

MATE

MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet



Halászati Kutató Központ

HALÁSZATFEJLESZTÉS 40

FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 40

**Szarvas
2023**

HALÁSZATFEJLESZTÉS 40
FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 40

A XLVII. Halászati Tudományos Tanácskozás kiadványa
(Szarvas, 2023. június 7–8.)

Proceedings of the 47th Scientific Conference
on Fisheries & Aquaculture
(7-8 June 2023, Szarvas, Hungary)

MATE
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutató Központ

Szarvas
2023

Szerkesztő: Dr. Bozánne Dr. Békefi Emese

**Szerkesztőbizottsági tagok: Brlás-Molnár Zsuzsanna, Fazekas Gyöngyvér
Dr. Nagyné Dr. Biró Janka**

Editor: Emese Békefi PhD
Editorial board: Zsuzsanna Brlás-Molnár, Gyöngyvér Fazekas,
Janka Nagyné Biró PhD,

© Szerzők, 2023
Szerkesztő © Dr. Bozánne Dr. Békefi Emese, 2023
© MATE AKI HAKI, 2023
Minden jog fenntartva!

*A kiadvány megjelentetése és a tanácskozás megrendezése az AM állami hal-
gazdálkodási feladatok támogatása fejezeti kezelésű előirányzat,
HAGF/6/2023. számú támogatásával kerül sor.*

Kiadja
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutató Központ (MATE AKI HAKI)
5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.
Felelős kiadó: Dr. Halasi-Kovács Béla

Published by Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Institute of Aquaculture and Environmental Safety
Research Center of Fisheries and Aquaculture
Responsible publisher: Béla Halasi-Kovács PhD

Készült a Fazekas Nyomdában, Szarvason
150 példányban
Felelős vezető: Fazekas András
Printed by Fazekas Nyomda, Szarvas, Hungary
Number of printed copies: 150

ISSN 1219-4816
ISSN 0230-8312

ISBN 978-963-623-055-5

Tartalom

Váradi László, Békefi Emese, Bardócz Tamás Innováció az európai édesvízi akvakultúrában	9
Tóth Flórián, Vitál Zoltán, Mozsár Attila, Árva Diána, Fazekas Dorottya Lilla, Udvari Zsolt, Halasi-Kovács Béla A Dél-pesti Szennyvíztisztító közösségökölógiai hatásai a Ráckevei-Soroksári Dunaágon	19
Nyeste Krisztián, Zulkipli Nurfatim, Uzochukwu Ifeanyi Emmanuel, Somogyi Dóra, Nagy László, Czeglédi István, Harangi Sándor, Baranyai Edina, Simon Edina, Nagy Sándor Alex, Velcheva Iliana, Yancheva Vesela, Antal László Eltérő táplálkozású és habitatpreferenciájú halivadékok indikátorszerepe a fémszennyezés kimutatásában	30
Somogyi Dóra, Sallai Zoltán, Erős Tibor, Mozsár Attila, Czeglédi István, Nagy László, Antal László, Nyeste Krisztián Az idegenhonos amurgéb (<i>Perccottus glenii</i>) hatásának vizsgálata a hazai halközösségekre	32
Vannaphar Tamajedy, Nguyen Kim Ngan, Jakabné Sándor Zsuzsanna, Gyalog Gergő, Kolics Balázs, Kucska Balázs Méhészeti melléktermék alkalmazása haltakarmányban a körforgásos gazdálkodás elősegítése érdekében	37
Lefler Kinga Katalin, Kocsis Krisztián, Hegyi Árpád, Urbányi Béla A körforgásos gazdálkodás helyzete és jövőbeli kilátásai a magyar horgászati szektorban	41
Urbányi Béla, Jónás Gábor, Bokor Zoltán, Palotás Péter, Kovács Balázs, Friedrich László Szükséges a halfajok és eredetük pontos meghatározása az akvakultúra szektorban?	47
Stanivuk Jelena, Káldy Jenő, Várkonyi Eszter, Molnár Mariann, Fazekas Georgina Lea, Horváth Ákos, Ljubobratović Uroš A triploid fogassüllő (<i>Sander lucioperca</i>) lárvanevelése	54
J. Sándor Zsuzsanna, Gebremichael Askale, Tömösközi-Farkas Rita, Lengyel-Kónya Éva, Ardó László, Biró Janka, Gyalog Gergő, Egessa Robert, Kucska Balázs Tapasztalatok a szárított lisztkukac (<i>Tenebrio molitor</i>) alkalmazásával, előnyök és korlátok	59
Gyöngy Martina, Juhász Lajos, Molnár Kálmán, Székely Csaba, Cech Gábor Kárókatona (<i>Phalacrocorax carbo</i>) emésztő szervrendszerében található digenetikus mérélyek azonosítása	67

Wan Sajiri Wan Muhammad Hazim, Sellyei Boglárka, Székely Csaba

A lesőharcsát (*Silurus glanis*) specifikusan fertőző *Thaparocleidus vistulensis* (platyhelminthes, monogenea) kopolyúféreg faj életciklusának vizsgálata.....72

Suhaimi Nadhirah Syafiqah, Colunga-Ramírez Graciela, Sellyei Boglárka, Cech Gábor, Molnár Kálmán, Székely Csaba

A fokozottan patogén izom-fertőző *Myxobolus lentisuturalis* Dyková, Fiala et Nie, 2002, első kimutatása ezüstkárászból (*Carassius auratus gibelio*) Magyarországon78

Antal Péter, Pásztor Vilmos, Szabó Tamás, Urbányi Béla, Bokor Zoltán, Zsáky Tamás, Sztanó János, Ladányi János, Lódi György, Koós Ákos

Algaliszt, mint haltakarmány adalék előállítási technológiájának és fontosabb összetevőinek vizsgálata87

Ardó László, Szűcs Anita, Fazekas Gyöngyvér, Káldy Jenő

Különböző rendszerekben nevelt kecsege (*Acipenser ruthenus L.*) ivadékok stressztűrésének és bakteriális fertőzéssel szembeni ellenálló-képességének vizsgálata (előzetes eredmények)97

Balogh Réka Enikő, Csorbai Balázs, Keszte Szilvia, Péter Dániel, Urbányi Béla, Orbán László, Kovács Balázs

A molekuláris ivarmeghatározás alapján a hazai afrikai harcsa állományokon nem történt hőmérsékleti hatásra ivarátfordulás104

Biró Janka, Nagy Zoltán, Egessa Robert, Békefi Emese, Gregosits Balázs, Orbán Márton, J. Sándor Zsuzsanna

Mikroalga kiegészítés hatása kétnyaras pontyállomány teremelési mutatóira.....109

Bock Illés, Csenki Zsolt, Háhn Judit, Göbölös Balázs, Kaszab Edit, Szoboszlai Sándor, Szabó István, Urbányi Béla, Kriszt Balázs, Horváth Márk, Afzal Mohammad, Hegyi Árpád

Egy intenzív horgászvíz ólom szennyezettségének toxikológiai vizsgálata zebradánió (*Danio rerio*) embriókon és *Aliivibrio fischeri* tesztszervezeten114

Fazekas Gyöngyvér, Kovács Gyula, Farkas Móni, Bogár Katalin, Kovács Balázs

A Halászati Kutató Központ vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*) génbanki állományának genetikai vizsgálata124

Kolozsvári Ildikó, Kun Ágnes, Gyuricza Csaba

Alternatív öntözővízként hasznosított halnevelő telep elfolyóvizének hatása a szemescirok makroelem tartalmára.....131

Kolozsvári Ildikó, Kun Ágnes, Gyuricza Csaba

Halnevelő telep elfolyóvizével öntözött silócirok állomány cukortartalmának alakulása.....139

Nagy Borbála, Bokor Zoltán, Csorbai Balázs, Molnár József, Bartucz Tamás, Gyurcsák Márk, Láng Levente Zete, Csókás Endre, Hegyi Árpád, Urbányi Béla, Bernáth Gergely

A fejes domolykó (*Squalius cephalus*) indukált szaporítási technológiájának optimalizálása 145

Nguyễn Ngọc Quyên, Nguyễn Thanh Tâm, Nguyễn Ngọc Lợi, Thạch Anh Pha, Lý Anh Thuật, Müller Tamás

Különböző hormonbejuttatási módszerek hatása szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864) indukált szaporítása során (előzetes eredmények) 152

Nguyễn Ngọc Quyên, Varga Ádám, Nguyễn Thanh Tâm, Horváth József, Urbányi Béla, Müller Tamás

Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) indukált szaporítása alternatív hormonkezeléssel (előzetes eredmények) 157

Szabó Tamás, Sánta Attila, Solymosi Enikő, Zsáky Tamás, Koós Ákos, Pásztor Vilmos, Sztanó János, Ladányi János, Lódi György, Urbányi Béla, Bokor Zoltán

Különböző pontykorosztályok nevelése algával dúsított takarmánnyal 161

Vranovics Károly, Ivánovics Bence, Varga Ádám, Horváth József, Nagy Gábor, Urbányi Béla, Müller Tamás

Mézgás égartoboz ikrapeneszedésgátló hatásának tesztelése (előzetes eredmények) 168

Plenáris szekció

INNOVÁCIÓ AZ EURÓPAI ÉDESVÍZI AKVAKULTÚRÁBAN

VÁRADI László¹, BÉKEFI Emese², BARDÓCZ Tamás³

¹*Magyar Akvakultúra Technológiai és Innovációs Platform (HUNATiP)*

²*MATE AKI, Halászati Kutató Központ (HAKI)*

³*AquaBioTech Group, Málta*

Kivonat

Az európai édesvízi akvakultúrában kulcskérdés az innováció, különös tekintettel arra, hogy e területen meghatározó a hagyományos rendszerek és technológiák használata. A cikk áttekintést ad az európai édesvízi akvakultúrában alkalmazott extenzív és félintenzív, intenzív, valamint a kombinált intenzív és extenzív akvakultúra rendszerekről, azok innovatív fejlesztéséről. A termelés mellett a cikk tárgyalja a feldolgozás és marketing innovációs kérdéseit és megfogalmaz az európai édesvízi akvakultúra innovációjára vonatkozó következtetéseket és javaslatokat.

Kulcsszavak: édesvízi akvakultúra; innováció; tógazdaságok; átfolyóvízes rendszerek; recirkulációs akvakultúra rendszerek (RAS); kombinált intenzív-extenzív akvakultúra rendszerek; feldolgozás és marketing.

Abstract

Innovation is a key issue in European freshwater aquaculture, especially because the use of traditional systems and technologies is dominant in the sector. The article provides an overview of the extensive and semi-intensive-, intensive- and combined intensive-extensive aquaculture systems used in European freshwater aquaculture, and their innovative development. In addition to production, the article discusses the innovation issues of processing and marketing and provides conclusions and recommendations for the innovation of European freshwater aquaculture.

Keywords: freshwater aquaculture; innovation; pond fish farms; flow-through systems; recirculation aquaculture systems (RAS); processing and marketing.

Bevezetés

Az innováció kulcskérdés az európai akvakultúra jövőjét, illetve illetően, hiszen fenntartható módon kell a termelést, illetve szektor különböző hatásokkal szembeni ellenálló képességét növelni. Az innováció az európai édesvízi akvakultúra egyes területein még kezdeti stádiumban van, így a tógazdálkodásban is, ahol még ma is meghatározó a hagyományos technológiák és módszerek használata. Ezért az édesvízi akvakultúra innovációjának erősítése különösen fontos az európai akvakultúrában. Az innovációra

azonban nem csak a technológiák és termelési rendszerek fejlesztésében van szükség, hanem a teljes értéklánc mentén, hogy a szektor megfelelően tudjon reagálni a változó fogyasztói igényekre. Különös kihívást jelent a feldolgozási technológiák és marketing módszerek fejlesztése, amely lehetővé teszi, hogy például a ponty ne szezonális termék legyen, csökkenjen a pisztráng importja a region kívüli országokból, illetve új, őshonos fajok kerüljenek a piacokra.

Édesvízi halak extenzív és félintenzív tavi termelése

A halastavak továbbra is általánosan használt és fontos elemei maradnak az európai édesvízi haltenyésztésnek. A halastavak és a tógazdaságok azonban nagy változatosságot mutatnak méretük, elhelyezkedésük, az alkalmazott termelési technológiák, az intenzitási szint és egyéb adottságok tekintetében, ezért az innovációs stratégiákat a helyi adottságokhoz kell igazítani. Sok tógazdaságban továbbra is a hagyományos haltermelési technológiák alkalmazása maradt domináns, azonban ezekben a gazdaságokban is egyre elterjedtebben alkalmaznak olyan modern berendezéseket és eszközöket, amelyek a munkát hatékonyabbá, illetve könnyebbé teszik. Ilyenek például a vízszivattyúk, járművek, kommunikációs eszközök. Az innováció eredményeként speciális túlevegőztetőket, etető berendezéseket, trágyaszórókat, lehalászó berendezéseket fejlesztettek ki és alkalmaznak egyre több tóhalgazdaságban. Speciális berendezések és eszközök használatosak a biztonságos munkavégzés, valamint a halállományoknak a ragadozók elleni védelmének növelésére is. A tógazdasági haltermelés technikai fejlődésének és gépesítésének fő hajtóereje hosszú ideig a haltermelés hatékonyságának növelése volt, azonban a környezetterhelés csökkentése, az erőforrások hatékony felhasználása, az állatjó-lét, az ellenálló képesség javítása egyre fontosabb eleme az innovációs programoknak.

Édesvízi halak intenzív termelése

Az intenzív akvakultúra technológiájának nincs általánosan elfogadott definíciója, mert a termelésnek a takarmányozástól és a műtrágya használatától függése nem fejezi ki azt, hogy az intenzív termelés lehet környezetbarát és erőforrás kímélő. Emiatt az intenzív alvakultúrát sokan eleve nem tartják fenntarthatónak. Az édesvízi akvakultúrában az intenzív termelés nem olyan meghatározó, mint a tengeri akvakultúrában, és az intenzifikálásra jellemző a fenntarthatósági szempontok figyelembe vétele. A következőkben ismertetett technológiák és rendszerek példát mutatnak arra is, hogyan érvényesülnek a fenntarthatósági szempontok a különböző intenzív édesvízi akvakultúra rendszerek innovációja során. A magasabb környezeti kockázatok és a termelési folyamat korlátozott szabályozottsága ellenére a **ketreces haltermelés** édesvízi tavakban és víztározókban továbbra is alkalmazott módszer lazacfélék termelésére Európa szerte. Ezeknek a hagyományos rendszereknek a kutatása és innovációja a környezeti hatások csökkentésére irányul a takarmányozás fejlesztéssel, valamint a termőhely és a terület teherbíró képességének a meghatározásával. Az **átfolyóvizes technológia** alkalmazásában legnagyobb kihívás Európában a szigorú környezetvédelmi szabályozások miatti vízfelhasználási és kibocsátási korlátozások. A vízfelhasználás csökkentése érdekében a gazdaságoknak hatékonyabban kell felhasználniuk a rendelkezésre álló vizet, amit a jobb

takarmányozási technológiák alkalmazásával és nevelt fajták genetikai javításával segíthetnek. A vízfelhasználás azonban alapvetően a víz visszaforgatásával (recirkuláltatásával) csökkenthető, illetve minimalizálható. Az átfolyóvízes technológia növekvő korlátjai arra kényszerítették az európai haltermelőket is, hogy **recirkulációs akvakultúra rendszert (RAS)** alkalmazzanak. Ez a törekvés vezetett a közelmúltban Európában az édesvízi kereskedelmi RAS két fő típusának fejlesztéséhez és alkalmazásához: (1) Szabadtéri RAS technológia szivárványos pisztráng előállításához (2) Fokozottan szabályozott zárttéri RAS technológia atlanti lazac ivadékanak neveléséhez. Ma már Európa számos országában nagy értékű édesvízi fajokat, például sügért, süllőt és kaviártermelésre szánt tokhalat is termelnek RAS-ban. A RAS rendszerek alkalmazásának fő kihívásai, mint például a magas működési költségek és kockázatok meghatározzák az ágazat kutatási és innovációs stratégiáit is. A RAS termelési technológiái a korai fejlesztések óta vízminőség-érzékelőket használnak, és az egyik kulcsfontosságú innovációs terület az összegyűjtött nagy mennyiségű adat felhasználása a precíziós akvakultúra alapelvei alapján a jobb farmgazdálkodás és a magasabb szintű automatikus vezérlés érdekében. Számos kutatási projekt foglalkozik a mesterséges intelligencia (AI) és a gépi tanulás (ML) használatával, hogy elemezze a szenzorok, az automata etetők és más technológiai berendezések által generált nagy mennyiségű adatot, hogy felhasználja azokat a kockázatok előrejelzésére és a berendezések vezérlésének optimalizálására. automatizálására. Az automatizálás és az alacsonyabb energiafelhasználás a RAS-berendezések fejlesztésének kulcsfontosságú hajtóereje.

