló táblázat a csírázási arány sorrendjében

Fajnév	Csíra- szám (db)	Kikelt magok aránya (%)	Fajnév	Csíra- szám (db)	Kikelt magok aránya (%)	Fajnév	Csíra- szám (db)	Kikelt magok aránya (%)
Dia sup	69	92	Cen jac	28	37,3	Thy pul	9	12
Suc inf	68	90,7	Suc pra	28	37,3	Pru gra	5	6,7
Cir can	59	78,7	Ser tin	27	36	Mol aru	3	4
Pse lon	43	57,3	Pot ere	21	28	Ses cae	2	2,7
San off	43	57,3	Par pal	16	21,3	Dor ger	1	1,3
Ant ram	31	41,3	Gen pne	15	20	Fil ulm	1	1,3
Bet off	31	41,3	Iri sib	13	17,3	Orn sph	1	1,3
Sch nig	30	40	Pot rup	10	13,3	Sco hum	1	1,3

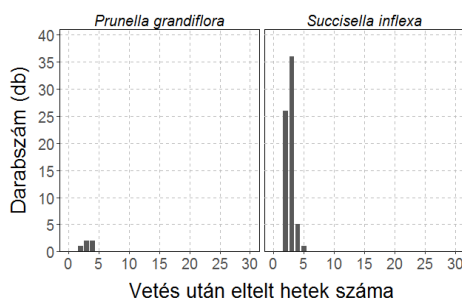
Használt rövidítések: Dia sup - *Dianthus superbus*; Suc inf - *Succisella inflexa*; Cir can- *Cirsium canum*; Pse lon - *Pseudolysimachion longifolium*; San off - *Sanguisorba officinalis*; Ant ram - *Anthericum ramosum*; Bet off - *Betonica officinalis*; Sco nig - *Schoenus nigricans*; Cen jac - *Centaurea jacea*; Suc pra - *Succisa pratensis*; Ser tin - *Serratula tinctoria*; Pot ere - *Potentilla erecta*; Par pal - *Parnassia palustris*; Gen pne - *Gentiana pneumonanthe*; Iri sib - *Iris sibirica*; Pot rup - *Potentilla rupestris*; Thy pul - *Thymus pulegioides*; Pru gra - *Prunella grandiflora*; Mol aru - *Molinia arundinacea*; Ses cae - *Sesleria cearuelea*; Dor ger - *Dorycnium germanicum*; Fil ulm - *Filipendula ulmaria*; Orn sph - *Ornithogalum sphaerocarpum*; Sco hum - *Scorzonera humilis*

A csíranövények megjelenésének időbeli eloszlása

A vetés és a csírázás ideje között eltelt idő alapján öt különböző csoportot határoztunk meg, melyek a következők: 1.) kizárólag az ültetést követő hetekben csíráztak; 2.) többségében az ültetést követő hetekben csíráztak; 3.) az ültetést követően többé-kevésbé folyamatosan, a teljes vizsgált időszakban csíráztak; 4.) többségében a vizsgálati időszak végén csíráztak; 5.) kizárólag a vizsgálati időszak végén csíráztak.

1.) Kizárólag a vetést követő hetekben csíráztak:

A *Prunella grandiflora* és a *Succisella inflexa* csíranövények a vetést követő hetekben szinte azonnal megjelentek, az ötödik hét után azonban nem regisztráltunk frissen megjelent csíranövényeket. A *Succisella inflexa* esetében igen magas volt (90,7%) a csírázási arány, a *Prunella grandiflora* magoknak viszont csak 6,7%-a csírázott ki.

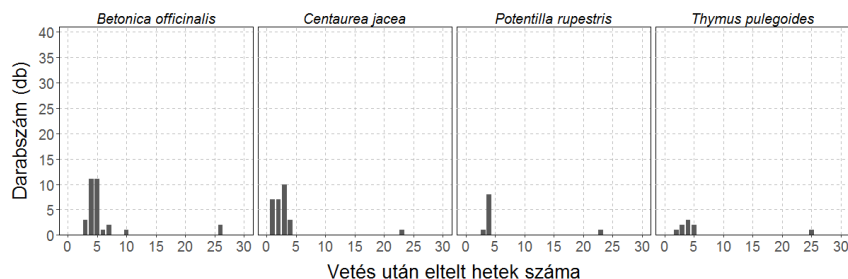


1. ábra: A *Prunella grandiflora* és a *Succisella inflexa* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása

2.) Többségében az ültetést követő hetekben csíráztak:

A *Betonica officinalis*, a *Centaurea jacea*, a *Potentilla rupestris* és a *Thymus pulegioides* csíranövények jelentős többsége a vetést követő első néhány héten jelent meg, de néhány egyed a vizsgálati időszak végén is megjelent. A csoportba tartozó fajok közepes eréllyel csíráztak: a

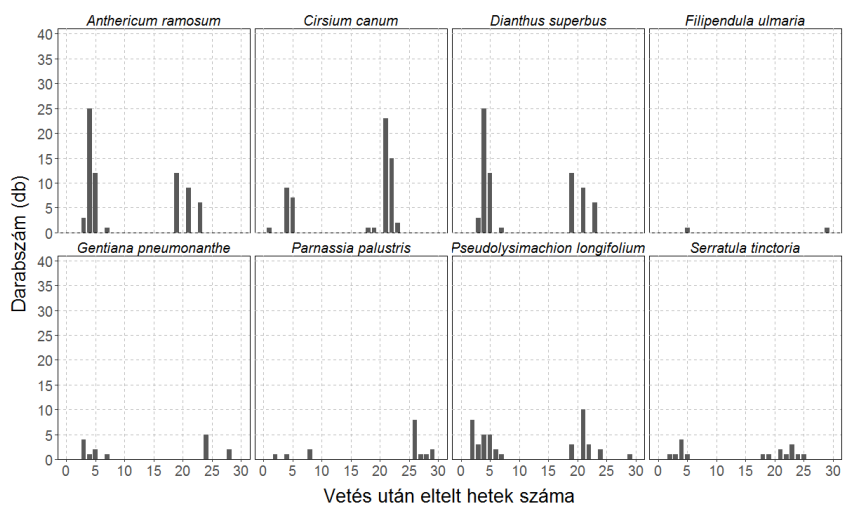
Betonica officinalis és a *Centaurea jacea* hatékonyabban (41,3 és 37,3%), míg a *Potentilla rupestris* és a *Thymus pulegioides* kevésbé (13,3 és 12%).



2. ábra: A *Betonica officinalis*, a *Centaurea jacea*, a *Potentilla rupestris* és a *Thymus pulegioides* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása

3.) Az ültetést követően a teljes vizsgált időszakban csíráztak:

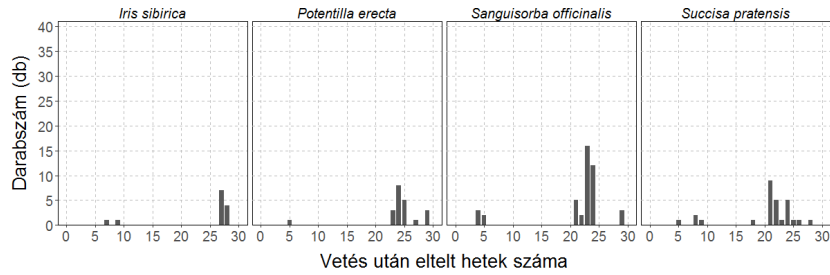
Az *Anthericum ramosum*, a *Cirsium canum*, a *Dianthus superbus*, a *Filipendula ulmaria*, a *Gentiana pneumonanthe*, a *Parnassia palustris*, a *Pseudolysimachion longifolium* és a *Serratula tinctoria* csíranövények a teljes vizsgálati időszakban többé-kevésbé folyamatosan jelentek meg. A csírázási hatékonyság tekintetében meglehetősen változatos a csoport: míg a *Pseudolysimachion longifolium* a legnagyobb arányban (57,3%) csírázott fajok közé tartozott, addig a *Filipendula ulmaria* esetében csupán egy (1,3%) csíranövényt regisztráltunk.



3. ábra: Az *Anthericum ramosum*, a *Cirsium canum*, a *Dianthus superbus*, a *Filipendula ulmaria*, a *Gentiana pneumonanthe*, a *Parnassia palustris*, a *Pseudolysimachion longifolium* és a *Serratula tinctoria* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása

4.) Többségében a vizsgálati időszak végén csíráztak:

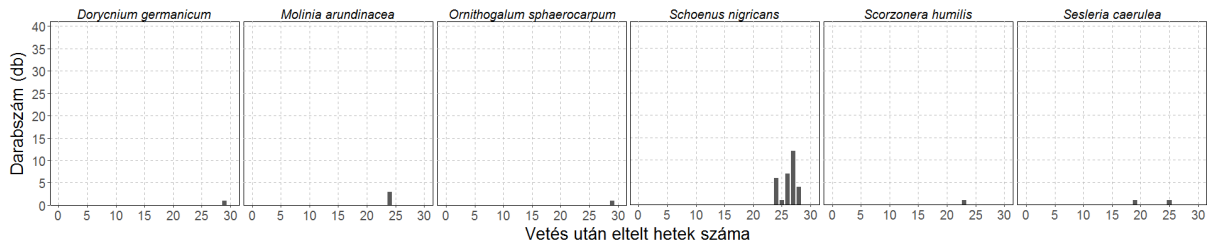
Az *Iris sibirica*, a *Potentilla erecta*, a *Sanguisorba officinalis* és a *Succisa pratensis* csíranövények közül néhány már a vizsgálati időszak elején megjelent, de a csíranövények megjelenésének súlypontja a megfigyelési periódus utolsó heteire tehető. A csírázási hatékonyság tekintetében a *Sanguisorba officinalis* az összes vizsgált faj közül is legjobban csírázó fajok közé tartozott (57,3%), míg a csoportból a legkevesebb csíranövényt az *Iris sibirica* esetében találtuk (17,3%).



4. ábra: Az *Iris sibirica*, a *Potentilla erecta*, a *Sanguisorba officinalis* és a *Succisa pratensis* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása

5.) Kizárólag a vizsgálati időszak végén csíráztak:

A kikelt *Dorycnium germanicum*, a *Molinia arundinacea*, az *Ornithogalum sphaerocarpum*, a *Schoenus nigricans*, a *Scorzonera humilis* és a *Sesleria caerulea* csíranövények mindegyike a vizsgálati periódus végén jelent meg. A későn csírázó fajok csírázási hatékonysága – a vizsgált időszakban – összességében meglehetősen alacsonynak bizonyult (1,3–4%), ez alól kivétel a *Schoenus nigricans* (40%), amely esetében a késői indulás ellenére is kicsírázott az elvetett magok közel fele.



5. ábra: A *Dorycnium germanicum*, a *Molinia arundinacea*, az *Ornithogalum sphaerocarpum*, a *Schoenus nigricans*, a *Scorzonera humilis* és a *Sesleria caerulea* csíranövények megjelenésének idő- és mennyiségbeli eloszlása

4. Következtetések, javaslatok

Bár minden vizsgált faj esetében regisztráltunk csíranövényeket a csírázási arány, valamint a vetéstől a csírázásig eltelt idő jelentősen eltért az egyes fajok között.

Mivel minden vizsgált faj esetében regisztráltunk eredményes csírázást, a kezelés nélküli magvetést is alkalmasnak tekinthetjük a vizsgált fajok degradált gyepekre való visszatelepítésére. Külön említést érdemel, hogy a vizsgálat során nem törekedtünk a csírázás számára optimális feltételek megteremtésére, így eredményeink a gyakorlati természet-védelem számára is relevánsak, mivel az élőhelyrekonstrukciós beavatkozásokkal szemben rendszerint alapvető elvárás a költséghatékonyság, melynek a természetes körülmények melletti csíráztatás kiválóan megfelel, bár a gyakorlatban a vizsgált fajok csírázási sikere az egyéb termőhelyspecifikus tényezők esetleges hatása miatt némileg eltérhet.

5. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a LIFE IP GRASSLAND-HU LIFE17 IPE/HU/000018 azonosítószámú projekt keretében történt.

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

6. Felhasznált irodalom

- Bakker, J.P. - Vries, Y.* (1992): Germination and early establishment of lower salt-marsh species in grazed and mown salt marsh. *Journal of Vegetation Science* 3, 247–252.
- Baskin, C.C. - Baskin, J.M.* (2001) *Seeds – ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination.* San Diego, Academic Press.
- Carboni, M.-Dengler, J.-Mantilla-Contreras, J.-Venn, S.-Török, P.* (2015): Conservation value, management and restoration of Europe’s semi-natural open landscapes. *Hacquetia* (14): 5-17.
- Catorci, A.-Piermarteri, K.-Penksza, K.-Házi, J.-Tardella, F. M.* (2017): Filtering effect of temporal niche fluctuation and amplitude of environmental variations on the trait-related flowering patterns: lesson from sub-Mediterranean grasslands. *Scientific Reports* 7: Paper 12034. 14 p
- Grubb, P.J.* (1977): The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. *Biological Reviews* 52, 107–145.
- Házi, J.-Bartha, S.-Szentés, Sz.-Wichmann, B.-Penksza, K.* (2011): Seminaturland grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems* 145:699-707.
- Horrihan, L. - Lawrence, R.S. - Walker, P.* (2002): How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ. Health Perspect.* 110, 445–456.
- Joyce, C. B.* (2014): Ecological consequences and restoration potential of abandoned wet grasslands. *Ecological Engineering* 66: 91-102.
- Kelemen, A.-Török, P.-Valkó, O.-Deák, B.-Migléc, T.-Tóth, K.- Ölvedi, T.-Tóthmérész, B.* (2014): Sustaining recovered grasslands in not likely without proper management:vegetation changes and large-scale evidences after cessation of mowing. *Biodiversity & Conservation.* 23: 741-751.
- Kitajima, K. - Fenner, M.* (2000): Ecology of seedling regeneration. in Fenner, M. (Ed.) *Seeds – the ecology of regeneration in plant communities.* Wallingford, CABI Publishing. pp. 331–359
- Penksza K.-Tasi J.-Szentés Sz.-Centeri Cs.* (2008): Természetvédelmi célú botanikai, takarmányozástani és talajtani vizsgálatok a Tapolcai és Káli-medence szürkemarha és bivaly legelőin. *Gyepgazdálkodási Közlemények.* 5(1): 49-62.
- Swacha, G.- Botta-Dukát, Z. - Kącki, Z. - Pruchniewicz, D. - Żolnierz, L.* (2018): The effect of abandonment on vegetation composition and soil properties in Molinion meadows (SW Poland). *PloS one*, 13(5)
- Tilman, D.- Cassman, K.G.- Matson, P.A. – Naylor, R. – Polasky, S.* (2002): Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Tölgyesi, C. - Török, P. - Kun, R. - Csathó, A. I. - Bátori, Z. - Erdős, L - Vadász, Cs.* (2019). Recovery of species richness lags behind functional recovery in restored grasslands. *Land Degradation & Development*, 30(9), 1083-1094.
- Valkó, O. - Tóthmérész, B. - Kelemen, A. - Simon, E. - Migléc, T. - Lukács, B. - Török, P.* (2014): Environmental factors driving vegetation and seed bank diversity in alkali grasslands. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 182: 80–87.
- Wisheu, I. C. - Keddy, P. A.* (1992): Competition and centrifugal organization of plant communities: theory and tests. *Journal of Vegetation Science*, 3(2), 147-156.

Az eltérő vízellátás hatása a szója (*Glycine max* L.) termésmennyiségének alakulására

Kozma-Bognár Kristóf¹ – Simon-Gáspár Brigitta¹ – Soós Gábor¹ – Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
kristof025@gmail.com

Összefoglalás

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

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

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

A növény vízigényében jelentős különbségeket találunk az egyes fenofázisokban. A bimbósodástól, a virágzáson át a hüvely- és magtelítődésig jóval magasabb a napi vízfelhasz-

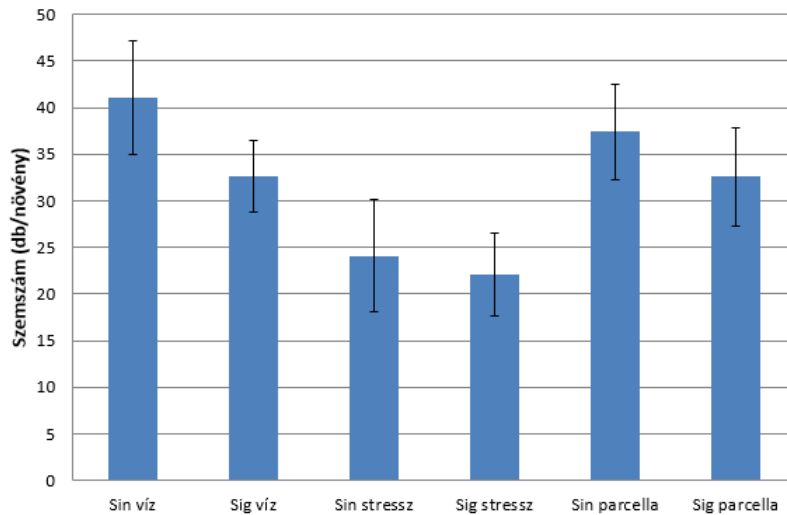
nálás. Szeptemberben, az érés folyamán a vízigény ismét lecsökken (*Ivány és mtsai., 1994*). Megfelelő vízellátottság esetén a terméstopplett a 30-50% -ot is elérheti évjárattól függően, melynek hiányában jelentős bevételről eshet el az adott termelő. Vízzstressz esetén a növény hüvelymennyisége és a hüvelyekben levő szemek száma is csökkent *Omid (2012)* kísérlete alapján. Láthatjuk tehát, hogy a víz nagyon rövid időn belül képes negatívan befolyásolni a növényi produkciót, ezáltal a természet eredményességét. Ezért is fontos, hogy a szója esetleges termés kiesését okozó legfőbb abiotikus tényező, a vízhiány növényekre gyakorolt hatását jobban megismerjük.

2. Anyag és módszer

Kísérletünket a 2019-es tenyészidőszakban a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson állítottuk be. A kutatóállomáson található Thornthwaite–Matter-féle kompenzációs evapotranspirométerek közül 4 tenyészedeny esetében folyamatos vízellátást biztosítottuk, 4 tenyészedenyt pedig úgy alakítottunk át, hogy az ezekben található növények az optimális vízellátás 50%-ának megfelelő mennyiségű vizet kaptak. Utóbbi kezelés során a külső csapadékot is megvontuk a növényektől a kádak fölé telepített, levehető esővédő fólia segítségével. A tenyészedenyeket körülvevő szántóföldön elvetett állomány egyfajta „átmenetet” jelentett a két vízellátás közt, ezek az egyedek a vízigényüket csak a természetes csapadékból fedezheték. Vizsgálataink során a Sinara és a Sigalia fajta esetében hasonlítottuk össze a szemszám és szemtömeg adatokat. A kifejtett és szennyeződésektől, valamint károsodott szemektől megtisztított termést ezután fehérje és olajtartalom vizsgálatnak is alávetettük, melyet Inframatic 9200 NIR Grain Analyzer-rel végeztünk. Eredményeinket kétmintás t próbával elemeztük

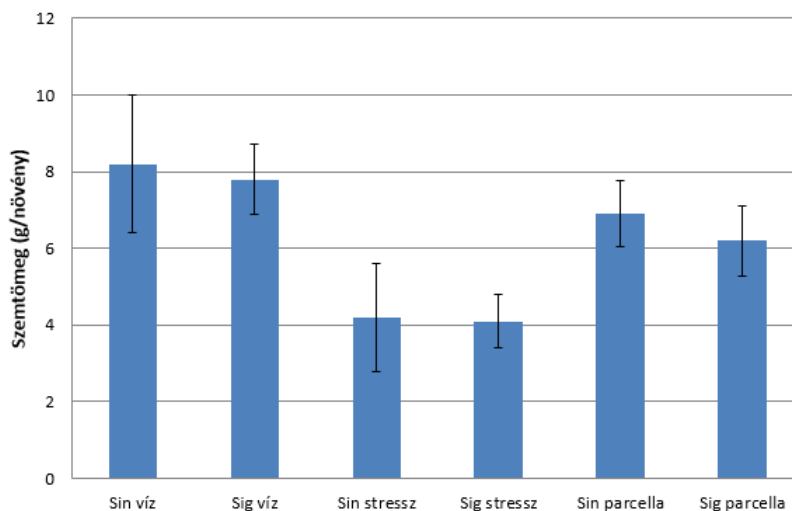
3. Eredmények és értékelésük

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



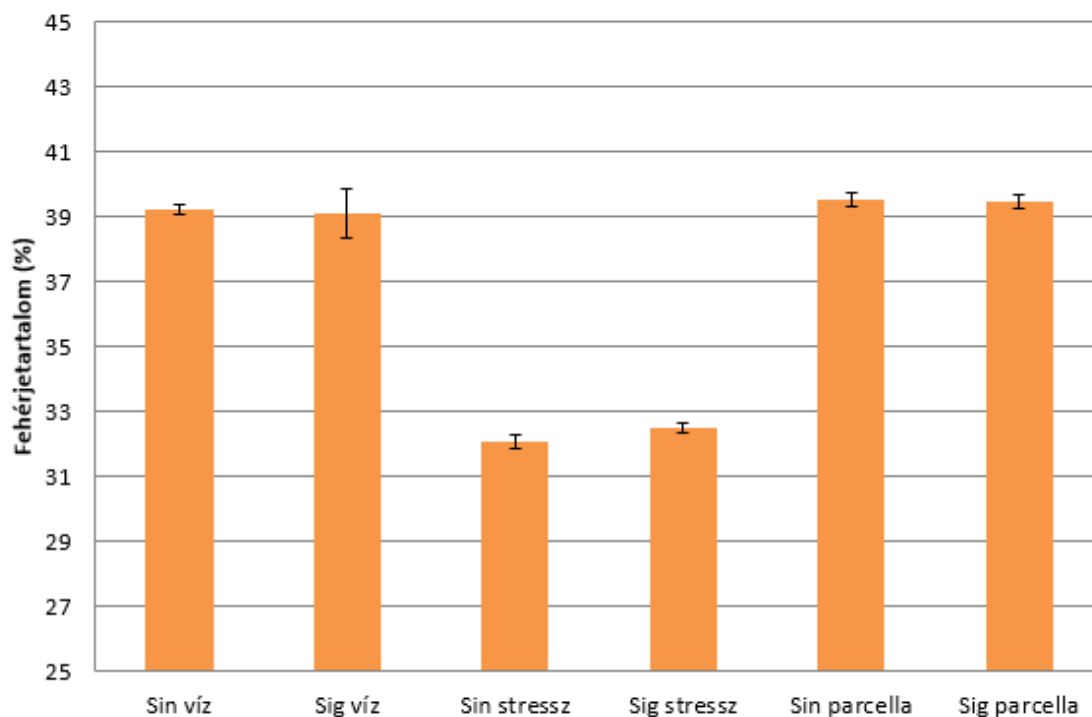
1. ábra Növényenkénti átlagos szemszám az egyes kezelésekre lebontva

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



2. ábra Növényenkénti átlagos szemtömeg az egyes kezelésekre lebontva

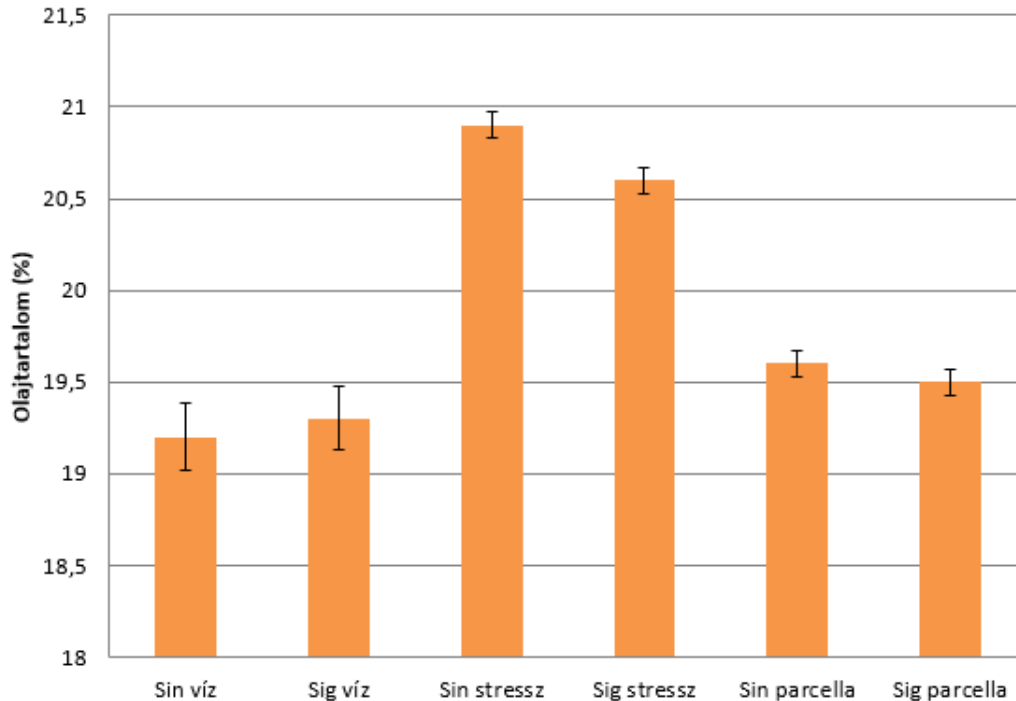
A termés beltartalmi értékeire vonatkozó méréseket is végeztünk. Az 3. ábrán a szemek átlagos fehérjetartalom adatait figyelhetjük meg. A parcellán található kezelések esetében kaptuk a legjobb eredményeket. A Sinara fajtánál ez $39,5 \pm 0,21\%$, a Sigalia esetében $39,45 \pm 0,21\%$. Nem sokkal adott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



3. ábra A termés átlagos fehérjetartalma az egyes kezelésekre lebontva

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

stresszelt kezelés esetében az eltérés szignifikáns a Sinara ($P < 0,001$) és a Sigalia ($P = 0,004$) fajta esetében is. A fajták közti különbség nem szignifikáns sem az optimális vízellátottságú ($P = 0,728$), sem a stresszelt ($P = 0,051$), sem pedig a parcellán található ($P = 0,331$) kezeléseket esetében.



4. ábra A termék átlagos olajtartalma az egyes kezelésekre lebontva

4. Következtetések, javaslatok

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

5. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Külön köszönet Dr. Lepossa Anitának, valamint a Növénytermesztéstan Tanszék munkatársainak a beltartalmi vizsgálatokban nyújtott segítségükért.

6. Felhasznált irodalom

Gazdag L. (2018): Környezet-gazdaságtan, környezetgazdálkodás. Kossuth Kiadó: 208.

IPCC (2007): Climate Change 2007 Synthesis report: 32-51.

Ivány K. – Kismányoki T. – Ragasits I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó: 222-227.

Matyasovszky I. – Weidinger T. – Bathory J., Barcza Z. (1999): Current Regional Climate Change Studies in Hungary: a Review. Geographica Helvetica 1999/3: 142-143.

Omid S. – Samira A. (2012): Soybean Response to Drought and Seed Inoculation. World Applied Sciences Journal 17 (1): 55-60.

Az eltérő vízellátás hatása a szója (*Glycine max L.*) levélterületének alakulására

Kozma-Bognár Kristóf^{*1} – Simon-Gáspár Brigitta¹ – Soós Gábor¹ – Anda Angéla¹

¹*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely*
kristof025@gmail.com

Összefoglalás

Vizsgálataink során figyelemmel kísértük a vízmegvonás hatásait a szója növényre, mely élelmezési, takarmányozási és ipari szempontból is kiemelkedő jelentőségű. 2019-es kísérletünket a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson végeztük. 8 db Thornthwaite-Matter-féle evapotranszpirációs kádba, valamint a kádak közelében levő területre vetettünk szójanövényeket. A 8 kádból 4 kád optimális vízellátást kapott, 4 kád 50%-os vízmegvonásban részesült, a parcellán található egyedek pedig kizárólag a természetes csapadéokra és esetleges felszín alatti vízforrásokra voltak utalva. A vizsgálatban két szójafajtát, a Sinara-t és a Sigalia-t alkalmaztuk. Kísérleti eredményeink igazolták, hogy a korlátozott vízellátás hatással van a levélterületre. A vízzel optimálisan ellátott kezelések levélfelülete jóval meghaladta az 50%-os vízmegvonásban részesítettek értékeit. A parcellán található állományok értékei a viszonylag jó tenyészidőszaki feltételek miatt inkább az optimális vízellátottságú kezelésekhöz közelítettek.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az éghajlat hosszú távon jellemzi a légkör állapotát, továbbá megszabja, hogy egy adott termőhelyen az év mely szakaszában milyen növények termesztethők, valamint a termesztés hatékonyságát is (*Varga-Haszonits*, 2004). Az éghajlatváltozás korunk egyik legfontosabb kihívása, antropogén tevékenység révén egyre több üvegházhatású gáz kerül a légkörbe. E gázok mennyiségének növekedése az 1970-től 2004-ig terjedő időszakban mintegy 70% volt (*Tamás*, 2008). A melegedés kezdeti, néhány évtizedes szakaszában a hazai éghajlat szárazabbá és napfényben gazdagabbá válása várható (*Mika*, 2002). Egyes becslések szerint a hőmérséklet 2 °C-al, mások szerint 5-6 °C-al is emelkedhet (*Kerényi*, 2003).

A szója levelei hármasan összetettek, szórt állásban helyezkednek el a száron. A levelek mérete némiképp eltérő lehet, alak szempontjából ovális, tojásdad, lándzsa, illetve rombusz változatok ismertek. A megnyúlt, keskenyebb levelű egyedekből álló állományba a fény mélyebbre tud lehatolni (Cooper és Waranyuwat, 1985; Wells és mtsai., 1993). A növény színe sötétzöldtől világoszöldig változhat a klorofill koncentrációjától függően (Starnes és Hadley, 1965).

A növények a vízhiányra, vagy a víztöbblet miatt kialakuló oxigénhiányos talajállapotra nagyon gyorsan reagálnak. Tartós szárazság esetén felborul a vízmérleg, vízdeficit jelentkezik, mely a levélzet petyhüdségében jelentkezik (*Pethő*, 1993). Mivel a vízhiány a szója esetleges termés kiesését okozó legfőbb abiotikus tényező, nagyon fontos, hogy a folyamat növényekre gyakorolt hatását jobban megismerjük.

2. Anyag és módszer

Kísérletünket a 2019-es tenyészidőszakban a keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson állítottuk be. A kutatóállomáson található Thornthwaite–Matter-féle kompenzációs evapotranspirométerek folyamatos vízellátást tudnak biztosítani a növényeknek, ezt a vízellátást 4 tenyészedeny esetében biztosítottuk. További 4 tenyészedenyt átalakítottunk, és az ezekben található növények az optimális vízellátáshoz képest 50%-al kevesebb vizet kaptak. Utóbbi kezelés során a külső csapadékot is megvontuk a növényektől a kádak fölé telepített, levehető esővédő fólia segítségével. A két vízellátás közti úgymond „átmenetet” a tenyészedenyeket körülvevő szántóföldön elvetett állomány jelentette, melyek a vízigényüket csak a természetes csapadékból fedezhették. Két szófajfajtát, a Sinara-t és a Sigalia-t vizsgáltuk. A kísérletben megfigyeltük a három különféle vízellátás mellett fejlődő növények egyes növényi tulajdonságainak alakulását. A levélfelületet a levél piros karton előtt történt fotózását követően az SDGIP program segítségével, szegmentálás útján határoztuk meg. Eredményeinket kétféle próbával elemeztük.