Kombinált Intenzív-Extenzív (CIE) rendszerek

Az állománysűrűség és a tápanyagbevitel növelése révén a tavi haltenyésztés intenzívebbé tétele a tóban és a természeti környezetben is túlzott tápanyag-felhalmozódáshoz vezethet, és nem felel meg az európai akvakultúra fenntartható fejlődésének kritériumainak. Ugyanakkor szükség van a közeli piacok friss hal kínálatának növelésére és a tógazdaságok által nyújtott előnyök fenntartására. A válasz ezekre a kihívásokra a tavi haltermelés fenntartható intenzifikálása a hagyományos extenzív tavi haltenyésztés és az intenzív rendszerekben történő haltermelés kombinálásával. A kombinált intenzív extenzív (CIE) rendszerek működésének fő koncepciója, hogy egy viszonylag kis intenzív egységben (pl. ketrec, medence, kis tó) intenzíven termelik a halat, és a kifolyó víz többlet tápanyagtartalmát az extenzív tóban hasznosítják haltenyésztésre, miközben a halastó továbbra is ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújt (pl. élőhelyet biztosít vízi állatoknak és növényeknek, vízgazdálkodási pufferként szolgál). Ezen CIE rendszerek többsége integrált multitrofikus akvakultúra (IMTA) rendszernek tekinthető, és működésük tökéletesen megfelel a körforgásos gazdaság elveinek, hozzájárulva az Európai Zöld Megállapodás céljaihoz. Bár az extenzív és az intenzív rendszerek felépítésében és működésében nagy különbségek vannak, az innovatív gazdaságirányítás a két rendszert jól működő és hatékony rendszerré tudja integrálni a meglévő infrastruktúra, szakértelem, inputok és outputok, illetve a piaci kapcsolatok intelligens hasznosításával. Ígéretes tapasztalatok vannak Európában a CIE rendszerek alkalmazásával kapcsolatban, azonban a rendszerek többsége kísérleti, illetve félüzemi szinten működik. A „**ketrec a tóban**” rendszer tekinthető az intenzív és az extenzív rendszerek legegyszerűbb kombinációjának, amikor az úszó ketreceket olyan extenzív halastóba helyezzzük,

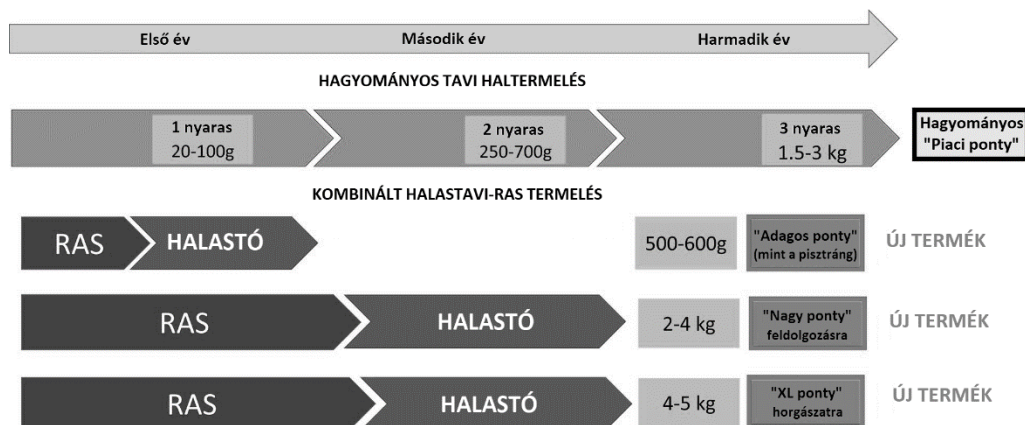
amelyben a vízmélység alkalmas ketrecek elhelyezésére. Több példa van ilyen rendszerek félüzemi alkalmazására, többek között Romániában és Magyarországon. A „**medence a tóban**” rendszerben (amit nevezhetünk „tó a tóban” rendszernek is) az úszó átfolyó vizes medence az intenzív egység, amelyet egy extenzív halastóba helyeznek. A medencében a vízáramlás és az oxigénszint jobban szabályozható, mint az úszó ketrecekben. Több jó példa van ilyen rendszerek félüzemi alkalmazására. Magyarország élen jár az ilyen rendszerek fejlesztésében.



1. ábra. Kísérleti „tó a tóban” rendszer a HAKI-ban

Az **intenzív és extenzív tavak közötti vízviasszaforgatás** egy speciális CIE rendszer, amikor az intenzív és az extenzív tavak között vizet cirkuláltatják, amit „tavi recirk”-nek is neveznek. Több tógazdaságban is alkalmazták ezt a rendszert, amikor egy meglévő, viszonylag kis méretű „telelő tavat” (pl. 2000 m²) intenzív termelésre, és egy szomszédos nagyobb tavat (pl. 20 ha) vízkezelésre használtak. Bár a félüzemi rendszer pénzügyileg is életképesnek bizonyult, csak nagyon kevés gazdálkodó próbálta ki a „tavi recirk” üzemi alkalmazását. Úgy tűnik, hogy a gazdálkodók többsége vonakodik új típusú, beruházást és bonyolultabb menedzsmentet igénylő rendszereket, amíg a gazdasági, piaci és egyéb külső körülmények erre nem kényszerítik. A „**medence a tóparton**” CIE rendszerre jó példa egy Szlovéniában kifejlesztett és sikeresen működtetett haltermelő létesítmény. Ez a rendszer a „tavi recirk” továbbfejlesztett változatának is tekinthető, amikor a kis földmedrű tavak helyett nagyobb méretű betonmedencéket alkalmaznak intenzív termelő egységként. Egy innovatív „**édesvízi multitrofikus haltermelési rendszer**” félüzemi prototípusa épült fel Írországbán, amely hasonló azokhoz a rendszerekhez, amelyekben a vizet az intenzív és az extenzív tavak között keringtetik. Ebben a multitrofikus rendszerben azonban az extenzív komponens nem egy hagyományos halastó, hanem speciálisan az alga- és a békalencse kultúrák számára kialakított földművek (csatornák) vízkezelés céljából. A rendszer felépíthető olyan területeken, amelyek nem alkalmasak mezőgazdasági termelésre. Nem elhanyagolható a rendszer adta lehetőség a békalencse alternatív fehérjeként történő felhasználására. Egy innovatív CIE rendszer a „**RAS-ban és a halastavakban történő haltermelés kombinálása**”

válasz lehet arra a kihívásra, hogy a változó környezet fokozódó hatásai (extrém időjárási viszonyok, vízhiány, ragadozók) miatt a gazdálkodók rákényszerülnek, hogy intenzívebbé tegyék a pontyivadék és az egynyaras ponty termelését. Ez a kombináció nem feltétlenül jelenti a két teljesen eltérő rendszer közötti fizikai kapcsolatot, hanem a RAS-ban történő haltermelés integrálását a teljes haltermelési ciklusba. RAS hagyományos pontytermelési ciklusba való integrálása mellett a termékek diverzifikálhatók is az 2. ábrán látható módon.



2. ábra. Termékfejlesztési lehetőségek a RAS és a halastavi termelés kombinációjával

Édesvízi halak feldolgozása és forgalmazása

Az európai édesvízi akvakultúra jövőbeli növekedésének egyik fontos feltétele a jobb feldolgozási és marketingstratégiák kidolgozása és alkalmazása, amelyek célja az édesvízi halak iránti kereslet növelése és az új fajok fogyasztásának előmozdítása érdekében diverzifikált termékek biztosítása. Az innováció kulcsfontosságú területei az édesvízi akvakultúra-termékek értékének növelése a feldolgozás és a piaci szegmentáció révén, valamint az új marketingstratégiák és eszközök által kínált lehetőségek feltárása. Jelentős különbségek mutatkoznak a két fő édesvízi halfaj, a pisztráng és a ponty feldolgozásában és értékesítésében. A pisztrángágazatban sok esetben a feldolgozás a gazdaságok tevékenységének szerves részét képezi. Sok gazdaságban meg vannak az elsődleges feldolgozás feltételei, mint például a kibevezés és kopolytú eltávolítás, míg más gazdaságok teljes feldolgozó kapacitással rendelkeznek, beleértve a filézést, a füstölést és a különféle termékek elkészítését. A ponty az egyik legegyszerűbb ellátási lánc szerkezettel rendelkezik Európában, mivel a ponty még mindig jelentősebb feldolgozás és csomagolás nélkül, és a legtöbb esetben élve kerül forgalomba. A pontytól eltérően a pisztrángot többféle feldolgozással és kisereléssel forgalmazzák, és jelentős annak kereskedelme az EU-tagállamok között, ami összetettebbé teszi a pisztráng értékláncát. A feldolgozóipar fejlődése dinamizmust mutat a nagy értékű fajok, így a tokhal és a tokhalkaviár, a süllő és az afrikai harcsa termelési szektorokban. Ígéretes eredmények születtek az édesvízi halak feldolgozásának fejlesztésében (pl. a pontyhúsból az izomközi szárla eltávolítása), új haltermékek (pl. fogyasztásra kész és biotermékek) fejlesztésében, valamint a promócióban és új marketingeszközök alkalmazásában. Amikor a

Covid-járvány ellehetetlenítette a hagyományos ellátási láncok működését, az innovatív gazdálkodók elkezdtek termékeiket online vagy mobil halboltokból árusítani. Ezeket a kezdeményezéseket folytatni, illetve a tendenciákat erősíteni kell.

Az édesvízi halak és akvakultúra-termékek fogyasztásának ösztönzésére olyan promóciós kampányok indultak, mint például a lengyelországi „Pancarp” vagy a magyarországi „Fish Friday” programok, halfesztiválok és halfőző versenyek szervezése, amelyek kifejezetten a pontyfogyasztást népszerűsítik. A promóciónak azonban a valós fogyasztói igényeken kell alapulnia, és termékfejlesztéssel kell párosulnia.

Főbb következtetések és javaslatok

Az édesvízi akvakultúra-fejlesztéshez jelentős erőforrások állnak rendelkezésre Európában. Az édesvízi akvakultúrában még mindig meghatározó az átfolyó vizes rendszerekben és a halastavakban folyó haltermelés, azonban az utóbbi időben különböző innovatív termelési rendszerek fejlesztése indult be, amelyek a különféle hidrológiai, földrajzi és társadalmi-gazdasági feltételekhez illeszthetők. A hagyományos halastavak multifunkcionális használata és intenzív rendszerekkel való kombinálása új lehetőségeket kínál a növekedés fokozására az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartása mellett. A jól tervezett és hatékonyan menedzselte édesvízi haltermelési rendszerek általában környezeti szempontból fenntarthatóak, összhangban az EU környezetvédelmi és biodiverzitási politikájával, és hozzájárulhatnak az európai Zöld Megállapodás és a “Farmtól az asztalig” stratégiák megvalósításához. Az édesvízi halak és haltermékek aránya alacsony, de nagyon stabil az európai fogyasztók halfogyasztásában. A vízi élelmiszereket fogyasztók növekvő környezettudatossága lehetőséget teremthet a fenntartható édesvízi haltermékek előállítására, de ennek kihasználásához további innovációkra van szükség a gyártástechnológiában, a feldolgozásban és a marketingben. Bár Európában kiváló természeti és humán erőforrások állnak rendelkezésre az édesvízi akvakultúra-ágazat fejlesztéséhez, és vannak ígéretes innovációs eredmények is, az új ismeretek és technológiák gyakorlatba történő átültetése, szélesebb körű alkalmazása nagyon lassú, így a hagyományos rendszerek és technológiák továbbra is meghatározóak az ágazatban, különösen a tavi haltenyésztésben. Ezért az európai édesvízi akvakultúra-fejlesztés kulskérdése a tudás- és technológiatranszfer támogatása, melynek során figyelembe kell venni, hogy a gazdaságok többsége mikro- és kisvállalkozás. Tovább kell támogatni a kutatást és a technológiai fejlesztést. Az európai élelmiszerrendszerek fejlesztésére irányuló K+F programok tervezése során az édesvízi akvakultúra támogatását erősíteni kell tekintettel az alkalmazott rendszerek és technológiák alacsony a víz- és szénlábnyomára, valamint természeti értékek megőrzéséhez való hozzájárulásra. A K+F programok tervezése és megvalósítása során figyelembe kell venni az értéklánc-koncepció alkalmazását annak érdekében, hogy olyan rendszerek és technológiák jöjjenek létre, amelyek a teljes értéklánc mentén a fogyasztói igények kielégítését szolgálják. Az európai édesvízi akvakultúra-ágazat fejlesztése további pénzügyi támogatást igényel. Az EU-ban az Európai Tengerügyi Halászati és Akvakultúra Alap (ETHA) megfelelő finanszírozási mechanizmus, amely azonban az ágazati innovatív megoldások megvalósításának katalizátora kell, hogy legyen. Az állami finanszírozás mellett más lehetséges finanszírozási eszközöket is figyelembe kell venni az édesvízi akvakultúra-ágazat fej-

lesztési igényeinek kielégítésére. A fogyasztás és a piaci kereslet kulcsfontosságú tényezők az édesvízi akvakultúra további fejlesztése szempontjából. Ezért alapvető fontosságú az édesvízi akvakultúra-termékek fogyasztásának további ösztönzése Európaszerte. Ezt jól szolgálhatják a promóciós kampányok, különös tekintettel a környezetbarát termékekre, azonban maga a promóció nem lehet sikeres, ha a fogyasztók által igényelt termékek széles választéka nem áll rendelkezésre. Ez különösen fontos az édesvízi akvakultúrában, tekintettel a helyi/regionális ellátás lehetőségeire. Az európai édesvízi akvakultúra-fejlesztés kulcskérdései a feldolgozóipar fejlesztése, az új termékek (beleértve a ponty termékeket is) piaci bevezetése, modern marketingeszközök alkalmazása.

Irodalom

- EATiP. **2021**. Freshwater Aquaculture: Nature Based Solutions. EATiP Forum on Freshwater Aquaculture. <https://eatip.eu/freshwater-aquaculture-nature-based-solutions/>
- EUMOFA **2021**. Freshwater aquaculture in the EU. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Brussels.
- Varadi L., Bekefi E., Bardocz T. **2023**. Innovation in freshwater aquaculture. Aquaculture Europe Magazine Vol. March 2023. 48(1)

Hidrobiológia

A DÉL-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ KÖZÖSSÉGÖKOLÓGIAI HATÁSAI A RÁCKEVEI-SOROXSÁRI DUNAÁGON

TÓTH Flórián¹, VITÁL Zoltán¹, MOZSÁR Attila^{1,2}, ÁRVA Diána¹, FAZEKAS Dorottya Lilla¹, UDVARI Zsolt³, HALASI-KOVÁCS Béla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, e-mail: toth.florian@uni-mate.hu

²Eötvös Lóránd Kutatási Hálózat, Balatoni Limnológiai Kutatóintézet

³Ráckevei Dunaági Horgász Szövetség

Kivonat

A Dél-Pesti Szennyvíztisztító kifolyóvizének hatását vizsgáltuk a vízminőségre valamint zooplankton, makrozoobenton és halközösségekre egy érintetlen (kontroll) és három érintett ponton 2021-ben. A mintahelyek közötti diverzitás összehasonlításához a Rényi-diverzitási függvényt használtuk. A környezeti tényezők hatásait a zooplankton, makrozoobentosz és halközösségek szerkezetére kanonikus korrespondencia analízissel (CCA) elemeztük. A teljes felmérés során összesen 23 zooplanktontaxont, 15 üledéklakó makrogerinctelen-taxont és 29 halfajt mutattunk ki. A Rényi diverzitási és a CCA elemzések alapján nem mutatható ki trend a zooplankton és makrozoobentosz közösségi összetételben a szennyvíztisztítótól való távolság növekedésével. A haladatok alapján elkészített diverzitásprofilok sem voltak rendezhetők, vagyis az egyes mintahelyek diverzitása nem volt elkülöníthető egyértelműen. A kanonikus korrespondenciaanalízis alapján a szennyvízkifolyó hatása a halközösségekre kimutatható volt. Itt a halegyüttes szerkezete különbözik a többi mintaegységétől. A hatás tényleges kimutatását megerősíti, hogy a halegyüttes kialakulásában itt a legjelentősebb abiotikus környezeti tényezőket a nitrogénformák jelentik, ami összevág a vízkémiai vizsgálatok eredményeivel. A CCA elemzés azt is megerősíti, hogy a szennyvízkifolyó halakra gyakorolt hatása lokális.

Kulcsszavak: zooplankton, makrozoobentosz, biodiverzitás, halközösség

Abstract

We investigated the effect of the effluent water of the Dél-Pest Wastewater Treatment Plant on water quality and zooplankton, macrozoobenthos and fish communities at one unaffected (control) and three affected points in 2021. Rényi diversity was used to compare the diversity between sample sites. The effects of environmental factors on the structure of zooplankton, macrozoobenthos and fish communities were analyzed using canonical correspondence analysis (CCA). During the entire survey, a total of 23 zooplankton taxa, 15 sediment-dwelling macroinvertebrate taxa and 29 fish species

were identified. Based on the Rényi diversity and CCA analyses, no trend can be detected in the community composition of zooplankton and macrozoobenthos with increasing distance from the wastewater treatment plant. The diversity profiles based on the fish communities could not be ordered either, i.e. the diversity of each sample sites could not be clearly separated. Based on the canonical correspondence analysis, the effect of the wastewater discharge on the fish communities was detectable. Here, the structure of the fish assemblage differs from the other sample units. The actual detection of the effect is confirmed by the fact that nitrogen forms are the most significant abiotic environmental factors in the formation of the fish assemblage here, which is in agreement with the results of the water chemistry tests. The CCA analysis also confirms that the effect of the wastewater discharge on fish is local.

Keywords: zooplankton, macrozoobenthos, biodiversity, fish community

Bevezetés

A Ráckevei (Soroksári) – Dunaág (RSD) 58 km hosszú, a Magyarországon folyó Duna-szakasz legnagyobb mellékága. Vízfelülete kb. 14 km², átlagos víztérfogata pedig 32-38 millió m³ között mozog. A víz sebessége átlagosan 0,1-0,3 m sec⁻¹. A vízkormányzás a felső Kvassay- és az alsó Tassi-zsilipen keresztül mesterségesen történik. A víztér sajátossága, hogy míg a Duna főágának vízszintesése 4-5 méter a két zsilip között, addig a szabályozott vízszintű Duna-ágé mindössze 10-30 cm között van (Dévényi, 1989). Az EU Vízkereitirányelv a Ráckevei-Soroksári-Dunaágot az erősen módosított állóvíz-jellegű víztestek közé sorolja (meszes-közepes területű- sekély-nyílt vízfelületű-állandó típushoz hasonló). Országos jelentőségű védett terület a RSD úszólápjai, védelem alatt álló ex-lege lápok. NATURA 2000 terület a „Ráckevei Duna-ág” elnevezésű kiemelt jelentőségű természet-megőrzési terület (Duna-Ipoly Nemzeti Park, 2014). A VKI alapján az RSD az erősen módosított állóvíz jellegű víztestek közé került besorolásra (OVF 2015). A Duna-ág legfontosabb hasznosítási célja az öntözés, emellett ugyanakkor kiemelt szerepe van a főváros környéki horgászturizmusban. A víztéren intenzív horgászat folyik a Ráckevei Dunaági Horgász Szövetség halgazdálkodási kezelésében.

A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep Pestlőrinc, Kispeszt, Erzsébet és Soroksár kb. 300 ezer lakosának, valamint az ott működő vállalkozásoknak a szennyvizét fogadja és tisztítja folyamatosan. A tisztítótelep szennyvíztisztító kapacitása napi 80 ezer, évi 22 millió m³. Naponta átlagosan 60 ezer m³ szennyvíz érkezik a négy dél-pesti kerületből. 2019. október elejétől az eddigi 3300 m³ helyett 7000 m³ záporvíz tározására és azt követő tisztítására képes a telep, a 80 ezer m³-es napi kapacitása mellett (URL 1). Elfolyó vizét időszakosan engedi ki a RSD felső szakaszába.

Anyag és módszer

Mintahelyek

A Dél-Pesti Szennyvíztisztító kifolyója hatásának vizsgálatát egy érintetlen (kontroll) és három érintett ponton végeztük el. A mintavételi pontokat a Pest Megyei Kormányhivatal által 2021. első negyedében végzett vízminőségi vizsgálatok eredményei alap-

ján jelöltük ki. A kontrollpont jóval a szennyvíztisztító kifolyója felett, a Kvassay-zsilipről megközelítőleg 1 km-rel folyásirányban lefelé volt. A második pont a szennyvíztisztító kifolyója alatt 50 m-rel kezdődött. A harmadik pontot a Pest Megyei Kormányhivatal mérései alapján a kifolyónál mérhető szennyezési érték 50%-ánál jelöltük ki, ami az M0-s híd alatt volt megtalálható. A negyedik pontot pedig oda helyeztük, ahol a vízminőségi vizsgálatok alapján már nincs kimutatható hatása a szennyvíztisztító elfolyó vizének, ennek a kritériumnak megfelelt a ráckevei Árpád-híd környéki szakasz. Az adott mintaterületeken három-három almintavételi helyet jelöltünk ki, ezek megközelítőleg 20 illetve 40 m-re voltak az első, legfelső ponttól folyásirányban lefelé. A mintavételi helyek felső pontjainak EOY koordinátáit az 1. táblázat tartalmazza. Mindhárom évszakban ugyanazokat a mintapontokat vizsgáltuk.

1. táblázat A szennyezésvizsgálat során használt első almintavételi pont EOY koordinátái.

Mintahely	EOVX	EOVY
Kontroll	234608.35	652587.63
Befolyó	230402.28	653751.14
M0-s híd	225005.13	653338.45
Ráckeve	202350.86	642497.4

A mintavételek módszere

A mintavételek során három – egy tavaszi, egy nyári és egy őszi – alkalommal (05.12, 07.01, 09.22) részben a helyszínen, részben laborban vizsgáltuk a víz fizikai, kémiai paramétereit, úgymint Secchi átlátszóság, redoxpotenciál, oxigéntartalom (O₂, O₂ %), kémhatás (pH), vezetőképesség, klorofill-a, cianobaktérium, nitrogénformák (NH₃, NO₂, NO₃), összes nitrogén, ortofoszfát (O-PO₄) és összes foszfor. Minden mintahelyen gyűjtöttünk üledékmintát is. Ezekből a szervesanyag-tartalom, az összes foszfor és összes nitrogén meghatározása történt meg. A laborvizsgálatokat az akkreditált MATE Környezetanalitikai Vizsgálólaboratórium végezte.

A zooplankton és makrozoobentosz mintavételek helye megegyezett az abiotikus változók meghatározásának helyével (1. táblázat) és idejével. A halak mintavételére két különböző módszerrel, egy-egy alkalommal, a halmintavétel szempontjából nyári időszakban került sor az abiotikus változók mintahelyének magasságában. Az elektromos mintavételi eszközzel (EME) történt mintavétel 2021. 07. 01, míg az elektromos kecével (EKE)l végzett mintavétel időpontja 2021. 09. 23 volt.

A zooplankton vizsgálatokhoz minden mintavétel esetében 100 liter vizet szűrtünk 50 µm szembőségű planktonhálón. A meghatározáshoz Nikon ECLIPSE Ci típusú kutatómikroszkópot használtunk, mely során az 5 ml-es számláló kamra egyes részeiben számoltuk a vizsgált mintában az egyedeket, majd egyed/m³ egységben adtuk meg az összetételt. A zooplankton azonosítását genus, valamint a Copepodák esetében alrend szinten végeztük, amihez a következő határozókat használtuk (Gulyás és Forró 1999, Bancsi 1988, Dévai 1977).

Az üledéklakó makrogerinctelen vizsgálatokhoz az üledékmintákat Ekman-Birge üledékmarkolóval vettük, mintavételi pontonként három ismétlésben, az ismétléseket

integrálva. Mintavételi helyenként 3 mintavételi ponton vettünk mintát, hogy a közösség összetétel-változatosságát mikrohabitat szinten is értékelhessük. Az üledéket 250 µm-es szitán mostuk át. Az állatokat egyelések módszerrel gyűjtöttük ki az üledékből.

A halak mintavételét két módszerrel végeztük. Az egyik a szegély vizsgálatára alkalmas elektromos mintavételi eszköz volt. Jelen felmérés során egy 7 kW teljesítményű Hans-Grassl EL 64 II GI, aggregátorról üzemelő egyenáramú és pulzáló egyenáramú (DC/PDC) elektromos mintavételi eszközt (EME) használtunk, 40 cm átmérőjű szákfejú, kézi anóddal. A mintavételi protokollt a vizsgálati célnak megfelelően alakítottuk ki. A pontforrások hatásának kimutathatóságát a mintahelyek élőhelyi adottságainak változatossága sokszor olyan mértékben elfedi, hogy maga a hatás – bár kétségkívül jelen van – azonban mégsem kimutatható. Az elektromos kece, amellyel a bentikus régió halai foghatók megfelelő hatékonysággal, statisztikai értékelésre megfelelő módon, alkalmas ezen zavaró tényezők kiküszöbölésére, mivel a mederfenék élőhelyi változatossága lényegesen alacsonyabb, mint a szegélyé. Ennek érdekében a vizsgálat során elektromos kecét (EKE) is használtunk. A halak meghatározása Berinkey (1966) és Miller (1990) munkája szerint történt, a nevezéktan tekintetében Halasi-Kovács és Harka (2012) munkáját vettük figyelembe.

Adatértékelés

A mintahelyek közötti diverzitás összehasonlításához a Rényi-diverzitási függvényt használtuk (Rényi 1961). A környezeti tényezők hatásait a zooplankton, makrozoobentosz és halközösségek szerkezetére kanonikus korrespondancia analízissel (CCA) elemeztük R szoftverkörnyezetben (R Core Team, 2013) Vegan (Oksanen és mtsai, 2012) programcsomag használatával.

Eredmények és következtetések

Vízminőség

A helyszíni méréseink alapján a szennyvíztisztító elfolyó vizének tulajdonítható hatást csak a vezetőképesség esetén találtunk. A kontrollhely értékénél minden évszakban magasabb értéket mértünk a befolyó alatt, ami Ráckeveig fokozatosan csökkent. A vezetőképesség a víz oldott sótartalmától függ. Vagyis a megnövekedett vezetőképesség több oldott anyagot jelent, de ez nagyon széles spektrumban változhat természetes módon is. A kimutatott változások jellemzően nem befolyásolják érdemben az élővilág struktúráját.

A laborban mért vízkémiai eredmények láthatóbbá teszik a szennyvíztisztító elfolyó vizének hatását. A különböző nitrogénformáknál csak az ammóniumion esetén nem volt mérhető egyértelmű növekedés a szennyvíztisztító melletti mintaponton. A nitrit és nitrát ion esetén egyértelmű növekedés látható a kontrollhoz képest, mely a befolyótól távolodva lecsökken a kezdeti érték közelébe.

A foszformérések eredményei nem ennyire egyértelműek. Az ortofoszfát mért értékei csak ősszel emelkedtek meg a befolyót követő mintaponton a kontrollhoz képest. A teljes foszfor tavasszal és ősszel viszont jól mutatja a megnövekedett foszforértékeket.

A nitrogén- és foszforformák együttes mennyiségi növekedése a befolyót követően jelen ismereteink szerint a szennyvíztisztító tisztított szennyvizének tulajdonítható.

Ezek a plusz növényi tápanyagok fokozzák az elsődleges termelő szervezetek, vagyis az alga, és/vagy makrofita növényzet termelését, mely ezáltal fokozza az eutrofizációt.

Zooplankton

A teljes felmérés során összesen 23 zooplanktontaxont sikerült kimutatni. Ebből 12 volt kerekeseleg-genus, nyolc volt ágascsapú rák genus és három evezőlábú rák alrend, valamint utóbbiak naupliuslárvai (2. táblázat).

2. táblázat A Ráckevei-Soroksári-Duna pontforrás-szennyezés ökológiai hatásainak felmérése során kijelölt mintavételi pontok zooplankton taxonjainak évszakonkénti listája, valamint a számított egyedszáma (1. Kontroll, 2. Befolyó, 3. M0-s híd, 4. Ráckeve)

		Teljes kalkulált zooplankton tömegesség (egyedszám m ⁻³)												
		Összes	Tavaszi				Nyári				Őszi			
Taxon	1.		2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	
Rotifera	Brachionus spp.	15228	1368	1764	1332	9468	72	72	36	252	324	324	108	108
	Keratella sp.	2736	1260	684	504	180	36	0	0	0	72	0	0	0
	Polyarthra spp.	1188	72	216	144	648	0	36	0	0	36	36	0	0
	Asplanchna spp.	468	72	0	72	288	0	36	0	0	0	0	0	0
	Nem azonosítható	360	36	36	0	288	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ascomorpha spp.	144	36	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	72
	Bdelloidea spp.	144	36	72	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0
	Scnchaeta spp.	108	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Testudinella spp.	72	0	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trichotria spp.	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dicranophorus spp.	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Filinia spp.	36	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cladocera	Chydorus spp.	756	0	108	468	180	0	0	0	0	0	0	0
Bosmina spp.		756	36	72	0	360	108	0	36	0	36	72	0	36
Pleuroxus spp.		216	144	0	0	0	0	0	36	36	0	0	0	0
Diaphanosoma spp.		180	0	108	0	0	0	36	0	0	0	36	0	0
Acroperus spp.		144	108	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moina spp.		36	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alona spp.		36	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graptoleberis spp.		36	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0

Copepoda	Nauplius lárva	2988	504	288	324	1476	36	0	36	180	0	0	0	144
	Cyclopoida spp.	2412	396	144	216	900	72	108	144	108	0	36	144	144
	Harpacticoida spp.	72	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	36	0
	Calanoida spp.	36	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0
	Összes genus		14	11	9	8	4	5	6	5	4	6	3	4
Összes egyed		4248	3564	3204	13788	324	288	360	648	468	540	288	504	

Tavasszal a kontrollponttól délre haladva a zooplankton-fajsám tizennégyről nyolcra csökkent, míg az egyedszám 4248-ról 13788-ra emelkedett, köszönhetően a *Brachionus* genus ráckevei nagyobb állományának. Ez a csoport volt az egyetlen, ami minden mintavételi ponton megtalálható. A kontrollponton a kerekeshéreg-taxonok száma tíz, a Cladoceráké három, míg az evezőlábú rákok közül csak a Cyclopoidea alrend egyedeit és naupliusz lárvákat találtunk. A többi ponton ebből a csoportból szintén csak a Cyclopoida alrendből és naupliusz lárvákból találtunk egyedeket. A befolyási ponton, az M0-s hídnál és Ráckevénél a kerekeshéreg közösségek taxonszáma öt és hat között, míg a Cladoceráké kettő és öt között változott. Nyárra és őszre a zooplankton-taxonok száma három-hat közöttire csökkent, míg az egyedszámok egy nagyságrendi csökkenését tapasztaltuk. Ebben a két évszakban az egyedszámok így olyan alacsonyak voltak, ami nem teszi alkalmassá a diverzitások átfogóbb értékelését. A taxon- és egyedszámokból a pontforrásszennyezés ökológiai hatása nem látszik a zooplankton-közösségekre nézve.

Tavasszal a mintavételi pontok kerekeshéreg-közösségek diverzitásukat tekintve egyértelműen sorba rendezhetők. A kontrollpont rendelkezik a legnagyobb diverzitással, amit az M0-s hídnál vizsgált közösség követ. A befolyási pont és a ráckevei közösség ugyanolyan taxonszámmal rendelkezik, de előbbi egyértelműen nagyobb diverzitású. Ezek alapján a szennyezési forrástól vett távolság és a kerekeshéreg-közösség diverzitása között nem található direkt összefüggés. Ugyanakkor a kistrákközösségek diverzitása más sorrendet mutat. A legnagyobb diverzitással egyértelműen a befolyási pont rendelkezik, amit a kontrollterületen vizsgált közösség követ. Az M0-s hídnál tapasztalt közösség a nagyobb egyedszámú taxonok súlyának növelése esetén rendelkezik nagyobb diverzitással, mint a ráckevei.

A CCA elemzés alapján a kerekeshéreg-közösségek a legtöbb esetben hasonlóak egymáshoz. A közösségi alminták ordinációs térben való szóródása alapján se térben, se időben nem csoportosíthatók. A vízminőségi paraméterek közül nem lehet kiemelni olyat, ami a közösségek kialakulására jelentősebb hatást gyakorolna. A kistrákközösségek CCA vizsgálata során nagyobb szóródást tapasztaltunk. Az ősszel kialakult közösségek részlegesen eltérnek a nyári és tavaszi közösségektől, de ez utóbbiak teljes átfedést mutatnak. Ennél a taxonnál a szezonális változásoknak nagyobb szerepe van a közösségek kialakulása során, mint a szennyezéstől vett távolságnak. A vektorok alapján legnagyobb hatása a turbiditásnak és az ortofoszfát foszfornak van, amik az ammónium-nitrogénnel ellentétesen hatnak a közösségre.

Makrozoobentosz

A felmérés során 15 üledéklakó makrogerinctelen-taxon egyedeit azonosítottuk (3. táblázat). Legnagyobb egyedszámmal az árvaszúnyog taxonok képviselték magukat, valamint a kevéssertéjű férgek és csigák. Az árvaszúnyoglárva közül a Chironominae és Tanipodinae taxonok egyedi voltak legnagyobb számban a mintákban. A közösség szerkezetre a szezonális nagyobb hatással volt, mint a szennyező forrás. Ugyanakkor az RSD hossz-szelvénye mentén megfigyelhető egy folyamatos változás az üledéklakó makrogerinctelen-közösség szerkezetében. A felső szakaszon a csigák nagyobb mennyiségben fordulnak elő. Ez azonban a szennyezéstől függetlenül, a környezeti tényezők hossz-szelvény szerinti változását követi. A szennyvízbefolyó alatt a csigák különösen nagy egyedszámban voltak jelen. Az aljzatra süllyedt nedvestörőlkendőket a kevéssertéjű férgek szubsztrátként használják. Ezen csoport élőhelyi igényeinek jobban megfelelnek a szennyvízbefolyó alatt tapasztalható környezeti feltételek.

3. táblázat A Ráckevei-Soroksári-Duna pontforrás-szennyezés ökológiai hatásainak felmérése során kijelölt mintavételi pontok makrogerinctelen szervezetek taxonjainak évszakonkénti listája, valamint a számított egyedszáma (1. Kontroll, 2. Befolyó, 3. M0-s híd, 4. Ráckeve)

Üledéklakó makrogerinctelen szervezetek tömegességi viszonyai (egyedszám m ⁻²)													
Taxon	Összes	Tavaszi				Nyári				Őszi			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Chironominae	4963	2011	185	530	345	350	766	267	288	41	118	26	36
Tanipodinae	1162	67	36	46	478	31	41	257	165	0	21	0	21
Orthocladinae	298	87	10	51	10	67	15	0	51	0	0	5	0
Prodiamesinae	21	0	0	0	0	15	0	5	0	0	0	0	0
Chironomidae báb	134	46	41	15	5	15	5	0	0	0	0	0	5
Ceratopogonidae	72	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	46
Trichoptera	36	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	21	0
Anisoptera	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Zygoptera	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Gammaridea	10	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0
Corophidae	67	0	0	5	5	15	0	21	0	0	0	21	0
Oligochaeta	3852	427	761	262	494	242	298	293	57	113	226	242	437
Hirudinae	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Gastropoda	4115	396	427	0	0	633	262	5	15	566	1774	36	0
Bivalvia	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	31	21

A mintavételi helyek üledéklakó makrogerinctelen közösségei tavasszal nem rendezhetőek diverzitásuk szerint. A befolyási ponttól legmesszebb található ráckevei közösség diverzitása egyértelműen nagyobb, mint a másik három helyen kialakult közösség, de azok egyértelműen nem rendezhetőek. Ez alapján tavasszal nem a szennyezőforrástól mért távolság befolyásolja a közösségek diverzitását.

Nyárra szintén nem alakulnak ki egyértelműen sorba rendezhető diverzitással rendelkező üledéklakó makrogerinctelen közösségek a vizsgálati pontokon. Ha a taxonok számát tekintjük, a befolyási pontnál tapasztalt és a ráckevei közösségek között nincs különbség, viszont az M0-s hídnál és még inkább a kontroll vizsgálati ponton kialakult közösségek taxonszáma magasabb. Azonban a tömegességi adatok miatt a diverzitási sorrend a ritkább taxonok befolyási súlyának csökkentése után a befolyási pont, Ráckeve, kontroll, M0-s híd sorrendre változik. Őszre a viszonyok megváltoznak. A kontrollhelyszín közösségének diverzitása nem válik el a befolyási ponton tapasztalt makrozoobentosz-közöség diverzitásától, azonban ez a két pont egyértelműen kevésbé diverz, mint a Ráckevénél kialakult közösség, ami nem éri el az M0-s hídnál kialakult közösség diverzitását.

A vízminőségi paraméterek makrozoobentosz-közösségek szerveződésére kifejtett hatásának CCA vizsgálata szerint a közösségek jelentős szórást mutatnak. A kerekcséreg-közösségekhez hasonlóan nem tapasztaltunk se időbeli, se a szennyezési ponttól mért távolság szerinti csoportosulást. Ugyancsak közös tulajdonság, hogy nincs kitüntetett vízminőségi paraméter, ami a közösségszerveződést irányítaná.