A vizsgált terület meteorológiai paramétereinek meghatározását az agrometeorológiai kutatóállomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás által a vizsgálati időszakban mért adatok segítségével végeztük.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgálati időszak alatt elsősorban a hőmérséklet alakulását, valamint a területre hulló csapadék mennyiségét vizsgáltuk. A vizsgálati időszak áprilistól szeptemberig tartott, ennek a hat hónapnak a hőmérséklet és csapadék adatait vetettük össze a területre vonatkozó sokéves átlagokkal, melyek az 1980 és 2010 közti időszakot ölelték fel.

	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
1980-2010	10,9	16,0	19,0	21,0	20,4	15,7
2019	11,9	13,0	22,8	22,8	22,6	17,1

1. táblázat A hőmérséklet alakulása a vizsgálati időszakban (°C)

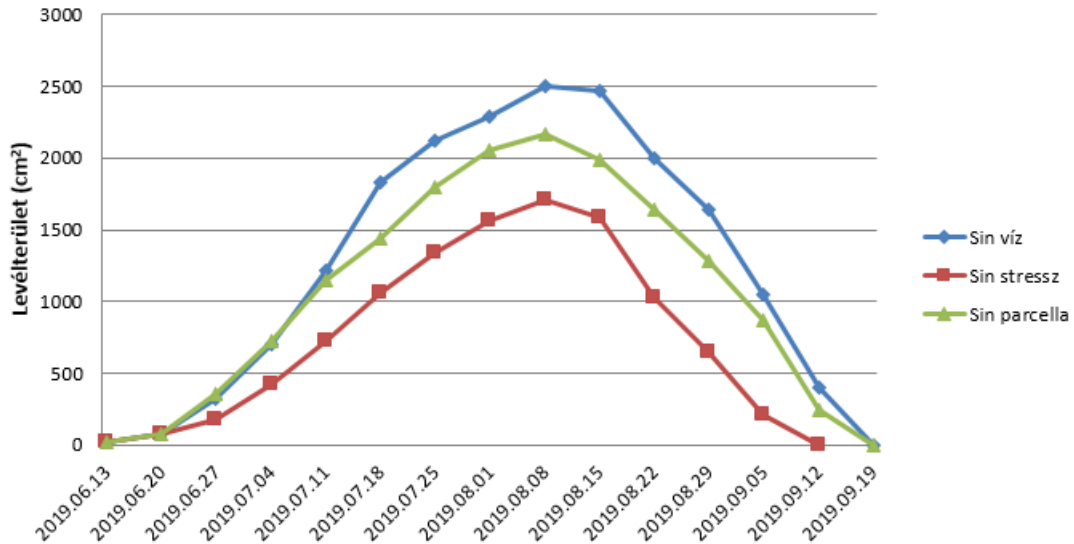
	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
1980-2010	49,2	63,3	75,7	64,4	72,4	60,6
2019	28,7	125	50,4	92,1	25,9	48,5

2. táblázat: A csapadék alakulása a vizsgálati időszakban (mm)

Megfigyelhető, hogy a vizsgálati időszakot képező hat hónapból öt esetében is magasabb átlagos középhőmérséklet értékeket tapasztaltunk a sokéves átlagnál (1. táblázat). A csapadék esetében (2. táblázat) két hónap értéke haladta meg a sokéves átlagét, azok viszont jelentős mértékben. Ez véleményem szerint alátámasztja azokat az előrejelzéseket, melyek szerint Európában a legtöbb területre nézve a nyarak szárazabbá válása várható, emellett többször fog előfordulni nagy mennyiségű csapadékképződés (EASAC, 2013).

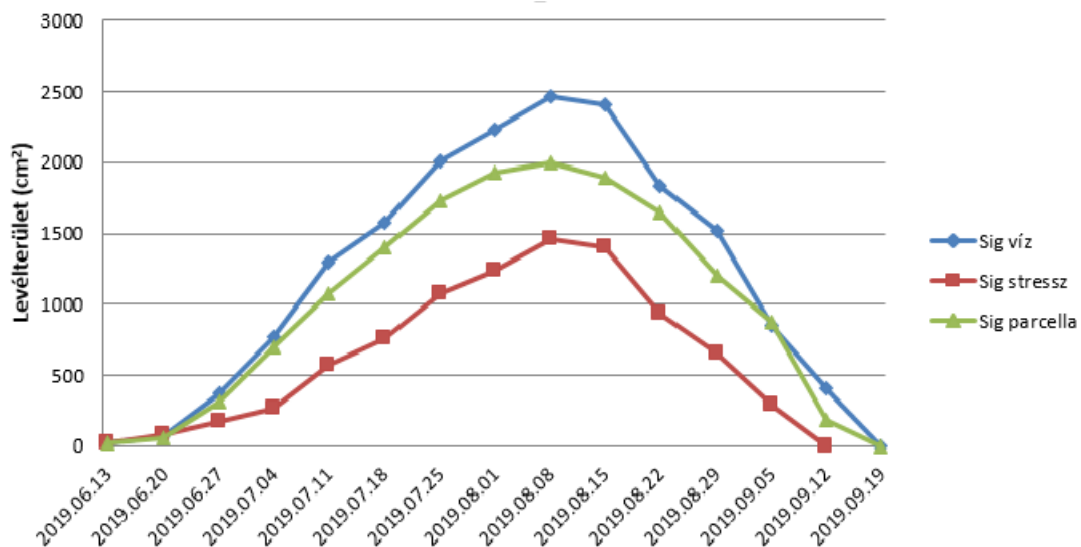
A 1. ábrán Az 5. ábrán a Sinara fajta levélfelületének alakulása látható az egyes mérési időpontokban. Látható, hogy az optimális vízellátottságú kezelés levélfelület értékei a legmagasabbak. A legalacsonyabb értékeket a stresszelt kezelés produkálta. A kettő közt, egyfajta középútként a parcellán található kezelés értékei helyezkednek el. A növények a maximális levélfelületet 2019. 08. 08-án érték el mindhárom kezelés esetében. Az optimális vízellátottság esetében 2504,3cm², a korlátozott vízellátás esetében 1708,1cm², a parcellán található

növények esetében 2163cm^2 volt ez az érték 10-10 mintanövény alapján. Az eltérés szignifikáns mind az optimális vízellátottságú és stresszelt ($P < 0,001$), mind az optimális vízellátottságú és a parcellán található ($P = 0,002$), mind pedig a parcellán található és a stresszelt ($P < 0,001$) kezelések közt.



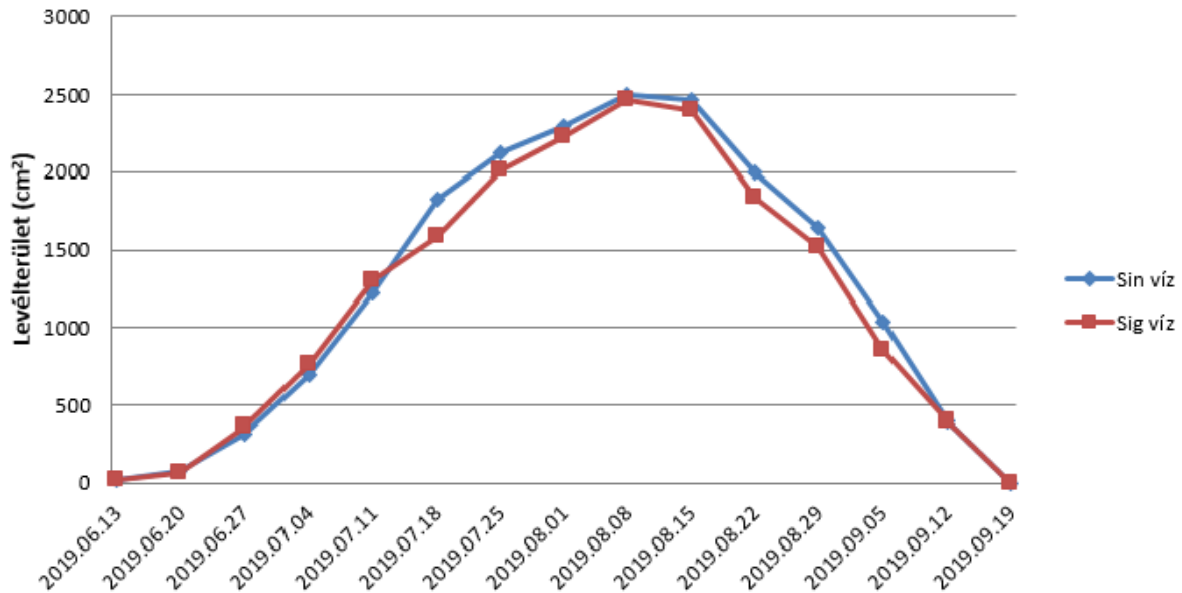
1. ábra: A Silara kezelések levélterületének alakulása a vizsgálati időszakban

A Sigalia fajta levélterületének alakulása (2. ábra) esetében is megfigyelhető, hogy az optimális vízellátottságú kezelés dominál, a vízmegvonásnak kitett növények értékei a legalacsonyabbak és a parcellán található növények esetében itt is köztes értékeket tapasztaltunk. A Sigalia fajtánál is 2019.08.08-án figyeltük meg a maximális levélterület elérését. Az optimális vízellátottság esetében $2470,3\text{cm}^2$, a korlátozott vízellátásnál 1455cm^2 , a parcellán található növények esetében $1997,9\text{cm}^2$ volt ez az érték, szintén 10-10 mintanövény alapján. Itt is szignifikáns eltérést tapasztaltunk mind az optimális vízellátottságú és stresszelt ($P < 0,001$), mind az optimális vízellátottságú és a parcellán található ($P < 0,001$), mind pedig a parcellán található és a stresszelt ($P < 0,001$) kezelések közt.



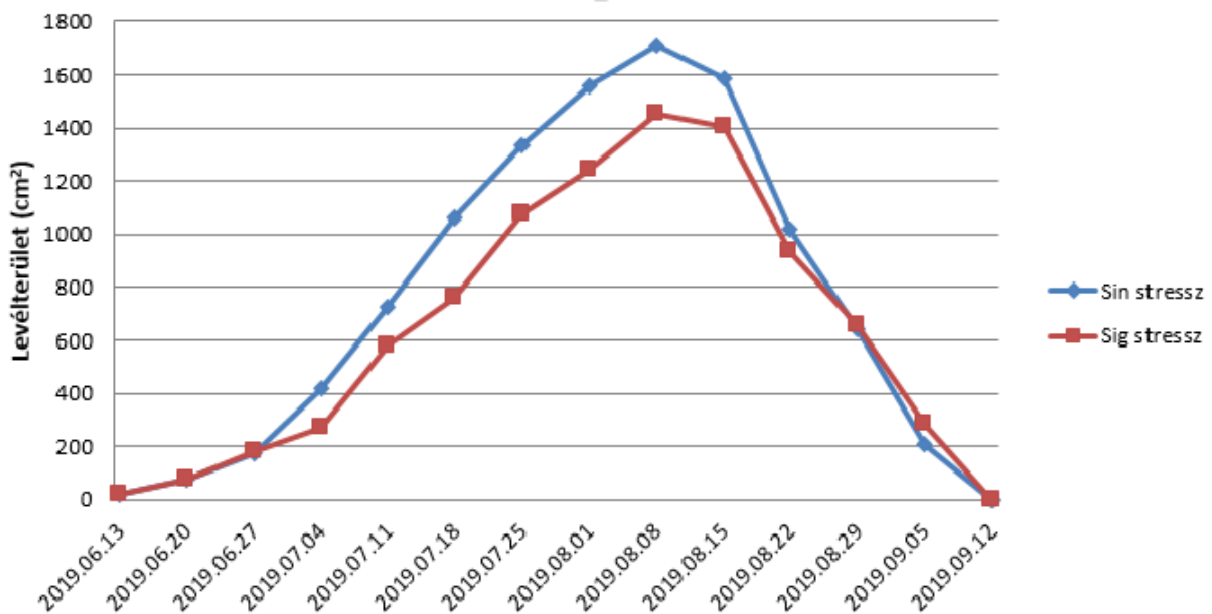
2. ábra: A Sigalia kezelések levélterületének alakulása a vizsgálati időszakban

A két szófajfajta egyes kezeléseit ezután egymással is összevetettük. Az optimális vízellátottságú Sinara és Sigalia növények levélterületének alakulása látható a 3. ábrán. Látható, hogy a Sigalia kezdeti 5 hétben tapasztalható erőteljesebb növekedése után a vizsgálati időszak végéig a Sinara állomány értékei voltak a magasabbak. A két fajta maximális levélterület értékei között nem találtunk szignifikáns különbséget ($P = 0,7530$).



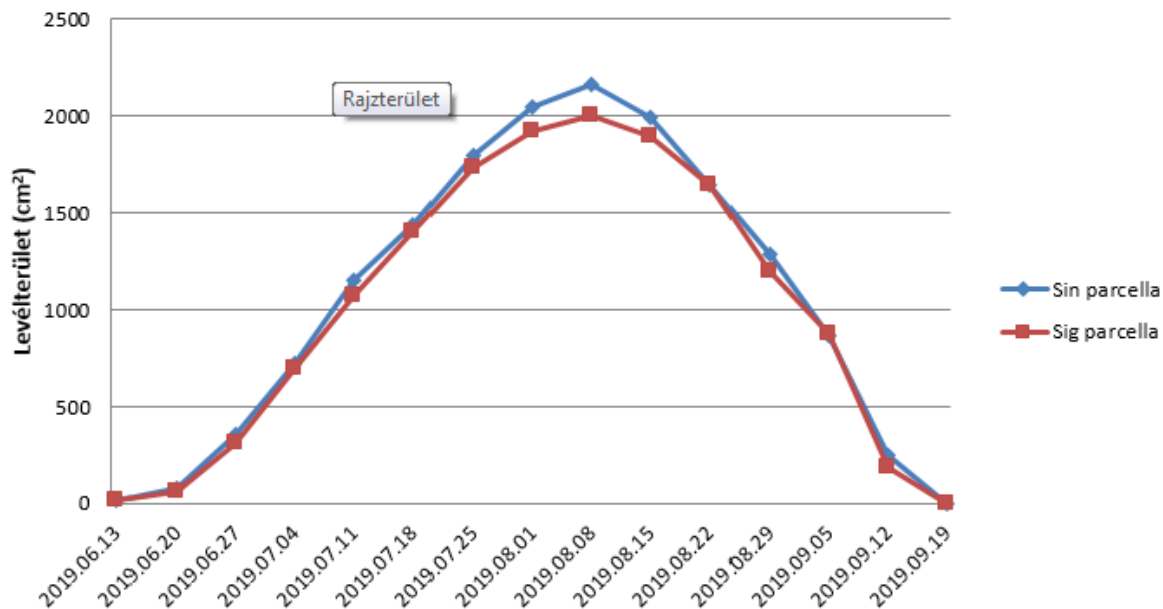
3. ábra: Az optimális vízellátottságú kezelések levélterületének alakulása a vizsgálati időszakban

Az 50%-os vízmegvonásnak kitett növények levélterületét ábrázoló diagramot (4. ábra) figyelve láthatjuk, hogy egy héttel előbb ért a teljes felkopaszodás stádiumába, mint az optimális vízellátottságú és a parcellán található kezelések. A két fajta maximális levélterület értékei között szignifikáns különbséget ($P < 0,001$) találtunk.



4. ábra: A stresszelt kezelések levélterületének alakulása a vizsgálati időszakban

A parcellán található növények (5. ábra) esetében is igaz, hogy a Sinara nagyobb levéletterülettel rendelkezett, mint a Sigalia. A két fajta maximális levéletterület értékei közt szignifikáns különbséget ($P = 0,027$) találtunk.



5. ábra A parcellán található kezelések levéletterületének alakulása a vizsgálati időszakban

4. Következtetések, javaslatok

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a vízmegvonás hatással van a szója levéletterületére. Az általunk vizsgált két szójafajta (Sinara és Sigalia) némiképp eltérően viselkedett a vízmegvonás hatására. A levéletterületek esetében mindhárom vízellátásnál a Sinara fajta hozott magasabb eredményeket. A 2019-es év csapadékos időjárásának következtében a parcella mérési eredményei mindkét fajta esetében az optimális vízellátást közelítette. Javasoljuk a kísérlet újbóli beállítását. Az egyes tenyészedőszakok eltérő időjárási jellemzői mellett, esetleg más szójafajtákkal folytatva a vizsgálatokat szélesebb körű információhalmaz állna rendelkezésünkre, mely segítségével tisztább képet kaphatnánk a növény válaszreakcióiról. Eredményeink a szójatermesztők segítségére válhatnak a mindennapi gyakorlatban.

5. Köszönetnyilvánítás

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

6. Felhasznált irodalom

- Cooper, R.L. – Waranyuwat, A., (1985): Effect of three genes (Pd, Rps-, In) on plant height, lodging, and seed yield in indeterminate and determinate near isogenic lines of soybean. *Crop Sci.*, 25: 90-92.
- EASAC (2013): Trends in extreme weather events in Europe: implications for national and European Union adaptation strategies. German National Academy of Sciences Leopoldina: 7-8.
- Kerényi A. (2003): Környezettan. Mezőgazda kiadó: 241.

- Mika J.* (2002): A globális klímaváltozásról. *Fizikai Szemle*: 9: 258-268.
- Pethő M.* (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémia Kiadó: 143-147.
- Starnes, W.J. – Hadley, H.H.*, (1965): Chlorophyll content of various strains of soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.*, 5: 9-11.
- Tamás J.* (2008): Agrárium és környezetgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó: 42.
- Varga-Haszonits Z.* (2004): A légköri erőforrások mezőgazdasági jelentősége. *Agro-füzetek* 34.: 59-69.
- Wells, R. – Burton, J.W. – Kilen, T.C.*, (1993): Soybean growth and light interception: Response to differing leaf and stem morphology. *Crop Sci.*, 33: 520-524.

Szójaállomány modellezett területi evapotranszpirációja 2020-ban

Soós Gábor¹ – Anda Angéla¹

¹*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely*
soos.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatainkat 2020-ig nyarán a Szent István Egyetem Georgikon Kampuszának Agrometeorológiai Kutatóállomásán szója állományba kihelyezett Bowen-oszloppal végeztük. A 10 percnként mért meteorológiai paraméterek: állományban mért léghőmérséklet és légnedvesség, állomány felett két szintben mért léghőmérséklet és légnedvesség, és állomány felett mért szélesebbesség, valamint több szinten mért talajhőmérsékletek. Méréseinket heti rendszerességgel a modell szempontjából fontos állománymagasság és levélfelület-mérésekkel (LAI) is kiegészítettük. A 10-perces mikroklíma adatokból napi evapotranszpirációt számoltunk. A 2020-as mérési időnyben Bowen-aránnyal modellezett evapotranszpiráció korszerű eljárás. Az állományba telepített állomás viszonylag olcsó megoldást jelent szántóföldi kultúrák területi evapotranszpirációjának becslésére.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szója (*Glycine max* (L.)) az egyik sokoldalúan hasznosítható hüvelyes növényünk. Vetésterülete világszerte nő. Magyarországon az állami támogatás hatására a szója vetésterülete és a termelők száma jelentősen nőtt 2015-től folyamatosan nőtt. A vetésterület növekedése 42 000 ha-ról 77 000 ha-ra, míg a termelők száma elérte az 5000-et (INTERNET).

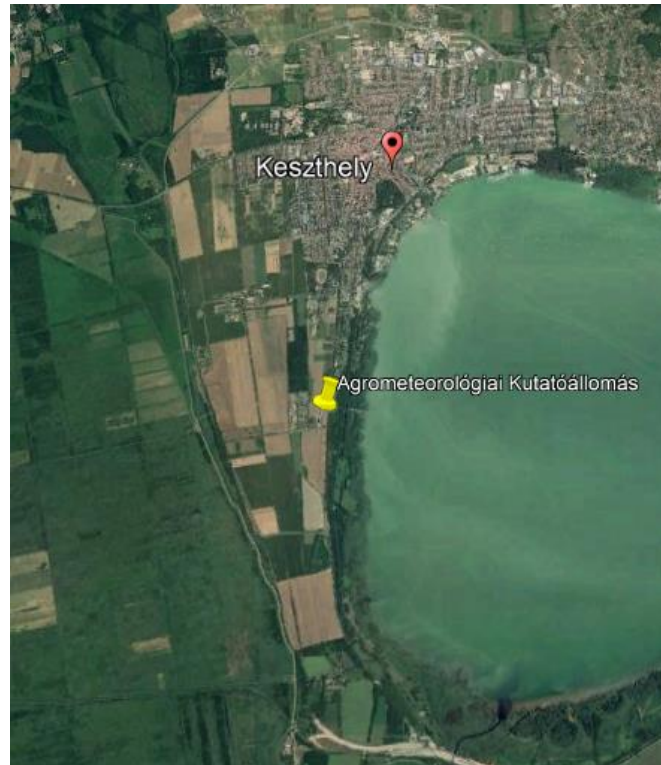
Az evapotranszpiráció (ET) a vízháztartás egyik legfontosabb kiadási paramétere, amelyet csak csapadék vagy öntözés kompenzálhat. A helyi tényezők széles skálája befolyásolhatja a szója evapotranszpirációját és a vetőmag hozamát, többek között a gazdálkodás gyakorlata, a vizsgált terület éghajlati és talajviszonyai (Payero et al., 2005) és a fajta tulajdonságai. Irmak (2017) kimutatta a szója vízigényét befolyásoló tényezőket, amelyek a lombkorona jellemzőitől, a növények felületének fedettségétől, a fajta/ fajtacsoporttól, valamint a kártevőkre és a betegségekre való hajlamtól függően változhatnak. Mindezek a részletek fajta-specifikus paraméterek. A lista minden tagját figyelembe kell venni, ha összehasonlítjuk a különböző eredetű szója ET eredményeket. A szója evapotranszpirációs értékei a fajtafüggő biológiai jellemzőktől, a talajfelszín borításától, a termés érettségi csoportjától és a betegségre való hajlamtól függenek (Irmak és Sharma 2015). Anda és társai (2020) 2017 és 2018 tenyész időszakában módosított kompenzációs evapotranszspirációméterekben vizsgálták a növényi vízstressz hatását a termésre.

A növekvő vetésterület és a klímaváltozás tükrében fontos ismernünk a szója vízigényét. Célkitűzésünk szójaállomány aktuális evapotranszpirációjának meghatározása volt 2020 tenyészidőszakában.

2. Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszíne a Szent István Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék Agrometeorológiai Kutatóállomása (É 46°44'; K 17°14') (1. ábra). Az ál-

lomás 0,3 hektáros parcellájára vetettünk 2 szója variánst (Sinara és Sigalia) a Karintia Kft.-től 40 tő/m² tőssűrűséggel.



1. ábra: Agrometeorológiai Kutatóállomás (Google Earth)

A szója állományba telepített állomás műszerezettsége: 2 db. Ta+RH szenzor állomány felett 1 és 2 m-en, 1 db. 2D szonikus szélmérő állomány felett 2 m-en, és integrált talajhőmérő rúd. Sugárzás mérése Kipp & Zonen CMP11 albedóméterrel történt (2. ábra).



2. ábra: Bowen-állomás és albedóméter a szójaállományban

Az órás evapotranspiráció modellezését Massman és Burba módszerével végeztük (Massman, 1992; Burba et al.,1999). Az alapot a nettó mérleg, az R_n (a rövidhullámú és a hosszuhullámú sugárzás különbsége) jelenti, mely forrása az állomány energiaigényes folyamatainak. Az energiaháztartási egyenletből kiindulva:

$$R_n - G - \lambda E - H \approx 0 \quad (1)$$

ahol: H: szenzibilis hőfluxus, λE : látens hőfluxus, G: talaj hőfluxus, S: energiaváltozás.

Bowen-arány: az érzékelhető (szenzibilis; H) és a látens hő (L) mennyiségének egymáshoz való viszonyát fejezik ki:

$$\beta = H/L \quad (2)$$

A Bowen-arány számítható a hőmérséklet és gőznyomás vertikális változásából:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3)$$

A látens hőfluxus:

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (4)$$

G-t esetünkben a talajhőmérséklet változásából számoljuk (Chung és Horton, 1987): ahol λ : talaj hővezetőképesség ($W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$), T_s : talaj felszíni hőmérséklet ($^\circ C$), T_1 : talaj felszíni hőmérséklet az előző időpontra ($^\circ C$), T_2 : a 2. réteg talajhőmérséklete az előző időpontra ($^\circ C$), Δz : talajmélység (m), Δt : időintervallum (s).

$$G = -\lambda \left(\frac{T_2 - T_s}{\Delta z} \right) + (T_s - T_1) * C \frac{\Delta z}{2\Delta t} \quad (5)$$

A szenzibilis hőfluxus:

$$H = \beta \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (6)$$

A felszíni energiaháztartás pedig:

$$R_{ns} - G - \lambda E_s - H_s \approx 0 \quad (7)$$

Az adott vastagsággal rendelkező növényállomány energiaháztartása:

$$R_{nv} - \lambda E_v - H_v \approx 0 \quad (8)$$

Amely a felszín és az állomány együttes energiája:

$$R_n = R_{ns} + R_{nv} \quad (9)$$

Vagyis a látens és a szenzibilis hő összege:

$$\lambda E = \lambda E_s + \lambda E_v \quad (10) \text{ és } H = H_v + H_s \quad (11)$$

A felszíni sugárzásegyenleget a Monsi-Saeki (1953) képletből számítjuk. Az extinkciós koefficiens meghatározása digitális képfeldolgozással a lejutó sugárzás napfényes és árnyékos foltok terület-arányával súlyozva kerül meghatározásra:

$$R_{ns} = (R_n) \exp(-kLAI) \quad (12)$$

Felszíni Bowen-arány, látens hőfluxus, és a szenzibilis hőfluxus pedig az alábbiak szerint kerül közelítésre:

$$\beta_s = \frac{H_s}{\lambda E_s} \quad (13)$$

$$\lambda E_s = \frac{R_{ns} - G}{1 + \beta_s} \quad (14)$$

$$H_s = R_{ns} - G - \lambda E_s \quad (15)$$

A β_s kell λE_s , H_s , λE_v és H_v kiszámításához. Massman (1992) vezette le, figyelembe véve, hogy esetünkben a felszíni vízgőztranszporttal szembeni ellenállás nulla.

$$\beta_s = \frac{\rho_a C_p (T_{ws} - T_a) - H r_a}{[(\lambda \gamma \rho_a / P)(e_{*T_{ws}} - e_a) - \lambda E r_a]} \quad (16)$$

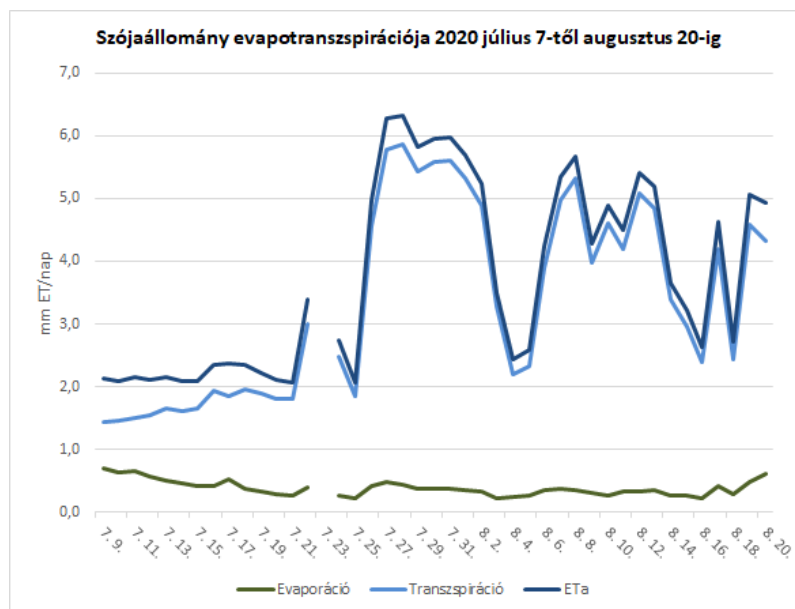
Ahol: ρ_a : nedves levegő sűrűsége, C_p : levegő hőkapacitása, T_{ws} : vízhőmérséklet (mért), T_a : léghőmérséklet (mért), H : szenzibilis hőfluxus, r_a : aerodinamikai ellenállás,

λ : gőz látens hőkapacitása, γ : psychrometrikus állandó, P : légnyomás, $e_{T_{ws}}$: felszíni gőznyomás (mért), e_a : állomány feletti gőznyomás (mért), λE : látens hőfluxus.

Az adatok feldolgozását MS Excel-ben végeztük az Analysis ToolPak statisztikai segédcsomag segítségével.

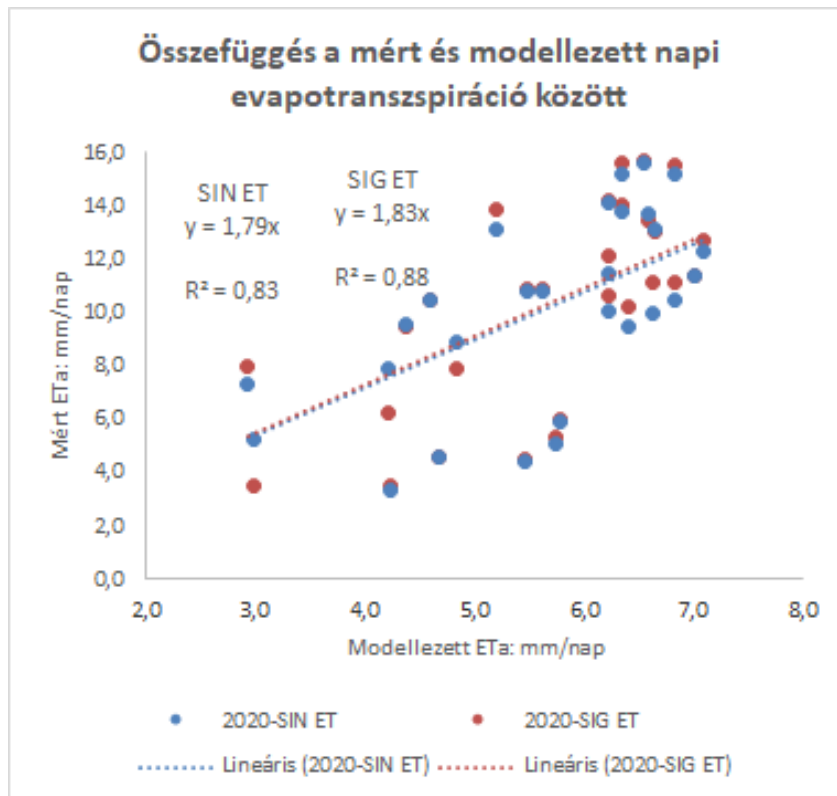
3. Eredmények és értékelésük

A mérések tízperces adataiból órás, majd napi összegeket állítottunk elő. A modell lehetővé teszi az evaporáció és transzspiráció külön történő számítását. A kifejlett vegetáció napi párolgás 2020 július 7-től augusztusi 20-ig a 3-as ábrán láthatók. Az augusztusi alacsony értékek a csapadékos időjárással magyarázhatóak.



1. ábra: Szójaállomány napi evapotranszpirációja

Az „ad libitum” vízellátású kompenzációs evapotranszpirométerekben mért napi párolgásokkal összehasonlítottuk a parcellán Bowen-oszloppal modellezett napi párolgásértékeket. Az eredmény a 4. ábrán látható.



2. ábra: Összefüggés kompenzációs evapotranszpirométerben mért és a parcellán modellezett napi evapotranszpiráció között

4. Következtetések, javaslatok

A 2020-as mérési idényben Bowen-aránnyal modellezett evapotranszpiráció korszerű eljárás. Az állományba telepített állomás viszonylag olcsó megoldást jelent szántóföldi kultúrák területi evapotranszpirációjának becslésére.