Ugyanezen csoportok közösségeinek üledékminőség szerinti szórása hasonló, bár a nyári minták nagyobb elkülönülést mutatnak. Viszont teljes időbeli csoportosulás nem tapasztalható, valamint a befolyótól vett távolság szerint sem rendezhetőek a közösségek. A közösségi adatok mindhárom vizsgált változó (szervesanyag, összes nitrogén, összes foszfor) irányába szórnak.

Mindezek alapján a pontforrásszennyezés a vizsgált állatcsoportok közösségeinek szerveződését nem befolyásolja kimutatható mértékben és az időszakos, az átlagosnál magasabb koncentrációkkal bíró szennyezések nem rendelkeznek olyan hatással, amelyek az egész vegetációs periódusra kiható változást okoznának a közösségek struktúrájára.

Halegyüttesek

A szennyezésvizsgálat során az EME-zel, valamint EKE-vel végzett mintavételek eredményeként összesen 29 fajt mutattunk ki (4. táblázat).

4. táblázat A Ráckevei-Soroksári-Dunán a szennyezésvizsgálat során kimutatott halfajok

Tudományos név	EME				EME			
	Kontroll	Befolyó	M0-híd	Ráckeve	Kontroll	Befolyó	M0-híd	Ráckeve
	SZEM E1	SZEM E2	SZEM E3	SZEM E4	SZEK 1	SZEK 2	SZEK 3	SZEK 4
<i>Abramis brama</i>	1	13	1	7	0	0	2	22
<i>Alburnus alburnus</i>	121	379	158	57	0	0	0	0
<i>Babka gymnotrachelus</i>	0	0	1	0	42	86	66	7
<i>Ballerus sapa</i>	0	0	0	0	0	0	3	1
<i>Blicca bjoerkna</i>	5	1	1	10	0	1	11	20
<i>Carassius gibelio</i>	5	6	0	10	0	0	0	0
<i>Cyprinus carpio</i>	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Esox lucius</i>	7	3	5	0	0	0	1	0

Tudományos név	EME				EME			
	Kontroll	Befolyó	M0-híd	Rác-keve	Kontroll	Befolyó	M0-híd	Rác-keve
	SZEM E1	SZEM E2	SZEM E3	SZEM E4	SZEK 1	SZEK 2	SZEK 3	SZEK 4
<i>Gymnocephalus baloni</i>	0	0	0	0	0	3	2	9
<i>Gymnocephalus cernua</i>	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Gymnocephalus schraetser</i>	0	0	0	0	1	0	3	0
<i>Lepomis gibbosus</i>	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Leuciscus aspius</i>	6	11	6	15	0	0	0	0
<i>Leuciscus idus</i>	28	68	31	11	0	0	0	0
<i>Neogobius fluviatilis</i>	9	6	3	1	0	9	0	0
<i>Neogobius melanostomus</i>	0	0	0	4	71	43	160	3
<i>Perca fluviatilis</i>	17	6	2	1	0	0	0	0
<i>Ponticola kessleri</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	2	4	2	0	0	0	6	0
<i>Pseudorasbora parva</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhodeus amarus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Romanogobio vladkovi</i>	0	0	0	0	22	67	31	17
<i>Rutilus rutilus</i>	223	83	134	157	0	0	1	4
<i>Sander lucioperca</i>	1	3	0	1	16	2	3	2
<i>Sander volgensis</i>	0	0	0	0	15	3	21	6
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	7	4	0	0	0	0	0	0
<i>Silurus glanis</i>	1	0	1	9	0	0	0	0
<i>Squalius cephalus</i>	0	2	0	1	0	0	0	0
<i>Zingel zingel</i>	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Zingel streber</i>	0	0	0	0	0	0	1	0

Vastaggal szedve: védett és fokozottan védett fajok

A két típusú mintavételi eszközzel végzett felmérés haladatai között lényeges különbség tapasztalható, amit az eszközök eltérő fogási tulajdonságai magyaráznak. Az EKE-vel gyakorlatilag kizárólag bentikus fajok kerültek elő (SZEK1=100%, SZEK2=100%, SZEK3=98,08%, SZEK4=95,74). Ugyanakkor a metafitikus fajok arányának növekedése az alsó szakasz irányába már jelzi az RSD hossz-szelvény szerinti változásait (SZEK1=0%, SZEK2=0%, SZEK3=1,92%, SZEK4=4,26). Ez ugyanakkor nem a szennyezéssel, hanem az RSD autochton tulajdonságaival hozható összefüggésbe. Hasonlóan ezt a tapasztalatokat erősíti, hogy a reofil fajok relatív gyakorisáértéke az M0 híd magasságában éri el a maximumot (SZEK3=30,77). A halfajegyüttesek általános képe alapján azonban nem látszik jelentősebb különbség, illetve olyan markáns változás, amely egyértelműen a szennyezéssel volna összefüggésbe hozható.

Az elektromos kecével végzett felmérés alapadataiból képzett diverzitásprofilok nem rendezhetők. Ugyanakkor az megállapítható a grafikon alapján, hogy a gyakori fajok

alapján a legelső, ráckevei minta a legdiverzebb, míg a ritka fajok szempontjából egyértelműen az M0-híd magasságában vett minta halegyüttese a legdiverzebb. Az elektromos mintavételi eszközzel végzett mintavétel alapján az látszik, hogy az egyes mintaegységek diverzitásprofiljai szintén nem rendezhetők, ráadásul azok minden mintaegységben nagyon hasonló lefutást mutatnak. Ez szintén megerősíti a funkcionális jellemzők alapján írtakat.

A két mintavételi módszer adatai alapvetően kiegészítő jellegűek, így nem követünk el hibát, ha azokat összevonva elemezzük a kanonikus korrespondenciaanalízis során. Az ordináció alapján az egyes mintaegységek halegyütteseinek egyértelműen elkülönülő csoportokat alkotnak. Legközelebb egymáshoz a legfelső kontroll, valamint a befolyó alatti M0-híd halegyüttese található. Ezen mintaegységek halegyütteseinek szerveződésére a mért abiotikus paraméterek közül a turbiditás és az ortofoszfát mutat pozitív korrelációt. A két mintaegység halegyütteseinek kialakulásában a vízsebesség látszik meghatározónak. Jól elkülönül a befolyó mintaegysége. A szennyezés hatását igazolja az a tény is, hogy ezen mintaegység halegyüttesének kialakulásában a legjelentősebb környezeti tényezőnek a N-formák jelennek meg, ami összevág a vízkémiai adatok eredményeivel is. Ugyanakkor az a tény, hogy már a kifolyó alatti első mintaegység, vagyis az M0-híd halegyüttese is jelentősen eltér a kifolyónál találhatóól azt igazolja, hogy a szennyvízkifolyó hatása lokális. Jól elkülönül a fentebbi szakaszokétól a ráckevei mintaegység halegyüttese is. A mintaegység halegyüttese a magasabb algakoncentrációval mutat összefüggést. Ezt az eredményt messzemenőig alátámasztja az RSD ráckevei szakaszának hidromorfológiai jellegzetességei és habitusa; a kiszélesedő meder és az ennek hatására lelassuló áramlás, aminek következményként az algakoncentráció itt magasabb értékeket mutat.

Összefoglalás

A Dél-pesti szennyvíztisztító kifolyó hatását vizsgáltuk a víz- és üledékkémiai paraméterek elemzésével, valamint a zooplankton, makrozoobentosz és halközösség mintavételei alapján. A halak mintavételét két különböző módszerrel – elektromos mintavételi eszközzel, valamint a bentikus régió mintázását lehetővé tevő elektromos kecével – egy-egy alkalommal, a nyári időszakban végeztük el négy mintaegységben, amelyek megegyeztek az abiotikus változók mintahelyével. A víz- és üledékminták laboratóriumi mérése során nyilvánvalóvá vált a nitrogén és foszforformák mennyiségi növekedése a szennyvíztisztító befolyóját követően. Ez vélhetően a szennyvíztisztító hatásának tulajdonítható. Ezek a növényi plusz tápanyagok fokozzák az algabiomassa növekedését, így fokozva az eutrofizációt. A Rényi diverzitási és a CCA elemzések alapján nem mutatható ki trend a zooplankton és makrozoobentosz közösségi összetételben a szennyvíztisztítótól való távolság növekedésével. Ezek az élőlények gyors generációs idővel rendelkeznek, így feltételezhetően a szennyvíztisztítóból időszakosan tisztítatlanul érkező befolyó víznek nincs általánosan tetten érhető hatása ezen közösségek összetételére. Egy a közvetlen befolyás utáni vizsgálat bizonyára élesebb képet adhatna az elfolyó víz hatásáról. A két típusú mintavételi eszközzel végzett felmérés haladatai között kimutatható erős jelentős különbségek alapvetően az RSD hossz-szelvény szerinti változásával hozhatók összefüggésbe. Az EKE-vel szinte kizárólag bentikus fajok kerültek elő, ugyanakkor kimutatható volt a metafitikus fajok arányának növekedése az

alsó szakasz irányába. A két mintavételi módszer kiegészítő tulajdonságai egyúttal lehetővé teszik az adatok összevont értékelését. A haladatok alapján elkészített diverzitásprofilok sem az EKE-vel, sem az EME-zel végzett mintavétel szerinti elemzés során nem voltak rendezhetők, vagyis az egyes mintahelyek diverzitása nem volt elkülöníthető egyértelműen a skálaparaméter teljes spektrumában. A kanonikus korrespondenciaanalízis alapján a szennyvízkifolyó hatása kimutatható volt. Itt a halegyüttes szerkezete különbözik a többi mintaegységétől. A hatás tényleges kimutatását megerősíti, hogy a halegyüttes kialakulásában itt a legjelentősebb abiotikus környezeti tényezőket a nitrogénformák jelentik, ami összesség a vízkémiai vizsgálatok eredményeivel. A CCA elemzés azt is megerősíti, hogy a szennyvízkifolyó halakra gyakorolt hatása lokális.

Irodalom

- Berinke, L., **1966.** Halak – Pisces. Akadémiai Kiadó, Budapest: 1-138.
- Bancsi, I. **1988.** A kerekcsigák, Rotatoria kishatározója II. Vízgazdálkodási Intézet.
- Dévai, I. **1977.** Az evezőlábú rákok (Calanoida, Cyclopoida) kishatározója. Budapest. VIZDOK, VHB.
- Dévényi, L. **1989.** A Ráckevei Soroksári Duna környezetvédelmi helyzete. Hidrológiai Tájékoztató, 29,28-30.p.
- Duna-Ipoly Nemzeti Park **2014.** A HUDI20042 Ráckevei Duna-ág kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve. Budapest
- Gulyás, P.; Forró, L. **1999.** Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója, 2. bővített kiadás. Vízi Természet-és Környezetvédelem, 9. kötet.
- Halasi-Kovács, B., Harka, A. **2012.** Hány halfaj él Magyarországon? A magyar halfauna zogeográfiai és taxonómiai áttekintése, értékelése. Pisces Hungarici. 6: 5-24.
- Miller, P.J. **1990.** The endurance of endemism: the Mediterranean freshwater gobies and their prospects for survival. Journal of Fish Biology. 37: 145-156.
- Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'Hara, R.B.; Wagner, H. V. **2012.** Community Ecology Package. R package version 1.2012. 17-2.
- OVF **2015.** A Duna-vízgyűjtő magyarországi része Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv – 2015. www.vizeink.hu.
- R Development Core Team **2013.** R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2013
- Rényi, A. **1961.** On measures of entropy and information. In 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, CA.; Neyman J., 547-561
- URL1: https://www.fcsm.hu/szolgalattasok/szennyviztisztitas/delpesti_szennyviztisztito_telep/

ELTÉRŐ TÁPLÁLKOZÁSÚ ÉS HABITATPREFERENCIÁJÚ HALIVADÉKOK INDIKÁTORSZEREPE A FÉMSZENNYEZÉS KIMUTATÁSÁBAN

NYESTE Krisztián^{1,2}, ZULKIPLI Nurfatin^{1,3}, UZOCHUKWU Ifeanyi Emmanuel^{1,3}, SOMOGYI Dóra^{1,3}, NAGY László¹, CZEGLÉDI István^{4,5}, HARANGI Sándor⁶, BARANYAI Edina⁶, SIMON Edina^{7,8}, NAGY Sándor Alex^{1,2}, VELCHEVA Iliana⁹, YANCHEVA Vesela⁹, ANTAL László^{1,2}

¹*Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen
Egyetem tér 1.,*

e-mail: nyeste.krisztian@science.unideb.hu

²*Debreceni Egyetem, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti
Laboratórium, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.*

³*Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen Egyetem
tér 1.*

⁴*Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat
(ELKH), 8237 Tihany Klebelsberg Kuno u. 3.*

⁵*Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti
Laboratórium, 8237 Tihany Klebelsberg Kuno u. 3.*

⁶*Debreceni Egyetem TTK, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék,
Atomspektroszkópiai Partner Laboratórium, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.*

⁷*Debreceni Egyetem TTK Ökológiai Tanszék, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.*

⁸*ELKH-DE Antropocén Ökológia Kutatócsoport, 4032 Debrecen Egyetem tér
1.*

⁹*Plovdiv University, Department of Ecology and Environmental Conservation,
Bulgaria, 4000 Plovdiv, Tsar Assen Str. 24*

Kivonat

A halak fémakkumulációs sajátosságaira vonatkozó korábbi eredmények bebizonyították, hogy a halivadékok kiváló indikátorai a víztereket érő friss fémszennyezéseknek. Ugyanakkor kevés ismeret áll rendelkezésre arról, hogy az egyes fajok táplálkozási módja és habitatpreferenciája hogyan hat a fémakkumulációra. A kérdés megválaszolása céljából 2013 novembere során három, eltérő táplálkozású és habitatpreferenciájú pontyféle ivadékait gyűjtöttük be a Szamos határmenti szakaszáról, melyek a következők voltak: a herbivor, bentikus paduc (*Chondrostoma nasus*), az invertivor-bentivor, bentikus márna (*Barbus barbus*), és az omnivor, pelagikus domolykó (*Squalius cephalus*). A kifogott halak izomszövetében, kopoltyújában és májában mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria (MP-AES) segítségével határoztuk meg az alábbi

fémek koncentrációit: Ca, K, Mg, Na, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr és Zn. A statisztikai elemzések során a Kruskal-Wallis tesztet, a Mann-Whitney-próbát, a Spearman-féle rangkorrelációt és főkomponens analízist alkalmaztuk. Az eredményeink bebizonyították, hogy az egyes fajok fémakkumulációs mintázatai között szignifikáns eltérések vannak. Megvizsgáltuk az egyes fémkoncentrációk és a halak trofikus szintjei közötti összefüggést, és mindössze az izomban mért Cr, Cu, Fe és Zn, valamint a kopoltyúban mért Cu és Zn koncentrációk mutattak pozitív összefüggést a trofikus szinttel. Az egyes fajok fémakkumulációs mintázatát összevetettük a vízben és az üledékben mért elemkoncentrációkkal is. Ezek során azt tapasztaltuk, hogy azok a fémek, amelyek a vízben voltak jelen a határértékeket meghaladó koncentrációkban (Cd, Pb, Zn), elsősorban a pelagikus domolykóban akkumulálódtak nagyobb mennyiségben. Ugyanakkor azok a fémek, amelyek az üledékben voltak jelen határértéket meghaladó mennyiségben (Cr, Cu, Mn), a bentikus paduc és márna szöveteiben halmozódott fel nagyobb koncentrációkban. Eredményeink alapján az ivadékok esetén elsősorban a habitatpreferencia határozza meg a fémakkumulációs mintázatot. Ezt az is alátámasztja, hogy 2013-ban a Szamosban jelentős mértékű Cd és Pb szennyezés történt, és ezek a fémek a pelagikus domolykó izomszövetében az egészségügyi határértéket is meghaladó koncentrációkban dúsultak fel. Eredményeink alapján a gyakorlati vízminőség-vizsgálatokban is javasoljuk az eltérő habitatpreferenciával rendelkező ivadékok egyidejű vizsgálatát.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. Munkánkat ezen felül az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-22-3, ÚNKP-22-4 és ÚNKP-22-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta. Munkánkat a Széchenyi Terv Plusz program támogatta a RRF 2.3.1-21-2022-00008 és a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00245 projektek keretében. Antal Lászlót a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. Czeglédi Istvánt a PD OTKA 138296 támogatta. A bulgáriai kollégáinkat az Európai Unió és Bulgária támogatta a BG-RRP-2.004-0001-C01 projekt keretében.

AZ IDEGENHONOS AMURGÉB (*PERCCOTTUS GLENII*) HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A HAZAI HALKÖZÖSSÉGEKRE

SOMOGYI Dóra^{1,2}, SALLAI Zoltán³, ERŐS Tibor^{4,5}, MOZSÁR Attila^{4,5},
CZEGLÉDI István^{4,5}, NAGY László¹, ANTAL László^{1,6},
NYESTE Krisztián^{1,6}

¹ Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen
Egyetem tér 1.,

e-mail: s.dora9611@gmail.com

² Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen
Egyetem tér 1.

³ Vaskos Csabak Bt., 5561 Békésszentandrás, Hrsz. 0153/6.

⁴ Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat
(ELKH), 8237 Tihany Klebelsberg Kuno u. 3.

⁵ Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti
Laboratórium, 8237 Tihany Klebelsberg Kuno u. 3.

⁶ Debreceni Egyetem, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium,
4032 Debrecen Egyetem tér 1.

Kivonat

Az idegenhonos fajok terjedése – történjék természetes, vagy pedig antropogén tevékenységek révén – egyre nagyobb méreteket ölt világszerte. A jövevény fajok térnyerése és ökológiai hatása számos problémához vezethet az általuk újonnan kolonizált élőhelyeken, drasztikus esetekben akár az adott élőhely halfauna-összetételének markáns megváltozása, az őshonos fajok lokális, vagy pedig teljes mértékű eltűnése, kipusztulása, ezáltal a biodiverzitás csökkenése is bekövetkezhet. Az idegenhonos amurgéb (*Percottus glenii*) az 1990-es években került be a Tisza hazai vízrendszerébe, azóta pedig – robbanásszerű terjedése révén – számos víztér domináns faunaelemévé vált, jelentős változásokat idézve elő ezáltal a vízterek fajösszetételében. Őshonos halfajaink közül is a legmarkánsabb változásokat a fokozottan védett lápi póc (*Umbra krameri*) esetében tapasztaltunk. Tisza menti állományainak egy része teljes mértékben eltűnt, a fennmaradó állomány pedig fokozatosan veszít stabilitásából.