Közép- és nagyméretű öntözőgazdaságoknak kiváló lehetőség lenne az öntözővíz igény számítás dinamikai oldalának fejlesztéséhez.

5. 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-2.3.2-15-2016-00029 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

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

6. Felhasznált irodalom

- Anda, A. - Soós, G. - Menyhárt, L. - Kucserka, T. - Simon, B. (2020): Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions Field Crops Research 245 107673.
- Burba, G. G. - Verma, S. B. - Kim, J. (1999): Surface energy fluxes of Phragmites australis in a prairie wetland. Agricultural and Forest Meteorology 94 31-51

- INTERNET*: A szója termesztéséről – gazdálkodóknak. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-szoja-termeszteserol-gazdalkodoknak> (2020.10.30)
- Irmak, S. - Sharma, V.* (2015): Large-scale and long-term trends and magnitudes in irrigated and rainfed maize and soybean water productivity: grain yield and evapotranspiration frequency, crop water use efficiency, and production functions. *Transactions of the ASABE* 58, 1, 103–120. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10784>
- Irmak, S.* (2017): Evapotranspiration basics and estimating actual crop evapotranspiration from reference evapotranspiration and crop-specific coefficients. *Crop, Irrig. Eng Nebraska Extension*. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1994.pdf>.
- Massman, W.J.* (1992): A surface energy balance method for partitioning evapotranspiration data into plant and soil components for a surface with partial canopy cover. *Water Resour. Res.* 28(6), 1723-1732
- Monsi, M. - Saeki, T.* (1953): Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot* 14, 22–52. (In German)
- Payero, J. O. - Melvin, S. R. - Irmak, S.* (2005): Response of soybean to deficit irrigation in the semi-arid environment of West-Central Nebraska. *Trans. ASAE Am. Soc. Agric. Eng.* 48, 2189–2203.
- Sang-Ok, C. - Horton, R.* (1987): Soil heat and water flow with a partial surface mulch. *Water Resources Research* 23, no. 12: 2175-2186.

Szója sugárzáshasznosítási hatékonyságának vizsgálata

Soós Gábor¹ – Simon Brigitta¹ – Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
soos.gabor@uni-mate.hu

Összefoglalás

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

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

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

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

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

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

Bár számos, a termés és a víz közötti kapcsolatra és/vagy a termés és a sugárzás közötti összefüggésre vonatkozó szója-vizsgálatot végeztek külön-külön, a szója termésjellemzőinek elemzése különböző öntözési és sugárzási tulajdonságok mellett kontinentális éghajlaton nem

elterjedt. A globális klímaváltozás negatív hatásainak ezen a területen való elterjedése miatt (Kocsis et al. 2019) elengedhetetlen a megfelelő, helyben termesztett, vízstresszel szemben toleráns szójafajták azonosítása a jobb termés és a termésnövekedés elkerülése vagy megelőzése érdekében.

2. Anyag és módszer

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A napos és árnyékos foltok méretét a különböző növénymagasságokról az egyes növények aljától a tetejéig 20 cm-es közönként készített digitális fényképek alapján számítottuk ki, amelyekhez egyenletes színű piros kartont és egy 17,9 megapixeles Canon EOS 7D digitális fényképezőgépet (Canon Inc., Tokió, Japán) használtunk. A képeket nyers formátumban tároltuk,

majd elemzés céljából átvittük egy számítógépre. Az árnyékos és napos foltok szabálytalan elhelyezkedése miatt a szegmentálást az SGMW 0.1 képfeldolgozó alkalmazásban alkalmazott területnövesztő algoritmussal elemeztük (1. ábra). Különböző típusú pixeleket különböztetünk meg, és ezeket a Magic Wand technikával maszkoltuk, majd megszámoztuk.



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

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

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

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

$$I_n = I_0 \exp(-kLAI) \quad (4)$$

ahol I_0 és I_n a bejövő napsugárzás vízszintes felületre beérkező sűrűsége a lombkorona felett és alatt, egy adott magasságban. A k a növényállományra vonatkozó extinkciós együttható. A helyszínen mért k -t a 4. egyenlet segítségével számoltuk ki.

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

$$k_{sim} = \sqrt{x^2 + \tan^2 \varphi} x + 1.774(x + 1.182) - 0.733 \quad (5)$$

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

A RUE-t a következőképpen számítottuk ki:

$$RUE = TDMI0 \times F \quad (6)$$

ahol az összes száraz biomassa (TDM) g m⁻²-ben volt megadva, F pedig a lombkorona által felfogott PAR-mennyiség hányadát jelentette:

$$F=1-\exp(-k LAI) \quad (7)$$

3. Eredmények és értékelésük

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

1. táblázat: A szója sugárzashasznosítási hatékonysága (RUE; g MJ m⁻²) a 2017 és 2019 közötti három tenyészidőszakban. A WW, RO és P a Sinara (Sin) és Sigalia (Sig) szójafajták esetében a korlátlan, a vízstressz és a természetes csapadékellátottságú körülményeket jelöli.

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

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

4. Következtetések, javaslatok

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

5. 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-2.3.2-15-2016-00029 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

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

6. Felhasznált irodalom

- Anda, A. - Soós, G. - Menyhárt, L. - Kucserka, T. - Simon, B. (2020):* Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field Crops Res.* 245, 107673.
- Anda, A. - Simon, B. - Soós, G. - Menyhárt, L. - Kucserka, T. (2019):* Investigation of soybean leaf area influenced by water supply. *Időjárás* 123(1), 73–87.
- Campbell, G.S. – Norman, J. M. (1998):* An introduction to environmental biophysics, 2nd edition Springer, Berlin, pp 247–278
- Campbell, G.S. – Norman, J.M. (1989):* The description and measurement of plant canopy structure. In: *Plant canopies: their growth, form and function* 31 Cambridge: Cambridge University Press, 1–19
- Campbell, G.S. - van Evert, F.K. (1994):* Light interception by plant canopies: efficiency and architecture. In: Monteith, J.L. - Scott, R.K. - Unsworth, M.H. (Eds), *Resource Capture by Crops* Nottingham University Press, UK Sinclair TR, Muchow RC (1999): Radiation use efficiency. *Adv Agron* 65, 215–265
- Gao, Y. – Duan, A. – Qiu, X. – Sun, J. – Zhang, J. – Liu, H. – Wang, H. (2010):* Distribution and use efficiency of photosynthetically active radiation in strip intercropping of maize and soybean. *Agron J* 102(4): 1149–1157
- Kocsis, T. -Kovács-Székely, I. – Anda, A. (2019):* Homogeneity tests and non-parametric analyses of tendencies in precipitation time series in Keszthely, Western Hungary. *Theor Appl Climatol* 139, 849
- Kross, A. – Lapen, D.R. – McNairn, H. – Sunohara, M. – Champagne, C. – Wilkes, G. (2015):* Satellite and in situ derived corn and soybean biomass and leaf area index: Response to controlled tile drainage under varying weather conditions. *Agric Water Manage* 160, 118–13.
- Kumagai, E. – Takahashi, T. (2020):* Soybean (*Glycine max* (L) Merr) yield reduction due to late sowing as a function of radiation interception and use in a cool region of northern. *Japan Agronomy* 10, 66
- Mbangiwa, N. C. – Savage, M.J. – Mabhaudhi, T. (2019):* Modelling and measurement of water productivity and total evaporation in a dryland soybean crop. *Agric Forest Meteorol* 266-267, 65–72
- Monsi, M. -Saeki, T. (1953):* Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn J Bot* 14, 22–52 (In German)
- Muchow, R.C. – Robertson, M.J. – Pengelly, B.C. (1993):* Radiation-use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. *Field Crops Res* 32(1–2): 116
- Payero, J.O. – Irmak, S. (2013):* Daily energy fluxes, evapotranspiration and crop coefficient of soybean *Agric Water Manage* 129, 31–43

A mocsárciprus levél (*Taxodium distichum*) lebontásának vizsgálata a Hévízi-tóban

Simon Szabina¹ – Simon Brigitta¹ – Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
simonszabina95@gmail.com

Összefoglalás

A mocsárciprus (*Taxodium* sp.) kiterjedt mocsárerdőket alkot, melyet parkokban tavak mellé telepítenek. Ez a növény jelentősen hozzájárul a mocsaras, valamint vízzel borított területeken az autohtonikus bevitelhez. A vízi ökoszisztémákban a szerves anyag bomlása lépcsőzetes folyamat, ami négy szakaszból áll: kioldódásból, mikrobiális folyamatokból, makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenységéből, végezetül pedig a fizikai kopásból. A növényi biomassa lebomlása a tápanyag-ciklus fontos alkotóeleme a vizes élőhelyeken. Ezért a mocsárciprus lebontási folyamatainak megértését nemzetközi szinten is kulcsfontosságú folyamatnak tekinthetjük a vizes ökoszisztémákban, mely információkat szolgáltat a vizes élőhelyek működéséről. Kevés tanulmány foglalkozik azzal, hogy a növény elhalása után milyen folyamatok zajlódhatnak le természetes vizeinkben. Ezért vizsgálatunkban célul tűztük ki a mocsárciprus lebontási ütemének meghatározását, továbbá az ammónium és foszfát kioldódásának megállapítását a Hévízi-tóban. Az általunk vizsgált növényi rész a gyors lebontási kategóriába esett, illetve nem állapítottunk meg meghatározó mennyiségű ammónium- és foszfátkioldódást belőle.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkban a szakemberek figyelme egyre inkább központosul a vízbe hulló növények vízminőséget befolyásoló szerepének tisztázására, hiszen a víz az egyik legfontosabb természeti erőforrás, mely az ökoszisztéma elsődleges alkotóeleme. A vízminőségi mutatókat általában a tavaszi és az őszi időszak között szokták mindinkább vizsgálni nemtermárvizek esetében (*Hatvani és mtsai.*, 2020), a Hévízi-tó vízhőmérséklete viszont a téli időszakban is magasabb, tehát nem kezelhetjük ugyanúgy, mint a nemtermál vizeinket. Továbbá nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem, hogy a Hévízi-tóból induló lefolyó a Balaton Keszthely-öbölébe áramlik, ezáltal közvetlenül befolyásolva az öböl vízminőségét. Egyéb, kisebb változások is befolyásolhatják a Balaton vízminőségét, ezért minden olyan tényezőt figyelembe kell venni, amely hatással lehet a tó vízminőségére.

Magyarország rendkívül gazdag termárvizekben, (*Erdélyi*, 1980), a Hévízi-tó Európa legmélyebb termáltava, amely vulkanikus és mocsári komponenseket tartalmaz, és nagyon gazdag mikrobiális közösséggel rendelkezik (*Krett és Palatinszky*, 2009). A tó vize két kráterforrásból származik, az egyik vízhőmérséklete 26 °C, míg a másiké 41 °C. Még téli időszakban sem esik a tó hőmérséklete 22 °C alá (éves átlagos vízhőmérséklet: 30,7 °C). A két forrás vize összekeveredik a barlangban, és bejut a tóba. A tó vizének kémiai összetétele enyhén radioaktív és redukált kénvegyületeket, valamint oldatban oxigént tartalmaz (*Rybach és Muffler*, 1981). A víz felszínét borító gőzréteg („köd”) miatt a Hévízi-tó vízhőmérséklete egyenletesen oszlik el, amely hőcsapdaként működik, és a tó felszínén tartja a meleget. Az átlagos nyári és téli hőmérséklet 33-35 °C, illetve 24-28 °C között alakul.

A vízbe hulló avar alatt a leveleket, levéltörmelékeket, továbbá a gallyakat, ágakat, terméseket és egyéb növényi részeket értjük (Benfield, 1997). A vízbe jutó avarok százalékát tekintve 41-98%-os részesedéssel a levelek hányada a legnagyobb (Oelbermann és Gordon, 2000). Egy víztest belső terhelését részben az allochton forrás képezi, tehát a parton vagy vízben álló növényzetről lehulló növényi anyag (Dobson és Frid, 1998). Az avarlebontás egy többlépcsős, időigényes folyamat. Miután a levél behullik a víztestbe, száraztömegének negyedét elveszíti vízoldható vegyületeinek kioldódása által már az első 24 óra alatt (Webster és Benfield, 1986). A nitrogén és a foszfor tápanyagminőséget meghatározó kémiai elemek (Enriquez és mtsai., 1993), melyek elsősorban a felszíni vizek eutrofizációs folyamatokban betöltött szerepük miatt kiemelkedően fontosak. Ezt követi a mikrobiális lebontás, melyet legnagyobb részben gombák és baktériumok végeznek, ebben szakaszban történik a legnagyobb változás a levélstruktúrát illetően. A következő szakasz a makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenysége, végezetül pedig a fizikai aprózódás. Ezek a folyamatok nagymértékben függenek az ökológiai tényezőktől, kémiai változóktól, a hőmérséklettől, tehát ezek a tényezők teszik szükségessé a lebontási folyamatok vizsgálatát.

A virginiai mocsárciprus (*Taxodium distichum*) Észak-Amerika délkeleti részén (a Mississippinál) kiterjedt mocsárerdőket alkot. Tülevelei laposak, két sorban állók. Ősszel a levelekkel együtt a hajtások is lehullanak. Nedves területeken légzőgyökereket (pneumatophora) fejleszt. Parkokban tavak mellé telepítik (Magyarországon pl. a Hévízi-tó mellé). A mocsárciprus a nyitvatermők (*Gymnospermatophyta*) törzsébe, tobozos nyitvatermők (*Coniferophytina*) altörzsébe, Tobozalakúak (*Pinopsida*) osztályába, Toboztermők (*Pinidae*) alosztályába, a Fenyők (*Pinales*) rendjébe, illetve azon belül a Mocsárciprusfélék (*Taxodiaceae*) családjába tartozik (Almádi és mtsai., 2000).

Mivel a természetes háttérterhelés feltérképezése nélkülözhetetlen a jó vízminőség fenntartásában, ezért célul tűztük ki a mocsárciprus levél lebontási dinamikájának feltérképezését a Hévízi-tó területén.

2. Anyag és módszer

Téli időszakban 98 napig tartó kísérletet állítottunk be a Hévízi-tóban, hogy a területen elterjedt mocsárciprus fa levelének lebontási ütemét meghatározzuk.

Vizsgálatunk során a szakirodalomban elterjedten használt avarzsákos módszert alkalmaztuk. A vizsgálati anyagokat az avarhullás időszakában gyűjtöttük, tömegállandóságig szárítottuk, majd ezekből 10-10 grammot töltöttünk 15x15 cm-es avarzsákokba, melynek lyukátmérete 3 mm volt, mely lehetővé tette a makrogerinctelen szervezetek hozzáférését az általunk kihelyezett mocsárciprus levelekhez. A megtöltött avarzsákokat a parthoz rögzítettük, majd a víztestbe helyeztük nagyjából 1 méteres mélységbe, biztosítva az állandó vízborítottságot. A kihelyezést követően minden mintavételkor 3 párhuzamos mintát vettünk. A mintákat laboratóriumban megtisztítottuk a ráakódott szennyeződésektől, majd újra tömegállandóságig szárítottuk, ezután megmértük a visszamaradt avar tömegét, melyet diagramon ábrázoltunk.

Az avarlebontás sebességének meghatározásához *Bärlocher és mtsai.* (2020) nyomán a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$M_t = M_0 \times e^{-kt}$$

ahol M_t a visszamaradt szárazanyag tömege (g), M_0 a minta tömege a 0. időpillanatban, k az exponenciális bomlási együttható, t a kihelyezés óta eltelt idő (nap). Ebből az összefüggésből kifejeztük az úgynevezett lebontási rátát, mely által az avar gyors, közepes, illetve lassú bomlási kategóriákba sorolható. Ha a k értéke kisebb, mint 0,005, akkor az avar lassú bomlási kategóriába kerül, ha 0,005 és 0,01 közötti értéket kapunk, akkor közepes, illetve, ha 0,01 fölötti értéket kapunk, akkor gyors bomlási kategóriát állapíthatunk meg.

Ezzel egy időben a $TH = \ln 2 \times k^{-1}$ összefüggés segítségével meghatároztuk a felezési időt, mely megmutatja, hogy mennyi idő alatt csökken a felére az adott eszközben az avar tömege (*Bärlocher és mtsai.*, 2005).

Kioldódás vizsgálata során a mocsárciprus lebontása során történő nitrogén, illetve foszforformák kioldódásának ütemét vizsgáltuk *Pomogyi* (1983) perkollációs módszere alapján. 10-10 grammot mértünk a növényi részből 500 ml űrtartalmú üvegpalackokba, 3 ismétléssel, majd a palackokat 450 ml desztillált vízzel töltöttük fel. A mintákat tartalmazó üvegedényeket természetes hőmérsékleten inkubáltuk a Hévízi-tóban. A minták kihelyezése az avarszakos kísérlettel egy időben történt. Minden mintavételkor az üvegpalackokból a folyadékfázist eltávolítottuk, majd desztillált vízzel újra töltöttük, és ismét a vízbe helyeztük a lezárt üvegpalackokat, melyek növényi résszel töltöttek. A vízmintákban spektrofotometriás módszerrel mértük az ammónium és a foszfát mennyiségét. A mért elemennyiségeket az idő függvényében ábrázolva jól szemléltethető a lebontás során bekövetkező, vízben történő biogén elemek felszabadulása.

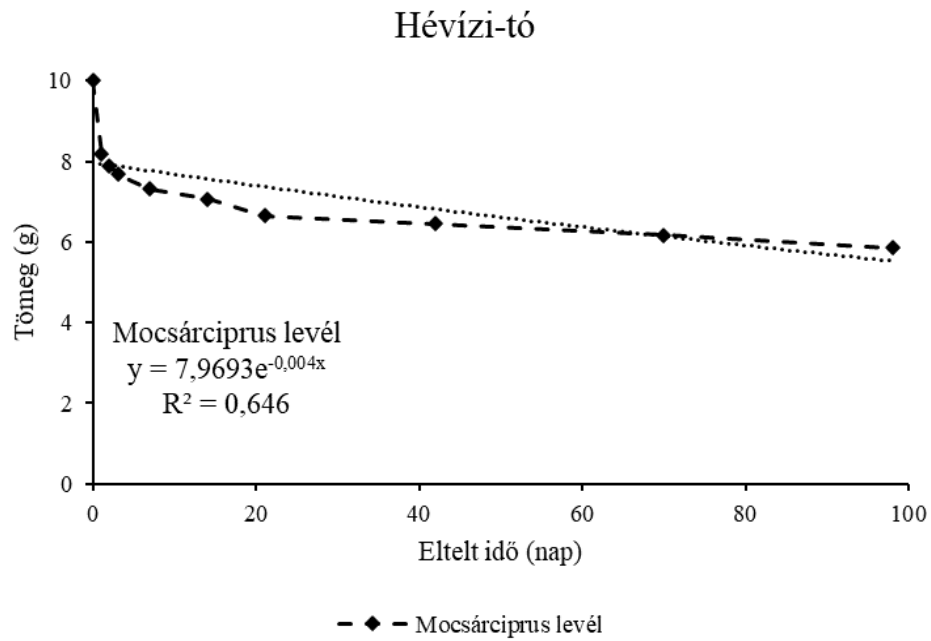
3. Eredmények és értékelésük

Az 1. ábrán látható a mocsárciprus levél lebontási ütemének alakulása a Hévízi-tóban. Az első pár napon belül volt megfigyelhető a legnagyobb tömegcsökkenés, a kísérleti időszak végére az avar össztömegének összesen 34%-át vesztette el. A magas R^2 értékből arra következtethetünk, hogy viszonylag jól illeszkedik az egyenes a mérési pontjainkra. Az exponenciális bomlási együttható kiszámítása után megállapítottuk, hogy a mocsárciprus levél a gyors lebontási kategóriába sorolható. Felezési idejét tekintve 55 napot állapítottunk meg számításaink során.

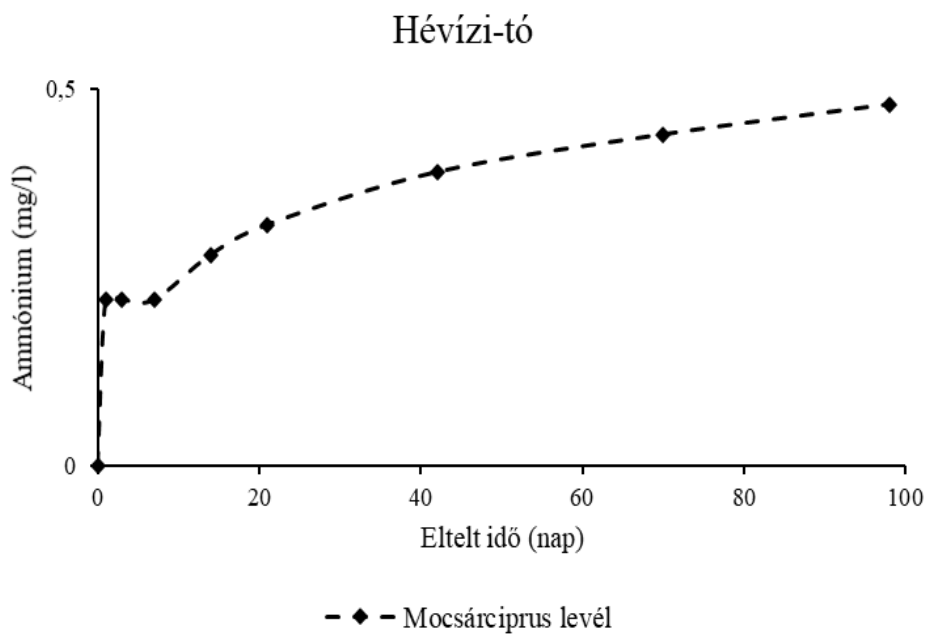
A 2. ábrán látható a mocsárciprus levélből kioldódó ammónium mennyisége. Összesen 0,48 mg/l ammónium oldódott ki a növényi részből a 98 napos kísérleti időszak alatt. A kioldódás folyamata az első napokban mutatta a legnagyobb értékeket, amely megegyezik a szakirodalomban leírt tapasztalatokkal, miszerint a könnyen oldódó szerves vegyületek a vízbe kerülést követő első 24-48 órában távoznak a bomló biomasszából. *Gaudet és Muthuri* (1981) a *Cyperus immensus* vizsgálata során megfigyelték a nitrogén és a foszfor kezdeti gyors csökkenését (az első néhány napban), mindezt a növényi szövetekből történő kioldódásnak tulajdonították.

A 3. ábrán a kioldódó foszfát mennyiséget szemléltetjük. Az ammónia kioldódás üteméhez hasonlóan a foszfát kioldódás üteme is a vízbe kerülést követő első néhány napban a legmagasabb, majd ezt követően, miután a bomló levélben található könnyen oldódó szerves vegyületek elfogynak, a kioldódás üteme lelassul. A vizsgálati időszak végére mindösszesen 11,1 mg/l foszfát oldódott be a Hévízi tóban inkubált mintáinkba.

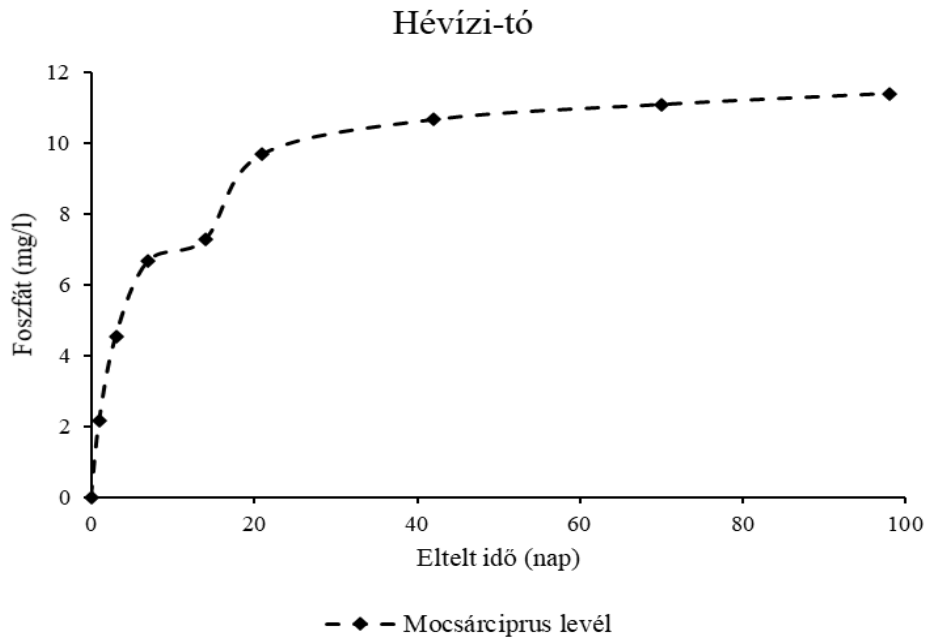
Menéndez és mtsai. (2003) leírják, hogy a *Populus alba* és *Populus nigra* bomlása tavasszal és nyáron jóval magasabb, mint a téli és az őszi időszakban az Ebro folyóban. A Fertő-tónál végzett nádlebontási kísérletek a 2000-es években azt mutatták, hogy az avarszakból történő kisodródás az első három hónapban 50% körül alakult (*Dinka*, 2000).



1. ábra: A mocsárciprus levél tömegének csökkenése a Hévízi-tóban a kísérleti időszak alatt



2. ábra: Az ammónium kioldódása a mocsárciprus levélből a Hévízi-tóban



3. ábra: A foszfát kioldódása a mocsárciprus levélből a Hévízi-tóban

4. Következtetések, javaslatok

Téli időszakban három hónapos kísérletet állítottunk be a mocsárciprus levél lebontási ütemének vizsgálatára a Hévízi-tóban. A mintavételi helyszínen lebontási kísérlet beállítása újszerűnek minősül. Továbbá az eddigi évektől eltérően termálvizet választottunk vizsgálatainkhoz, mely kapcsolatban áll nemtermál vizeinkkel, így teljesebb képet kaphatunk a Keszthelyi-öböl háttérterheléséről.

A jövőben visszamaradt növényi minták szén-, nitrogén és foszfortartalmának vizsgálata nélkülözhetetlen, hiszen így pontos képet kaphatunk a tápelemek kioldódásának üteméről. Terveink között szerepel megismételni a téli időszakban végzett kísérletet, illetve szezonális vizsgálatokat is szeretnénk beállítani a jövőben.

5. Köszönetnyilvánítás

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

6. Felhasznált irodalom

- Almádi L. – Czimmer Gy. – Fehér T. – Kaszab L. – Kovács M. – Nyakas A. – Ördög V. – Penksza K. – Rimóczi I. – Szabó I. – Szigeti J. – Turcsányi G.* (2000): Mezőgazdasági növénytan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest. 249-253.
- Bärlocher F. - Gessner M. O. – Garca M. O. S.* (2020): Methods to Study Litter Decomposition. A Practical Guide. Leaf Mass Loss Estimated by the Litter Bag Technique. 37-51.
- Benfield E. F.* (1997): Comparison of litterfall input to streams. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16.104–108.

- Dinka M.* (2002): A nád különböző szerveinek dekompozíciója. *Hidrológiai Közlöny*. 82.24–27.
- Dobson M. - Frid C.* (1998): *Ecology Of Aquatic Systems* Longman, Essex.
- Enríquez S. - Duarte M. - Sand-Jensen K.* (1993): Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content. *Oecologia*. 94.457- 471.
- Erdélyi M.* (1980): *The Flow System of The Pannonian Basin*, VITUKI.
- Gaudet J. J. – Muthuri F.M.* (1981): Nutrient relationships in shallow water in an African lake, Lake Naivasha. *Oecologia*. 49.109-118.
- Hatvani I. G. - Deganutti de Barros V. - Tanos P. - Kovács J. - Székely Kovács I. - Clement A.* (2020): Spatiotemporal changes and drivers of trophic status over three decades in the largest shallow lake in Central Europe, Lake Balaton. *Ecological Engineering*. 10586. 151.
- Krett G. - Palatinszky M.* (2009): A polyphascis study ont he species diversity of the sediment microbiota of Lake Hévíz. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. 56.4.339–355.
- Menéndez M. - Hernández O. - Comín F. A.* (2003): Seasonal comparisons of leaf processing rates in two Mediterranean rivers with different nutrient availability. *Hydrobiologia*. 495.159–169.
- Oelbermann M. - Gordon A. M.* (2000): Quantity and quality of autumnal litterfall into a rehabilitated agricultural stream. *Journal of Environmental Quality*. 29.603–611.
- Pomogyi P.* (1983): A Kis-Balaton tömegesen előforduló hínárfajok tápanyagforgalma és annak kapcsolata a vízminőségvédelemmel. Kandidátusi értékezés. Keszthely.
- Rybach L. - Muffler, L. J. R.* (1981): *Geothermal Systems*. John Wiley, New York, Brisbane, Toronto.
- Webster J. - Benfield E.* (1986): Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecological Systems*. 17.567–594.

3. Interdiszciplináris Tudományok

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

Ihász Katalin – Farkas Szilvia – Bányai Krisztián

Állatorvostudományi Kutatóintézet

ihasz.katalin@vmri.hu

Összefoglalás

Vörösfarkú boából (*Boa constrictor*) származó arénavírus közel teljes genomszekvenciájának meghatározását és filogenetikai vizsgálatát végeztük el. A 8755 bázis hosszúságú, részleges genomszekvencia meghatározása Ion-Torrent új-generációs és Sanger szekvenálás segítségével történt. A vizsgált genomszekvencia a reptarénavírusokkal megegyező tulajdonságokkal rendelkezik, beleértve a genomszerveződést is a teljes L és részleges S genomszegmensen. A szekvenációanalízis megerősítette, hogy ez a vírus a Rotterdam reptarénavírus faj képviselőivel mutatja a legnagyobb hasonlóságot nukleotid és aminosav szinten is, melyet alátámasztanak a filogenetikai törzsfákon való monofiletikus elhelyezkedésük és azok magas bootstrap értékei is. A Coldvalley reptarénavírus szövettanilag való izolálására tett kísérleteink sikertelenek voltak. Ezen eredmények alapján elsőként írtuk le a reptarénavírus közel teljes genomszekvenciáját Magyarországon.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

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

A Nemzetközi Vírusrendszertani Bizottság (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV) online felületén található rendszertan alapján (<https://talk.ictvonline.org/taxonomy/>) az Arenaviridae víruscsalád jelenleg öt nemzetsége burkos, negatív-szálú, szegmentált RNS genommal rendelkező vírusokat foglal magába: a mammarénavírusok főként rágcsálók fertőző zoonotikus megbetegedéseket okoznak, az antennavírusokat sugarasúszójú halakból mutatták ki. A Hartmanavírus és Reptarénavírus nemzetség képviselői fogságban tartott kígyókat fertőznek, a két genus a genomszerveződésében különbözik. A Reptarénavírus nemzetség tagjainak örökítőanyaga két genomszegmensenből (large, L és small, S) áll, mindegyiken hajtű struktúrát alkotó intergénikus régió

(intergenic regio, IGR) által elválasztott két nyitott leolvasási keret található (open reading frame, ORF). Az L szegmens – mérete megközelítőleg 7,5 kb – kódolja az RNS-függő RNS-polimerázt és a Z (cink-kötő mátrix fehérje) fehérjét, míg a 3,5 kb hosszú S szegmens a glikoprotein prekuzort (GPC) és a nukleoprotein (NP) fehérjéket kódolja (Radoshitzky és mtsai., (2019)).

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

2. Anyag és módszer

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

Ezt követően a máj szervmintát előkészítettük Ion Torrent™ új generációs szekvenálásra Djikeng és munkatársai által, 2008-ban publikált protokoll szerint metagenomikai vizsgálathoz. Az így előállított nukleinsav 100 ng-ból a NEB-Next® Fast DNA Fragmentation & Library Prep Set for Ion Torrent™ kit segítségével (New England Biolabs) enzimes fragmentációt végeztünk, majd a fragmensekhez adaptereket kötöttünk Ion Xpress™ Barcode Adapters kit (Thermo Fisher Scientific) segítségével. Ezt Geneaid Gel/PCR DNA Fragments Extraction Kit segítségével tisztítottuk, majd 2 m/V%-os, előre gyártott géleken (Life Technologies) elektroforetizáltuk és a 300 és 350 bp közötti termékeket visszanyertük. A NEB-Next® Fast DNA Fragmentation & Library Prep Set for Ion Torrent™ kit (NEB) segítségével történő amplifikációt követően a könyvtárat agaróz gélből tisztítottuk, majd Qubit® dsDNA BR Assay kittel (Life Technologies) fluorometriás mennyiségi meghatározást végeztünk. Ezt követően a vonalkódolt DNS termékek klonális amplifikációja IonSphere™ paramágneses gyöngyök felszínén egymást követő emulziós PCR-ekkel történt Ion OneTouch™ Template Kit (Life Technologies) használatával, OneTouch™v2 készüléken zajlott le a gyártó utasításai alapján. Az amplifikált könyvtár DNS-t tartalmazó részecskék dúsítását az Ion OneTouch™ ES robottal hajtottuk végre. A szekvenálást Ion Torrent Personal Genome Machine® készüléken végeztük, 316, ill. 318 típusú chipeken, az Ion PGM™

Sequencing kithoz ajánlott szekvenálási protokollt követve. Az újgenerációs szekvenálás során nyert adatokat a CLC Genomic Workbench szoftver segítségével (<https://digitalinsights.qiagen.com/>) dolgoztuk fel. A kapott szekvencia adatokat ellenőriztük és a rossz minőségű vagy túl rövid nukleotid szakaszokat (read) kiszűrtük, majd levágtuk az adapter régiókat. Ezt követően a readokat egy génbanki eredetű referencia törzs szekvenciájához illesztettük, ezzel a módszerrel a vírustörzsek teljes, vagy közel teljes genomsekvenciáját tudtuk meghatározni. Az új-generációs szekvenálás során sikertelenül meghatározott szakaszokra primert terveztünk, majd One Step RT-PCR (Qiagen) segítségével sokszoroztuk fel a megfelelő szakaszokat a gyártó utasításai szerint. A PCR termékek ellenőrzése és tisztítása után Sanger szekvenálást végeztünk mindkét irányból BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing kit (Applied Biosystems) segítségével. A szekvenálási termékeket etanol és nátrium-acetát elegyével csaptuk ki. A szekvenálási termékek kapilláris gélelektroforézise együttműködő partnereinknél történt ABI PRISM 3100 Avant Genetic Analyser készülék használatával.

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

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

3. Eredmények és értékelésük

A reptarénavírusok glikoprotein génjének egy rövid szakaszára tervezett általános primerek segítségével az alábbi szervhomogenizátumokból sikerült reptarénavírust kimutatnunk RT-PCR-es szűrővizsgálattal: tüsző, nyelőcső, vese, gerincvelő, agy, gyomor, vékonybél, máj, lép, szív és tüdő. A rövid szakasz Sanger-sekvenálása alapján arénavírus jelenlétét állapítottuk meg, melynek a Coldvalley vírus nevet adtuk. Annak ellenére, hogy irodalmi adatokkal rendelkezünk viperaszív szövettenyésztésen szaporodó reptarénavírusról (Stenglein és mtsai., (2012); Hetzel és mtsai., (2013)), három passzáls során sem tudtuk eredményesen izolálni a Coldvalley vírust. A sikertelen izolálási kísérlet oka lehet, hogy az általam használt mintában nem volt megfelelő mennyiségű szaporodásra képes vírus.

Az általunk vizsgált arénavírus teljes genomsekvenciájának meghatározása új generációs szekvenálás segítségével is sikertelennek bizonyult, összesen 8755 nukleotidot sikerült meghatározni. A Coldvalley vírus genomja a szekvenciaadatok alapján két szegmensre tagoló-

1. táblázat. A vírus genomjának általános jellemzői

Genom szegmens	L		S	
Szegmens hossza (nukleotid)	6860		1895*	
5' UTR hossza	87		NA	
ORF hossza	3873	6206	111*	1775
kódolt fehérje	ZP	L	GPC	NP
fehérje mérete (aminosav)	116	2069	37*	585
IGR hossza (nukleotid)	172		585	
3' UTR hossza (nukleotid)	47		29	

* részleges szekvencia

lünk vizsgált vírus az ismert reptarénavírusokkal megegyező genomszerveződéssel rendelkezik, tekintve, hogy L szegmensén a virális polimeráz gén mellett a ZP fehérje kódoló szakasza is megtalálható. A Génbank adatbázisában a homológ gének keresése során az L szegmens leginkább az F15185-ös UHV-3 vírussal (KX527586) mutatott hasonlóságot nukleotid szinten (99,23%), míg a részleges S szegmens szintén UHV-3-mal (KR870019) mutatta a legmagasabb hasonlósági értéket (98,89%). Az általunk vizsgált vírus L szegmens szekvenciáját összehasonlítottuk az Arenaviridae családba sorolt vírusok homológ szekvenciáival, a legmagasabb azonossági értékeket a Reptarenavirus nemzetség képviselői esetében láthattunk (56,31-98,89%), melyek az ICTV ajánlása szerint egyazon arénavirus nemzetségbe tartozás határértéke (35%) felett álltak, ezért javasoljuk, hogy a vörösfarkú boából izolált vírusunk a Reptarenavirus nemzetségbe tartozzon.

A Reptarenavirus nemzetség besorolt és jelenleg besorolatlan képviselőinek L és NP gén kódoló régióinak nukleotid szekvenciái alapján készítettünk maximum-likelihood filogenetikai törzsfákat, melyen a Coldvalley arénavirus a Rotterdam reptarenavirus faj képviselői között helyezkedik el (2. ábra). A Coldvalley arénavirus az L és NP gén nukleotid alapú törzsfáján is az F15185-ös UHV-3 vírussal (KX527586) egy ágon található.

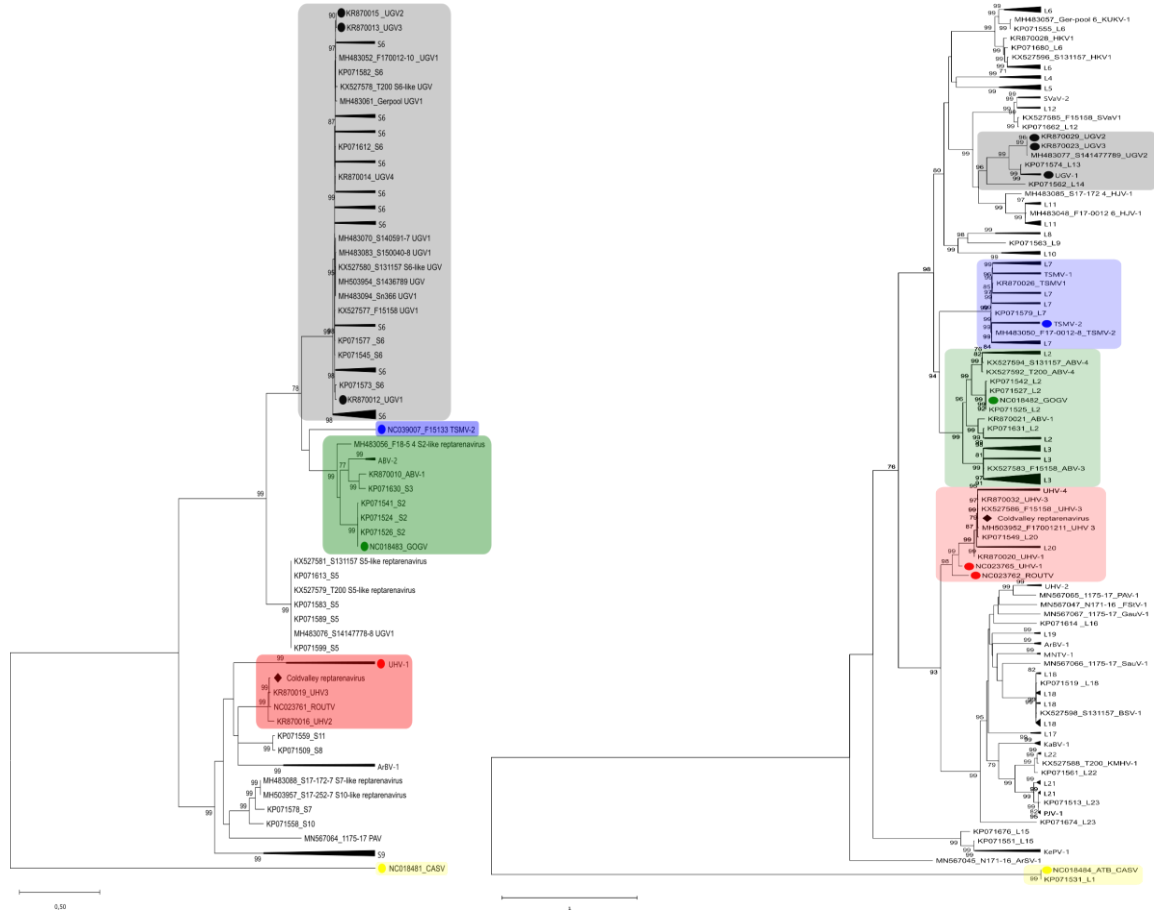
Mivel ismert a reptarénavírusok között rekombináció jelensége (Stenglein és mtsai., (2015)), rekombinációs analízist végeztünk a Coldvalley reptarénavirus és a Reptarenavirus nemzetség képviselőivel: a program nem talált rekombinációs eseményt az L szegmens esetében. Az S szegmensre a részleges szekvenciaadatok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

A homológia-kereső programok segítségével az L szegmenszen azonosított 2 és az S szegmenszen azonosított 1 ORF-en felül további alternatív ORF-eket azonosítottunk az NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) ORFFinder programjának segítségével.

A filogenetikai törzsfák vizsgálata, a magas bootstrap értékek és PASC magas azonossági értékei is alátámasztják azt a megállapításunkat, hogy a vizsgált arénavirusunk a Rotterdam reptarenavirus faj képviselője. Első alkalommal határoztuk meg reptarénavirus közel teljes genomszekvenciáját Magyarországon.

dik. Az L szegmens teljes szekvenciáját megismertük, az S szegmenst azonban csak részlegesen sikerült meghatározni (1. táblázat). A GC arány 40,8%.

A Coldvalley arénavirus genomszerveződése az L szegmenszen megegyezik az Arenaviridae család tagjainak genomszerveződésével, ugyanez mondható el az S szegmens ismert szakaszáról is. Kijelenthetjük továbbá, hogy az álta-



2. ábra. A Reptarenavirus nemzetség képviselőivel készült, NP (balra) és L gén (jobbra) nukleinsav alapú, maximum-likelihood módszerrel készült filogenetikai törzsfája. Az egyes négyzetek az egy fajba tartozó törzseket jelzik: sárga – Californai reptarenavirus, piros – Rotterdam reptarenavirus, zöld – Golden reptarenavirus, kék – Ordinary reptarenavirus, szürke – Giessen reptarenavirus. A színes körök az ICTV által besorolt törzseket jelölik, a Coldvalley reptarenavirus élére állított négyzettel jelölt.

4. Következtetések, javaslatok

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

5. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a MATE Georgikon Campus, Fesztetics Doktori Iskola EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projektje támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A szerzők az ÁTKI-ben kutatásaikhoz támogatást kaptak továbbá a Magyar Tudományos Akadémiától (Lendület program, OTKA [K108727]) is.

6. Irodalomjegyzék

- Abascal, F - Zardoya, R. - Telford, M.J.* (2010): TranslatorX: multiple alignment of nucleotide sequences guided by amino acid translations. *Nucleic Acids Res.* 38, W7–W13.
- Altschul, S.F. - Gish, W. - Miller, W. - Myers, E.W. - Lipman, D.J.* (1990): Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.*, 215, 403–410.
- Argenta F. – Hepojoki J. – Smura T. – Szirovicza L. – Hammerschmitt M. E. – Driemeier D. – Kipar A. – Hetzel U.* (2020): Identification of Reptarenaviruses, Hartmanviruses, and a Novel Chuvirus in Captive Native Brazilian Boa Constrictors with Boid Inclusion Body Disease. *J Virol.* 18;94(11):e00001-20.
- Carlisle-Nowak MS. - Sullivan N. - Carrigan M. - Knight C. - Ryan C. - Jacobson ER.* (1998): Inclusion body disease in two captive Australian pythons (*Morelia spilota variegata* and *Morelia spilota spilota*). *Aust Vet J.*, 76.98-100.
- Djikeng, A. – Halpin, R. - Kuzmickas, R. - DePasse, J. – Feldblyum, J. – Sengamalay, N. - Afonso, C. - Zhang, X. - Anderson, N. G. - Ghedin, E. - Spiro, D.J.* (2008): Viral genome sequencing by random priming methods. *BMC Genomics* 9, 5.
- Hall, T.A.* (1999): BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Hetzel, U. – Sironen, T – Laurinmäki, P. - Liljeroos, L. - Patjas, A. - Henttonen, H. – Vaheri, A. - Artelt, A. - Kipar, A. – Butcher S. J. - Vapalahti, O. – Hepojoki J.* (2013): Isolation, Identification, and Characterization of Novel Arenaviruses, the Etiological Agents of Boid Inclusion Body Disease. *J. Virol.* 87(20)10918-10935.
- Kearse, M. - Moir, R. - Wilson, A. - Stones-Havas, S. - Cheung, M. - Sturrock, S. - Buxton, S. - Cooper, A. - Markowitz, S. - Duran, C. - Thierer, T. - Ashton, B. - Meintjes, P. - Drummond, A.* (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics* 28,1647–1649.
- Kumar, S - Stecher, G. - Li, M. - Nnyaz, C. – Tamura, K.* (2018): MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol.* 35:1547-1549.
- Larsson, A.* (2014). AliView: a fast and lightweight alignment viewer and editor for large datasets. *Bioinformatics* 30,3276–3278.
- Martin, D. P. – Murrell, B – Golden, M. – Khoosal, A. – Muhire, B.* (2015): RDP4: Detection and analysis of recombination patterns in virus genomes. *Virus Evol.*1:vev003.
- Radoshitzky, S. R - Buchmeier, M. J. - Charrel, R. N - Clegg, J. C. S. – Gonzalez J. P. Günther, S. - Hepojoki, J. - Kuhn, J. H. - Lukashevich, I. S. - Romanowski, V. - Salvato, M. S. - Sironi, M. - Stenglein, M. D. - de la Torre, H. C. - and the ICTV Report Consortium* (2019): ICTV Virus Taxonomy Profile: Arenaviridae. *J Gen Virol.* 100,1200–1201.
- Schumacher, J. – Jacobson, E. R. – Homer, B. L. – Gaskin, J. M.* (1994): Inclusion body disease in boid snakes. *J Zoo Wildl Med.* 25:511–524
- Stenglein, M. D. – Jacobson, E. R. – Chang, L. W. – Sanders, C – Hawkins, M. G. – Guzman, D. S – Drazenovich, T. – Dunker, F – Kamaka, E. K – Fisher, D. – Reavill, D. R. – Meola, L. F – Levens, G – DeRisi, J. L.* (2015): Widespread recombination, reassortment, and transmission of unbalanced compound viral genotypes in natural arenavirus infections. *PLoS Pathog.* 20;11(5):e1004900.
- Stenglein, M. D. – Sanders, C – Kistler, A. L. - Ruby, J. G. - Franco J. Y. - Reavill D. R – Dunker, F – Derisi, J. L.* (2012): Identification, characterization, and in vitro culture of highly divergent arenaviruses from boa constrictors and annulated tree boas: candidate etiological agents for snake inclusion body disease. *MBio.* 3:e00180-e00212. 7.

Pajzstetű DNS kivonás módszertani fejlesztése száraz anyagokból

Magyari-Meskó Réka^{1,2} – Fülöp Dávid¹ – Szita Éva¹

¹ELKH, Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Budapest

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

mesko.reka@atk.hu

Összefoglalás

Az inváziós rovarkártevők, köztük a pajzstetvek, komoly gazdasági károkat okoznak. A megelőző intézkedések és a felmerülő növényvédelmi problémák kezelésének sikeressége a helyes azonosítás függvénye. Mivel a pajzstetvek morfológiai azonosítása nem megoldott minden fejlődési stádiumban, ezért felmerült a molekuláris azonosítás szükségessége. Vizsgálataink során 16 pajzstetű egyed (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoomorpha) száraz gyűjteményi mintájából végeztünk DNS kivonást. A minták 1-50 év közöttiek voltak. A szakirodalomból eddig nem ismert NucleoSpin DNS Insect Kitet teszteltük pajzstetvekre és a gyártói protokollt több helyen módosítottuk. Gazdaságos módszer kidolgozása száraz mintákra, nagyban segítené a nehezen begyűjthető azonosításra szoruló egyedek faji identifikációját a meghatározott szekvenciákkal. Az izolátumból PCR reakció során a citokróm-c-oxidáz 1 (COI) valamint a riboszómális 28S D2 régiót alkalmaztuk. Eddigi vizsgálataink során a 16 egyedből mindössze a COI- régió esetében tudtunk terméket előállítani 3 mintánál. A későbbiekben további módszertani változtatásokat tervezünk és más gyártói protokollokat is bevonnánk a fejlesztésbe.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjainkra a hazánkba betelepülő ízeltlábú fajok száma jelentősen emelkedett az éghajlatváltozás, valamint a közúti közlekedés és a nemzetközi kereskedelem élénkülése miatt. A globális klímaváltozás fontos szerepet játszik a rovarok elterjedési területeinek és a környezet biológiai sokféleségének megváltozásában (*Willis és Bhagwat, 2009*). Déli elterjedésű fajok kiszorítják élőhelyükről az északiakat, esetenként súlyos problémákat okozva az adott területen (*Laštůvka, 2009*).

Az új fajok között inváziós kártevők is megjelennek a mezőgazdasági- és az erdészeti területeken egyaránt (*Dawson és mtsai., 2011*). A megelőző intézkedések és a felmerülő növényvédelmi problémák kezelésének sikeressége a helyes azonosítás függvénye (*Damos és mtsai., 2015*).

A pajzstetvek (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoomorpha) a növényi kártevők jelentős csoportját képviselik. Életmódjuk igen változatos, a legkülönbözőbb növényfajokon szívatnak (*Kozár, 1989*). Számos közülük a gazdanövény föld feletti részein él, de egyes csoportjaik a növények gyökerére specializálódnak (*Kozár és Konczné Benedicty, 2007*).

Rejtett életmódjuk és apró méretük miatt behurcolásuk észrevétlenül történik (*Miller és mtsai., 2005*). Életciklusuk alatt többnyire helyhez kötötten élnek, ami lassú terjedést feltételez, passzív terjesztésük a kereskedelmi útvonalak mentén számottevő (*Kozár és Konczné Benedicty, 2010*). Élő növényekkel számos veszélyes pajzstetűfaj került be hazánkba is és terjedt el szerte a világon (*Kozár és mtsai., 2012; Miller és mtsai., 2014; Szita és Érsek, 2017*).

Magyarországon 275 pajzstetű faj jelenléte kimutatott (*Kozár és mtsai., 2013a; Kozár és mtsai., 2013b; Szita és Érsek, 2017*). Hazánk a pajzstetű fauna szempontjából jól feltártnak mondható, hiszen ez a szám hazánk területének nagyságához viszonyítva európai és világví-

szonylatban is igen nagyinak számít. Magyarország pajzstetű faunájának mintegy 25 %-a idegenhonos faj, amelyek egy része ugyan jelenleg csak üvegházakból és trópusi gyümölcsökről ismert, de a globális felmelegedés és mediterrán növényfajok betelepítése kedvez az új rovarfajok kültéri megtelepedésének is (Kozár és Nagyné Dávid, 1985; Szita és Érsek, 2017; Török és mtsai., 2003).

A molekuláris vonalkódolás a nehezen határozható csoportok gyors beazonosításában nyújthat segítséget (*Malaua és mtsai.*, 2010; *Pacheco da Silva és mtsai.*, 2014), ami egyre elterjedtebb világszerte. A módszer számos esetben kriptikus fajok jelenlétét is kimutathatja (*Malaua és mtsai.*, 2010). Bár a DNS alapú faji identifikáció (Barcoding) napjainkra széleskörűen elterjedté vált, ennek gyakorlatba való átültetéséhez azonban szükséges az eredmények összehangolása a hagyományos, morfológiai alapú taxonómiai háttérismeretekkel (*Kondo és mtsai.*, 2008).

A DNS szekvenálás hasznos segítség a kártevő fajok meghatározásában (*Abd-Rabou és mtsai.*, 2012), valamint lehetővé teszi juvenilis egyedek fajszintű azonosítását is, így a molekuláris vonalkód technológia alkalmas a kártevők gyors és megbízható azonosítására specialista szakemberek bevonása nélkül is, így segítve a célirányos integrált védekezés megvalósítását. A DNS vonalkódoláshoz a mitokondriális DNS egy rövid szakaszát használják az egyedek fajszintű azonosítására (*Hebert és Gregory*, 2005). Bár napjainkra a DNS vonalkódolás a taxonómiai kutatások szerves részét képezik, viszont a módszer hatékony alkalmazásához különlegesen alapos taxonómiai háttértudás szükséges (*Kipling és Rubinoff*, 2004; *Kondo és mtsai.*, 2008).

A rovarok DNS kivonásával kapcsolatban 2003-óta folyamatosan jelennek meg tanulmányok. Számos tanulmány vizsgálatai igazolják, hogy a mitokondriális citokróm-c-oxidáz az egyik legjobban alkalmazható szakasz a rovarok molekuláris genetikai vizsgálataiban (*Malaua és mtsai.*, 2010). Ennek ellenére egyes családok esetében nem bizonyul megfelelőnek (*Porter és mtsai.*, 2014). A pajzstetvek vizsgálatakor a legnagyobb biztonsággal a riboszómális 28SD2 és 18S régió alkalmazása vezetett eredményre (*Sethusa és mtsai.*, 2014; *Wang és mtsai.*, 2015).

Számos nehezen gyűjthető rovarcsoportnál múzeumi mintákat is használtak molekuláris vizsgálatokban (*Suarez és Tsutsui*, 2004). A DNS kivonás olyan egyszerű és gyors módszereit kutatták, amelyek a múzeumi minták állapotát megőrizve alkalmasak molekuláris genetikai vizsgálatokra. Valójában azonban a régi, száraz, akár 90 éves mintákból történő DNS izolálás lehetőségeiről nagyon kevés információt találhatunk. Említésre méltó (*Gilbert és mtsai.*, 2007) munkája, amelyben a futóbogarak Paussinae alcsaládjának 14 fajtát vizsgálták, melyek között volt 90 évesnél régebbi egyed is. Az 1952 és 1966-os minták esetében sikerült PCR termék előállítását.

Munkánk során célul tűztük ki, hogy a száraz gyűjteményi anyagok esetében optimalizáljuk az izolálási eljárást pajzstetvekre, és több módszert is teszteljünk. A szakirodalmi hivatkozások eddig a NucleoSpin DNS Insect Kit alkalmazását pajzstetvek esetében nem említik, így ezzel a módszerrel kezdtük meg vizsgálatainkat. Terveink között szerepel a későbbiekben a Chelex-protokoll, Sigma Aldrich GenElute™ Gel Extraction Kit valamint a Qiagen DNeasy Blood & Tissue Kit alkalmazása is. További lépésként a COI és 28s D2 régióra alkalmazott PCR-protokoll optimalizálását végezzük el. A kutatáshoz kiválasztott hazai kártevő pajzstetű fajokból DNS kivonást és szekvenálást végezzük. A meghatározott DNS szekvencia adatait ezután nyilvános adatbázisba tervezzük feltölteni. A kiválasztott fajok genetikai variabilitását megvizsgáljuk. Számolhatunk kriptikus fajok kimutatásának lehetőségével, azok részletes morfológiai és molekuláris vizsgálatával is.

A száraz anyagok vizsgálatának elsődleges célja az, hogy kiderítsük, hogy a gyűjteményben rendelkezésre álló 230 pajzstetű faj, amely lefedi a kutatásunkban vizsgálandó fajok jelentős részét, mennyire alkalmas DNS izolálásra, így barkedolásra.

2. Anyag és módszer

Az ELKH ATK Növényvédelmi Intézet Állattani osztályán rendelkezésünkre áll Kozár Ferenc száraz pajzstetű gyűjteménye. A gyűjteményben 30-53 éves példányok találhatóak. Munkánk során 16 pajzstetű faj egyedeit vizsgáltuk ezidáig.

A molekuláris genetikai vizsgálat során az izolálást NucleoSpin DNS Insect Kittel végeztük. A gyári protokollban pajzstetűkre adaptálva több változtatást is végrehajtottunk. A gyártó által javasolt második lépésnél a proteináz K hozzáadását követően a 20 perc várakozási idő után 70°C-on 5 perc melegítést végeztünk. Az első körben végzett kivonások után a 20 perces inkubációs idő megváltoztatását kíséreltük meg. Két-két minta esetében 1 órára, 2 órára és 4 órára növeltük az időintervallumot. A 3. lépésnél a 600 µl MG hozzáadásakor 20 µl 96%-os etanollal segítjük a reakció hatékonyságát. Utolsó lépésként az épen megmaradt kutikula eltávolításra kerül az izolátumból.

A mintákból izolált DNS két régióját szaporítottuk fel PCR segítségével. A szakirodalmi tapasztalatokat alapul véve, a COI régió felszaporításához a PCR reakcióban következő primereket használtuk: forward – C1-J-2183 aka Jerry (5' -CAA CAT TTA TTT TGA TTT TTT GG-3') (Simon és mtsai., 1994), reverse – a C1-N-2568 aka BEN3R (5' -GCW ACW ACR TAA TAK GTA TCA TG-3') (Brady és mtsai., 2000). 28S D2 régió esetében az S3660 FORWARD (Dowton és Austin, 1998) (5' -GAG AGT TMA ASA GTA CGT GAA AC-3') primert valamint a A335 REVERSE (5' -TCG GAR GGA ACC AGC TAC TA-3') (Whiting és mtsai., 1997) használtuk.

A PCR programhoz mintánként 25 µl reakcióelegybe 14,5 µl MQ (víz), 5 µl 5x HOT FIREPol Master Mix, 0,25-0,25 µl R és F primer valamint 5 µl izolált DNS templát kerül pipettázásra. A COI régió esetén 1. 95oC (15 min) - primer aktiválás, 2. 95oC (1 min), 3. 45oC (1 min), 4. 72oC (1 min 30 sec), 2-4-ig 40× ismétlés, 5. 72oC (5 min), 6. 4oC ∞ programot állítunk be. 28S D2 régió esetén 1. 95oC (15 min), 2. 95oC (1 min), 3. 50oC (1 min), 4. 72oC (1 min 30 sec), 2-4-ig 40× ismétlés, 5. 72oC (5 min), 6. 4oC ∞ programot futtatunk a készüléken. A PCR termék 5 µl-ét pipettáztuk a 2%-os TAE gél zsebeibe pozitív kontroll és negatív kontroll mellett. Létrának GeneRuler 100 bp plus DNA került az első zsebekbe. Az agaróz gélelektroforézist 100V, 200mA mellett 70 min. alatt végeztük el. A futtatott gél UV fényben vizsgáltuk meg. A szekvenálás 2 irányból valósul majd meg egy szolgáltató laboratórium igénybevételével. További bioinformatikai feldolgozás során a MEGA-X programot fogjuk használni.

3. Eredmények és értékelésük

Az 1. táblázatban foglaltuk össze vizsgálataink eddigi eredményeit. A Dr. Kozár Ferenc által gyűjtött szárazanyagok közül 16 egyedből kíséreltünk meg DNS-t kivonni NucleoSpin DNS Insect Kit-et használva. A DNS izolálás eredményeit az 1. táblázat tartalmazza. A COI régiónál a *Rhizopulvinaria artemisiae* (Signoret)(Coccidae), a *Phenacoccus aceris* (Pseudococcidae), valamint a *Chionaspis salicis* (Diaspididae) adott PCR-terméket. Ezek közül két minta inkubációs ideje 20 perc volt, a harmadiké 60 perc. A 28s D2 régió esetében mindegyik minta negatív tesztet adott a PCR-vizsgálat után.

1. táblázat. Száraz pajzstetű mintákból nyert DNS-izolátum PCR-teszt eredményei COI valamint 28S D2 régióra. (T* inkubációs idő az izolálás során)

CSALÁD	FAJNÉV	GYŰJTÉS IDEJE	GYŰJTÉS HELYE	T* (MIN)	COI	28S D2
Asterolecaniidae	<i>Asterodiaspis minor</i> (Russell)	1979	Adánd	20	0	0
Asterolecaniidae	<i>Planchonia arabidis</i> Signoret	1975	Dobogókő	20	0	0
Coccidae	<i>Eulecanium tiliae</i> (Linnaeus)	1971	Veszprém	20	0	0
Coccidae	<i>Rhizopulvinaria artemisiae</i> (Signoret)	1981	Budaörs	60	1	
Coccidae	<i>Scythia craniumequinum</i> Kiritchenko	1984	Nagymaros	20	0	0
Cryptococcidae	<i>Cryptococcus fagisuga</i> Lindinger	1975	Nagymilic	20	0	0
Cryptococcidae	<i>Cryptococcus fagisuga</i> Lindinger	1982	Felsőtárkány	240	0	
Cryptococcidae	<i>Pseudohermes fraxini</i> (Kaltenbach)	1984	Pilisszentlélek	120	0	
Diaspididae	<i>Carulaspis juniper</i> (Bouché)	1985	Balatonudvari	240	0	
Diaspididae	<i>Chionaspis salicis</i> (Linnaeus, 1758)	1979	München	20	1	0
Diaspididae	<i>Diaspidiotus ostreaeformis</i> (Curtis)	1989	Kamaraerdő	20	0	0
Diaspididae	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (Targioni Tozzetti)	2020	Gyömöre	20	0	0
Kermesidae	<i>Kermes quercus</i> (Linnaeus)	1983	Wimbledon	60	0	
Ortheziidae	<i>Orthezia urticae</i> (Linnaeus)	1993	Mályinka	20	0	0
Pseudococcidae	<i>Coccura comari</i> (Kunow)	1982	Budapest	120	0	
Pseudococcidae	<i>Phenacoccus aceris</i> (Signoret)	1975	Velencefürdő	20	1	0

4. Következtetések, javaslatok

Az eddigi eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a száraz múzeumi gyűjtemény egyedei a számtalan állagmegőrző kezelés miatt DNS izolátum készítésére kevésbé alkalmasak. Számítani lehet rá, hogy módszertől függetlenül igen alacsony százalékban fogunk pozitív eredményt kapni a későbbiekben is. Családonként több faj bevonása mellett minden családban célszerű lenne különböző korú mintákat vizsgálni.

A kezdeti vizsgálatok, amelyek a DNS izolálás hatékonyságának növelését célozták meg, nem vezettek egyértelműen pozitív eredményhez. Az eddig vizsgált minták alapján az inkubációs idő nem befolyásolta pozitívan a DNS izolálás hatékonyságát. További fajok különböző korú egyedeivel szükséges bővíteni a kísérletet, hogy a különböző időintervallumokhoz több adat álljon rendelkezésünkre.

Ha sikerül nagyobb százalékban eredményt elérni vizsgálatainkban, a 40-50 éves minták szekvenciái a friss gyűjtésből származó egyedek szekvenciáihoz hasonlóan felhasználhatóak lennének a pajzstetű bárkód adatbázis bővítéséhez.