Annak érdekében, hogy pontosabb képet kaphassunk az amurgéb Tisza mentén végbement terjedéséről, illetve a kolonizált élőhelyek halfaunájában történt változásokról, összegyűjtöttük és megvizsgáltuk a korábban ismert lápi pócok élőhelyek halfauna összetételében végbement változásokat, különös tekintettel a póc állományának visszaszorulására.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. Munkánkat ezen felül az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-22-3, ÚNKP-22-4 és ÚNKP-22-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta. Munkánkat a Széchenyi Terv Plusz program támogatta a RRF 2.3.1-21-2022-00008 és a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00245 projektek keretében. Antal Lászlót a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. Czeglédi Istvánt a PD OTKA 138296 támogatta.

Akvakultúra fejlesztés

MÉHÉSZETI MELLÉKTERMÉK ALKALMAZÁSA HALTAKARMÁNYBAN A KÖRFORGÁSOS GAZDÁLKODÁS ELŐSEGÍTÉSE ÉRDEKÉBEN

**VANNAPHAR Tamajedy¹, NGUYEN Kim Ngan¹, JAKABNÉ SÁNDOR
Zsuzsanna², GYALOG Gergő², KOLICS Balázs³, KUCSKA Balázs¹**

*¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Kaposvári Campus; Kaposvár, Guba S. u. 40
email: kucska.balazs@uni-mate.hu*

*² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, Szarvas, Anna-liget u.
35.*

*³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia
Intézet, Georgikon Campus, Keszthely Deák F. u. 16*

Kivonat

Négy hetes nevelés során megvizsgáltuk a sonkolytörköly nilusi tilápia (n=108, w=46,6±0,9g) tápba történő részleges - 10%-os és 30%-os - bevonásának lehetőségét. A nagyobb arányú (30%-os) bevonása rontotta a növekedést és a takarmányértékesítést, ugyanakkor 10%-os koncentrációban alkalmazva nem okozott jelentős különbséget a termelési paraméterekben.

Kulcsszavak: sonkoly törköly, tilápia, körforgásos gazdálkodás

Abstract

In a four week long experiment, the possibility of involving slumgum (at the level of 10% and 30%) in Nile tilapia (n=108, w=46.6±0.9g) diet was examined. The inclusion of slumgum in a high proportion (30%) had a negative effect on the growth and feed conversion ratio, however at a lower level (10%) did not cause significant differences in the production parameters.

Keywords: Slumgum, tilapia, circular economy

Bevezetés

Az Európai Unióban 2021-ben 612 ezer ember foglalkozott fő- vagy mellékállásban méhészetrel, 18 millió méhcsaládot tartottak számon, a megtermelt méz mennyisége

pedig elérte a 280 ezer tonnát (http 1). A fő terméknek számító méz mellett számos másodlagos- és melléktermék is keletkezik. A legértékesebbek a propolisz, a méhviasz, a méhpempő, a pollen, valamint a méhkenyér, melyek alkalmasak lehetnek gyógyászati, kozmetikai, valamint takarmányozási célokra is. A kaptárban keletkező propolisz kedvező élettani hatásai köztudottak. Pozitív - immunerősítő, növekedést stimuláló, reprodukciót javító - hatásairól több halfaj esetén beszámoltak (Mayada és mtsai., 2021). A méhviasz kinyerése során keletkező melléktermék a sonkolytörköly, ami részben rovarfehérjét, kitint és egyéb anyagcsere termékeket tartalmaz, valamint potenciálisan előfordulnak benne a kaptárban keletkező egyéb biológiailag aktív anyagok is. A nagyságrendileg 25% nyersfehérje tartalmú melléktermék felhasználható talajjavításra, de történtek már vizsgálatok takarmányba történő bevonásra nyúl (Ojebiyi és mtsai., 2013), valamint brojlercsirke (Babarinde és mtsai., 2011) tenyésztése során. A biztató eredmények ellenére a sonkolytörkölyt csak elvéve hasznosítják, haltakarmányozási alkalmazása jelenleg nem ismert. Kísérletünkben megvizsgáltuk, hogy a sonkolytörköly takarmány alapanyagként való alkalmazása milyen hatással van a tilápia ivadék termelési mutatóira.

Anyag és módszer

A vizsgálatunkat a MATE Kaposvári Campus hallaboratóriumának kísérleti recirkulációs üzemében végeztük. A kísérletekhez saját szaporításból származó nílusi tilápiát (*Oreochromis niloticus*) (n=108 w=46,6±0,9g) használtunk fel. A halakat a takarmány szerint 3 csoportra osztottuk (háromszoros ismétlés 12 hal/200L medence). Az első csoportban (kontroll) kereskedelmi forgalomban kapható ponty anyatápot (Haltáp Kft. Szarvas) használtunk, melynek fehérjetartalmát megemeltük 160g/kg halliszt bevonásával. Ennek az alaptápnak 10 (SG10-es kezelés) és 30%-át (SG30-as kezelés) helyettesítettük sonkolytörkölyvel (1. táblázat). A ledarált komponenseket 1% zselatint tartalmazó vizes oldattal, valamint kézi húsdarálóval újra formuláltuk és szárítószekrényben (45°C 12h) kiszáritottuk. A napi takarmányadag a biomassza 2,5 százalékában lett meghatározva, a vízhőmérséklet 24±1 °C volt. A kísérlet négy hétig tartott.

1. táblázat A különböző sonkolytörköly kiegészítést tartalmazó kísérleti takarmányok összetétele

	Kontroll	SG10	SG30
haltáp (g/kg)	840	740	540
halliszt (g/kg)	160	160	160
sonkolytörköly (g/kg)	0	100	300
nyers fehérje (%)	32.28	32.12	32.71
nyeszírsír(%)	6.7	6.8	7.1

Kontroll: méhészeti melléktermék nélküli csoport, SG10%: 10% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport, SG30% 30% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport

Eredmények és következtetések

A halak termelési paramétereiben a 4. hétre szignifikáns különbség alakult ki a kontroll és az SG30-as csoport között, leszámítva a kondíció faktort és a megmaradást, ami 100%-nak bizonyult mindhárom kezelésben. A 10% sonkolytörköly kiegészítésű kezelés (SG10) adatai a másik két kezelés között helyezkedtek el, de a különbségek nem bizonyultak szignifikánsak sem a kontroll, sem az SG30 csoport adataihoz képest. ($p < 0,05$ ANOVA) (2. és 3. táblázat).

2. táblázat A nilusi tilápiák összsúly gyarapodása különböző sonkolytörköly kiegészítést tartalmazó takarmányok hatására

	kontroll		SG10		SG30		P-érték
	átlag (g)	szórás	átlag (g)	szórás	átlag (g)	szórás	
0. hét	559,67	± 11,02	561,33	± 3,21	559,67	± 4,93	0.948
1. hét	596,33	± 10,12	592,33	± 11,68	583,33	± 12,50	0.418
2. hét	670,00	± 10,15	655,00	± 12,49	646,00	± 18,03	0.185
3. hét	736,33	± 13,65	707,67	± 24,79	686,33	± 22,81	0.069
4. hét	808,00	± 16,46^a	774,00	± 25,94^{ab}	735,00	± 21,00^b	0.017

Kontroll: méhészeti melléktermék nélküli csoport, SG10%: 10% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport, SG30% 30% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport, a különböző betűk a szignifikáns különbségeket jelölik (ANOVA $p < 0,05$)

3. táblázat A nilusi tilápiák termelési mutatóinak alakulása különböző sonkolytörköly kiegészítést tartalmazó takarmányok hatására

	kontroll	SG10	SG30	p-érték
WG (g)	248±8,62 ^a	213±23,44 ^{ab}	175±16,07 ^b	0,0059
SGR (%/nap)	1,31±0,036 ^a	1,15±0,105 ^{ab}	0,97±0,071 ^b	0,0047
PER (g/g)	1,74±0,044 ^a	1,53±0,146 ^{ab}	1,26±0,088 ^b	0,0033
FCR (g/g)	1,78±0,045 ^a	2,05±0,208 ^{ab}	2,44±0,176 ^b	0,0064
CF	0,42±0,024	0,38±0,056	0,33±0,045	0,0883
S%	100	100	100	-

Kontroll: méhészeti melléktermék nélküli csoport, SG10%: 10% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport, SG30% 30% sonkolytörkölyt tartalmazó csoport, a különböző betűk a szignifikáns különbségeket jelölik (ANOVA $p < 0,05$) WG: összsúly növekedés, SGR: specifikus növekedési ráta, PER: fehérje értékesítési ráta, FCR: takarmányértékesítés, CF kondíció faktor, S% megmaradás

A hetenként végzett átlagos egyedi tömegmérések adatai alapján paraméterezett exponenciális növekedési függvények alapján a 350 grammos étkezési méretet a három csoport (kontroll, SG10 és SG30) rendre 151, 173 és 200 nap alatt érné el. A modellezett eredmények azt sugallják, hogy a sonkolytörköly tilápia takarmányozási célra történő felhasználása akkor rentábilis, ha az olcsóbb alapanyag miatti takarmányköltség megtakarítás meghaladja azt az élőmunka és energia többletköltséget, amit az 50 nappal hosszabb termelési ciklus von maga után.

Összefoglalás

A sonkolytörköly nagy arányú (30%-os) bevonása a tilápia takarmányába rontotta a növekedést és a takarmányértékesítést. Ennek oka feltehetőleg rosszabb emészthetőség vagy a kiegyensúlyozatlan tápanyagösszetétel lehetett. Kisebb arányban (10%) történő bevonása ugyanakkor nem okozott jelentős különbséget a négy hetes nevelési periódus során. A sonkolytörkölyben esetlegesen előforduló biológiaiilag aktív hatóanyagok, pozitív élettani hatásának detektálására további vizsgálatokra van szükség. Elmondható, hogy a sonkolytörköly tilápia tápba történő kis arányú bevonásra alkalmas, vagy kiegészítő takarmányként korlátozottan alkalmazható. Ugyanakkor a sonkolytörköly felhasználása haltakarmányokban hozzájárulhat a méhészeti melléktermékek hasznosulásához.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Technológiai és Ipari Minisztérium „A körforgásos gazdaságra történő átállás előkészítési feladatai a mezőgazdasági és zöldhulladékok esetében” című, KEHOP-3.2.1-15-2021-00037 azonosítószámú Környezet és Energiahatékonysági Operatív Program támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Babarinde, S.A.; Oladunjoye, I.O.; Ojebiyi, O.O.; Oyedeji, S.A. **2011**. Inclusion of honey bee slum gum in broiler chicken feed. *International Journal of Agriculture and Biology*. 13: 781-785.
- Farag, M. R.; Abdelnour, S. A.; Patra, A. K.; Dhama, K.; Dawood, M. A.; Elnesr, S. S.; Alagawany, M. **2021**. Propolis: Properties and composition, health benefits and applications in fish nutrition. *Fish & Shellfish Immunology*, 115, 179-188.
- Ojebiyi, O.O.; Yusuff, A.O.; Oladunjoye, I.O.; Babarinde, S.A. **2013**.: Nutritional Evaluation of Honey Bee Slum gum Meal as Replacement for Maize in the Feed of Growing Rabbits. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 3(7)
- http://agriculture.ec.europa.eu/news/beekeeping-sector-results-pilot-study-honey-bee-selection-2022-03-15_en

A KÖRFORGÁSOS GAZDÁLKODÁS HELYZETE ÉS JÖVŐBELI KILÁTÁSAI A MAGYAR HORGÁSZATI SEKTORBAN

**LEFLER Kinga Katalin¹, KOCSIS Krisztián¹, HEGYI Árpád¹,
URBÁNYI Béla^{*1}**

*¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra
és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Páter Károly u. 1,
2100, Gödöllő,
e-mail: urbanyi.bela@uni-mate.hu*

Kivonat

Az elmúlt évtizedben jelent meg és napjainkban a gazdaság mindennapi működését át-
hatja a körforgásos gazdaság (circular economy) iránti széleskörű igény. Ez nem csak
az EU-ban, de világszerte egyre több figyelmet kap, szándékot és cselekvést vált ki a
gazdasági és társadalmi szféra szereplőiből egyaránt. A hazai horgász szektor az elmúlt
évtizedben rohamos fejlődésen ment keresztül, mint szervezetileg, mint infrastruktúra-
lisan. A szektor képviselőinek tevékenysége a szabadban eltöltött időben realizálódik
elsősorban, így ennek a tevékenységnek (horgászat) közvetlen hatása van a környezetre.
Kutatási munkánk során felmértük, hogy az ország területén működő horgásztavak tu-
lajdonosai/üzemeltetői, milyen mértékben vannak tisztában a körforgásos rendszerek-
kel, azok fontosságával, továbbá, hogy mennyire nyitottak ezen, ismeretek el- és befo-
gadására. Erre egy 31 kérdésből álló kérdőívet készítettünk, és a kapott válaszok alapján
kaptuk meg a horgászati szektor pillanatnyi viszonyulását a körforgásos gazdaság kér-
désköréhez. A válaszok jó kiindulási alapot biztosítanak a tudatos, környezetorientált
horgász fejlesztések és ismeretanyagok kialakításához.

Kulcsszavak: Körforgásos gazdaság, horgászat, kérdőíves felmérés

Abstract

Over the last decade, the need for a circular economy has emerged and is now pervading
the day-to-day functioning of everyday life. It is attracting increasing attention, will and
action from economic and social actors, not only in the EU but also worldwide. The
domestic angling sector has developed rapidly over the last decade, both in terms of
organisation and infrastructure. The activity of the sector's representatives is mainly
carried out in the open air, and therefore has a direct impact on the environment. In our
research, we have assessed the extent to which owners/operators of fishing lakes/ponds
in the country are aware of the importance of the circulatory systems and are open to

receiving and incorporating this knowledge. A 31-question questionnaire was prepared and the responses were used to obtain the current attitudes of the angling sector towards the circular economy. The responses provide a good starting point for the development of informed, environmentally oriented angling development and knowledge materials.

Keywords: Circular economy, angling sector, questionnaire survey

Bevezetés

A körforgásos gazdaság definíciója viszonylag egyszerű: olyan rendszerről, rendszer együttesekről beszélhetünk, melyekben nem képződik hulladék anyag, és amelynek a ma keletkező termékei (legyen az azonnal fogyasztható, vagy felhasználható, illetve akár salakanyag) egyben a jövő alapanyagai. A jelenlegi, komplex anyag és energia-áramlási rendszerek elsősorban lineáris egységek (gyártás-felhasználás-eltávolítás), míg a körforgásos gazdaságban különböző formában, de visszaáramlanak az anyagok a gyártó sorok bizonyos szintjére (PWC Kiadvány, 2018). A körforgásos gazdaságnak, már a fogalom megalkotása előtt is számos család és egyén volt az ösztönös művelője: az otthoni konyhai hulladék komposztálása és trágyaként felhasználása, vagy a hulladékok szelektív gyűjtése mind-mind részei ennek a rendszernek, viszont önmagukban szükséges, de nem elégséges megoldást jelentenek. A probléma kezelése komplexebb, hosszabbtávú stratégiákat és tervezést igényel minden gazdasági szereplőtől, hogy ezen a téren mérhető előrelépés következzen be (Henriksson et al., 2021).

A körforgásos gazdaság akvakultúra-horgászat vetületeit az elmúlt időszakban kezdtek általános (globális) szinten vizsgálni. Elsősorban elméleti síkon folyik egyelőre a probléma azonosítása és a megoldások feltérképezése, de kezdenek olyan kísérleti (pilot) rendszereket létrehozni, ahol valós időben és térben analizálják az okokat és megoldási lehetőségeket (Chary et al., 2021).

Az akvakultúra ágazat EU szinten önálló, a mezőgazdaságtól független rendszerben működik, tekintettel elsősorban az „ipari jellegzetességekkel bíró” tengeri halászat kiemelt jelentőségére. Ez a megközelítés azonban nem alkalmazható a hazai, közép-kelet-európai, tógazdasági haltermelési egységekre, valamint a horgásztavakra. A tógazdasági haltermelés, és a tavi horgásztatás nem választható el és le a mezőgazdaságtól, valamint a természetes és épített környezettől. Azzal egyben kell kezelni, és csak ilyen komplex egységként értelmezhető ennek a rendszernek a bonyolultsága és egyben egyszerűsége is (Muscat et al., 2021).

Anyag és módszer

A kutatási munka alapját egy 31 kérdésből álló kérdőív képezte. Ezen kérdőív a horgásztavak körforgásos rendszerének népszerűségét igyekszik feltárni, illetve a népszerűség mellett azt, hogy a tógazdák és tótulajdonosok, hogyan viszonyulnak ehhez a kérdéskörhöz és mennyire nyitottak ebben a témában.