Növényvédelmi szempontból fontos pajzstetű fajok parazitoidjainak vizsgálatára érdemes lenne kiterjeszteni a morfológiai és molekuláris genetikai vizsgálatokat. Az azonosított parazitoidok biológiai növényvédelmi célú vizsgálatai *in vitro*, *in vivo* valamint on farm kísérletekben jelentős segítséget nyújthatnak a gazdálkodóknak, valamint a városi zöldfelület kezelőinek egyaránt.

5. Köszönetnyilvánítás

A munkánk anyagi fedezetét a Nemzeti Kutatási-Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA FK131550 sz. pályázata biztosította.

6. Felhasznált irodalom

- Abd-Rabou, S. – Shalaby, H. – Germain, J. F. – Ris, N. – Kreiter, P. – Malausa, T.* (2012): Identification of mealybug pest species (Hemiptera: Pseudococcidae) in Egypt and France, using a DNA barcoding approach. *Bulletin of Entomological Research* 102.1-9.
- Brady, S. G. – Gadau, J. – Ward, P. S. /szerk./* (2000): Systematics of the ant genus *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae): a preliminary analysis using data from the mitochondrial gene cytochrome oxidase I. A.D. Austin and M. Dowton, Collingwood.
- Damos, P. - Escudero Colomar, L. A. – Ioriatti, C.* (2015): Integrated fruit production and pest management in Europe: The apple case study and how far we are from the original concept? *Insects* 6.626-657.
- Dawson, T. P. – Jackson, S. T. – House, J. I. – Prentice, I. C. – Mace, G. M.* (2011): Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332.53-58.
- Dowton, M. – Austin, A. D.* (1998): Evolutionary Dynamics of a Mitochondrial Rearrangement ‘‘Hot Spot’’ in the Hymenoptera. *Molecular Biology and Evolution* 16.298-309.
- Gilbert, M. T. P. – Moore, W. – Melchior, L. – Worobey, M.* (2007): DNA Extraction from Dry Museum Beetles without Conferring External Morphological Damage. *PLoS ONE* 2.
- Hebert, P. D. N. – Gregory, T. R.* (2005): The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 54. 852-859.
- Kipling, W. W. – Rubinoff, D.* (2004): Myth of the molecule: DNA barcodes for species cannot replace morphology for identification and classification. *Cladistics* 20.47-55.
- Kondo, T. – Gullan, P. J. – Williams, D. J.* (2008): Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9.55-61.
- Kozár F.* (1989): Scale insects – Coccoidea. [Pajzstetvek -Coccoidea. In Hungarian]. In: *Jermy T. - Balázs K. /szerk./ Manual of Plant Protection Zoology [A növényvédelmi állattan kézikönyve 2]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 193-290.*
- Kozár F. - Fetykó K. - Szita É. - Konczné Benedicty Z.* (2012): A fehér fenyő-pajzstetvek újabb jelentős felszaporodása a hazai autópályákon (Hemiptera: Coccoidea, Diaspididae, *Leucaspis* sp.) [A new significant outbreak of white pine scales on Hungarian highways (Hemiptera: Coccoidea, Diaspididae, *Leucaspis*)]. *Növényvédelem* 48.349-354.
- Kozár F. - Konczné Benedicty Z.* (2007): *Rhizoecinae of the World.* Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- Kozár F. - Konczné Benedicty Z.* (2010): Study on some insect groups in Hungarian highways in relation to climate changes, and transportation. In: *IENE International Conference on Ecology.* Velence, pp.
- Kozár F. - Konczné Benedicty Z. - Fetykó K. - Kiss B. - Szita É.* (2013a): An annotated update of the scale insect checklist of Hungary (Hemiptera, Coccoidea). *ZooKeys* 309.49-66.
- Kozár F. - Nagyné Dávid A.* (1985): Néhány rovarfaj váratlan északi terjedése Közép-Európában és a klímaváltozások. In: *Növényvédelmi Tudományos Napok' 85.* Budapest, 8 pp.
- Kozár F. - Szita É. - Fetykó K. - Neidert D. - Konczné Benedicty Z. - Kiss B.* (2013b): Pajzstetvek, sztrádák, klíma. MTA ATK Növényvédelmi Intézet, Budapest.
- Laštůvka, Z.* (2009): Climate change and its possible influence on the occurrence and importance of insect pests. *Plant Protection Science* 45.53-62.
- Malausa, T. – Fenis, A. – Warot, S. – Germain, J. F. – Ris, N. – Prado, E. – Botton, M. - Vanlerberghe-Masutti, F. – Sforza, R. – Cruaud, C. – Couloux, A. – Kreiter, P.* (2010): DNA markers to disentangle complexes of cryptic taxa in mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Applied Entomology* 135.142-155.

- Miller, D. R. – Miller, G. L. – Hodges, G. S. – Davidson, J. A.* (2005): Introduced scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the United States and their impact on U.S. Agriculture. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 107.123-158.
- Miller, D. R. – Rung, A. – Parikh, G.* (2014): Scale Insects, edition 2, a tool for the identification of potential pest scales at U.S.A. ports-of-entry (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea). *ZooKeys* 431.61-78.
- Pacheco da Silva, V. C. – Bertin, A. – Blin, A. – Germain, J. F. – Bernardi, D. – Rignol, G. – Botton, M. – Malausa, T.* (2014): Molecular and Morphological Identification of Mealybug Species (Hemiptera: Pseudococcidae) in Brazilian Vineyards. *PLoS ONE* 9.e103267.
- Porter, T. M. – Gibson, J. F. – Shokralla, S. – Baird, D. J. – Golding, G. B. – Hajibabaei, M.* (2014): Rapid and accurate taxonomic classification of insect (class Insecta) cytochrome c oxidase subunit 1 (COI) DNA barcode sequences using a naïve Bayesian classifier. *Molecular Ecology Resources* 14.929-942.
- Sethusa, M. T. – Millar, I. M. – Yessoufou, K. – Jacobs, A. – van der Bank, M. – van der Bank, H.* (2014): DNA barcode efficacy for the identification of economically important scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in South Africa. *African Entomology* 22.257-266.
- Simon, C. – Frati, F. – Beckenbach, A. – Crespi, B. – Liu, H. – Flooto, P.* (1994): Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Annals of the Entomological Society of America* 87.651-701.
- Suarez, A. – Tsutsui, N. D.* (2004): The Value of Museum Collections for Research and Society. *BioScience* 54.66-74.
- Szita É. – Érsek L.* (2017): Az indiai teknőspajzstetű (Coccomorpha: Coccidae: Ceroplastes ceriferus) szabadföldi megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem* 73.148-151.
- Török K. – Botta-Dukát Z. – Dancza I. – Németh I. – Kiss J. – Mihály B. – Magyar D.* (2003): Invasion gateways and corridors in the Carpathian Basin: biological invasions in Hungary. *Biological Invasions* 5.349-356.
- Wang, X.-B. – Deng, J. – Zhang, J.-T. – Zhou, Q.-S. – Zhang, Y.-Z. – Wu, S.-A.* (2015): DNA barcoding of common soft scales (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) in China. *Bulletin of Entomological Research* 105.545-554.
- Whiting, M. F. – Carpenter, J. M. – Wheeler, Q. – Wheeler, W. C.* (1997): The Stresiptera Problem: Phylogeny of the Holometabolous Insect Orders Inferred from 18S and 28S Ribosomal DNA Sequences and Morphology. *Systematic Biology* 46.
- Willis, K. J. – Bhagwat, S. A.* (2009): Biodiversity and climate change. *Science* 326.806-807.

Rekonstruált gyepek madárállományainak alakulása a Hortobágyon

Tóth Máté

*Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Természetvédelmi mérnök BSc szak II. évfolyam*

malenkijtoth@gmail.com

Összefoglalás

Az egyre intenzívebbé váló mezőgazdaság a természetes élőhelyek fogyatkozását, feldarabolódását és leromlását okozza, mely fajok sokaságának az állománycsökkenésével, esetleg helyi kipusztulásával jár. A kemikáliák terjedésével, a műtrágyahasználattal, a természetes élőhelyek pusztításával a mezőgazdasági élőhelyekhez kötődő fajok állományai 1999 óta 30%-kal csökkentek hazánkban. A természetvédelmi szempontból megfelelően kezelt területek ugyanakkor ezen veszélyeztetett fajok tucatjainak jelentenek élőhelyet. A Hortobágyi Nemzeti Park „Egyek-Pusztakócsi mocsarak” tájegységében végzett élőhely-rekonstrukció több védett madárfaj szaporodó és táplálkozóhelyét adta vissza. A szántóföldi növénytermesztés megszüntetésével, majd a szántóterületek gyepesítésével megkezdődött az őshonos és a tájba illő növényzet visszaállítása, a legeltetés és a kaszálás újraindítása. Kutatásom során a gyeprekonstrukció hatását vizsgáltam a madárvilágra standardizált pontszámlálások alapján. Összesen 66 madárfaj jelenlétét mutattam ki. Az egyek-pusztakócsi gyeprekonstrukciókhoz hasonló természetvédelmi beavatkozásokkal az állománycsökkenés visszafordítható lehet, mely kiemelkedő fontosságú a hazai madárvilág változatosságának megőrzésében.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az ember által létrehozott kultúrtájak évszázadok óta hatással vannak a madárvilágra. Környezetünket folyamatosan változtatjuk annak érdekében, hogy haszonra tegyünk szert. A XIX. század közepéig ez a változás többnyire pozitív volt a madarak szempontjából. eltűntek azok az erdőségek, erdőszyeppek, melyek hazánk területének nagy részét borították. Helyüket nyílt élőhelyek, mint például mozaikos szántóföldek, kapáskultúrák, legelők vették át. Ez számos madárfaj állománynövekedésével járt, különösen a nyílt területekhez, alacsony intenzitással művelt mezőgazdasági területekhez kötődő fajok esetében. A XX. század közepe, az iparosodás, a technológiai és technikai fejlődés viszont drasztikus állományváltozásokat okozott a mezőgazdasági területeken fészkelő madarak körében. Megjelentek a különböző gyom- és rovarirtó kemikáliák, a műtrágyák, az intenzív gépesítés és a nagytáblás monokultúrák. A korábban bűvőhelyekben, táplálékban, és fészkelőhelyekben gazdag tájak degradálódtak és homogenizálódtak, ahol alig néhány madárfaj képes szaporodni. Jelentősen csökkent a szabadon tartott állatállomány, a lábasjószágok nagy része ipari körülmények közé lett szorítva. Ezzel párhuzamosan a gyepeket feltörték, szántóföldekké alakították át. Alig maradt hazánkban olyan része, ahol a hagyományos gazdálkodást, az állatok legelőre hajtását, esetlegesen a kézi kaszálást még művelik. A kaszálások eredményeként több helyről eltűnt a túzok, a haris, a fűrj, a kaszálógépek után pedig gyakran összeroncsolt madarak maradnak hátra. A legelő állatállomány csökkenése okán kevesebb a rovar táplálék, kedvezőtlen a növényzet magassága. A gyepek második legnagyobb kiterjedésű növényzettel borított területe az erdők után, és egyike a legősibb művelt területeknek. A gyepek növényzete és az azt fogyasztó állatok tömege kezdettől összhangban voltak egymással, és a környezettel is (VINCZEFFY,1993). Hazánkban jelenleg közel 1 millió hektár gyepet tartanak nyilván, ami a mezőgazdaságilag

művelt területek egynegyede. A hazai gyepek túlnyomó része legeltetési és kaszálásos művelés alatt áll. A gyepek változatossága gazdálkodási szempontból is eltérő kihívásokat jelent. A hortobágyi szikes pusztákon egészen más szempontokat kell figyelembe venni, mint például egy hegylábi löszgyep esetében (HALMOS, 2010). A megfelelő kezelések tervezése és kivitelezése mellett a természetvédelemben az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapott a szántók visszagyepesítése hazánk több nagy tájegységében, kisebb vagy nagyobb kiterjedésben.

2. Anyag és módszer

A kutatást 2020 áprilisában kezdtem a Hortobágyi Nemzeti Park törzsterületéhez tartozó „Egyek-Pusztakócsi mocsarak” tájegység élőhely-helyreállításon áttesett területein. A kutatás során a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület ún. Mindennapi Madaraink Monitoringja c. programjához illeszkedő standardizált módszerekkel, dán rendszerű pontszámlálással becsültem a területet használó madárfajok állományait. A felmérést áprilistól júniusig folytattam, minden területen, összesen 73 számlálási ponton kétszeri számlálást (április végén és június elején) végeztem, így a felmérés kiterjedt az átvonuló, a korán költő, a későn költő, illetve a megkésített vagy pótfészkelő nevelő madarakra is. A korábban GPS-szel bemért számlálási pontokat telefonos helymeghatározó alkalmazás (MAPS.ME vagy GPS Viewer) segítségével gyalogosan közelítettem meg. A számlálási pontokon néhány perces akklimatizációs periódus után öt percen át feljegyeztem a pont 100 m-es körzetében észlelt (látott vagy hallott) madarak fajtát és egyedszámát. A fajlista teljessége érdekében ugyancsak feljegyeztem a pontok megközelítése vagy elhagyása közben látott és hallott madarakat is. Habár a felmérés elsősorban a számlálási pont körzetét bármilyen élettevékenységre (táplálkozás, pihenés, territórium-védelem, fészkelés, fiókanevelés stb.), használó fajokra vonatkozott, feljegyeztem az átrepülő fajokat (pl. sirályok, kárókatonák) is, ám ezeket nem vettem figyelembe az elemzésekben. A számlálásokat a madarak aktivitására tekintettel minden nap 6 és 11 óra között végeztem, elkerülve a déli és délutáni inaktív periódust, amikor a madarak észlelhetősége (detektabilitása) csökken. A június elején végzett második számlálás idején tett megfigyelések alapján valószínűsítettem az egyes fajok fészkelését (pl. fészkelő, kirepült fiókák). A számlálási pontokon feljegyeztem a területeken végzett kezeléseket (kaszálás, legeltetés), ezek ugyanis hatással lehetnek az ott előforduló madarak mennyiségére és a fajösszetételre.

3. Eredmények és értékelésük

A két felmérés egybevetett adatai alapján a 73 számlálási ponton 66 madárfaj 2578 egyedét figyeltem meg. Áprilisban 55 faj 1315 egyedét, júniusban 47 faj 1263 egyedét jegyeztem fel. A legtöbb számlálási ponton előforduló fajok a mezei pacsirta, a sordély és a sárga billegető voltak, míg a legnagyobb egyedszámban észlelt fajok a vetési varjú, a seregély és a nyári lúd voltak. A legmagasabb egyedszámokat a kaszált és marhával legeltetett területeken kaptam. Viszonylag alacsony fajszámmal rendelkeztek a juhokkal legeltetett és nem kezelt területek. A két felmérés (tavasz, kora nyár) egybevetett adatai alapján az észlelt fajok számát egyedül a 200 m-es sugarú körben lévő nem restaurált élőhelytípusok száma befolyásolta. A kapcsolat pozitív volt, azaz az észlelt fajok száma annál magasabb volt, minél többféle élőhelytípus volt a számlálási pont 200 m-es sugarú körzetében.

Az egyedszámok alapján igazított fajszámot befolyásolta továbbá az utolsó termény, amelyet a restaurálás előtt vetettek a területeken. Ez az eredmény azért is érdekes, mert kimutatható, hogy még több évvel, vagy akár egy évtizeddel ezelőtti tényező is befolyásolhatja a madár-

fajok összetételét. Így például azon a területen ahol az utolsó termény lucerna volt, ott sokkal több ragadozó madarat lehetett megfigyelni. A lucernát nem kell minden évben elvetni, viszonylag kevés emberi bolygatás éri, így alkalmas élőhely több rovar és kisemlős számára, amelyek odavonzzák a ragadozó madarakat, ezzel hozható összefüggésbe a megfigyelés. Ahol korábban napraforgó volt, ott a terület még a rekonstrukció után sok évvel is meglehetősen gyomos volt, ezért a fajszám ugyan nem magas, de kijelenthető, hogy a magevő madarak számára sokkal kedvezőbb gyepterület alakult ki a napraforgótáblák helyén. Meghatározó volt a magkeverék is, mivel magasabb fajszámmal rendelkeztek azok a területek, ahol löszös magkeverékkel végezték a gyeprekonstrukciót, mint ahol szikes magkeverékkel. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a löszös magkeveréket magasabb hátaikon vetették, ahol a kisemlősök és rovarpeték túlélése az őszi-tavaszi áradások és a téli kedvezőtlen periódusok alatt magasabb volt, mint az alacsonyabban fekvő szikes gyepesítéseken. A továbbiakban a legnagyobb egyedszámban jelentkező és a legtöbb területen megtalálható madárfajok egyedszámát részletezem. Ezek a fajok azért meghatározóak, mert életmódjuk és viselkedésük eltérő, hazánkban általánosan elterjedtek, és jól jellemezhető egy-egy terület az egyedsűrűségükkel.

A **mezei pacsirta** észlelt egyedszámait szignifikánsan befolyásolta a kezelés, és a nem restaurált élőhelytípusok száma. Az egyedszám magasabb volt a kaszált valamint a tavasszal és kora nyáron nem kezelt, június 15. után kaszált, kaszálás után pedig szarvasmarhával legeltetett gyepeken, mint a más módon kezelt területeken, illetve csökkent a nem restaurált élőhelytípusok számával. A mezei pacsirta a gyeprekonstrukciók legnagyobb nyertese, a faj számára rendkívül kedvezőek az egyek-pusztakócsi gyepek.

A **sordély** észlelt egyedszámát marginálisan nem-szignifikáns mértékben befolyásolta a restauráció előtti utolsó termény, mivel a valamikori napraforgó-táblákon valamivel több sordélyt észleltem, mint a valamikori lucerna vagy gabona-földeken. Mindez a gyomosodással hozható összefüggésbe. A sordély fő táplálékát gyommagvak teszik ki, illetve előszeretettel fészkel magasra nőtt gyomtársulásokban. Az egykori napraforgó táblák helyenként gyomos gyeppé váltak. A sordélyokra nézve ezért a gyeprekonstrukció ugyancsak kedvező hatással volt.

A **sárga billegető** észlelt egyedszámát befolyásolta a restauráció éve, a restauráció módja, az alkalmazott magkeverék, valamint a nem-restaurált élőhelytípusok száma. A régebbi (2005-2008) gyepesítéseken valamivel kevesebb sárga billegető volt, mint az újabban (2014, 2018) felhagyott egykori szántókon melynek oka lehet, hogy a közelmúltban felhagyott szántók még gazdagabbak voltak magasabb termetű, kiülésre alkalmas gyomokban, mint a régebbi, általában fűfélék által dominált gyepesítések. A többnyire a közelmúltban spontán gyepekedett területeken közel kétszer annyi sárga billegetőt észleltünk, mint a magvetéssel korábban gyepesített területeken. Kijelenthető tehát, hogy a sárga billegetőnek kevésbé kedvez a gyeprekonstrukció, ellenben a legeltetett rétek és mocsarak kedvező életfeltételeket biztosítanak a fajnak.

A **vörös vércse** észlelt egyedszámát az élőhelyek Shannon diverzitása szignifikáns, míg a kezelés marginálisan nem-szignifikáns mértékben befolyásolta. A vörös vércsék száma csökkent az élőhelyek sokféleségének növekedésével és magasabb volt a kaszált majd később legeltetett valamint a juhval legeltetett területeken illetve a szarvasmarhával legelt és a kaszált területeken, mint a nem kezelt területeken. A vörös vércse a nyílt területek madara, ott szeret vadászni, ahol apró rágszálókból és nagyobb rovarokból álló tápláléka nehezen tud előle elbújni. A legelt és kaszált területek tökéletes táplálkozó helyei a vörös vércséknek.

A **kék vércse** észlelt egyedszámát befolyásolta a restauráció során alkalmazott magkeverék, a kezelés intenzitása, és a nem restaurált terület nagysága, míg a restauráció előtti utolsó termény hatása marginálisan nem-szignifikáns volt. Több kék vércsét figyeltem meg a valamikori napraforgó-táblákon, mint a gabona-táblákon, a löszös gyepesítéseken, mint a szikes gyepe-

sítéseken, valamint a közepes intenzitással kezelt területeken, mint az erősen kezelt területeken.

4. Következtetések, javaslatok

A jelen vizsgálat számos érdekes eredménnyel szolgált a restauráció hosszú távú hatásairól. Egy év alatt 66 fajt figyeltem meg, mely a hasonló felmérésekben, és szakdolgozatokban mért (MUDRI, 2017) fajszaámokhoz képest viszonylag magasnak mondható. A fajok száma azonban kevesebb volt, mint a gyeprekonstrukció után közvetlenül végzett felmérésekben (87 faj) (MUDRI, 2017). Szem előtt kell tartani azonban azt, hogy a korábbi vizsgálat összesen hat éven át (2004-2009) folyt és magában foglalta nemcsak a gyepesített területek, hanem a szántók felmérését is a restauráció előtt.

A három leggyakoribb (legtöbb számlálási ponton előforduló) faj a mezei pacsirta (pontok 88%-án előkerült), a sordély (66%) és a sárga billegető (63%) voltak, mely megegyezett a korábbi felmérésben tapasztaltakkal, annyi különbséggel, hogy az előfordulási gyakoriság mindhárom fajnál nőtt a korábbi gyakorisághoz képest (mezei pacsirta: 69%, sordély: 30%, sárga billegető: 47%). Ezen eredmények alapján kijelenthető, hogy ezen fajok általában a gyeprekonstrukció „nyertesei” voltak. A korai eredmények alapján a fűrj is „nyertesnek” tűnt, mivel szinte minden gyepesített területen előfordult (MUDRI, 2017). A jelen vizsgálatban azonban a fűrj holtversenyben a 19-22. leggyakoribb faj volt csak, így a várakozásokkal ellentétben ez a faj kevésbé profitálhatott a gyepesítésből. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a gyepesítések korai, gyomos fázisa minden szempontból kiváló búvó-, táplálkozó-, fészkelő- és fiókanevelő-helyet biztosított a fűrj számára, míg az idősebb, beállt, jóval kevesebb gyomfajt tartalmazó és alacsonyabb növényzetmagasságú gyepesítések kevésbé optimális feltételeket biztosítanak ezen élettevékenységekre.

Ez az eredmény megegyezett a korábbi vizsgálatban tapasztaltakkal, így valószínű, hogy a lucernából kiinduló gyepesítések kezdeti előnye hosszabb távon is megmarad a restaurációs folyamat során. A fajok számát ezen túl erőteljesen befolyásolta a nem restaurált élőhelytípusok száma, amit azonban a korábbi felmérésben nem vizsgáltak. Ezen eredmények alapján a gyeprekonstrukciók közvetlen környezetét természetvédelmi szempontból érdemes változatosabbá tenni. A faszorok, bokrosok, nádfoltok, csatornák pozitívan hatnak a fajszaámra. A Chao fajszaám magasabb volt a löszös magkeveréssel vetett gyepeken, mint a szikes gyepesítéseken, így ez az eredmény eltért a korábbi felmérés eredményétől miszerint a szikes gyepesítéseken volt több faj (4,0), mint a löszös gyepesítéseken (3,4) (MUDRI, 2017). A mezei pacsirta egyedszaámát pozitívan befolyásolta a restauráció, hiszen minél több restaurált gyepepe volt a számlálási pont körül, annál több pacsirtát számoltunk. Ugyanakkor a kezelés is fontos volt e faj száma számára, hiszen a kaszált területeken valamivel több pacsirtát észleltünk, mint a legeltetett területeken. A sordély egyedszaámát csak az utolsó termény befolyásolta. Ez egyrészt azért érdekes, mert a restauráció előtti különbségek még 12-16 évvel a restauráció után is kimutathatóak voltak, másrészt magyarázhatóak voltak azzal, hogy a valamikori napraforgótáblák helyén kialakult gyepek gyomosabbak voltak. A felmérés eredményeinek értékeléséhez meg kell jegyezni, hogy a vizsgált év rendkívül száraz tavaszi időjárása miatt több vízi madárfaj száma számára nem volt megfelelő vízborítottság. Így egyes fajok, melyek korábban rendszeresen fészkeltek az élőhely-rekonstrukciók területén, a vizsgált évben csak átvonulóként vagy egyáltalán nem jelentek. Hiányoztak továbbá olyan, elsősorban ritka és veszélyeztetett fajok, melyek számára az élőhely-rekonstrukciói ideális fészkelő- és táplálkozóhelyek lennének.

A munkám során egy seregnyi kérdés és ötlet merült fel bennem a helyreállítást és kezeléseket illetően. Ezek egy része még válaszra vár, így ezen kérdések megválaszolóása további

vizsgálatokat igényel. A jövőben a felmérést ki lehetne egészíteni olyan tényezők vizsgálatával, melyek befolyásolhatják a madarak mennyiségét, pl. a hőmérséklet, csapadékmennyiség vagy más időjárási tényezők. Ugyancsak lehetne vizsgálni a rendelkezésre álló táplálék mennyiségét (néhány kiemelt faj vagy fajcsoport esetén, pl. a gyeprekonstrukciók rovarállományát, mint az itt fészkelő rovarevő madarak elsődleges táplálékát), a vegetáció összetételét és szerkezetét, az özönnövények madarak szempontjából is élőhelydegradáló hatását, az emlős ragadozók mennyiségét, az esetleges közvetlen emberi zavarást. Pontosabb számlálást lehetne végezni a telepesen fészkelő vagy erős szociális hajlamot mutató fajoknál (pl.: seregély, vetési varjú). Az ilyen fajok esetében pontos egyedszámot megadni nagyon nehéz, általában csak az észlelt csoport nagysága vagy a fészkelő állomány nagysága becsülhető. Ugyancsak részletesebb vizsgálatokkal lehetne pontosítani a ragadozófajok állomány nagyságát, pl. a vércsefajok esetén, melyek sokat mozognak és előfordulhat az, hogy egy egyedet többször is számolunk.

Bár az agrárélőhelyek madárvilága folyamatosan és érzékelhetően csökken, az Egyek-Pusztakócson történt élőhely-rekonstrukciók mintájára történő nagyobb léptékű élőhelyrestaurációkkal és természetvédelmi kezelésekkel ez a folyamat visszafordítható. A vizsgálat eredményei alapján a madárfajok egy része képes alkalmazkodni, igénybe veszi a számukra visszavádított területeket, szaporodik ott. A kezelés szempontjából a közepes intenzitással legeltetett vagy kaszált élőhelyek bizonyultak a legjobbnak, mivel ezek mutatták a legnagyobb faj- és egyedszámot. A gyepek természetvédelmi szempontú kezelése ajánlott, ha azt akarjuk, hogy a kultúrtájak madárfajai ne tűnjenek el a hazai faunából. Vannak azonban olyan fajok is, melyek állománycsökkenése nem állítható meg élőhely-fejlesztésekkel, védelmük nemzetközi együttműködést is igényel. Ezek a fajok általában hosszú távú vonulók, és telelőhelyükön vagy vonulás közben szenvednek el komoly veszteségeket. A természetes élőhelyek újraalkotása mégis sürgető feladat, és tucatnyi faj több ezer egyedének megőrzését szolgálhatja. A madarak mellett védelmet és otthont adhat más védett és veszélyeztetett állat és növényfajoknak, így megőrizve hazánk természeti értékeit. A jelen munka során szerzett ismeretek alapvető támpontokkal szolgálnak a gyepterületek helyreállítását és kezelését illetően. A jövőben szeretném folytatni a kutatást, vizsgálni a fentebb említett elemek hatásait és a következő évek madárállományainak alakulását, nyomon követve így az Egyek-Pusztakócson zajló folyamatokat, a fejlesztések hatásainak eredményét. A változtatások lehetnek fajspecifikusak, vagy nagyobb madárcsoportokat érintőek, és fontos szem előtt tartani, hogy egyetlen típusú beavatkozás nem lesz kedvező minden, agrárélőhelyhez alkalmazkodott madár számára. A kutatásom képet ad arról, hogy milyen hatással van egy gyepterület a madarak faj és egyedszám összetételére, illetve milyen összefüggések vannak fajok és kezelési módok között. Az adatok, eredmények elősegíthetik a jövőben végzett gyeprekonstrukciók hatékonyságát. Ez kiemelkedő fontosságú a hazai madárvilág változatosságának megőrzésében.

5. Felhasznált irodalom jegyzéke

- ECSEDI Z. 2004: A Hortobágy madárvilága. Hortobágy Természetvédelmi Egyesület, Balmazújváros-Szeged, p.588.
- GREGORY, RICHARD D. – NOBLE, D. – FIELD, R. – MARCHANT, J. – RAVEN, M. – GIBBONS, D. W. (2003): Using Birds as Indicators of Biodiversity. In: Szép Tibor – Blair, M. – BÁLDI A. (eds.): Bird Numbers 2001, Monitoring for Nature Conservation. Proceedings of the 15th International Conference of the EBCC. *Ornis Hungarica*. 12–13, 11–24.
- GREGORY, RICHARD D. – van STRIEN, A. J. – VORISEK, P. – GMELIG MEYLING, A. W. – NOBLE, D. G. – FOPPEN, R. P. B. – GIBBONS, D. W. (2005): Developing Indicators for European Birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*. 360, 269–288.
- HADARICS T.-ZALAI T. 2008: Magyarország madarainak névjegyzéke. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, p.278.
- HARASZTHY L. 1998: Magyarország madarai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p.444

- LENGYEL SZ.* 2007: Konzervációbiológia a gyakorlatban: természetvédelmi kezelés és tájrehabilitáció az Egyek-Pusztakócsi LIFE-Nature programban. Természetvédelmi Közlemények 13, pp. 127-140, 2007.
- LENGYEL SZ.* 2019: Egy táj visszavadítása. Természet Világa, 2019/február
- LENGYEL SZ.-RUFF G.* 2010. Az Egyek-Pusztakócsi mocsarak. TermészetBÚVÁR 2010/6
- MARTICSEK J.* 2010: Tájgazdálkodás pannon gyepeken. Duna-Ipoly Nemzeti Park igazgatóság, Budapest, p.216
- MÉRŐ T. O. – BOCZ R. – POLYÁK, L. – HORVÁTH GY. – LENGYEL SZ.* 2015: Local habitat management and landscape-scale restoration influence small mammal communities in grasslands. Animal Conservation 18: 442-450.
- MUDRI K.* 2017.: Madár-együttesek változásai szikespusztai élőhelyek helyreállítása után. Szakdolgozat, Debreceni Egyetem, Debrecen.
- NAGY G.-LENGYEL SZ.* 2008: Egyek-Pusztakócs (Hortobágy) madárvilága 2004 és 2006 között: a tájrehabilitáció második ütemének kezdeti hatásai. Aquila, Budapest, Vol. 114–115, p. 9–25
- VINCZEFFY I.* 1993: Legelő és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p.403
- VISZLÓ L.-VARGA Z.* 2014: A Pannon régió élő öröksége. Szerif Kiadó, Budapest, p.295

A Drymini tribusz (Heteroptera: Rhyparochromidae) madagaszkári taxonjainak áttekintése

Zámbó András¹ – Kondorosy Előd²

¹ *Festetics Doktori Iskola*

² *Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus*
zamboandras88@gmail.com

Összefoglalás

A szerzők 6 európai (Brno, Berlin, Cardiff, Innsbruck, Párizs, Tervuren) és egy amerikai (San Francisco) természettudományi múzeum madagaszkári Drymini anyagát vizsgálták. Kimutatták Madagaszkárról a *Stilbocoris* Bergroth, 1893 genusz és annak 3 leírt fajtát (*S. distinctus* Scudder, 1962; *S. galla* Linnavuori, 1978; *S. triangularis* Linnavuori, 1978) és a tudományra új 3 fajt is találtak. Munkájuk során elkészítették a *Stilbocoris* genusz újra leírását és a tudományra új fajok leírását. A szerzők 2 a szigetországból korábban is ismert Drymini genusz a *Salaciola* Bergroth, 1906 és a *Sinierus* Distant, 1901 leírt fajainak példányait határozták meg és 2 tudományra új fajt is találtak. Ezen felül egy a tudományra új Drymini genuszt és annak 3 fajtát találtak.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az 56 genuszt (3 szubgenuszt) és 297 ismert fajt magába foglaló Drymini tribusz a földibodobácsok (Rhyparochromidae család) a világon a harmadik, a keleti féltekén a második legdiverzebb tribusza (*Dellapé és Henry, 2021; Kondorosy publikálatlan adatok*). A Drymini tribusz morfológiája sok szempontból a Stygnocoriniéra hasonlít. Mindkét taxonra jellemző, hogy a potroh 5. haslemezen a szördombok (trichobotrium) közelebb helyezkednek el a légzőnyílásokhoz, mint az 5. haslemez hátulsó szegélyéhez, a hártás szárnyon a szárnyhorony (hamus) és a másodlagos erek is jelen vannak, 4. és 5. haslemez közötti varrat általában egy barázdában végződik és az 5. haslemez középvonalánál sosem éri el a potrohszegély (connexivum) oldalsó szegélyét. Ugyanakkor különbség, hogy míg a Stygnocorini fajainál néhány trichobotrium az 5. légzőnyílás mögött található, addig a Drymini mindegyik szördombja az 5. légzőnyílás előtt helyezkedik el, mely légzőnyílás a Stygnocorini esetében a haslemez hátulsó harmadán, a Drymini esetében viszont a haslemez középső harmadán helyezkedik el és míg a Stygnocorini taxonjainál nincsenek, addig a Drymininél (kivéve az *Ischnocoris* Fieber, 1861 genuszt) vannak pórusok a 3. és 4. légzőnyílás közelében (*Sweet, 1967*). A Drymini taxonok lárváinak jellegzetes morfológiai bélyegei, hogy vörösen pigmentáltak, a hátlemezek bűzmirigy nyílásai nagyok, egyik sem redukálódott, a harmadik és negyedik hátlemezek közötti varrat a többitől jól láthatóan eltérő Y alakú, mindegyik légzőnyílás a haslemezek oldalszegélyének közelében helyezkedik el és az ötödik haslemez trichobotriumai közelebb helyezkednek el a légzőnyílásokhoz, mint a haslemez hátulsó szegélyéhez (*Péricart, 1998; Sweet, 1967*).

A tribusz első madagaszkári említése 1906-ra nyúlik vissza. Bergroth innen írta le egyetlen nőtény példányról a *Salaciola* Bergroth, 1906 genuszt, melynek típusfaja a később a kontinentális Afrikából is előkerült *Salaciola nana* Bergroth, 1906 (*Bergroth, 1906*). 1984-ben Scudder kimutatta a *Sinierus capensis* Dallas, 1852 fajt és innen leírta a genusz egy új fajtát

(*Sinierus nudus*) (Scudder, 1984). A változatos alakú szemekkel (fejhez simuló, nyélen ülő, duzzadt, vese-alakú) és jellegzetes fehér foltokkal vagy sávokkal tarkított membránnal jellemezhető *Salaciola* genusból az Etiópiából leírt *Salaciola signaticornis* Linnavuori, 1978 fajt 1989-ben mutatta ki Slater, valamint egy új fajt (*Salaciola caliginosa*) is a szigetországból írt le (Slater, 1989). A tribusból Madagaszkárról utoljára is ő írt le új fajt (*Salaciola acutangulata*), mely genuszának máig ismert legnagyobb termetű faja (Slater, 1994).

A fentiek alapján 1906 és 1994 között az országból két genusz hat faja került elő. Közülük egy genuszt és négy fajt is innen írtak le. A kimutatott fajoknak a fele endemikus. Habár Madagaszkár Drymini faunáját összefoglaló tanulmány máig sem jelent meg, Kment és munkatársai 2015-ben a Rhyparochromidae család akkor Madagaszkárról (is) ismert taxonjainak teljes listáját is közre adták (*Kment és munkatársai*, 2015). Listájukban ugyan mind a két a szigetországban előforduló Drymini genuszt szerepeltetik, azonban a listából hiányzik a *Sinierus capensis* Dallas, 1852, holott a fajt Scudder már 1984-ben kimutatta az országból.

Jelen kutatásunk célja egyrészt máshonnan leírt, de Madagaszkárról napjainkig ki nem mutatott Drymini taxonok közlése, másrészt a tribusz a tudományra új taxonjainak leírása, a taxonok határozókulcsának elkészítése, a későbbiekben akár az egyes taxonok közötti rokonsági viszonyok tisztázása molekuláris genetikai módszerekkel.

2. Anyag és módszer

Kutatásunkat több európai természettudományai gyűjtemény meglátogatása után hat múzeumból (Természettudományi Múzeum, Berlin, Németország; Morva Múzeum, Brno, Csehország; Wales-i Nemzeti Múzeum, Cardiff, Egyesült Királyság; Ferdinandeum, Innsbruck, Ausztria; Nemzeti Természettudományi Múzeum, Párizs, Franciaország; Kaliforniai Tudományos Akadémia, San Francisco, Amerikai Egyesült Államok; Közép-Afrika Királyi Múzeuma, Tervuren, Belgium) kölcsönzött Drymini anyag feldolgozásával végeztük. Brno-ból és San Francisco-ból nemcsak szárazon preparált anyaggal dolgoztunk, hanem genetikai vizsgálatokhoz nedves (abszolút etil-alkoholban és 90%-os etanolban eltett) anyagot is kölcsönzünk. A kölcsönzött példányok vizsgálatához Olympus SZ-11 sztereo mikroszkópot használtunk.

Munkák részét képezte a példányok testméreteinek felvétele, melyhez kalibrált okulár mikrométert használtunk, a testméreteket milliméterben adtuk meg két tizedes pontossággal. Ennek során az alábbi testméreteket vettük fel: teljes testhossz (a fejpajzs (clypeus) csúcsától a membrán csúcsáig, felülnézetben), a fej hossza (a fejpajzs csúcsától az előhát (pronotum) elülső szegélyéig, anterodorzális nézetben), a fej szélessége (legnagyobb szélesség az összetett szemek külső szegélyéig), az összetett szemek közötti legnagyobb szélesség, csáp-és szipóka ízeinek legnagyobb hossza (horizontális nézetben), előhát (pronotum) középvonalban mért hossza és legnagyobb szélessége, a pajzsocska (scutellum) hossza és szélessége.

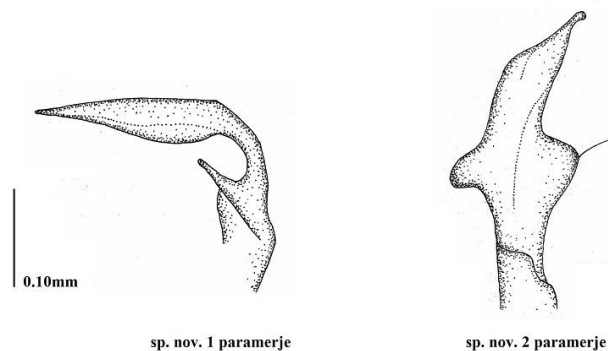
Hím példányok esetén az ivarszelvényt (pigofór) és az ivari fogókat (paramer) kipreparáltuk.

A fotókat dr. Pintér Csaba (2. ábra), az ivarszervek rajzát dr. Kovács Szilvia (1. ábra) készítette.

Nevezéktani problémák elkerülése céljából (nomen nudum létrehozása) a leírandó taxonokat csak számokkal jelöljük, nevüket nem közöljük.

3. Eredmények és értékelésük

A szerzők Madagaszkárról elsőként mutatták ki a *Stilbocoris* Bergroth, 1893 genuszt. Habár a *Stilbocoris solivagus* Bergroth, 1893 fajt a Madagaszkárhoz igencsak közel eső Seychelles-szigetokről írta le Bergroth, ennek a jelenleg 12 fajjal ismert, rendkívül heterogén genusznak Madagaszkárról ez idáig egyetlen fajtát sem jelezték. A genuszt az előhát alig kiszélesedő oldalszegélye és többnyire jól fejlett harántbenyomata, a pajzsocska kevésbé jól vagy jól látható Y alakú kiemelkedése, a pászta három pontsora, az elülső combok erős sörtéi, valamint a negyedik és hatodik haslemezek közötti ovális, matt folt jellemzik. A szerzők e genusznak három tudományra új fajtát (sp. nov. 1, sp. nov. 2, sp. nov. 3) találták a szigetországban. Az sp. nov. 3-ból csupán két nőtény példányt találtak a dél-madagaszkári Antanambao-ból, míg az sp. nov. 1 és sp. nov. 2 fajokból 19 és 24 példány került elő. Habár e két faj morfológiája sokban hasonlít egymásra, egymáshoz közeli rokonságukat kizárja az ivari fogók (paramer) teljesen eltérő felépítése (1. ábra). Mindkét faj viszonylag kicsi, kevesebb, mint 4.9 mm hosszú. Azonban míg az sp. nov. 1 feje sűrű szőrzettel fedett és az előhátát is számos hosszú sörte borítja, addig az sp. nov. 2 feje közel szőrtelen és az előháton is alig néhány hosszú sörte található. További különbség a két faj között, hogy míg az sp. nov. 1 esetén az előhát harántdudora sűrűn pontozott, addig az sp. nov. 2 esetén közel pontozatlan, az sp. nov. 1-nél a pajzsocska Y alakú kiemelkedése igen erős, addig az sp. nov. 2-nél csak finoman kiemelkedő. Ugyanakkor az sp. nov. 2 morfológiája sokban emlékeztet a *Stilbocoris solivagus*-ra is. A két faj azonban jól elkülöníthető: a *Stilbocoris solivagus*-nak nagyon kiemelkedik az előhát harántdudora, az előhát oldalszegélye a harántbenyomatnál jól láthatóan homorú, míg az sp. nov. 2-nak az előháti harántdudora közel sima és az előhát oldalszegélye a harántbenyomatnál majdnem egyenes. Az sp. nov. 3 előhátát sűrűn, a pajzsocskát ritkásan borítják rövid szőrök, míg a félfedőkön csak néhány rövid sörte található. A faj átmeneti helyzetet mutat a *Stilbocoris* Bergroth, 1893 és a *Parastilbocoris* Linnavuori, 1978 genuszok között, azonban további példányok hiányában a szerzők e faj leírását csak a későbbiekben tudják elkészíteni. A szerzők a három tudományra új fajon túl kimutattak három már leírt, de Madagaszkárról eddig nem publikált *Stilbocoris* fajt is. A *Stilbocoris distinctus* a szigetország középső és délnyugat részéről került elő, a *S. galla* az északkeleti, északnyugati és délnyugati részéről egyaránt előkerült, azonban a szerzők a *S. triangularis*-t csak Madagaszkár északnyugati régiójából tudták kimutatni.



1. ábra: A *Stilbocoris* sp. nov. fajok ivari fogói (paramer)

A szerzők elsőként mutattak ki egy a tudományra új Drymini genuszt (gen. nov. 1) és annak három fajtát (gen. nov. sp. 1, gen. nov. sp. 2, gen. nov. sp. 3) Madagaszkárról. A gen. nov. 1 több olyan morfológiai bélyeggel rendelkezik, melyekkel bármely Drymini genusztól könnyen megkülönböztethető. A gen. nov. 1 jellemző morfológiai tulajdonságai az enyhén dom-

ború, mélyen pontozott, a hosszánál szélesebb, oldalnézetből többnyire egyenes fej; a hosszú a teljes testhossz 2/3-át elérő csáp, a szemek hosszánál legalább kétszer rövidebb csápudor, az alig kitüremkedő pofalemezek, a széles és mély pontokkal pontozott előhát, az előhát vonalszerű, nem kiszélesedett oldalszegélye, a mind a felül- és oldalnézetből kiemelkedő előhát harántdudor, a jól fejlett harántbenyomat, a domború pajzsocska Y alakú kiemelkedéssel, a három sűrű pontsor a pásztán pontozás, a megvastagodott elülső comb sok apró erős foggal két *egymással* párhuzamos sorban, közepén egyetlen a többinél sokkal hosszabb és szélesebb erős foggal, a többnyire egy sorban apró dudorokat viselő hátulsó comb és a potroh apró, sekély pontokkal sűrűn pontozott haslemezei. Az új nemet csaknem minden más ismert Drymini genustól megkülönbözteti az előhát a Myodochini tribuszra emlékeztető alakja és a középső-és hátulsó combok tövéénél található apró fogak. A genusz számos a Drymini tribuszban egyedülálló tulajdonsággal rendelkezik, így nehéz eldönteni, mely taxonokkal állhat a legszorosabb rokonságban. Habár az ázsiai *Udalricus* Distant, 1904 a morfológiájában leghasonlóbb genusz, a nagyon megnyúlt pajzsocska, az előhát elülső szegélyétől nagyon távol elhelyezkedő szemek és a hosszú csápudorok jól megkülönböztetik tőle. Slaternek az afrikai Drymini taxonokkal foglalkozó tanulmánya alapján a gen. nov. 1-et a *Salaciola* nemhez közel lehetne helyezni (Slater, 1993), habár a *Salaciola* fajok oválisabbak és az előhát oldalszegélye is többé-kevésbé kiszélesedett. Az új genusz rokonsági viszonyainak tisztázásához ezért molekuláris genetikai vizsgálatok szükségesek.

Munkánk során az új nemnek (2. ábra) három fajt találtuk meg. Habár a gen. nov. sp. 1 és a gen. nov. sp. 2 is egyértelműen ebbe a leírandó genuszba tartozik, a számos közös bélyeg ellenére a két faj jól megkülönböztethető egymástól és az elterjedési területük is különbözik. Míg a gen. nov. sp. 1 csak Madagaszkár keleti oldalának középső és kissé délebbi részéről került elő, addig a gen. nov. sp. 2 a szigetország teljes keleti részéről, délnyugatról és a közel legészakabbi csücskéből is előkerült. A gen. nov. sp. 1 és a gen. nov. sp. 2 közötti főbb különbségek a következők, míg a negyedik csápíz tövi része a gen. nov. sp. 1 esetében vöröses, addig a gen. nov. sp. 2-nél fehér, a gen. nov. sp. 1-nek az előhát harántdudora alig kiemelkedő és az előhát elülső lebenye közel olyan hosszú, mint a hátulsó, addig a gen. nov. sp. 2 előhátának harántdudora erősen (jóval a hátulsó lebeny szintje fölé) kiemelkedő és az előhát elülső lebenye sokkal hosszabb, mint a hátulsó. Nemcsak az előhát morfológiájában, hanem a színezetében is jelentős eltérés van a két faj között. Míg a gen. nov. sp. 1 előhátának elülső lebenye inkább világosbarna, a közepén hosszú, de széles sötétbarna (közel fekete) folttal, a gen. nov. sp. 2-nek egyöntetűen sötétbarna, a gen. nov. sp. 1 előhátának hátulsó lebenye közel egyszínű világosbarna, a gen. nov. sp. 2 esetében viszont a világosbarna-barna alapszint közepén és az oldalszegélyek felé sárga sávok tarkítják. Az előháthoz hasonlóan a két faj pajzsocskája is nagyon különböző, így míg a gen. nov. sp. 1 pajzsocskája világosbarna és a szélei közelében egy-egy fekete folt található, a gen. nov. sp. 2 pajzsocskája egyöntetűen sötétbarna, foltok nélkül. Különböző a nőtények potrohának alakja is oldalnézetből, a gen. nov. sp. 1-nek inkább lapos (2.04-2.17-szer hosszabb, mint magas), a gen. nov. sp. 2-nek viszont domborúbb (csak 1.49-1.58-szor olyan hosszú, mint magas). Habár e két faj ezekkel a bélyeggel is jól elkülöníthető, az ivarszervek morfológiájában még szembetűnőbb a különbség. A hím ivarszervének hátoldali nyílásának alakja eltérő, az ivari fogók alakja merőben eltérő a két fajnál. A gen. nov. sp. 1 ivari fogóira (paramer) jellemző, hogy nagyon keskeny és megnyúlt, jellegzetes alakban megcsavarodott, míg a gen. nov. sp. 2 ivari fogója sokkal szélesebb, mint amilyen hosszú és nagyoobbrészt közel háromszög alakú. A gen. nov. sp. 3 sokban emlékeztet a gen. nov. sp. 1-re azonban teste annál szélesebb, alapszíne fekete és a membránja is sötét színű. Azonban a gen. nov. sp. 3-ból egyetlen nőtény példány áll rendelkezésünkre, így e faj leírásához további példányokra van szükség.



2. ábra: A Drymini gen. nov. fajok

Két Madagaszkárról korábban már kimutatott Drymini taxonban, a *Salaciola* és a *Sinierus* genuszokban is találtunk a tudományra új fajokat. A *Salaciola* sp. nov. 1 legjobban a *Salaciola caliginosa*-hoz Slater, 1989, azonban e fajjal szemben jelentős különbség, hogy az előhát oldalszegélye kiszélesedett és nem vonalszerű. A *Sinierus* sp. nov. 1 a *Sinierus capensis*-re Dallas, 1852 emlékeztet, azonban csak a feje szőrözött, a hátoldal csupasz, a félfedőkön 4 jól látható fehér folt található, a pajzsocska Y alakú kiemelkedése sokkal erősebb, mint a *S. capensis*-nél és a membrán világosbarna, világos/fehér foltok nélkül. Mivel a *Salaciola* sp. nov. 1-ből 1 hím és a *Sinierus* sp. nov. 1-ből 1 nőtény példány áll rendelkezésre a két faj leírása további példányok híján nem célszerű. Az *Appolonius* Distant, 1901 genusz egy új fajának ugyancsak egyetlen példánya került elő, ezért ezt sem írjuk le egyelőre.

4. Következtetések, javaslatok

Vizsgálataik során a szerzők a Madagaszkárról jelzett Drymini taxonok számát 6-ról 18-ra növelték, az országból 1 a tudományra új genuszt és 3 fajt, a *Stilbocoris* genusz 3 a tudományra új és 3 már leírt, de Madagaszkárról nem jelzett fajt, az *Appolonius*, *Salaciola* és a *Sinierus* genuszok 1-1 a tudományra új fajt találták, valamint Madagaszkárról korábban is jelzett *Salaciola* és a *Sinierus* fajok elterjedését számos új lelőhellyel bővítették. A szerzők úgy vélik, hogy a Lethaeini tribuszhoz hasonlóan a madagaszkári Drymini taxonok száma is sokkal magasabb lehet a jelenleg ismertnél. A szerzők elkészítették a kellő számban megtalált tudományra új taxonok leírását és határozókulcsát és a korábban Madagaszkárról nem jelzett taxonok publikálását. Madagaszkár Drymini faunájának jobb megismeréséhez további Madagaszkárról és a hozzá tartozó kisebb szigetekről (Ile de Europa, Nossy Bé... stb.) gyűjtött anyagokra van szükség. Ugyanakkor leírandó taxonok és a már leírt genuszok tudományra új fajainak genuszon belüli rokonsági viszonyait csak molekuláris genetikai vizsgálatokkal lehet egyértelműen tisztázni, így a térségből származó etanolos anyagok rendkívül fontosak. Jelen tanulmány szerzői szerint a térség Drymini taxonjainak kutatása még számos eredménnyel szolgálhat, akár újabb leírandó taxonokról, akár a madagaszkári és kontinentális afrikai taxonok közötti rokonsági kapcsolatokról legyen szó.

5. Köszönetnyilvánítás

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

6. Felhasznált irodalom

- Bergroth, E.* (1906): Neue Hemiptera aus Madagaskar. Wiener Ent. Zeitung 25 (1): 17-19.
- Henry, T. J. - Dellapé, P. M.* (2021): Lygaeoidea Species File. Version 5.0/5.0. [07. 04. 2021]. <[http://Lygaeoidea. Species File](http://Lygaeoidea.SpeciesFile)>
- Kment, P. - Baňář, P. - Hemala, V.* (2016): Rhyparoclava pyrrhocoroides, a new genus and species of autapomorphic Rhyparochromidae with clavate antennae from Madagascar (Hemiptera: Heteroptera) Act. Ent. Nat. Mus. Pragae. 56 (2): 517-545.
- Péricart, J.* (1998): Hémiptères Lygaeidae euro-méditerranéens. Vol. 2. Faune de France, 84B, i-iii. - FFSSN, Paris.
- Scudder, G. G. E.* (1984): The World Rhyparochrominae (Hemiptera: Lygaeidae) XVIII. The genus *Sinierus* Distant. Can. Ent. 116: 427-434.f
- Slater, J. A.* (1989): A revision of the genus *Salaciola* Bergroth with the description of eleven new species (Hemiptera: Lygaeidae). J. Afr. Zool. 103: 191-213.
- Slater, J. A.* (1993): A new genus and two new species of Drymini from Africa (Hemiptera: Lygaeidae). J. Afr. Zool. 107: 373-381.
- Slater, J. A.* (1994): A new species of *Salaciola* Bergroth (Hemiptera: Lygaeidae) from Madagascar, with distribution records of previously described species. African Entomology. 2 (2): 145-147.
- Sweet, H. M.* (1967): The Tribal Classification of the Rhyparochrominae. Ann. Ent. Soc. Amer. 60(1): 208-226.

A Movento és a Mystic 250 EW növényvédő szerek embriótoxicitásának vizsgálata házityúk-embriókon

Major László¹ – Budai Péter¹ – Nadhirah Binti Saidon¹ – Askarova Gulsamal Kairatkyzy¹ – Szemerédy Géza¹ – Lehel József² – Szabó Rita¹

¹MATE Georgikon Campus, Növényvédelmi Tanszék, Keszthely
²Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék, Budapest
Major.Laszlo@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

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

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

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

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

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

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

2. Anyag és módszer

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

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

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

3. Eredmények és értékelésük

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

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

A tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW fungicid 0,4%-os koncentrációjú emulziójával elvégzett kezelés eredményeként a kórbonctani leletben 19 elhalt (47,5%) és két rendellenes fejlődésű (9,52%) embriót jegyeztünk le a 40 termékeny tojásból. Az embriómortalitás szigni-

fikáns mértékben ($p < 0,001$) nőtt a kontroll csoporthoz viszonyítva. A gombaölő szeres kezelés hatására az élő embriók testtömege ($p < 0,01$) és májtömege ($p < 0,001$) szignifikánsan kisebb volt a kontroll csoport értékeihez képest. Két embrió mutatott makroszkópos fejlődési rendellenességet (hibás lábállás, ödémás elváltozás a fejen), ami statisztikailag nem különbözött a kontroll csoporttól, a szívtömegek gyenge csökkenéséhez hasonlóan.

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

4. Következtetések, javaslatok

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

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

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

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

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

Az interakciós méregtani vizsgálat eredményei jelzik a madárembrió fokozott érzékenységet a növényvédő szerek együttes toxikus hatásai iránt, amely meghalad(hat)ja az egyedi expozíció következményeit. Ezáltal, és más szerzők véleményével összhangban kijelenthető, hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a

xenobiotikumok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat (Varga és mtsai., 1999; Juhász és mtsai., 2005, 2006; Várnagy és mtsai., 2003; Budai és mtsai., 2012).

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

5. Köszönetnyilvánítás

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

6. Felhasznált irodalom

- Almádi K. - Nádasy M. (1996): Növényvédőszer kémia. Kari jegyzet Keszthely. pp. 27-99.
- Bogenfürst F. (2004): A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó, Budapest. 42-63.
- Bordás I. (2005): A mérgezések szervezethez kötött feltételei. In: Tompa A. (Szerk.): Kémiai biztonság és toxicológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest. p. 34.
- Budai P. - Szabó R. - Lehel J. - Kormos É. - Takács A. - Tatai A. - Somody G. (2012): Toxicity of chlorothalonil containing formulation and Cu-sulphate to chicken. Communications in agricultural and applied biological sciences. 2012. 77 (7). 449-455.
- Juhász É. - Szabó R. - Keserű M. - Budai P. - Várnagy L. (2006): Toxicity of a pendimethalin containing herbicide formulation and three heavy metals in chicken embryos. Communications in agricultural and applied biological sciences. 2006, 71 (2 Pt A), pp. 107-110.
- Juhász É. - Szabó R. - Keserű M. - Fejes S. - Budai P. - Kertész V. - Várnagy L. (2005): Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. Communications in agricultural and applied biological sciences. 2005, 70 (4), pp. 1075-1078.
- Juhász É. (2009): Herbicidek (Stomp 330 EC, Dikamin D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madárembrionokon. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, p. 137.
- 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. Magyar Állatorvosok Lapja, 136. 494-500.
- Maus, C. (2008): Ecotoxicological Profile of the Insecticide Spirotetramat. Bayer CropScience Journal. 61/2008, 2: 159-180.
- Szabó R. (2009): Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (Dual Gold 960 EC, Stomp 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriónokon, Doktori (PhD) Értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola, Keszthely, p. 55.
- Szemerédy G. - Kormos É. - Somody G. - Buda I. - Szabó R. - Lehel J. - Budai P. (2018): Tebukonazol hatóanyag-tartalmú gombaölő szer és ólom-acetát együttes hatásának teratológiai vizsgálata házityúk embriókban. Acta Agraria Kaposváriensis, Vol 22 No 2, 25-32.
- Varga T. - Hlubik L. - Várnagy L. - Budai P. - Molnár E. (1999): Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. Acta Vet. Hung., 1999. 47 (1): 123-128.
- 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. 2003, 68 (4 Pt B), pp. 807-811.
- Várnagy L. - Budai P. (2003): A mezőgazdasági vegyi anyagok higiénája és toxikológiája. Veszprémi Egyetemi Kiadó. Veszprém. pp. 64-67.

Növényvédő szerek szemirritáló hatásának vizsgálatára alkalmas alternatív módszerek összehasonlítása

Kormos Éva – Somody Gergő – Buda István

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely
kormos.eva@uni-mate.hu

Összefoglalás

Kísérleteink során növényvédő szerek szemirritációs potenciálját határoztuk meg két alternatív módszerrel. Az embrionáldott tyúktojás chorioallantois membránját felhasználó teszt során a növényvédő szert közvetlenül a chorioallantois membrán felületére juttattuk, és a membránon jelentkező elváltozások alapján meghatároztuk a vegyi anyag károsító hatását. Az EpiOcular™ modellen végzett vizsgálatok alkalmával a növényvédő szereket egy háromdimenziós emberi szaruhártya modellre (epithelium) vittük fel. A modell általi irritációs hatás megállapítása az alapján történt, hogy a vizsgált növényvédő szer milyen mértékben csökkentette a sejtek életképességét adott expozíciós idő alatt. Az eredményt fotometrikus úton határoztuk meg MTT vizsgálat segítségével. A 3R szabályt szem előtt tartva, a vizsgálati anyagok *in vitro* szemirritációs eredményeit a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal által rendelkezésünkre bocsátott toxikológiai értékelő jelentésekből származó *in vivo* szemirritációs adatokkal hasonlítottuk össze. Eredményeink alapján elővizsgálati módszerként javasolhatóak ezen tesztek, így csökkentve az emlős kísérleti állatok toxikológiai vizsgálatokban való felhasználását.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növénytermesztés során – mind a minőségi, mind a mennyiségi élelmiszer előállítás szempontjából – az integrált szemlélet előtérbe helyezése mellett is jelentős szerepet kap a kémiai növényvédelem. A növényvédő szerek szükségessége és hasznossága mellett azonban esetleges káros hatásaikkal is számolnunk kell. Ezen káros hatások az élő szervezeteken többféleképpen érvényesülhetnek: szennyeződhet a környezet (talaj, víz, levegő), illetve mérgeződhetnek az ott élő nem-célszervezetek (méh, hal, vad, rovar, háziállat), valamint fogyasztóként, növényvédő szert kijuttatóként az ember is. A kijuttatást végző személy testfelszínére kerülve helyi, illetve általános mérgezés alakulhat ki. A szerek irritatív hatásuktól függően különböző mértékű szem- és bőrkárosodást okozhatnak. A szembe jutott mérgező anyagok az enyhe, reverzibilis kötőhártya-gyulladástól kezdve súlyos és maradandó szemkárosodást, szaruhártyahomályt, végső esetben akár vakságot is okozhatnak (Bordás, 1971).

A növényvédő szerek engedélyezési folyamatának része a hatóanyagok és készítmények szemirritációs hatásának meghatározása. Ezek segítségével van mód megbecsülni az emberi felhasználás során esetlegesen előforduló expozíció következményeit, és kerülhetnek meghatározásra a felhasználáshoz szükséges védőeszközök is. A sokat bírált, nyúlön végzett Draize-féle primer szemirritációs teszt helyett számos alternatív módszert dolgoztak ki. Az izolált csirkeszemet (Isolated Chicken Eye, ICE) és a szarvasmarha szaruhártyát (Bovine Corneal Opacity and Permeability, BCOP) felhasználó teszteket az OECD is elfogadja már azonosítási célra az erősen irritációs tulajdonságú vegyi anyagok azonosítására. Ezek az alternatív módszerek a 3R szabálynak megfelelően hozzájárulnak a kísérletben felhasznált állatok számának csökkentéséhez. A teljes irritációs potenciál lefedésének eléréséhez azonban még zajlanak a kutatások.

Vizsgálataink során a Draize-féle primer szemirritációs vizsgálat kiváltására, kiegészítésére törekszünk az embrionálódott tyúktojás chorioallantois membránját felhasználó tesztet (Hen's Egg Test – Chorioallantois Membrane) és az EpiOcular™ modellt összehasonlítva. Arra voltunk kíváncsiak, hogy mennyire közelíti egymást a két módszer eredménye, és együttesen alkalmasak-e elővizsgálati vagy kiváltási módszerként, tovább csökkentve a felhasználni kívánt kísérleti állatlétszámot.

2. Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz használt négy növényvédő szer az elérhető töménységben, hígítás nélkül alkalmaztuk: Mystic 250 EC (250 g/l, tebukonazol), Pulsar 40 SL (40 g/l, imazamox), Score 250 EC (250 g/l difenokonazol) és Total (486 g/l, glifozát-izopropilamin só).

A készítmények *in vivo* szemirritációs adatai a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság Növényvédő szer és Termésnövelő anyag Engedélyezési Osztálya által rendelkezésünkre bocsátott toxikológiai értékelő adatlapokról származtak (Toxicological studies on the Plant Protection Product, Annex III A, Section 3, Tier II – Summary: Toxicological studies).

A HET-CAM tesztet az Invitox Protocol 47. száma alapján végeztük. A vizsgálatához jó termékenységi mutatókkal rendelkező tyúktojásokat szereztünk be a Goldavis Kft. sármelléki telephelyéről. A keltetés Ragus típusú (Wien, Ausztria) inkubátorban történt 37,5-38 °C-on, 50-70%-os relatív páratartalomnál. A tojásokat naponta többször forgattuk (*Spielmann, 1997*) a letapadás megelőzésének következtében. A keltetés 10. napján a tyúktojások mézhéját az előkészítés során a légkamra fölött sebészi csipesszel eltávolítottuk. A héjhártyát madárfiziológiás NaCl-oldattal nedvesítettük, majd sebészi csipesszel óvatosan felhúztuk, így vált szabaddá a chorioallantois membrán a kezelésre. Negatív kontrollként 2 db tojást madárfiziológiás NaCl-oldattal, pozitív kontrollként további 2 db tojást 1%-os Na-laurilszulfát (SDS) és 0,1 M NaOH-oldattal kezeltünk. A kezelést vizsgálati anyagonként 6 db tojáson 4 ismétléssel végeztük el. A tesztanyagból 0,3 ml-t juttattunk a membránra, és a kezeléstől mért 5 percig figyeltük meg az érrendszerben bekövetkező elváltozások (vérzés, véredény-lízis vagy koaguláció) kezdő idejét, melyeket másodperc pontossággal jegyeztünk fel. A protokollban leírt algoritmus felhasználásával, a feljegyzett elváltozások típusa és kezdő ideje alapján irritációs indexeket határoztunk meg, ezek segítségével soroltuk irritációs osztályba a vizsgálati anyagokat.