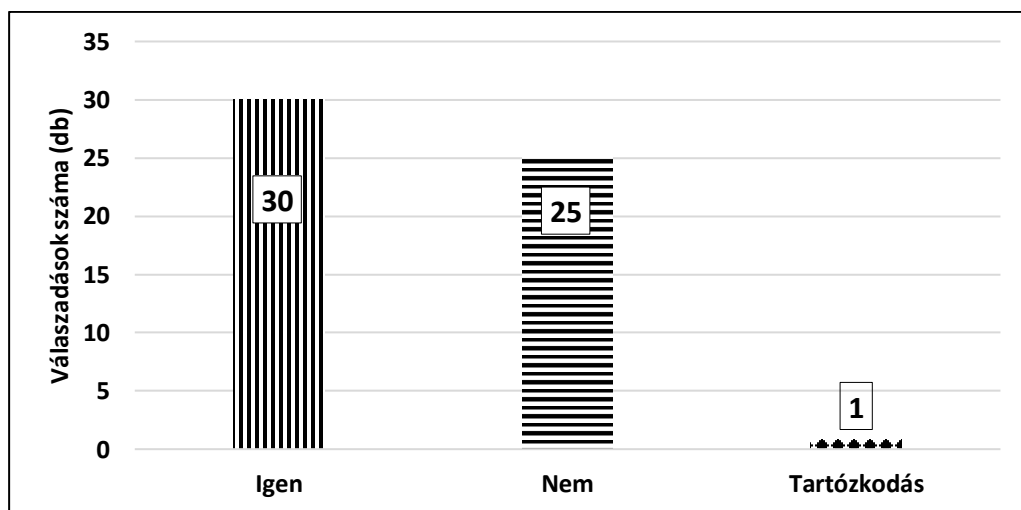
A kutatási munka kiterjed az általános ismeretekre, valamint a speciálisabb tudást és ismeretet igénylő, szakmaibb területekre egyaránt.

Az 56 kitöltött kérdőív segítségével a cél egy olyan átfogó kép kialakítása a tótulajdonosok és tógazdák körforgásos gazdálkodásához való viszonyának kérdésköréről, amely reprezentatívan bemutatja a szakterület jelenlegi és esetleges jövőbeni helyzetét a magyar horgászati szektorban.

A kérdőívek kitöltésének lehetősége hibrid rendszerben működött ezzel is bebiztosítva a sikerességét. Az említett 56 válaszadó közül, 52 élt az elektronikus kitöltés lehetőségével és a további 4 személy pedig a személyes jelenléttel végrehajtott lehetőséggel. A válaszadásokat követően lehetőség nyílt az összes beérkező válasz adat és információ digitalizálására. Ezen digitalizáció az Excel program segítségével valósult meg, itt került sor az összesítésre, valamint a diagramok elkészítésére.

Eredmények és következtetések

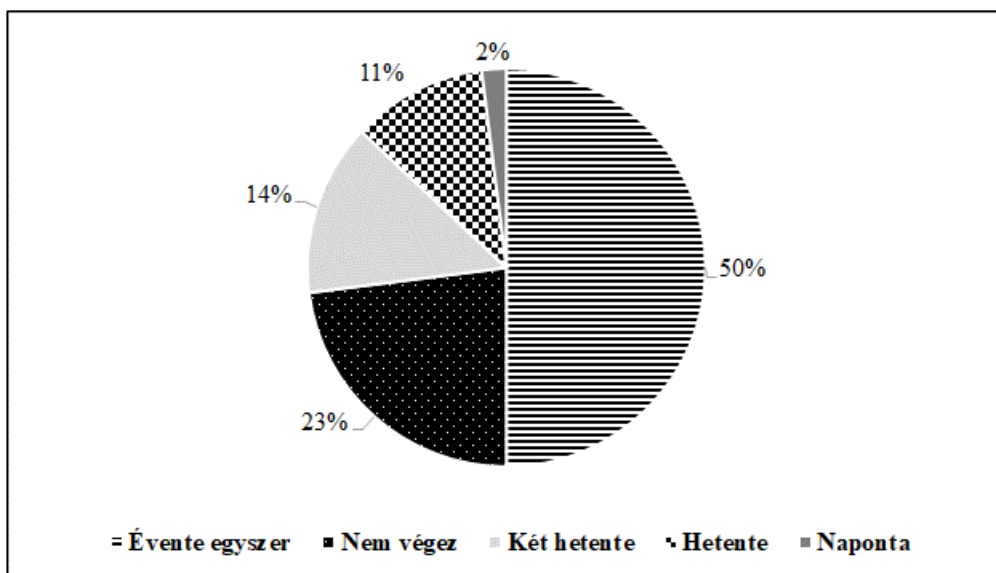
Az általános kérdéskör témakörben feltett kérdések egyik kritikus vizsgálata volt, amely felmérte a dolgozók és tulajdonosok ismereteit a körforgásos gazdálkodással kapcsolatban. A visszakapott válaszokból kiderült, hogy az alanyoknak több mint a fele hallott már a körforgásos gazdálkodásról és szinte ugyanennyi válaszadó tisztában is van vele, hogy mit jelent ez a fogalom (1. ábra). Ez alapján levonható az a következtetés, hogy az alanyoknak megközelítőleg a fele nem tudja mit jelent a körforgásos gazdálkodás, így értelmet nyer az a megközelítés, miszerint elsőnek az ismeretterjesztést kell előtérbe helyezni, annak érdekében, hogy fejlődni tudjon ezen kérdéskör el- és befogadása.



1. ábra. A körforgásos gazdálkodás fogalmának ismerete a válaszadók között

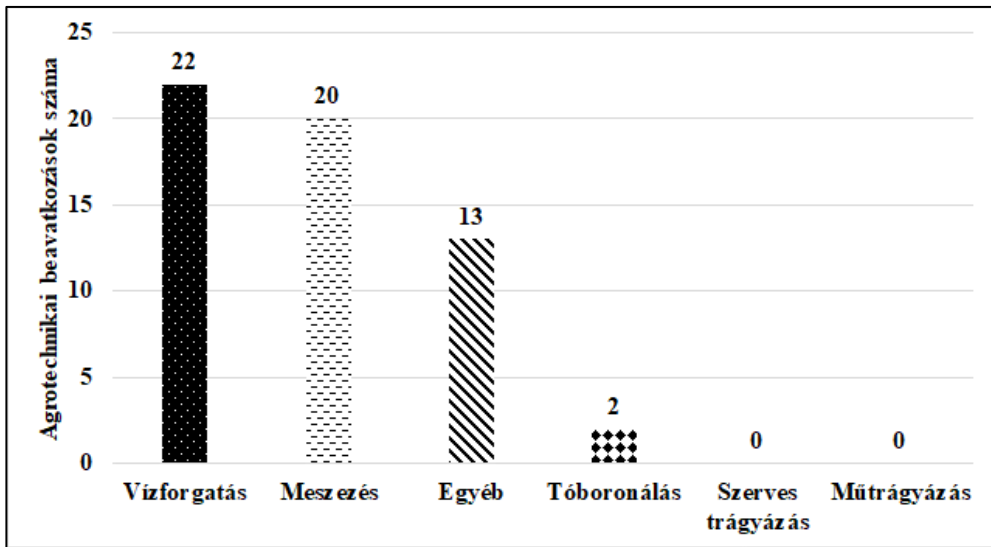
A tavi halgazdálkodás esetében, a körforgásos rendszerbe illesztés egyik alapkritériuma a vízminőség menedzsment, vagyis a vízminőség kontroll. A vízminőség ellenőrzés jelentőségét nem lehet figyelmen kívül hagyni. Fontossága több szempontból is jelentős. Abban az esetben, ha az alkalmazottak vagy tulajdonosok, gazdák rendszeresen felmé-

rik a vizek minőségét, akkor elkerülhetőek olyan folyamatok, mint például egy halpusztulás a nyári melegben. Ennek oka, hogy a mai mérőműszerek segítségével könnyen megállapíthatjuk néhány percen belül például a vizeinkben lévő oldott oxigén állapotát. Ezek után, ha szükséges, beavatkozást hajthatunk végre, amely megóvhatja a gazdaságot a jelentős károktól. A 2. ábra is bemutatja, a válaszadók fele legalább évente egyszer végez egy ilyen vizsgálatot, 23%-a azonban nem végez egyáltalán vízminőség ellenőrzést. Ez alapján leszűrhető az a következtetés, hogy ezek a horgászgazdálkodók kiszolgáltatott helyzetben vannak a vízminőség szempontjából, sikeres működésüket nem segíti az objektív vízminőségi vizsgálat, illetve az abból származtatható előrejelzések (esetleges prevenciók).



2. ábra. A vízminőség ellenőrzésének megoszlása a horgászszезzonban

A kérdőív során választ kerestünk az alkalmazott agrotechnikai beavatkozások kérdéskörére. Ennek jelentősége az adott horgászvíz termelőképességére (hal eltartóképességére) és vízminőségre van markáns kihatással. A beavatkozás elhagyása esetén olyan károk keletkezhetnek, amelyek későbbi megfékezése, illetve visszafordítása igen költséges és időigényes lenne. A kérdésre érkezett válaszokat a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. Az agrotechnikai beavatkozások megoszlása

Ahogy az a diagramból is kiderül, nem meglepő módon a vízforgatás a legelterjedtebb beavatkozás. Ez azért is van így, mert a horgászvizek leggyakrabban fellépő problémája az oxigénhiány. A vízben élő állati élőlények mellett, ugyanis a vízi növényzet is oxigén fogyasztóvá válik a nap bizonyos óráiban, ennek hatására fellépő oxigénhiányt bizonyos módszerekkel pótolni kell. Ennek legelterjedtebb módja a vízforgatás. A második legelterjedtebb beavatkozás a meszezés. A meszezés óriási hatással bír a tavak fertőtlenítése terén. A túlulajdonosok és tógazdák ezzel érik azt el, hogy a megtelepedett baktériumok, paraziták vagy vírusok teljes mértékben elpusztuljanak a tóban a leengedést követően megmaradt tócsákban. Így ezzel a módszerrel végzett tevékenység során viszonylag steril környezetet kapnak, ami kiváló helyet biztosít a frissen beérkezett halak és vízi élőlények számára. Azt is hozzá kell tenni, hogy a meszezési (általában klórmeszezés) eljárás a legtöbb esetben ad-hoc kivitelű és a tavaszi időszakban sokszor indokolatlan is. A klórmész használatát jégveszte után gyakran fertőtlenítési célból alkalmazzák, pedig az oly csekély zooplankton biomasszát is jelentősen csökkenti, így az esetlegesen kikelő hallárváknak nem lesz természetes tápláléka és az éhezés miatt elpusztulnak.

Összefoglalás

Történelmileg és hagyományokra alapozva elmondható, hogy az akvakultúra, és ezen belül a tógazdasági haltenyésztés, a körforgásos gazdaság alapelveinek jelentős részét képviseli és magában hordozza. A hazánkban található horgásztavak jelentős hányada ebbe a minősítésbe – tógazdaság – sorolható, így a halastavi megállapítások általánosan ezen tavakra is értendők. Emellett ez a szektor a különböző kibocsátási előírások

(emissziós határértékek) szempontjából is kiváló helyzetben van. Ha azt vesszük tekintetbe, hogy az EU által célként megfogalmazott fenntartható mezőgazdaság elérése a mezőgazdaság számára kötelező előírás lesz, akkor a halas és a horgásztavi tógazdálkodási szektor előnyben van. Ezt az előnyt szükséges áttekinteni, és célzottan fejleszteni, amelynek alapja az alapinformációk, a kiindulás helyzet alapos feltérképezése és a fejlesztési javaslatok körülmények meghatározása.

Köszönetnyilvánítás

A munka az iFishIENCi (Horizont 2020, No 818036) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Chary, K.; van Riel, A.-J.; Filgueira, R.; Wilfart, A.; Harchaoui, S.; Muscat, A.; Verdegem, M.; de Boer, I.; Wiegertjes, G. **2021**. Translating circular economy principles to aquaculture. - *Circularity@WUR* 12/04/21 – online workshop.
- Henriksson, P. J. G.; Troell, M.; Banks, L. K.; Belton, B.; Beveridge, M. C. M.; Klinger, D. H., Pelletier, N.; Phillips, M. J.; Tran, N. **2021**. Interventions for improving the productivity and environmental performance of global aquaculture for future food security. *One Earth*, 4: 1220–1232. Elsevier Inc.
- Muscat, A.; de Olde, E. M.; Ripoll-Bosch, R.; Van Zanten, H. H. E.; Metze, T. A. P.; Termeer, C. J. A. M.; van Ittersum, M. K.; de Boer, I. J. M. **2021**. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food* 2021 2:8, 2: 561–566. Nature Publishing Group.
- PWC Kiadvány **2018**. Ha a kör bezárul - a körforgásos gazdaság jelentősége és lehetősége. *PricewaterhouseCoopers Magyarország Kft.* 1-48.

SZÜKSÉGES A HALFAJOK ÉS EREDETŰK PONTOS MEGHATÁROZÁSA AZ AKVAKULTÚRA SEKTORBAN?

**URBÁNYI Béla^{*1}, JÓNÁS Gábor², BOKOR Zoltán¹, PALOTÁS Péter³,
KOVÁCS Balázs⁴, FRIEDRICH László²**

¹*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Páter Károly u. 1, 2100, Gödöllő*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék, Villányi út 29-43., 1118, Budapest*

³*The Fishmarket Kft., Törökbálinti utca 23., 2040, Budaörs*

⁴*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, Páter Károly u. 1, 2100, Gödöllő*

e-mail: urbanyi.bela@uni-mate.hu

Kivonat

A halhús hamisítás alapvető indítéka a vevők megtévesztése gazdasági haszonszerzés céljából. A gazdasági célú halhamisítás súlyos közegészségügyi kockázatokhoz, vallási jogsértésekhez és erkölcsi veszteségekhez vezet, ami becslések szerint évente mintegy 8-12 milliárd eurós kárt okoz. A gyors, hatékony, pontos és megbízható kimutatási technológiák kulcsfontosságúak a halhamisítás visszaszorításában és egy hatékony felügyeleti rendszer kialakításában. A közelmúltban több módszert, köztük a DNS-, a fehérje- és a zsír alapú elemzést is hatékonyan alkalmazták a halfajok azonosítására. A faj szintű beazonosítás azonban nem ad információt annak földrajzi származási helyéről, ami a fajcsere mellett a hamisítás másik területe. Bár számos stratégiát dolgoztak ki és fogadtak el az eredetiség tanúsítására, mint pl. az oltalom alatt álló eredetmegjelölés, az oltalom alatt álló földrajzi jelzés, különleges jellemzők tanúsítása stb., de ezek lefedettsége túl kicsi a globális piacokhoz képest és nem is reális minden termék tanúsítása. Ezért a hatékony felügyelet, ami fontos a hamisítás elleni védelem érdekében, és a gyors, hatékony, pontos és megbízható kimutatási technológiák alapvető technikai támogatást jelentenek ehhez a célhoz. Az elmúlt években újabb módszereket és technológiákat vezettek be a hamisítás csökkentésére, melyek közül az egyik legperspektivikusabb a mikrobiom alapú analízis rendszerek, mely technológiák rohamosan fejlődnek, és nagyban segítik majd a tárgyalt problémák minimalizálását.

Kulcsszavak: halfajok, eredet, hamisítás, mikrobiom

Abstract

The basic motive for fish meat adulteration is to deceive customers for economic gain. Fish counterfeiting for economic purposes leads to serious public health risks, religious violations and moral losses, estimated at around €8-12 billion per year. Rapid, efficient, accurate and reliable detection technologies are key to curbing fish counterfeiting and to establishing an effective control system. Recently, several methods, including DNA-, protein- and fat-based analysis, have been effectively used to identify fish species. However, species-level identification does not provide information on the geographical origin of the species, which is another area of adulteration besides species substitution. Although a number of strategies have been developed and adopted to certify authenticity, such as Protected Designation of Origin, Protected Geographical Indication, Certification of Specific Characteristics, etc., their coverage is too small for the global market, and it is not realistic to certify all products. Therefore, effective surveillance, which is important to protect against counterfeiting, and fast, efficient, accurate and reliable detection technologies are essential technical support to this goal. In recent years, new methods and technologies have been introduced to reduce counterfeiting, one of the most promising being micro-biome-based analysis systems, which are rapidly evolving and will greatly help to minimise the problems discussed.

Keywords: fish species, origin, adulteration, microbiome

Bevezetés

Jelenleg nincs egységes és hivatalos meghatározása az élelmiszerre vonatkozó csalás (hamisítás) fogalmának az Európai Unióban. Ugyanakkor általánosan elfogadott, hogy az "élelmiszercsalás" kifejezés minden olyan élelmiszerbiztonsági jog megsértését magában foglalja, amelyet szándékos és megtévesztő módon, pénzügyi haszonszerzés céljából követnek el, és a fogyasztót szándékosan félrevezetik (van Ruth et al., 2017; EC, 2019). Az élelmiszercsalás alapvetően vállalkozások vagy magánszemélyek azon tevékenysége, aminek célja, hogy a vásárlók megtévesztésével jogtalan haszonra tegyenek szert. Ezek a szándékos jogsértések az EU agrár-élelmiszerláncra vonatkozó jogszabályainak megsértése révén akadályozzák az EU belső piacainak megfelelő működés-működtetését, és egyben kockázatot jelentenek az fogyasztókra nézve is. Az EU-ban több olyan rendszer van, melyek nyomomonkövetik a különböző hamisításból eredő anomáliákat, mint az Élelmiszer- és takarmány gyorsriasztási rendszer (RASFF- Rapid Alert System for Food and Feed) vagy a HorizonScan adatbázisai (Bouzembrak et al., 2018). A RASFF hat kategorizálást tartalmaz csalás meghatározásakor (szabálytalan csomagolás; megtévesztő címkézés; hiányzó vagy részlegesen hiányzó (hamisított) egészségügyi igazolások (információk); illegális behozatal; termék hamisítás (helyettesítés); lejáratú idő fel nem tüntetése vagy átírása), míg a HorizonScan ezeket kiegészíti az engedéllyel nem rendelkező telephelyeken előállított termékekkel.

Módszerek és technikák

A hamisításnak több különböző típusa ismert, amelyek az ellátási lánc több pontján is előfordulhatnak (Reilly, 2018), melyek közül a halhúsra jellemzőket az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A hamisítás főbb célja a halak esetében

Hamisítás megnevezése	Hamisítás leírása
Fajcsere	olcsóbb halfajjal helyettesítik a drágábbat, vagy drágább fajt alacsonyabb értéküként mutatnak be adócsalás céljából
Félrevezető jelölés	illegálisan kifogott fajok földrajzi eredetének elrejtése érdekében, nagyobb eladási ár realizálása céljából
Be nem jelentett élelmiszer adalékanyag	vízmegekötő adalékanyag (foszfát) használata a termék tömegének növelése érdekében, vagy szén-monoxid használata a halhús vizuális megjelenésének fokozására
Illegális tömegnövelés	fagyasztott termékek esetében a felületre permetezett vízzel a termék tömegének növelése

DNS alapú módszerek

Minden élőlénynek, így minden halnak is van egy természetes azonosítója, amely a genetikai anyagában van kódolva és amely lehetővé teszi annak származás ellenőrzését. A DNS-ben minden fajnál, változatnál vannak olyan szakaszok, amelyek csak az adott csoportra jellemzőek. A nukleotid sorrend leolvasása lehetővé teszi, hogy következtetéseket lehessen levonni az adott fajra vonatkozóan - nemcsak az élő, vagy friss-nyers halak, hanem gyakran a főtt, füstölt, pácolt vagy sterilizált termékek esetében is.