Az EpiOcular™ modellt az OECD 492. irányelv alapján végeztük. A készlet egységeit a médiumot tartalmazó lemezekre helyeztük. Egy éjszakás inkubációt követően a szöveteket DPBS (Ca⁺⁺ és Mg⁺⁺ mentes PBS oldat) oldattal nedvesítettük, majd a rendszert 30 percig inkubáltuk. A kezelés során a vizsgált anyagokat hígítás nélkül (50 µl/üreg), pipetta segítségével a szövetek felszínére juttattuk. 30 perces expozíciót követően a tesztanyagot lemostuk az egységek DPBS oldatba történő merítésével. A mosás befejeztével, az utóáztatás során az egységeket oly módon helyeztük médiummal megtöltött üregekbe, hogy a médium a teljes egységet ellepje. 12 perc eltelté után egy 2 órás utóinkubáció következett, mely során az egységeket friss médiummal feltöltött lemez üregeibe helyeztük. A 2 óra elteltével az egységeket előmelegített 3-(4,5-dimetil-tiazol-2-il)-2,5-difenil-tetrazolium-bromid (MTT) oldattal feltöltött üregű lemezre helyeztük, és a rendszert fénytől védve, 3 órán át inkubáltuk. Ezen inkubálás során az élő sejtek dehidrogenáz enzimjeinek hatására a sárga színű MTT formazánná alakult. Az MTT-oldattal történő inkubációt követően az egységeket eltávolítottuk az üregekből és áthelyeztük őket egy olyan lemezre, melynek üregeibe előzetesen izopropanolt töltöttünk. Az egységek behelyezését követően a lezárt lemezeket légmentesen lezártuk, az izopropanolos oldat elpárolgását megakadályozandóan. 2-3 órás enyhe rázatást követően az egységeket eltávolítottuk az izopropanolból. Az üregekben maradt oldatból

2×200 µl pipettáztunk ki és helyeztünk a 96 üregű lemez üregeibe (200 µl/üreg). Az így kapott minták abszorbanciáját (OD) mértük spektrofotométerrel, 570 nm hullámhosszon. A vizsgálatok esetében azt mértük, hogy megadott expozíciós idő alatt képes-e a megadott határérték (60%) alá csökkenteni a sejtek életképességét az alkalmazott vizsgálati anyag. Amennyiben az életképesség a negatív kontrollhoz viszonyítva a 60%-os küszöbérték alá került, az a vizsgálati anyag szemirritáló hatására utal, melynek mértékét azonban ezen módszer jelen formájában nem tudja vizsgálni. A küszöbérték feletti életképesség az anyag nem szemirritáló tulajdonságára utal. A pozitív (metil-acetát) és negatív (ionmentes víz) kontroll egységek minden esetben a várt eredményt hozták, így az elvégzett vizsgálatok érvényesnek tekinthetők.

3. Eredmények és értékelésük

HET-CAM teszt:

A Mystic 250 EC gombaölő szerrel végzett kezelés során a 13. másodperctől lízis alakult ki a membránon, amelyet a 75. másodperctől vérzések követtek. A gombaölő szer a kapott értékek alapján irritatívnak minősül.

A Pulsar 40 SL gyomirtó szerrel kezelt tojások chorioallantois membránján a kezelést követő 64-103. másodperc közötti időben jelentkezett lízis. A gyomirtó szer az irritatív kategóriába sorolható.

A Score 250 EC gombaölő szerrel történt kezelés során a megfigyelési idő 25-45. másodperce között líziseket figyeltünk meg a membrán felületén. A gombaölő szer irritatívnak minősül.

A Total gyomirtó szerrel végzett kezelés során a 9. másodperctől figyeltünk meg véredény lízist, melyet vérzések 27-200. másodperc között követtek. A gyomirtó szer a kapott eredmények alapján erősen irritatívnak minősül.

EpiOcular™ modell:

A Mystic 250 EC-vel végzett vizsgálat során a negatív kontrollhoz viszonyított életképesség 4%-ra csökkent. A gombaölő szer irritatívnak minősül.

A Pulsar 40 SL gyomirtó szer a sejtek életképességét 7%-ra csökkentette a negatív kontrollhoz viszonyítva. A gyomirtó szer irritatívnak minősül.

A Score 250 EC gombaölő szer a negatív kontrollhoz viszonyítva 98%-ra csökkentette a sejtek életképességét. A gombaölő szer nem irritatívnak minősül.

A Total gyomirtó szerrel végzett vizsgálat során a negatív kontrollhoz viszonyított életképesség 7%-ra csökkent. A gyomirtó szer irritatívnak minősül.

Az 1. táblázatban a két alternatív módszerből kapott eredményeket hasonlítjuk össze az *in vivo* adatokkal. Az EpiOcular™ modellből származó eredmények egyeznek az irodalmi adatokból származó besorolással. A HET-CAM teszt esetében a Score 250 EC vizsgálati anyagnál a fals pozitív eredmény magyarázható a korábbi vizsgálataink (Tavaszi, 2012; Kormos, 2017) során is tapasztalt HET-CAM teszt érzékenységevel, ami a humán kockázatbecslés szempontjából nem számít hátránynak.

Blein és munkatársai (1991) is megállapították vizsgálataik során, hogy a HET-CAM teszt adatai jó korrelációt mutattak az *in vivo* adatokkal. Ők észlelték először a teszt túlérzékenységét, valamint azt, hogy a színes, átlátszatlan vizsgálati anyagok esetében nem határozható meg az irritáció.

A két *in vitro* eljárás eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a kapott eredmények jól közelítik egymást az irritációs tulajdonság tekintetében. Hatékonyak bizonyulnak a szemirritációs vizsgálatok többlépcsős folyamatban való részleges kiváltásához, hiszen amennyiben az *in vitro* HET-CAM teszt súlyosan irritatívnak állapítja meg a vizsgált anyagot, úgy az engedélyezési hatóságok nem követelik meg az *in vivo* szemirritációs teszt elvégzését.

Valamint, ha az EpiOcular™ modellel kapott eredmények nem irritálóknak mutatkoznak, akkor sem szükséges további *in vivo* vizsgálatok elvégzése az engedélyezési folyamathoz. Ennek alapján megállapítható, hogy mindkét módszer jelentősen hozzájárul a kísérletben felhasznált állatok számának csökkentéséhez.

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

1. táblázat: A HET-CAM tesztből és az EpiOcular™ modellen végrehajtott szemirritációs vizsgálatból származó eredmények összehasonlítása az *in vivo* adatokkal

Növényvédő szer	HET-CAM teszt eredménye	Életképesség az EpiOcular™ modell eredménye alapján	Irodalmi adatok
Mystic 250 EC	irritatív	4%	irritatív
Pulsar 40 SL	irritatív	7%	irritatív
Score 250 EC	irritatív	98%	nem irritatív
Total	erősen irritatív	7%	erősen irritatív

4. Felhasznált irodalom

- Blein, O. - Adolphet, M. - Lakhdar, B. - Cambar, J. - Gubanski, G. - Castelli, D. - Contie, C. - Hubert, F. - Latrille, F. - Masson, P. - Clouzeau, J. - Le Bigot, J. F. - De Silva, O. - Dossou, K. G.* (1991): Correlation and validation of alternative methods to the Draize eye irritation test (OPAL Project). *Toxicology in Vitro* 5. 555-557.
- Bordás S.* (1971): A növényvédő szer mérgezés elsősegélynyújtása. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Budapest 21.
- Invitox Protocol No. 47.* (1990): HET-CAM Test. A national validation project of alternative methods to the Draize rabbit eye test. *Toxicology in Vitro* 4. 702-706.
- Kormos É.* (2017): Agrokemikáliák irritatív hatásainak toxikológiai vizsgálata *in vitro* rendszerekben. Doktori értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)* (2019): Test Guideline 492. Reconstructed human Cornea-like Epithelium (RhCE) test method for identifying chemicals not requiring classification and labelling for eye irritation or serious eye damage.
- Spielmann, H.* (1997): Ocular irritation. In Castell, J. V., Gómez-Lechón, M. J. (Eds.), *In vitro* methods in pharmaceutical research. London, UK: Academic Press. 265–287
- Tavaszi J.* (2012): Mezőgazdasági vegyi anyagok irritatív hatásainak *in vitro* toxikológiai vizsgálata. Doktori értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely

A Visegrádi Négyek környezetgazdálkodásának és fenntartható mezőgazdaságának elemzése

Bartl Bianka – Soós Gábor – Simon-Gáspár Brigitta

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Környezettudományi Intézet,
Keszthely*

bartlbianka@ph.zalaegerszeg.hu

Összefoglalás

Tanulmányunk során a Visegrádi Négyek fenntartható mezőgazdaság megvalósításához kapcsolódóan a Vidékfejlesztési programok fő irányait vizsgáltuk, valamint az éghajlatváltozással kapcsolatos prioritás kereteit tekintettük át. Emellett a következő időszakra tett Európai Bizottság általi ajánlásokat és a Nemzeti Energia-és Klímaterv (NECP) ehhez kapcsolódó részeit mutattuk be. Az előző időszak (2014-2020) irányait és a következő időszak (2021-2030) irányait hasonlítottuk össze. Az eredményeink alapján elmondható, hogy az előző időszakban az országok prioritásai jelentős eltérést mutatnak a jövőbeni célokhoz képest. A pénzügyi fedezetek részarányainak megoszlása a prioritások alakulását követi. Legelhivatottabb az éghajlati prioritás (5.) tekintetében Magyarország volt, míg az agrár-környezet-klíma intézkedéscsoport (10.) tekintetében a legnagyobb elkülönített kerettel Lengyelország rendelkezett. Ezzel szemben a következő időszakra vonatkozó tervezetek homogénebben alakultak a NECP-ben. Az EB általi javaslatok országspecifikusak, de mind az éghajlatváltozás elleni küzdelemre irányul.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Visegrádi Négyek (V4) környezetgazdálkodását és fenntartható mezőgazdasági tevékenységét jelentős mértékben befolyásolja az Európai Unió környezetpolitikája. Napjainkban a legfontosabb környezetpolitikai szegmens az éghajlatváltozás elleni küzdelem. A V4-ek az eddigi követelményeknek eleget tettek és elkészítették a következő 2021-2030 időszakra a Nemzeti Energia- és Klíma (NECP) tervet országonkénti bontásban, amelyben meghatározták hozzájárulásukat az Unió célokhoz. Korábbi tanulmányainkban vizsgáltuk az országcsoport üvegházhatású gáz kibocsátásainak alakulását mind a mezőgazdaság mind az egészségügy szempontjából, emellett összefüggést is kerestünk a makrogazdasági és a környezeti mutatók között. Jelen munkánk során célunk a Visegrádi négyek fenntartható mezőgazdasági irányainak bemutatása, a 2014-2020 időszakra vonatkozóan. Emellett bemutatásra kerülnek a következő időszakra tervezett és az Európai Bizottság által ajánlott irányok.

A fenntartható mezőgazdaság alapjaival kapcsolatosan az Európai Bizottság (EB) megfogalmazta álláspontjait, mely szerint az környezetpolitika leginkább veszélyeztetett szegmense az éghajlatváltozás. A változó csapadék, emelkedő hőmérséklet, szezonális változékonyság, valamint a szélsőséges időjárási események befolyásolják a mezőgazdasági termelés alakulását. Megoldás a negatív hatások ellen a növények diverzifikálása, különféle fajták alkalmazása, öntözés és műtrágyázás helyes beállítása lehet. Az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás érinti a gazdasági, igazgatási és technológia területeket egyaránt. Az alkalmazkodás történhet közép és rövidtávú tevékenység csomagokban. Pl.: műveletek pontos időzítése, új technikai megoldások, megfelelő fajtaválasztás, biotechnológiai megoldások, kártevők és betegségek elleni hatékony küzdelem, víz hatékony felhasználása, helyes talajgazdálkodás, ellenállóbb állatfajták. A közös agrárpolitika kidolgozott eszközrendszerrel támogatja az álla-

mokat, mint az egyszerűsített kölcsönös megfeleltetés, zöld kifizetések, valamint vidékfejlesztés támogatásával. Az éghajlatváltozással kapcsolatos támogatások a Vidékfejlesztési Program (VP) keretében kerülnek kifizetésre (Európai Bizottság, 2020).

Tanulmányunk során célunk bemutatni a Visegrádi Négyek előző időszakra (2014-2021) meghatározott VP programjainak prioritásait és pénzügyi kereteit, valamint a következő időszakra (2021-2030) tett EB ajánlások és NECP-ek vonatkozó részeinek bemutatása. Milyen hasonlóságok és különbségek vannak az országok éghajlatváltozás elleni küzdelemmel kapcsolatos fenntartható mezőgazdasági irányai között?

2. Anyag és módszer

Munkánk során a 2014-2020 időszak VP programjainak prioritásait és azok pénzügyi kereteit vizsgáltuk meg, különösen az 5. prioritás és 10 intézkedés csomagot vizsgáltuk meg. Valamint kitekintést tettünk a következő időszak (2021-2030) éghajlatváltozás elleni küzdelemmel kapcsolatos tevékenység csomagokra az EB javaslatok alapján. Mindemellett a NECP tervek fenntartható mezőgazdálkodás szegmensére tervezett irányokat és tevékenység csomagokat hasonlítottuk össze. Az adatokat az országok EB összefoglalói alapján készítettük el.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. 2014-2020 VP programok bemutatása

Minden ország esetében jellemző volt, hogy rendelkeztek mind a 6 prioritás tekintetében:

1. Tudástranszfer és innováció (beépült az 5.prioritásba)
2. Mezőgazdaság versenyképesebbé tétele
3. Élelmiszerlánc szervezés
4. Mezőgazdasághoz és az erdőgazdálkodáshoz kapcsolódó ökoszisztémák helyreállítása, javítása és megőrzése
5. Energiahatékonyság és az éghajlatváltozás
6. Társadalmi befogadás és helyi fejlesztések megvalósítása vidéken (European Commission, 2020)

Cseh Köztársaság VP-jét 2015. május 26-án fogadta el az EB, amelyben rendelkeztek a megítélt 3,1 milliárd euró közpénz felhasználásának prioritásairól. Az összeg EU költségvetéséből, a KAP közvetlen kifizetéseinek átcsoportosításából, valamint a nemzeti társfinanszírozásból tevődött össze. A VP elsődleges célja a természeti erőforrások fenntarthatóságának biztosítása, valamint az éghajlatbarát gazdálkodási gyakorlatok ösztönzése volt. Az éghajlatváltozás elleni küzdelem tekintetében a következőket fogalmazta meg:

- A mezőgazdasághoz és erdőgazdálkodáshoz kapcsolódó ökoszisztémák megőrzése, helyreállítása, javítása keretében (4.) 870 ezer hektár áll önként vállalt agrár-környezetvédelmi és éghajlati kötelezettségek alatt, amelyek megvalósításához képzéseket indítottak.
- Az éghajlatváltozás és erőforráshatékonyság (5.) prioritás érdekében a VP támogatásból a megújuló energiával kapcsolatos beruházásokat fapelletek előállítására, valamint 1000 ha mezőgazdasági terület erdősítését a CO₂ megkötés növelése érdekében különítették el. (Európai Bizottság, 2020)

Magyarország tekintetében az EB 2015. augusztus 10 –én fogadta el a VP-t és a legutóbbi módosítása 2019. szeptember 9-én jelent meg. Magyarország meghatározta az időszakra vonatkozóan 4,2 milliárd euró közpénz felhasználását, amely 3,4 milliárd euró uniós költségvetésből származik és 737 millió euró nemzeti társfinanszírozásból. Magyarország fő célja az ökoszisztémák helyreállítása, megőrzése, javítása, az élelmiszerlánc és a mezőgazdaság koc-

kázatkezelésének javítása, emellett a társadalmi befogadás és a vidéki területek gazdasági fejlődésének támogatása volt. Az éghajlatváltozás elleni küzdelemre vonatkozóan a következőket fogalmazták meg:

- A mezőgazdasági és erdőgazdálkodási ökoszisztémák megőrzése, helyreállítása, valamint javítása keretében (4.) az EMVA alap kb. 30%-át területalapú támogatások keretében fizette ki annak érdekében, hogy ösztönözze a zöldebb gazdaságok kialakulását, valamint az ökológia gazdálkodások elterjedését.
- Az erőforráshatékonyság és az éghajlat (5.) prioritásának tekintetében. Az energiahatékonysággal kapcsolatos beruházások, valamint a mezőgazdaság és élelmiszeripari projektek támogatása a fő irány. Az éghajlatváltozással kapcsolatosan az erdőtelepítések, az agrár-erdészeti rendszerek, az erdők védelme és helyreállítása, valamint a kapcsolódó ökoszisztémák megőrzésének támogatására irányult. Az ÜHG kibocsátás tekintetében pedig, a trágyakezeléssel kapcsolatos beruházások támogatására koncentráltak. (Európai Bizottság, 2019)

Lengyelország tekintetében az EB 2014. december 12-én fogadta el a VP tervezetet, amelyben a Lengyel Köztársaság megfogalmazta az időszakra a 13,6 milliárd eurós közpénz felhasználásnak főbb irányait. A rendelkezésre álló forrás 8,7 milliárd euró uniós költségvetés és 4,9 milliárd euró nemzeti társfinanszírozásból tevődött össze. A fő cél a gazdaságok versenyképességének javítása, valamint a klíma és környezetbarát gyakorlatok ösztönzése. Az agrárium teszi ki Lengyelország ÜHG kibocsátásának 10,7%-át, így fontos az ország számára az ezzel kapcsolatos beruházások ösztönzése, valamint az állattenyésztés kibocsátásainak csökkentése. A klímaváltozás elleni küzdelemmel kapcsolatosan a következőt vetítette előre a VP programban:

- az erőforráshatékonyság és az éghajlatváltozás (5.) tekintetében olyan gazdasági fejlettség elérése a cél, amelyben alacsony széndioxid kibocsátás és ellenálló mezőgazdaság és erdőgazdálkodás valósulhat meg. Ezzel kapcsolatosan több mint 270 millió eurót különítettek el erdősítés támogatására, amely kb. 48000 hektárnyi terület lefedésére elegendő. (Európai Bizottság, 2019)

Szlovákia esetében az EB 2015. február 25-én fogadta el a VP tervezet, amelyben rendelkeztek az időszakra rendelkezésre álló 2,1 milliárd eurós forrásról. A közpénz 1559 millió euró uniós támogatás és 539 nemzeti társfinanszírozásból tevődik össze. A program megvalósítása során fő cél az erdőgazdálkodás versenyképessége és az erőforrás felhasználás hatékonyságának támogatása, valamint a zöldebb gazdálkodási gyakorlatok ösztönzése. Az éghajlatváltozás elleni küzdelemre való tekintettel a következőket fogalmazta meg:

- A mezőgazdasági és erdőgazdálkodási ökoszisztémák helyreállítása, javítása és megőrzése (4.) prioritás keretében közel 239150 ha gazdasági földterület áll önként vállalt agrár-környezetvédelmi és éghajlati kötelezettségek alatt, amely kapcsán képzéseket és tanácsadásokat valósítottak meg.
- Az agrárágazat versenyképesebbé (2.) tételét úgy valósította meg, hogy kb. 1250 gazdaság támogatása valósult meg úgy, hogy szemelőtt tartották az energiahatékonyság és az ÜHG kibocsátások csökkentését célzó lehetőségeket.
- Az erőforrás hatékonyság és az éghajlat (5.) prioritásainak tekintetében az elsődleges cél a megújuló energia felhasználásának ösztönzése, hogy az agrár, élelmiszeripari és az erdészeti hulladék, biomassza előállítás alapjai lehessenek. (European Commission, 2020)

Az éghajlatváltozás prioritására elkülönített pénzüsszegek alakulása jelentős mértékű eltérést mutatott az országcsoport tagjai között. Magyarország rendelkezett a legmagasabb összegről 629,2 millió euróval, amely az összköltségvetésnek 15,10%-át tette ki. Lengyelország 301 millió eurót különített el erre célra, de ezen ország esetében mindössze 2,2% -os részarányt képviselt az összes kiadásból. Csehország esetében 24,2 millió euró összköltség

állt rendelkezésre erre a szegmensre, amely csupán az összköltségvetés 0,80%-a. Szlovákia esetében a legalacsonyabb volt az erre a szegmensre elkülönített pénzösszeg 19,2 millió euróval. A részaránya az összkiadásokból 0,9% amely magasabb arányt képvisel, mint Csehország esetében. Emellett összesítve kimutattuk az országok által tervezett összegeket intézkedési csoportonként. A VP program forrásainak tervezése során mindegyik ország tekintetében az elsők között szerepelt az agrár-környezet-éghajlatváltozás (M10) intézkedésre elkülönített pénzösszeg. Magyarország esetében 638,2 millió euró, amely 15% -os részarányt képviselt. Lengyelország tekintetében 1184 millió euró az össze kiadás 11,26%-át képviselte. Szlovákia esetében 143,8 millió euró az összköltség 7%-át tette ki. Csehország tekintetében pedig 905 millió euro 30%-os részarányt képvisel az összes kiadásból. (*The European Network for Rural Development, 2015*) (*The European Network for Rural Development, 2015*) (*The European Network for Rural Development, 2015*) (*The European Network for Rural Development, 2015*)

3.2. EB ajánlások a következő időszakra

Csehország számára tett EB ajánlások:

- a Cseh Köztársaság ökológiai gazdálkodásra való átállásának ösztönzésének javítása elengedhetetlen,
- ÜHG kibocsátások csökkentése érdekében javasolják a talajgazdálkodás javítására irányuló támogatások növelését, integrált fölhasználati rendszerek támogatását a szén megkötés növelése érdekében, valamint a mezőgazdaság energiaigényeinek csökkentésére irányuló tevékenységek erősítését,
- emellett olyan mezőgazdasági gyakorlatok kialakítása szükséges, amely a primer szektor általi NH₃ kibocsátás csökkenését idézi elő,
- a fenntartható erdőgazdálkodás megvalósítása annak érdekében, hogy ellenállóbbak legyenek az erdők az éghajlatváltozással szemben.

Csehország a NECP-ben 12%-os növekedést jelez előre a primer szektor általi ÜHG kibocsátás tekintetében 2040-ig, az állatállomány növekedése miatt. A LULUCF az ágazat általi szénmegkötés tekintetében pedig az erdők kora és a kéregbogár kártevő megjelenése miatt 2030-ig kb. 70-100%-os csökkenését tervezi. 2015. évi cseh nemzeti alkalmazkodási tervben a mezőgazdaságot és az erdőgazdálkodást különösen kiemelt területként kezeli (*Európai Bizottság, 2020*)

Magyarország számára tett EB ajánlások a következők:

- ökológiai gazdálkodás fenntarthatóvá alakítása, támogatásokkal és ösztönzési rendszerekkel,
- szénmegkötés ösztönzése és a talajerózió csökkentése,
- trágyakezelés és takarmány metán kibocsátásának csökkentése,
- éghajlatváltozásnak ellenálló növényfajok használata.

Magyarország a NECP keretében 40%-kal kívánja csökkenteni a kibocsátását 2030-ig 1990-hez képest. A mezőgazdasági kibocsátás csökkentése érdekében a helyes gyakorlatok bevezetésére irányuló támogatások kialakítása mellett a szénmegkötő kapacitások növelésére irányuló támogatásokkal tervezi megvalósítani (*Európai Bizottság, 2020*).

Lengyelországnak tett EB ajánlások:

- talajok széndioxid kibocsátásának csökkentése, valamint az állati fermentációból származó metánkibocsátás csökkentése a metánstratégiának megfelelően,
- az erdőgazdálkodás szerepének növelése a többfunkciós mezőgazdaság megvalósításával,
- hatékonyabb agrárgazdasági melléktermék felhasználás,

- ökológiai gazdálkodás alá tartozó termelés-csökkenés megfékezése, növekedés ösztönzése, fokozni az ökológiai termékek iránti keresletet beruházások és támogatások segítségével.

Lengyel Köztársaság a NECP keretében 5%-os csökkentést tervez. Az erdőterületek fenntarthatósága tekintetében jelentős mértékű erdőtelepítést vetít előre. Emellett a megújuló energiafogyasztás 21-23%-os részarányra történő növelését kívánja megvalósítani (Európai Bizottság, 2020).

Szlovákiának tett EB javaslatok:

- ökológiai gazdálkodásokra való átállás ösztönzése,
- primer szektor általi ÜHG kibocsátás csökkentése, a talajgazdálkodás fenntarthatóbbá tétele révén, valamint az állati emésztés általi kibocsátások csökkentése a takarmányozási stratégiák átalakítása révén,
- szénmegkötés fenntartása, megerősítése erdősítési programokkal,
- fenntartható erdőgazdálkodás támogatása, ökoszisztémák helyreállítása,

A NECP keretében Szlovákia a primer szektor általi kibocsátások csökkenését vetíti előre. Az állattenyésztés általi kibocsátás csökkentésével, a műtrágyák alacsonyabb felhasználásával, a mezőgazdasági tevékenységek extenzifikálásával tervezi. A LULUCF tekintetében csökkenést irányoztak elő mind az erdő mind a gyepek és a szántók esetében is. A NECP szerint a primerszektorban van a legnagyobb ÜHG kibocsátás csökkentési potenciál. Így a VP támogatások mellett a trágyakezelés és az állattakarmányozás ÜHG kibocsátás mérséklésének ösztönzését tervezi. Valamint az erdők felújítására is forráselkülönítéseket tervezett (Európai Bizottság, 2020).

4. Következtetések, javaslatok

A 2014-2020 időszakra vonatkozó VP programok tekintetében elmondható, hogy az országok elsődleges prioritásai különböző irányúak. Ez annak köszönhető, hogy az államok mezőgazdaságainak sajátosságai jelentős mértékben eltérnek. Csehország, Magyarország, Lengyelország esetében az 5. prioritás keretében az erdőgazdálkodás fejlesztésére tették inkább a hangsúlyt, míg Szlovákia a körforgásos gazdaság rendszerének fejlesztésére koncentrált. Emellett az éghajlatváltozás megfékezésének érdekében a 4. prioritás keretében is megjelentek különböző tevékenységcsoportok támogatásai. Szlovákia a 2. prioritás megvalósítását is úgy tette lehetővé, hogy az összhangban legyen a klímaváltozás elleni küzdelem kritériumaival. Az 5. prioritásra szánt pénzeszközök nagysága alapján jól látszik, hogy a legambiciózusabb Magyarország, második Lengyelország, majd Csehország és Szlovákia. Az összköltségvetéshez viszonyított részarány tekintetében is Magyarország mutatja a legkiemelkedőbb értéket, míg Lengyelország, Szlovákia és Csehország a további sorrend, de arányaiban jelentősen elmaradnak Magyarországtól. A 10. tevékenységcsoportra elkülönített pénzeszközök tekintetében azonban Lengyelország értéke a legkiemelkedőbb, majd Csehország követi, Magyarország és Szlovákia zárja a sort. Míg ebben az esetben az összköltségvetéshez viszonyított részarányok alakulása során Csehország értékei a legkiemelkedőbbek, majd Magyarország, Lengyelország és Szlovákia zárja a sort.

A következő időszakra tett EB ajánlások tekintetében elmondható, hogy minden ország esetében javasolják az ökológiai gazdálkodás fejlesztését, ösztönzését, a metán kibocsátás csökkentésének támogatását, az erdőgazdálkodás hatékonyabbá tételét, földhasználat és talajgazdálkodás fejlesztésének támogatását. Lengyelország esetében javasolják továbbá a körforgásos gazdaság fejlesztését. Magyarország esetében pedig a rezisztens fajok használatának előmozdítását. Csehország tekintetében továbbá javasolják az erdőgazdálkodásba ellenállóbb fafajták bevonását. Az országok NECP terveinek keretében pedig betekintést kaphattunk a következő időszakra tervezett kibocsátási irányokra és az ahhoz kapcsolódó tevékenységi

körökre. Itt is jelentős eltéréseket tapasztaltunk. Csehország primer szektor általi ÜHG kibocsátás növekedést vetített előre, míg a többi ország esetében különböző mértékű csökkenést jeleztek előre.

Összességében, az előző időszakban változó fő irányok jellemezték az országok fenntartható mezőgazdasági tevékenységkörét. Míg a következő időszakra szóló fő tevékenység csoportok nagymértékű hasonlóságokat mutatnak. Ennek oka, hogy az Unió következő időszakra vállalt célkitűzéseinek megvalósítását a teljes KAP megújulásával és a VP átalakulásával teszi lehetővé. Amelynek az egyik legfontosabb célja a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás (*European Commission*, 2020).

5. Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

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

6. Felhasznált irodalom jegyzéke

- Európai Bizottság.* (2019). Factsheet on 2014-2020 Rural Development Programme for Hungary. Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2019). Factsheet on 2014-2020 Rural Development Programme for Poland. Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2020). Commission recommendation for Poland's CAP strategic plan SWD(2020) 389 final. Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2020). A Bizottság ajánlásai Magyarország KAP stratégiai tervéhez SWD(2020) 397 final. Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2020). A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának COM(2020) 381 final., (old.: 2-11). Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2020). Commission recommendations for Czechia's CAP strategic plan SWD(2020) 393 final. Brüsszel.
- Európai Bizottság.* (2020). Commission recommendations for Slovakia's CAP strategic plan. Brüsszel: SWD(2020) 392 final.
- Európai Bizottság.* (2020). Factsheet on 2014-2020 Rural Development Programme for Czech Republic. Brüsszel.
- European Commission. (2020). A KAP második pillére: a vidékfejlesztési politika. Forrás: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/110/a-kap-masodik-pillere-a-videkfejlesztési-politika> (letöltve 2021.02.01)
- European Commission.* (2020). Working with Parliament and Council to make the CAP reform fit for the European Green Deal. Brüsszel.
- The European Network for Rural Development.* (2015). 2014-2020 Rural Development Programme: Key facts & figures Czech Republic. Forrás: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/cz_rdp_qnt_summary_v1_2.pdf (Letöltve: 2021. február 11.)
- The European Network for Rural Development.* (2015). 2014-2020 Rural Development Programme: Key facts & figures Hungary. Forrás: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/hu_rdp_qnt_summary_v1.pdf (letöltve : 2021. február 11.)
- The European Network for Rural Development.* (2015). 2014-2020 Rural Development Programme: Key facts & figures Poland. Forrás: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/pl_rdp_qnt_summary_v1_2.pdf (letöltve:2021. febr.28)
- The European Network for Rural Development.* (2015). 2014-2020 Rural Development Programme: Key facts & figures Slovakia. Forrás: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/sk_rdp_qnt_summary_v1_2.pdf (letöltve: 2021 február 11.)