Az állatok esetében a genetikai információ mintegy 99%-a a sejtmagban, a kromoszómális DNS-ben koncentrálódik; a fennmaradó rész a mitokondriumokban található. Ez utóbbi apró sejtorganellumok minden eukarióta sejtben jelen vannak, membránjukban olyan fontos élettani folyamatok zajlanak, mint a zsírsavak lebontása, a karbamid-ciklus egyes szakaszai, de legfőképpen az ATP (adenozin-trifoszfát) szintézis. Az ATP a sejt „üzemanyaga”, ezért a mitokondriumokat a sejtek "erőműveinek" is nevezik. A mitokondriumok ugyanakkor a fajazonosítás egyik legjobb eszközei is egyben. Ez leginkább annak köszönhető, hogy a kromoszómális DNS-hez viszonyítva igen nagy kópiaszámban fordul elő. Egyetlen sejtben akár több ezer mitokondrium is jelen lehet attól függően, hogy az adott sejtnek mennyi energiára van szüksége. Ez szövettípusonként nagyon változó. Egyes halfajok spermiumában mindössze kettő, míg izom sejtjeiben akár a 10 ezret is meghaladhatja a mitokondriumok száma. Mivel a megtermékenyítés során nem jut mitokondrium a zigótába a spermából (kimutatható számban biztos nem), azt csak az anya adja át az utódoknak (anyai öröklődés). Új mitokondriumok a meglévő mitokondriumok osztódásával jönnek létre. E folyamat során pedig az egy mitokondriumban több kópiában megtalálható mitokondriális DNS is lemásolódik. Ez az általában kör alakú, viszonylag kis méretű (megközelítőleg 16-17 kilobázis hosszúságú DNS (mtDNS) mindössze 37 gént és 2 gént nem kódoló szakaszt hordoz, amelyek közül több

fajra, populációra vagy akár származási helyre jellemző szekvenciákból áll. Ezek a tulajdonságok tették ezt a molekulát mára a fajazonosítás és az ételmiszer vizsgálatok egyik eszközévé (Ratnasingham és Herbert, 2007).

Miután felkismerték, hogy mitokondriális DNS Citokróm oxidáz I (COI) génjének szekvenciája, mint egy „barkód” alkalmas a fajok azonosítására, 2008-ban létrehozták az „International Barcode of Life Consortium-ot” (Nemzetközi Élet Vonalkód Konzorcium), amelynek célja, hogy minden élőlény COI szekvenciáját és annak különböző elterjedési területhez köthető változatait meghatározza. Mindezen adatokat pedig egy nyilvánosan elérhető adatbázisban (www.boldsystems.org) teszik elérhetővé. Ebben az adatbázisban jelenleg több mint 485 ezer állatfaj, köztük több mint 26 ezer halfaj COI szekvenciája található meg.

A vizsgálatokhoz nagyon kis mennyiségű szövet, vér, vagy feldolgozott termék elegendő, köszönhetően a modern PCR alapú DNS felsokszorozó technológiáknak.

2009-ben például számos New York-i halboltot és sushi-éttermet vizsgáltak meg. Mintákat vettek a felhasznált halakból, és genetikai vizsgálatot végeztek rajtuk. Amikor az így kapott DNS-profilokat összehasonlították az adatbázisból származó információkkal, kiderült, hogy a négy étteremből kettő, a tíz üzletből pedig hat hamis adatokat adott meg. A csattogóhal és a fehér tonhal valójában teljesen különböző halfajok voltak. A DNS-elemzések azonban még fontosabbak a nemzetközi kereskedelmi korlátozások alá tartozó haltermékek, például a tokhal-kaviár esetében. A DNS-elemzés eszköze nélkül, amelyet kétséges esetekben lehet használni, a vámhatóságok számára feltehetően lehetetlen lenne a CITES-szabályok betartásának ellenőrzése. Még a szakértők is nehezen tudják azonosítani az összes kaviártípust pusztán az optikai megjelenés alapján, különösen azért, mert a termékpaletta ma már nem csak a beluga, az osietra vagy a sevruga fajokra korlátozódik, hanem számos más tokhalfaj kaviárja is forgalomban van a piacon. A DNS-elemzés segítségével egyértelműen igazolható, hogy a kaviár melyik tokhalfajból származik, és hogy vadon fogták-e, vagy akvakultúrában termelték.

A mitokondriális genom analízisét más genetikai vizsgálatokkal kombinálva lehetőség van ~~se~~ alaposabb bizonyítékokat szerezni az egyes minták eredetéről. Ennek egyik zászlós hajója volt a FishPopTrace, európai unió által támogatott projekt (Martinsohn és Ogden, 2009). A résztvevő kutatók célja törvényszéki hitelesített SNP marker panelek létrehozása volt a földrajzi eredet meghatározásához négy kereskedelmi szempontból fontos halfaj, tőkehal (*Gadus morhua*), szürke tőkehal (*Merluccius merluccius*), hering (*Clupea harengus*) és közönséges nyelvhal (*Solea solea*) esetében. Nagyszámú újgenerációs genom szekvenálást végeztek ezen fajok különböző földrajzi helyeken élő populációinak egyedein, hogy megtudják, melyik SNP jellemző a különböző régiókban lévő állományokra. Az eredmények alapján ma elegendő mindössze 20 SNP vizsgálata ahhoz, hogy megbízhatóan megkülönböztessék az atlanti-óceáni és a balti-tengeri tőkehalat. Egy SNP önmagában elegendő volt az Északi-tengerből származó nyelvhal és a Földközi-tenger nyelvhalának megkülönböztetésére. A hering és a szürke tőkehal esetében is lehetséges volt a megkülönböztetés. Mindennek pedig az a feltétele, hogy ezek között az állományok között mesterséges vagy természetes keveredés ne történjen.

Ugyanakkor nagy felbontású, sok SNP-ét alkalmazó vizsgálatokkal négy kereskedelmi tengeri halfaj vizsgálatával demonstrálták, hogy az egyedek 93–100%-a helyesen rendelhető az eredeti származási populációjához (Nielsen et al., 2012).

Mikrobiom vizsgálatok

A földrajzi származás meghatározására a hal bélmikrobiális közösségének vizsgálata adhat lehetőséget. Az elmúlt évtizedben számos tanulmány vizsgálta a különböző állati gazdaszervezetek bélmikrobiális közösségeit. Ezek a tanulmányok azonban többnyire az emlősök bélmikrobiómjára összpontosítottak, amelyek a gerincesek kevesebb, mint 10%-át képviselik. Ezzel szemben a halaknak több mint 33 000 faja van, amelyek a gerincesek csoportjai közül a legnagyobb faji diverzitást képviselik (Froese and Pauly, 2000; Nelson et al., 2016). A bélmikrobiomot néhány modell halfajban, mint pl. a zebraahal (Roeselers et al., 2011), a guppi (Sullam et al., 2012) és a szivárványos pisztráng (Navarrete et al., 2009), valamint gazdaságilag értékes fajokban, mint például a ponty (Ye et al., 2014), az atlanti lazac (Hovda et al., 2007), a tokhal (Geraylou et al., 2012) és az atlanti tőkehal (Wilson et al., 2008) is vizsgálták. Ezek a vizsgálatok a mikrobiom feltérképezését célozták és önmagukban nem elegendők ahhoz, hogy átfogó képet adjanak a halak bélmikrobiótájának összetétele és környezet vagy egyéb tényezők összefüggései között. Például, hogy a halak bélmikrobiómját a gazdaszervezet élőhelye alakítja-e? Befolyásolják-e a halak genetikai tényezői a bélmikrobiom szerkezetét, és ha igen, milyen mértékben? Miben különbözik a halak bélmikrobiótája más gerincesektől? A kérdésekre adott válaszok alapul szolgálnak a földrajzi eredet meghatározásának analitikai lehetőségéhez.

A bélmikrobiom összetételének és osztályozásának 16S rRNS alapú génszekvenciaelemzés alapú módszere adott (Xing et al., 2013; Almeida et al., 2019), amellyel a közösséget alkotó fajok azonosíthatók. Jelenlegi ismereteink szerint a bélmikrobiom és a környezet közötti összefüggés kiterjedt vizsgálatára eddig Dél-Koreában került sor (Kim et al., 2021), ahol 23 különböző földrajzi mintavételi pontról származó, sós és édesvízben élő 85 különböző fajba tartozó hal (n=227) bélmikrobiom összetételét határozták meg és vizsgálták annak környezettel, genetikai tényezőkkel, és más fajokkal való összefüggését. A halak bélmikrobiális közössége jelentős eltérést mutatott más gerincesek (pl. hüllők, madarak és emlősök) bélbaktérium közösséghez képest, és erősebben alakította a halak élőhelye, mint azok rendszertani besorolása vagy trofikus szintje. Utóbbi eredmény biztató és jó alapot jelent a halak földrajzi eredetének meghatározásához. Azt azonban látni kell, hogy az eredmények egy kisebb régióra szorítkoztak és ismert volt a mintavétel helye. Bonyolultabb kérdés jelenleg még egy teljesen ismeretlen helyről származó hal eredetének meghatározása, de az eredmények alapján a jövőbeli kilátások pozitívak a halak földrajzi eredetének meghatározására a bélmikrobiómjuk alapján.

Következtetések

Az élelmiszer-hamisítás világszerte és sokféleképpen fordul elő, és szinte minden élelmiszeripari árucikket érint. A hamisítás nemcsak jelentős gazdasági problémát jelent, hanem a fogyasztók számára súlyos egészségügyi problémákat is okozhat. Az élelmiszer-hamisítás kimutatására szolgáló módszerek közül sok esetben a minta előkészítésének bonyolult lépései szükségesek az elemzést megelőzően, amelyekhez csúcstechnológiákat kell alkalmazni, ami az egész folyamatot megnehezíti és időigényessé teszi. Mivel az élelmiszerek hamisításának módszerei egyre kifinomultabbá váltak, nagyon hatékony és megbízható technikákra van szükség a csalárd manipulációk kimutatására. A halfajok azonosítására általánosan használt analitikai technikák nagyjából fehérjealapú és dezoxiribonukleinsav (DNS)-alapú technikákra oszthatók. A fehérjealapú módszerek közé tartoznak az immunológiai vizsgálatok, az elektroforetikus és a kromatográfias technikák. Ezek a módszerek gyorsan és könnyen elvégezhetők, és a berendezésbe való befektetés is sokkal kisebb a DNS-alapú módszerekhez képest. Az élelmiszerlánc átláthatósága és a nyersanyagok teljes nyomon követhetősége alapvető fontosságú egy hatékony élelmiszercsalás-megelőző rendszer számára. Az elmúlt időszakban a mikrobiom alapú technikák is teret nyertek, melyek forradalmasítani tudják a hamisítás kiszűrését, és annak hatékonyságát. Tény, hogy egyelőre a tengeri halfajokra kidolgozott eljárások érhetők el, de a várható az igény, hogy az édesvízi akvakultúra termékek kereskedelmi forgalmába beillesztésre kerüljenek a fogyasztói biztonságot (és bizalmat) növelő technológiák.

Köszönetnyilvánítás

A kutatási munka a Vállalati KFI_16 kódjelű pályázatban elnyert KFI_16-1-2017-0487 számú, a „Fogyasztói igényekhez illeszkedő kvalitatív alapú technológiák fejlesztése, alkalmazása és bevezetése a halfeldolgozási gyakorlatba a tengeri és édesvízi akvakultúra termékek hamisításának kiküszöbölésére” pályázat támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Almeida, A.R.; Alves, M.; Domingues, I.; Henriques, I. **2019**. The impact of antibiotic exposure in water and zebrafish gut microbiomes: A 16S rRNA gene-based metagenomic analysis. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 186, 109771.
- Bouzembrak, Y.; Steen, B.; Neslo, R.; Linge, J.; Mojtahed, V.; Marvin, H. J. P. **2018**. Development of food fraud media monitoring system based on text mining. *Food Control*, 93, 283–296.
- EC **2019**. European Commission (EC) 30 years of keeping consumers safe: The rapid alert system for food and feed of the European union. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 2009. Retrieved 13 March, 2019. Available at: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff_30_booklet_en.pdf
- Froese, R.; Pauly, D. **2000**. FishBase 2000: Concepts Designs and Data Sources. WorldFish.
- Geraylou, Z.; Souffreau, C.; Rurangwa, E.; D'Hondt, S.; Callewaert, L.; Courtin, C.M.; Delcour, J.A.; Buyse, J.; Ollevier, F. **2012**. Effects of arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) on juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) performance, immune responses and gastrointestinal microbial community. *Fish Shellfish Immunol.* 33, 718–724.

- Hovda, M.B.; Lunestad, B.T.; Fontanillas, R.; Rosnes, J.T. **2007**. Molecular characterisation of the intestinal microbiota of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 272, 581–588.
- Kim, P.S.; Shin, N.-R.; Lee, J.-B.; Kim, M.-S.; Whon, T.W.; Hyun, D.-W.; Yun, J.-H.; Jung, M.-J.; Kim, J.Y.; Bae, J.-W. **2021**. Host habitat is the major determinant of the gut microbiome of fish. *Microbiome* 9, 166.
- Martinsohn, Th.J.; Ogden, R. **2009**. FishPopTrace—Developing SNP-based population genetic assignment methods to investigate illegal fishing, *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2 (1) 294-296.
- Navarrete, P.; Magne, F.; Mardones, P.; Riveros, M.; Opazo, R.; Suau, A.; Pochart, P.; Romero, J. **2009**. Molecular analysis of intestinal microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *FEMS Microbiol. Ecol.* 71, 148–156.
- Nelson, J.S.; Grande, T.C.; Wilson, M.V.H. **2016**. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons. 1-707.
- Nielsen, E.; Cariani, A.; Aoidh, E. **2012**. Gene-associated markers provide tools for tackling illegal fishing and false eco-certification. *Nat Commun* 3, 851.
- Ratnasingham, S.; Herbert, P.D.N. **2007**. The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular Ecology Notes*. Wiley-Blackwell.
- Reilly, A. **2018**. Overview of food fraud in the fisheries sector, *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. FAO, Rome, Italy.
- Roeselers, G.; Mittge, E.K.; Stephens, W.Z.; Parichy, D.M., Cavanaugh, C.M.; Guillemin, K.; Rawls, J.F. **2011**. Evidence for a core gut microbiota in the zebrafish. *ISME J.* 5, 1595–1608.
- Sullam, K.E.; Essinger, S.D.; Lozupone, C.A.; O’connor, M.P.; Rosen, G.L.; Knight, R.; Kilham, S.S.; Russell, J.A. **2012**. Environmental and ecological factors that shape the gut bacterial communities of fish: a meta-analysis. *Mol. Ecol.* 21, 3363–3378.
- Wilson, B.; Danilowicz, B.S.; Meijer, W.G. **2008**. The Diversity of Bacterial Communities Associated with Atlantic Cod *Gadus morhua*. *Microb. Ecol.* 55, 425–434.
- Xing, M.; Hou, Z.; Yuan, J.; Liu, Y.; Qu, Y.; Liu, B. **2013**. Taxonomic and functional metagenomic profiling of gastrointestinal tract microbiome of the farmed adult turbot (*Scophthalmus maximus*). *FEMS Microbiol. Ecol.* 86, 432–443.
- Ye, L.; Amberg, J.; Chapman, D.; Gaikowski, M.; Liu, W.-T. **2014**. Fish gut microbiota analysis differentiates physiology and behavior of invasive Asian carp and indigenous American fish. *ISME J.* 8, 541–551.
- van Ruth, S.M.; Huisman, W.; Luning, P.A. **2017**. Food fraud vulnerability and its key factors. *Trends In Food Science & Technology*, 67, 70-75.

A TRIPLOID FOGASSÜLLŐ (*SANDER LUCIOPERCA*) LÁRVANEVELÉSE

**STANIVUK Jelena¹, KÁLDY Jenő¹, VÁRKONYI Eszter³,
MOLNÁR Mariann³, FAZEKAS Georgina Lea¹, HORVÁTH Ákos²,
LJUBOBRATOVIĆ Uroš¹**

¹ *Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, Stanivuk.Jelena@uni-
mate.hu*

² *Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet, Halgazdálkodási Tanszék*

³ *Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, H-2100, Gödöllő,
Magyarország*

Kivonat

A kutatás célja triploid süllő ivadéknevelése volt, melyeket az első meiotikus osztódás fázisában végrehajtott hidrosztatikus nyomássokk alkalmazásával állítottunk elő. A kísérlet előzetes jellegű volt és a diploid süllő lárvára kidolgozott protokoll alkalmazásán alapult. A triploid süllő létrehozásának elsődleges célja terméketlen süllő előállítás, míg másodlagos célja a triploidizáció hatásának vizsgálata a növekedésre, túlélésre és a fejlődésre, továbbá a deformált egyedek arányának meghatározása volt. Az eredményekből azt a következtetést vontuk le, hogy nyomássokk alkalmazásával lehetséges a triploid süllő előállítása, de jelentős különbség van a túlélés tekintetében, valamint a triploidizáció hatására szignifikánsan nő a száj deformítások előfordulási gyakorisága, ezáltal pedig a triploid halak növekedésére és fejlődésére negatív hatása van.