Az ipar4.0 technológiáinak gazdasági hatásai a munkakörök kompetencia igényeire

Németh Kornél¹ – Deli Kornél²

¹*Pannon Egyetem Nagykanizsa, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ, Alkalmazott Gazdálkodástani Intézet, Nagykanizsa,*

²*Ivy Technology AMS Hungary Kft, Szombathely*
knemeth.gsdi@uni-pen.hu

Összefoglalás

A szerzők, az elsődleges szerző átfogó kutatási témájának részeként vizsgálták az Ipar4.0 koncepció technológiai elemeit, azok alkalmazása révén kitűzött és elért gazdasági célokat, valamint a technológia hatását munkaerő kompetencia igényekre. A témakör komplexitása miatt azon termelő rendszerek kerültek fókuszba, ahol az ipar4.0 koncepció, technológiai relevanciája feltételezhető, ezek jellemzően a gyártó és feldolgozóipar termelő gazdasági társaságai. A szakirodalom feldolgozásának konklúzióit, és trendek jelenlétét az Ivy Technology AMS Hungary Kft szombathelyi telephelyén keresztül gyakorlati oldalról közelítve vizsgáltuk. Valós kihívás a nemzetközi helyzet és a magyarországi trendek közti szinergia mikro szintű elemzése. Míg makró szinten azonos trendek látszanak, a makrogazdasági folyamatok, mozgató erők közt feltételezhető az azonosság a mikrogazdaság elemeinél a megnövekedett befolyásoló faktorelemszám olyan eltéréseket okozhat, amelyek további kutatásokat, regionális, és ipari szektor specifikus gazdaságpolitikai kutatásokra igényelhetnek.

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A közgazdaságtanban széles körben elfogadott, hogy a technológia az országok, régiók és városok gazdasági növekedésének legfontosabb hajtóereje. A technológiai fejlődés több és jobb áru és szolgáltatás hatékonyabb előállítását teszi lehetővé, ettől függ a jólét. (R. Hausmann – J. Domínguez, 2021)

Fentiek alapján kijelenthető, hogy a technológia fejlődése nem öncélú, hanem amint megfogalmazásra került függőségi viszony van a gazdasági növekedés és technológiai fejlődés közt. A technológia alkalmazása célok elérése érdekében történik, versenyhelyzet jellemzi a gazdasági társaságok működését, még monopólium esetében is, mert a szervezetek célja ebben az esetben a monopólium fenntartása, a saját versenyelőny megtartása, piaci pozíció megtartása, növelése. Ez a hajtóerő a szervezeteket folyamatosan az elérhető legmagasabb hatékonyság elérésére sarkalja, amelynek egyik lényegi eleme a termék vagy szolgáltatás realizációja érdekében alkalmazott technológia. A technológiai fejlődés jellemzésére gyakran Gordon E. Moore (1965) törvényével (Intel.com: Over 50 Years of Moore's Law, 2021), illetve annak a törvény exponenciális függvény ábrázolásával közelít a szakirodalom. A kapcsolatot az a digitalizációs trend támogatja meg, hogy az elmúlt évtizedekben az üzleti folyamatok, illetve termelő folyamatok automatizáltsági foka egyértelműen és általánosan emelkedik. Ennek részben oka a technológiai fejlődés, amely lehetővé tesz a folyamataink gazdaságos automatizációját, a számítási kapacitás fajlagosan növekszik, a számítógépek fajlagos költsége csökken. Ennek köszönhetően mind szélesebb körben valósítható meg az automatizáció, amely, – az esetek döntő többségében – operatív és költséghatékonyabb működést eredményez.

1.1. Az Ipar4.0 bemutatása

Az ipari szektor paradigmaváltáson megy keresztül, amely a termelést alapjaiban fogja megváltoztatni. A hagyományos, központilag irányított és ellenőrzött hierarchiát és folyamatokat decentralizált vezérlés fogja felváltani, amely az intelligens, egymás között kommunikáló termékek, alkatrészek és munkadarabok önszervező képességére épül. Ezt a paradigmaváltást ipari forradalomként, 4. ipari forradalomként jelölték meg, és az Ipar 4.0 koncepciója szerint a termékek és alkatrészeik kulcsszerepet kapnak a termelési és a logisztika folyamatainak irányításában. Az intelligens termékek ugyanis „tudják”, hogy a gyártósoron milyen alkatrészek kerültek beépítésre, illetve melyekre lesz még szükség, és a gyártás végén milyen csomagolást, szállítást és tárolást igényelnek, és ezt az információt közlik környezetükkel a folyamat szakaszain előre haladva. Ez összességében azt jelenti, hogy a hálózatba szervezett termelés azt jelenti, hogy a gyártás rugalmasan tud alkalmazkodni a piacok, vevői igények és külső tényezők változásaihoz, és az amúgy is szűkös erőforrásokkal egy magasabb (költség)hatékonyságú gazdálkodást tesz lehetővé. Az ipar 4.0 koncepció fentiekén túli, részletesebb bemutatása nem része a jelen dokumentumnak, ezzel kapcsolatosan közelmúltban számos irodalmi leírás és tanulmány készült, ennek általános mértékű ismeretét feltételezve a gazdasági és munkaerőpiaci hatásokra koncentrálni a tanulmány.

1.2. Kompetenciák irodalmi feldolgozása

Fel kell ismerünk azonban, hogy az a termelés-szervezési modell, amelyet ismerünk, változóban van az ipar4.0 koncepciónak köszönhetően és ezzel együtt változnak azok a kompetenciák is, amelyek változás folyamatában, illetve a változást követően a termelő rendszerek céljaik érdekében szükségesek. „A technikai korszakváltás azonban nemcsak a foglalkoztatás szintjének fenntarthatóságát kérdőjelezi meg, hanem a korábban kialakult szociális modellek jövőjét is.„ Andor L. (2018) Foglalkoztatás szintjének fenntartása alapvető fontosságú társadalmi kérdés, kétféle lehetőség is adódhat a megszűnő, átalakuló munkakörök helyébe olyan újak lépnek, illetve az Ipar4.0 digitalizációs trendjeinek köszönhetően, olyan új szakterületek pozíciók jönnek létre amely a foglalkoztatás szintjét nem, vagy kedvezően befolyásolja, vagy a másik oldal, amikor a változás több munkahelyet tesz szükségtelenné mint amennyit teremt. Egy szintén reális lehetőség lehet, hogy az ipar4.0 munkahelyteremtő képessége a megfelelő és elérhető kompetencia hiányában nem kezelhető a megfelelő időbeliséggel.

„Ha a munkavállaló nem rendelkezik a megfelelő kompetenciákkal és a munkáltató másképp nem tudja megoldani a foglalkoztatást, akkor a jogszabályban foglaltaknak megfelelően szükséges a jogviszonyt megszüntetni. Ez a megoldás kivitelezhető addig, amíg nem érinti tömegesen a munkavállalókat. Azonban, ha a digitalizációs és a megváltozott munkakörülmények új kompetenciákat követelnek meg az a munkavállalókat tömegesen fogja érinteni. Ennek az érintettségnek két iránya lesz. Az egyik irány a gépek térnyerése a termelési folyamatok automatizálása során. A másik pedig a meglévő feladatkörök gyökeres átalakulása. Ezekhez kell hozzátennünk azt a tényt is, hogy a digitalizáció, mint új kihívás nem csak elveszi a munkahelyeket, de teremteni is fogja azokat. A kérdés azonban az, hogy a megszűnő és az új munkahelyek száma korrelál e majd? Illetve melyek azok az új kompetenciák, amelyekre szükség lesz az új munkakörökben?” (G. Mélypataki, K. Lipták, 2020)

„A technológiai élvonaltól távol lévő országokban a növekedés és a felzárkózás elvileg szintén „innovációvezérelt”: az élvonaltól való távolság csökkentése és a termelékenység emelése a fejlett technológiába történő beruházással, az új technológia abszorpciójához elengedhetetlen tanulással, eljárási és szervezeti innovációkkal történik – mindez beletartozik a

széles értelemben vett innováció fogalmába (Griffith és szerzőtársai [2003], [2004])” (Szalavetz A., 2011)

Magyarország technológiai pozícióját tekintve nem tartozik az élvonalbeli országok közé, ez nem probléma, ez egy sok tényező eredménye. Az ipar4.0 trend azonban a Magyarországon működő gazdasági társaságokat is érinti, csakúgy, mint a társadalom egyéb szereplőit. A technológiai innováció, a technológiai ökoszisztéma értelmezését és alkalmazásának kompetenciáit kívánja meg. Ez a kíváncsiság nem lehetőség, hanem kényszer a vállalkozások számára, amennyiben piaci pozíciójukat tartani akarják, vagy azt erősíteni. Az 1. ábra mutatja azt az ipar4.0 koncepcióból származtatott technológiai térképet, amely az informatika, illetve fejlett termelés-támogató technológiák integrált rendszerben való alkalmazását követeli meg. Nem minden szervezet számára releváns minden elem azonos mértékben, ez az alaptervékenységtől, illetve a szervezeti stratégiától is függ, azonban kompetencia tekintetében el kell érni egy általános digitális műveltségi szintet, hiszen, ha nem is cél, hogy digitális bajnokká váljon a szervezet, a potenciálok felismerése, új üzleti igények teljesítése megfelelő hatékonysággal akkor kezelhető, ha az alapvető digitális tudás rendelkezésre áll.

2. Anyag és módszer

Kutatásunk fókuszában a tágabban értelmezett ipar4.0 koncepció technológiai elemeinek vizsgálata és ezeknek a technológiáknak a termelő rendszerekben elvárt kompetencia igényekre gyakorolt lehetséges hatása áll. A kutatás célja, annak kölcsönhatásnak vizsgálata, amely fennállhat a gazdaságfejlesztő technológiai változás és annak alkalmazásához szükséges új kompetenciák megszerzése között. A szakirodalom áttekintése és vizsgálata nemzetközi kitekintést igényel, amelyet a vonatkozó hazai irodalom vizsgálata követ. Hazai szakirodalom limitáltan elérhető, a vizsgálatban a nemzetgazdasági statisztikára és kormányzat hivatalosan publikált elemzéseire, illetve releváns programjaira kell támaszkodni. Emiatt fontos, hogy lehetőség szerint ipari példákon keresztül az elérhető irodalom tartalmi elemei vizsgálhatóak legyenek. Munkánk során szakirodalmi áttekintést a témában a következő szempontok alapján végeztük: Sebesség, Szélesség, mélység, Rendszer hatás.

Sebesség: A korábbi ipari forradalmakkal ellentétben a negyedik ipari forradalom nem lineáris, hanem exponenciális ütemben fejlődik. Gordon Moore törvénye a harmadik ipari forradalom idején fogalmazódott meg, ám lényegét tekintve a 4. ipari forradalomban látjuk az exponenciális fejlődési ütemet megvalósulni. Ennek kiváltó okai még nyitott kutatási témaként vannak jelen, ám az összekapcsoltság, a beágyazottság az élet számos területén gerjeszthet olyan hatást, hogy új a technológia újabb és újabb technológiát szül.

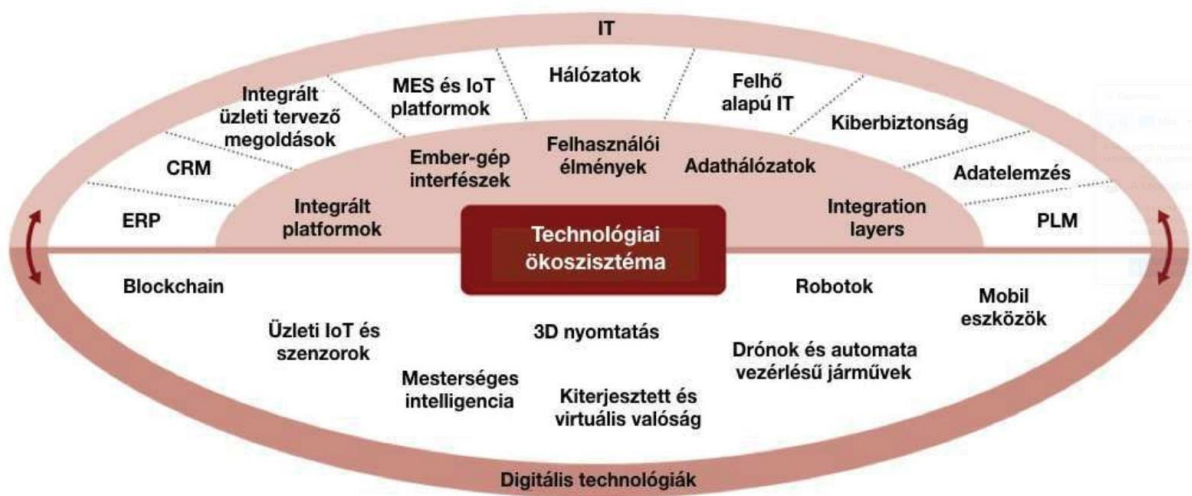
Szélesség, mélység: Az ipar4.0 elemei, mint az internet of Things – Dolgok Internete, a gépi intelligencia alkalmazása, a fejlett analitika, üzleti intelligencia, robotika kiterjeszti az alkalmazási területet, illetve annak mélységi alkalmazását, több hierarchikusan felépülő rendszerben (folyamat vagy human organizáció) nyitva meg interdiszciplináris megközelítést és paradigmaváltást. Tanulmányunkban a célunkat tekintve ez a tény alapvető fontosságúvá vált, a technológia munkakörökre gyakorolt hatásvizsgálatában. Az irodalomkutatás során olyan újabb aspektus kérdések bukkantak fel, hogy az ipar4.0 koncepció alkalmazhatósága feltételez-e gazdasági méretfüggőséget, szervezeti nagyságot, szervezeti részletezettséget? Találhatunk-e a klasszikus fehérgallér-kékgallér felosztáshoz társítható specifikumokat? Létezik-e iparági sajátosság, ahol erőteljesebben jelentkezik a kompetenciaigény változás? Ezekre a kérdésekre csak korlátozottan van lehetőség kitérni a fő kérdés fókuszában.

Rendszerhatás: Rendszerek alatt, megközelítéstől függően érthetjük azokat az interakcióalapú folyamatoknak az összességét, amelyek magában foglalják országok, vállalatok, ipar és a társadalom működési jellemzőit. A tanulmányunk elsődleges céllal az ipar, azon belül az Ivy Technology alaptervékenységéhez kapcsolható telekommunikáció ipari szegmen-

sét vette alapul. Természetesen a rendszerhatás tekintetében a regionális, illetve nemzetgazdasági és társadalmi jellemzők bizonyos hangsúllyal megjelentek. Ezért a rendszerhatás eltérő aspektusok figyelembevételével kell, hogy vizsgálja azokat a faktorokat, amelyek a vizsgált célterület kialakult szerkezetében befolyásoló erővel bír.

3. Eredmények és értékelésük

Az Ipar4.0 koncepció mint egy halmaz foglal magában technológiákat és technikai alkalmazásokat, ezeknek integrált rendszerben való értelmezése alkalmazása a ztechnológiai ökoszisztéma. Az 1. ábrán látható technológiai ökoszisztéma kutatásunk alapját, referenciamodelljét képezte.



1. ábra: Technológiai Ökoszisztéma (Obermayer N., 2020)

„A hazai vállalkozások digitális gazdaságban való részvétele kapcsán megállapítható, hogy összességében jelentős a lemaradás az EU releváns mutatóinak átlagától (lásd pl. vállalati honlap ellátottság, ERP használat, e-számlázás, online tranzakciók aránya). A digitális gazdaság elmaradottsága, az IKT eszközök és szolgáltatások alacsony használati szintje akadályozza a termelékenység és a vállalati hatékonyság növekedését.” (Nemzetgazdasági Minisztérium, 2015)

Az idézett felmérés egyértelmű összefüggést tár fel az gazdaság és az IKT azaz az Információ, kommunikációs Technológiák között. Nemzetgazdasági kérdéssé eszkalálva fókusz pontba kerül az IKT eszközök, szolgáltatások alkalmazásának szélesítése. Ez azonban nem pusztán eszköz értékesítést, és alkalmazásba helyezést jelent, hanem képzést, azzal együtt a képzés reformját mind tartalom mind képzés metódus szempontjából.

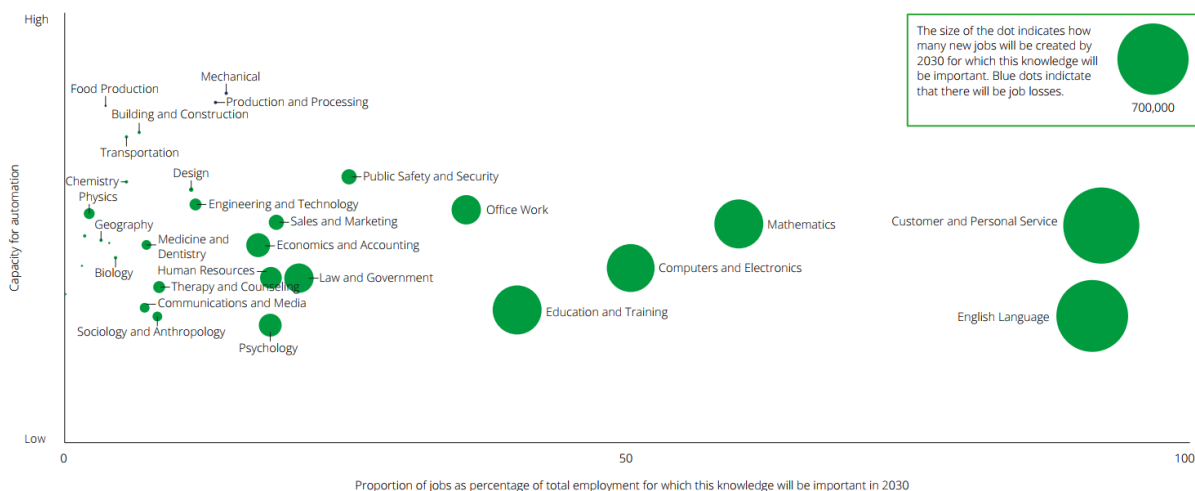
„A digitális kompetencia a digitális technológiák tanuláshoz, munkához és a társadalomban való részvételhez történő magabiztos, kritikus gondolkodáson alapuló és felelős használatát, illetve az ezekkel kapcsolatos elköteleződést jelenti. Ide tartozik az információ- és adatkezelés terén való jártasság, a kommunikáció és az együttműködés, a médiaműveltség, a digitális tartalmak előállítás (programozás), a biztonság (a digitális jólét és a kiberbiztonsággal kapcsolatos kompetenciák), a szellemi tulajdonnal kapcsolatos kérdések, a problémamegoldás, valamint a kritikus gondolkodás (EU Commission, 2019).” (Obermayer N., 2020)

Ahogy Obermayer megfogalmazza az EU comission tanulmány alapján az ipar4.0 koncepció által generált új kompetencia igény több mint fejlett technikát elsajátítani. A fejlett technika alkalmazása komplex gazdasági szemszögű látásmódot és szociológiai érzékenységet is

jelent a társadalmi berendezkedés befolyásolóhatása miatt. Az alábbi két ábra a Deloitte felmérése alapján tökéletes képet ad az új kompetencia igényekről, azok súlyáról csakúgy, mint a készség oldalról, amelyek felértékelődnek az ipar4.0 koncepció digitális transzformációs folyamataiban, illetve annak működtetése közben.

2. ábra: A Deloitte kutatása alapján a digitalizáció miatt megváltozó tudás igények

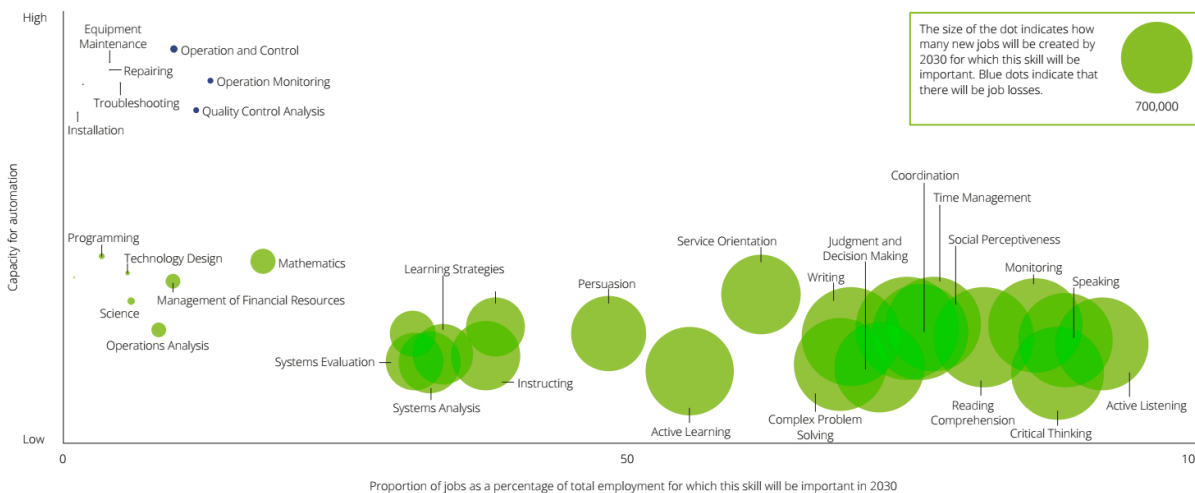
Figure 10. Future importance of 'knowledge'



Forrás: Deloitte (2017)

3. ábra: A Deloitte kutatása alapján a digitalizáció miatt megváltozó képesség, készség igények

Figure 11. Future importance of 'skills'



Forrás: Deloitte (2017)

A Deloitte 2017-ben elvégzett felmérése digitalizációs stratégiával rendelkező szervezeteket vizsgált, amelyek tapasztalati és jóslat válaszai alapján 2030-ig tartó intervallumra vetíti előre az ábrákon látható változásokat. Az ábra magyar nyelven nem elérhető, komplexitása miatt a fordítás, újra szerkesztés mellőzésre került. A kutatás céljaként megfogalmazott vizsgálat a szakirodalmi elemző munkán túl az ipari példaként felhasznált Ivy Technology alaptevékenységét, illetve kompetencia struktúráját vette alapul.

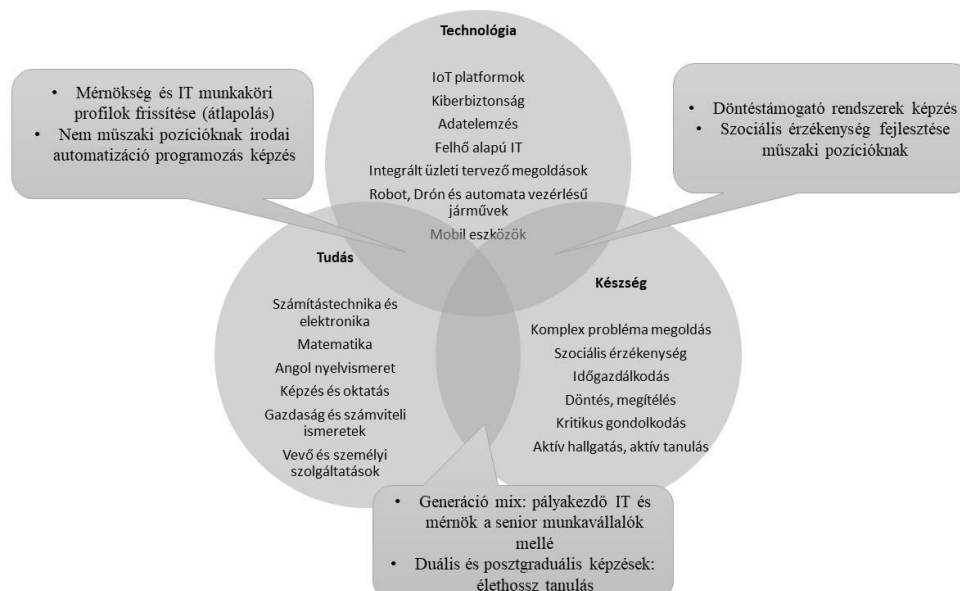
3.1. Ipari kapcsolat

Az Ivy Technology mint globális elektronikai javító és szolgáltató szervezet a világ számos piacvezető high-tech-, med-tech- és telekommunikációs vállalatának, ügyfeleinek partnere. A magyarországi telephelyen multi-vevői környezetben, elsősorban telekommunikáció, mobil-hírközléstechnikai, informatikai ipari szegmensben magas piaci részesedéssel bíró vevők számára nyújt javító, termék-felújító és logisztikai szolgáltatásokat. Ez az az ipari szektor, amely az ipar4.0 szempontból nem csak, hogy érintett, hanem ezek az kezelt, javított eszközök képezik az ipar4.0 technológia elemeit. A szervezet működése során így nem csak üzleti és operatív folyamataiban, de a termékek technológiai architektúrája, fejlettsége oldalán is találkozunk az ipari forradalom jelentette változás kényszerrel, az új technológiák megjelenése által folyamatosan fellépő új kompetenciaigényekkel.

3.2. Ipari hatás

A tágabb értelemben vett kutatás a nemzetközi és hazai szakirodalom, tanulmányok összegyűjtését és elemzését helyezi fókuszba, amelyek hozzájárulhatnak az ipari helyzet megfelelő kiértékeléséhez, illetve segíti a példa szervezet jellemzői tulajdonságainak vizsgálatát, összehasonlítását a megismert szakirodalmi tartalommal, következtetésekkel. Ezek az összehasonlító elemzések segíthetnek kompetencia menedzsment modellek fejlesztéséhez, kialakításához, gyakorlatba való átültetéséhez. A szervezet operatív jellemzői, stratégiai jövőképéből származó, a kompetencia igényeket érintő elemei ezért a Deloitte tanulmány jelentősnek ítélt tudás és készség elemeivel, valamint a technológiai ökoszisztéma elemeivel kerültek összevetésre.

4. ábra: A szakirodalmi elemzés és ipari példa kapcsolata



Az 4.sz. ábra illusztrálja, a szakirodalom területeinek egymással való azonosított metszeteit, kapcsolatát, valamint, hogy szakirodalom kutatás mely pontokon tár fel kapcsolatot a szervezet azonosított új kompetencia igényeivel, illetve ebből fakadó programjaival.

Az ipari szervezet az említettekén túl, felismerte a technológiai fejlesztés jelentette gazdasági előnyök lehetőségét, illetve felismerte, azonosította, azokat a fókuszterületeket, amelyek a realizációhoz szükségesek. Tervez és törekvéseket tesz IoT platform bevezetésére a meglé-

vő vállalatirányítási rendszer (ERP) az üzleti intelligencia megközelítéssel való megtámogatása érdekében. Ehhez képzésre van szükség, amely az ipar4.0 koncepció megközelítést, a paradigmaváltást, szemléletformálást tartalmazza, kiegészítve adatvagyon menedzsment, analitikai, illetve a kiválasztott IoT platformot illető képzéssel.

4. Következtetések, javaslatok

„A szakirodalmak áttekintése és elemzése után kijelenthető, hogy a digitális kompetencia kiemelt jelentőségű szükséges tudás. A fogalom nagyban kapcsolódik a manapság hangzatosan csengő Ipar 4-0-hoz és a robotizációhoz, hiszen a kifejezések mögött olyan folyamatok zajlanak, amelyek a munkaerőtől olyan új képességeket igényelnek, amelyekre eddig nem volt szükség, vagy nem ilyen mértékben. A digitális kompetencia fejlesztése elengedhetetlen mind egyéni, mint szervezeti szinten.” (Bak G., 2020)

Bak megfogalmazása konkrétan kitér a munkaerő fejlesztésének kiemelt fontosságú igényére. A Deloitte tanulmány illetve a technológiai ökoszisztéma adat alapú felmérései jó kiindulópontot adhatnak minden szervezetnek a testreszabott igény térkép kialakítására is. A szombathelyi Ivy Technology ezen az úton járva alakította ki telekommunikációs ipari szektorban elhelyezkedő alaptevékenységéhez a képzési rendszerét. Fontos megemlíteni, hogy még egy olyan szervezet számára amelyik az elmúlt 20 évben is az aktuálisan fejlett technológiák alkalmazásával végezte alaptevékenységét, szembesül a megváltozó kompetenciaigényekkel, a folyamatos tanulás, képzés kérdéskörével és a tudás avulás dilemmájával. Az említett tanulmányok, illetve egyéb tudásmenedzsment és ipar4.0 témakörű elemzések nemzetstratégia szinten adnak olyan visszajelzést, amely a képzés stratégiát, és képzési rendszerek alkalmazkodását segíthetik. El kell fogadni, hogy az alapképzést nyújtó képzési modellek sem mentesülnek a változási kényszer alól. Elsősorban a műszaki képzések azok, amelyek igénylik a módszertani és tartalmi reformot, amely nem egylépéses és lezárható folyamat. Az a trend, amely az ipar4.0 vagy másképp közelítve a negyedik ipari forradalom tulajdonságait, jellemzőit foglalja össze nem várható, hogy megáll, lelassul, alakot vált. A nyíló olló analógiáját felhasználva képzési formáknak a technológiai ökoszisztéma elemeire hatékony válaszokat kell tudni adni, amellett, hogy várható a posztgraduális szakirányú képzések, felnőttképzések, és munkahelyi képzések felértékelődése is. Tanulmányunkban bemutatott eszközökkel (szakirodalmi és ipari források elemzésével, a szinergiák azonosításával) igazolást nyert az a kezdeti hipotézis, hogy a technológiai fejlődés közvetlenül és erőteljesen hat a termelő szervezetek kompetencia menedzsmentjére és ennek közvetlen gazdasági következményei vannak.

Javaslatként azt lehet megfogalmazni, hogy szükség van olyan jó gyakorlatok, fejlődési, fejlesztési irányok bemutatására, széleskörű megismerésére, mivel jelenleg egyrészt nem elérhető az képzési forma (metódus és tartalom) amely az ipar4.0 koncepció szervezetekre gyakorolt változásaira képes hatékonyan reagálni, másrészt a szervezetek eltérő érettségi szintje és iparági sajátosságai moduláris, egyénileg testre szabható kompetenciafejlesztést igényelnek. Az oktatási rendszernek emiatt célszerű lenne kétszintű és rugalmas képzési modellek lehetőségét vizsgálnia: alapvető digitalizációs kompetenciák, amelyek iparág és szervezet független tudást és készségeket adnak, valamint moduláris, egyénileg összeállítható szaktudást, amely akár szervezetenként de még szervezeten belüli pozícióknak is érték-maximalizációt jelenthet a szervezet számára.

5. Felhasznált irodalom

- Andor L. (2018) A Digitalizáció És A Munka Világa. Mi Várható A Robotforradalom Után? Magyar Tudomány 179(2018)1, 47–54 DOI: 10.1556/2065.179.2018.1.5
- Bak G. (2020) Digitális kompetencia: új trend vagy szükséges tudás? Közgazdász Doktoranduszok és Kutatók VI. Nemzetközi Téli Konferenciája 2020. február 28. Szent István Egyetem Gödöllő

- G. Mélypataki, K. Lipták* (2020) International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 5. (2020). No. 1 DOI: 10.21791/IJEMS.2020.1.10
- Griffith, r.–redding, s.–vAn reenen, j.* [2003]: R&D and Absorptive Capacity: Theory and Empirical Evidence. Scandinavian Journal of Economics, Vol. 105. No. 1.
- Griffith, r.–redding, s.–vAn reenen, j.* [2004]: Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries. Review of Economics and Statistics, Vol. 86. No. 4.
- L. Zobrist, D. Brandes, Deloitte* (2017) What key competencies are needed in the digital age? The impact of automation on employees, companies and education
- Nemzetgazdasági Minisztérium - Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP) 3.5.3 Digitális gazdaság fejlődésének előmozdítása (2015)
- Obermayer N.* (2020) A digitális identitás menedzselése az Ipar 4.0 világában
- Over 50 Years of Moore's Law, (2021): Intel.com, Gordon E. Moore
- R. Hausmann - J. Domínguez,* (2021): Knowledge, Technology and Complexity in Economic Growth
- Szalavetz A.* (2011): Innovációvezérelt növekedés? Közgazdasági Szemle, LVIII. évf., 2011. május (460–476. o.)

A konferencia szervezői

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus



Doktoranduszok Országos Szövetsége Agrártudományi Osztály



Magyar Tudomány- és Innováció-menedzsment Alapítvány



Magyar Tudományos Akadémia Pécsi Területi Bizottsága
Állattenyésztési és Takarmányozási Munkabizottság