Kulcsszavak: süllő, triploid, lárvanevelés, poliploidia

Abstract

This research aimed to grow triploids obtained by applying hydrostatic pressure in the phase of the first meiotic division. The experiment had a preliminary character, and it involved the application of a protocol developed for pikeperch larvae in a natural diploid form. The purpose of breeding a functional triploid is, in the first step, to obtain a pikeperch that is infertile, and the secondary goal is to examine the effect of triploidization on growth, survival, development, or the degree of deformed individuals. The conclusion was drawn from the results that it is possible to breed triploid pikeperch,

with a significant difference in survival, but also that triploidization in the case of pike-perch has a statistically significant negative effect, primarily on the deformation of the mouth, and consequently on the growth and development of the triploids.

Keywords: pikeperch, triploid, larviculture, polyploidy

Bevezetés

A fogassüllő (*Sander lucioperca*) tenyésztésével az elmúlt néhány évtized során sok szakember foglalkozott, ennek ellenére a fejlődés lassú. A legproblémásabb terület az ivadéknvelés eredményessége olyan kritikus pontokkal, mint a táplálkozás, stresszérzékenység illetve a kannibalizmus (Policar és mtsai. 2019).

A triploidizációt, mint a termelési mutatókat javító módszert már alkalmazzák az akvakultúrában. Az utóbbi években rendszeresen használják a lazacféléknél és a harcsaféléknél (Fukushima és mtsai. 2011) azzal a céllal, hogy meggátolják az állatok ivaréretését, ezáltal javítsák a húsminőséget és testtömeg növekedést (Koch és mtsai. 2018; Janhunen és mtsai. 2019; Dadras és mtsai. 2021). A harmadik kromoszómakészlet megléte növeli annak az esélyét is, hogy a gének rekombinációja által a populáció elkerüli a leromlást (Fraser és mtsai. 2022). A triploidizáció csökkentheti a halak agresszivitását (Garner és mtsai. 2008), ami előnyös lehet a süllő esetében, tekintettel annak kannibál viselkedésére fiatal korban (Ljubobratović mtsai. 2015; Colchen mtsai. 2020). Jelen tanulmány célja a triploidizáció hatásának vizsgálata a süllő ivadék nevelésére.

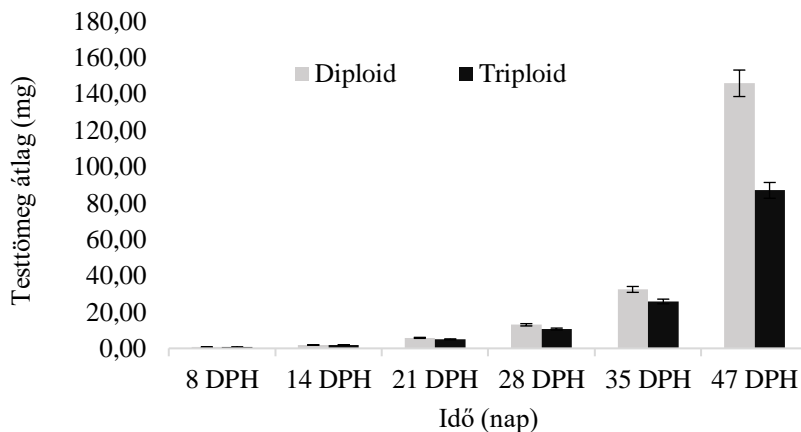
Anyag és módszer

A jelen kísérlethez három fogassüllő ikrástól, mesterséges szaporításból származó ikrát használtunk fel. A szaporítást előszezonban végeztük el Ljubobratović és mtsai. (2021) által leírt protokoll szerint. Az egyes ikratételeket három apától származó, kevert spermával termékenyítettük meg. Minden ikratétele 50 százalékát hidrosztatikus nyomások alkalmazásával triploidizációs indukciónak vetettük alá (Káldy és mtsai. 2021). A nyomásokot 8000 PSI nyomással tíz perc időtartamig alkalmaztuk 14,5°C fokos recirkulációs vízben. Az ikra ragadóság elvételéhez alkalmaz enzimet és tannint használtunk. A termékenyített ikrák kelését enyhe hypoxiával segítettük. Az anyai hatás kiküszöbölésére az összes lárvából kevert csoportot készítettünk. A kikelés után hat nappal a lárvákat recirkulációs rendszerű, 250 liter térfogatú lárvanevelő medencékbe helyeztük el 90 lárva/liter sűrűségben, háromszoros ismétlésben.

A kísérlet időtartama 40 nap volt. A nevelő víz hőmérséklete 16±0,5°C volt, 14:10/F:S fényviszony mellett. A lárvákat frissen kelt és dúsított artémia naupliusszal és kezdőtakarmányokkal etettük *ad libitum*. A testtömeg és testhossz mérését heti rendszerességgel végeztük (30 darab/csoport), míg a kísérlet végén minden csoport egyedeit megszámloltuk és az úszóhólyag kialakulását egyenként értékeltük, valamint a gerinc, a száj és a kopoltyúfedő deformációit is elemeztük. Az eredményeket Mann Whitney U - teszttel hasonlítottuk össze. A triploidizáció sikerességét, anyánként 20 utódból, kromoszóma vizsgálattal ellenőriztük (Káldy és mtsai. 2021).

Eredmények és következtetések

A kromoszóma vizsgálatok kimutatták, hogy a kezelt csoportok mintáiban 100%-os volt a triploid kariotípus. A kutatás eredményei alapján elmondható, hogy a poliploidizáció szignifikánsan befolyásolja a süllő növekedését (1. és 2. ábra). Ugyanazon nevelési protokoll alkalmazása triploid és diploid halak esetében a triploid kísérleti csoportban szignifikánsan lassabb ($p < 0.05$) növekedéshez vezetett. A triploid egyedek növekedési ütemének sebességét erősen befolyásolta ezen egyedek szájdeformitása. Lárva korban azonban csak a nagymértékű szájdeformitást tudtuk megfigyelni, a kisebb mértékűt nem. Az adatokban tendencia mutatkozott, szignifikáns különbség azonban nem, így ennek pontos meghatározásához további vizsgálatok szükségesek (3. ábra). A vizsgálatban a kontroll diploid lárvák száj deformációjának magas arányát valószínűleg a kísérlet során használt táplálék nem megfelelő minősége okozta. A lárvák száraz tápra való korai átszoktatásának, valamint az élő táplálékról való korai leszoktatásának időszakában a táplálék minősége még minimálisan sem térhet el. A triploidok esetében a hatás még kifejezettebb. Ezt más halfajokkal dolgozó kutatók eredményei is megerősítik: a triploid halak általában „rosszul teljesítenek” az optimális feltételek szűk tartományán kívül a diploid kariotípusú egyedekkel összehasonlítva (Sarayan és mtsai. 2017). Megállapítható továbbá, hogy kísérletünkben a kondíció adatok követték a testtömeg változó trendjét (2. ábra). Ugyanilyen tendenciát állapítottunk meg a gerinc deformáció, valamint az úszóhólyaggal rendelkező egyedek megmaradásának esetében is (3. ábra).



1. ábra. Diploid és triploid süllő (*Sander lucioperca*) növekedése, a statisztikai különbség 47 DPH értéknél haladta meg a szignifikancia küszöböt (DPH – nap kelés után – day post hatch)

Köszönetnyilvánítás

Ezt a projektet az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs program finanszírozta (Támogatási szám: 871108 (AQUAEXCEL 3.0)).

Irodalom

- Colchen, T.; Gisbert, E.; Krauss, D.; Ledoré, Y.; Pasquet, A.; Fontaine, P. **2020**. Improving pikeperch larviculture by combining environmental, feeding and populational factors. *Aquaculture Reports*, 17, 100337.
- Dadras, H.; Blecha, M.; Malinovskiy, O.; Flajshans, M.; Lebeda, I.; Křišťan, J.; Policar, T. **2021**. Triploidization in pikeperch (*Sander lucioperca*) induced by cold shock. *Aquaculture*, 533, 736236.
- Fraser, T. W.; Hansen, T. J.; Remø, S. C.; Fjellidal, P. G. **2022**. Triploidy effects growth, life history strategies, and bone health in Arctic char (*Salvelinus alpinus*), but does not impact cataract incidence. *Aquaculture*, 547, 737465.
- Fukushima, H.; Jimenez, J. E.; Weingartner, M.; Zaniboni-Filho, E. **2011**. Effect of stock density and ploidy in jundia, *Rhamdia quelen*, larvae performance. *Journal of Applied Aquaculture*, 23(2), 147-156.
- Garner, S.; Madison, B.; Bernier, N.; Neff, B. **2008**. Juvenile growth and aggression in diploid and triploid Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*(Walbaum). *Journal of Fish Biology*, 73(1), 169–185.
- Janhunen, M.; Vehviläinen, H.; Koskela, J.; Forsman, A.; Kankainen, M. **2019**. Added value from an added chromosome: Potential of producing large fillet fish from autumn to spring with triploid rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research*, 50(3), 818–825.
- Káldy J.; Patakiné Várkonyi E.; Fazekas G.; Nagy Z.; Sándor ZJ.; Bogár K.; Kovács G.; Molnár M.; Lázár B.; Goda K.; Gyöngy Z.; Ritter Z.; Nánási P. Jr; Horváth Á.; Ljubobratović U. **2021**. Effects of Hydrostatic Pressure Treatment of Newly Fertilized Eggs on the Ploidy Level and Karyotype of Pikeperch *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758). *Life (Basel)*;11(12):1296.
- Koch, J.; Steffen, C.; Goeckler, J.; Marteney, R.; Jagels, J.; Brown, B. **2018**. Comparison of diploid and triploid saugeye recruitment, growth, and condition in Kansas impoundments. *North American Journal of Fisheries Management*, 38(2), 446-453.
- Ljubobratović U.; Kucska B.; Feledi T.; Poleksić V.; Marković Z.; Lenhardt M.; Peteri A.; Kumar S.; Rónyai **2015**. Effect of Weaning Strategies on Growth and Survival of Pikeperch, *Sander lucioperca*, Larvae; *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(2), 325-331.
- Ljubobratović, U.; Kwiatkowski, M.; Tóth, F.; Demény, F. **2021**. Effects of hormonal treatment before water warming on synchronisation of spawning time, oocyte size, and egg quality in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Animal Reproduction Science*, 226, 106712.
- Policar, T.; Schaefer, F. J.; Panana, E.; Meyer, S.; Teerlinck, S.; Toner, D.; Źarski, D. **2019**. Recent progress in European percid fish culture production technology—tackling bottlenecks. *Aquaculture International*. *Aquaculture International*, 27, 1151-1174.
- Saranyan, P. V.; Ross, N. W.; Benfey, T. J. **2017**. Erythrocyte heat shock protein responses to chronic (in vivo) and acute (in vitro) temperature challenge in diploid and triploid salmonids. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 206, 95-104.

TAPASZTALATOK A SZÁRÍTOTT LISZTKUKAC (*TENEBRIO MOLITOR*) ALKALMAZÁSÁVAL, ELŐNYÖK ÉS KORLÁTOK

J. SÁNDOR Zsuzsanna¹, GEBREMICHAEL Askale², TÖMÖSKÖZI-FARKAS Rita³, LENGYEL-KÓNYA Éva³, ARDÓ László¹, BIRÓ Janka¹, GYALOG Gergő¹, EGESSA Robert¹, KUCSKA Balázs²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, Szarvas
email: jakabne.sandor.zsuzsanna@uni-mate.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológia Tanszék, Kaposvár

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszertudományi Kutatócsoport, Budapest

Kivonat

A lisztkukac haltakarmány alapanyagként történő sikeres alkalmazását ma már számtalan kutatási eredmény bizonyítja, de mégis találkozunk olyan esetekkel, ahol a bekeverés mértékére elég alacsony a javasolt érték. Az ily módon egymásnak ellentmondó tapasztalatok teszik szükségessé a haltakarmány tervezéskor az alapanyag úgy a beltartalmi tulajdonságainak, mind a takarmánybiztonsági paramétereinek figyelembevételét. Az általunk tesztelt lisztkukac alacsony emészthetőségi együtthatói alapján, valamint a hosszútávú etetés során is bebizonyította, hogy csak részlegesen alkalmas halliszt helyettesítésre afrikai harcsa esetében. De ez nem zárja ki, hogy egy másik terméket nem használhatunk nagyobb arányban és akár teljes halliszt kiváltásra a takarmányban.

Kulcsszavak: rovarfehérje, kitin, fehérje emészthetőség

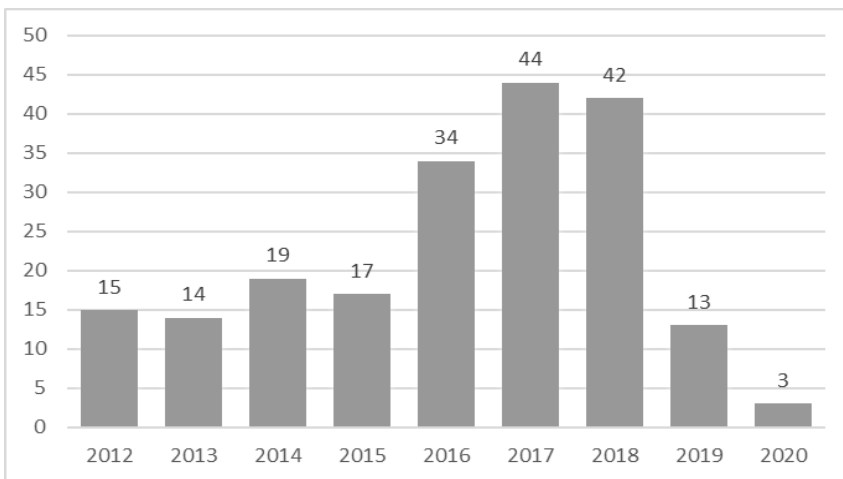
Abstract

The favorable use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a raw material for fish feed was already demonstrated by several studies, but there are cases where a rather low value is recommended for dietary inclusion. The conflicting findings and experiences in this way make it necessary to consider both the nutritional composition and feed safety parameters of the raw material when designing fish feed. Based on the low digestibility coefficients of the mealworm we tested, as well as during long-term feeding, it proved that it is only partially suitable for replacing fishmeal in the case of African catfish diet. But this does not rule out that we cannot use another product to replace fishmeal in larger proportions or even completely in the feed.

Keywords: insect protein, chitin, protein digestibility

Bevezetés

Az utóbbi években egyre növekszik a takarmányipar számára felhasználásra engedélyezett egyes rovarfélék ipari termelése Európában és világszerte is. A növekvő volumen a hasznosítási és keresleti oldalt szintén pozitívan befolyásolja, annak ellenére, hogy a haltakarmányok halliszt és szója komponenseinek helyettesítésére a rovarfehérje használata ma még nem gazdaságos. De ez hamarosan megváltozik, akár már az idei évtől potenciális alapanyaga lehet az állati takarmányoknak. Különösen annak hatására, hogy újszerű élelmiszer alapanyagként is jóváhagyásra került az EU-ban (<https://ipiff.org/insects-novel-food-eu-legislation-2/>). Az elmúlt évtizedben számtalan eredmény született az egyes halfajok számára alkalmas rovertartalmú takarmányok összetételére, vagyis az optimális halliszt vagy szója helyettesítés mértékére, akárcsak a maximálisan alkalmazható rovarkomponens tartalomra vonatkozóan. Az 1. ábra a liszt-kukacokhoz (*Tenebrio molitor*) kapcsolódó kutatások számát mutatja be (Bordiean, 2020), melyből látszik, hogy lényegében a 2017-es évet követően már csökkent a publikált tudományos művek száma Európában. Mindezek tükrében feltételezhető, hogy egyre inkább a gyakorlati hasznosítás oldalára helyeződik a hangsúly és csökken az új kutatások iránti igény.



1. ábra. Liszt-kukacokhoz kapcsolódó kutatások száma Európában (Bordiean, 2020)

Az összefoglaló tanulmányunkban röviden szeretnénk áttekinteni a liszt-kukac hasznosítása során megismert nehézségeket, melyek meglátásunk szerint igen fontosak lehetnek egy jó takarmány tervezéséhez és sikeres hasznosításához.

A liszt-kukac tulajdonságai és emészthetősége a halak esetében

Mint ismeretes, a rovertenyésztésre használt takarmány vagy szubsztrátum, illetve annak beszerzési forrása döntő hatása van a megtermelt rovar beltartalmi értékeire, úgymint nyersfehérje, össz-zsír vagy zsírsavprofil, és szénhidrát tartalom (Hetényi, 2021).

Az 1. táblázatban a lisztkukac liszt összetételét gyűjtöttük össze, megjelölve a forgalmazót vagy termelőt is. Ennek alapján látható, hogy a teljesértékű lisztkukac 25-31% zsírtartalommal rendelkezik, míg a nyersfehérje tartalma 47-58% közötti tartományban mozog. Fontos megemlíteni a zsírtalanítás jelentőségét, mely fontos egyfelől a haltakarmány gyártástechnológiai folyamatoknál elvártak miatt, másfelől a rovarolaj további hasznosítása szempontjából. Ezért a takarmányreceptúrákban többnyire zsírtalanított lisztkukacot használnak, melynek zsírtartalma kevesebb mint 5%.

A beltartalmi tulajdonságok mellett a rovarok kitinpáncélja jelenti a haszonállatok takarmányozásának egyik sarkalatos pontját. Azok a halfajok, melyek ivadékaiknak természetes táplálékát képezik a rovarok, képesek a kitin emésztéséhez a szükséges kitináz és kitobiáz enzimet megtermelni (Henry, 2015; Nogales-Mérida, 2018). Ugyanakkor az enzimek aktivitása és termelődési helye is az emésztőrendszerben fajonként eltérhet (Ringø, 2012), így ezzel magyarázható, hogy a kitin bizonyos halfajoknál javíthatja (pl.: pontyfélék), míg másoknál (pl.: bölcsőszájú halak, nyílt tengeri lazacfélék) ronthatja a termelési mutatókat. A táplálóanyagok emészthetőségének csökkenése ezért az alacsony kitináz, illetve kitobiáz aktivitással rendelkező fajoknál jelenthet problémát. Több halfajnál a kitinbontó baktériumok teljesen hiányoznak a gyomor és bélrendszerben (Lindsay, 1984; Krockel, 2012; Abro, 2014; Guerreiro, 2021). Afrikai harcsa esetében mérték kitinbontó bakteriális aktivitást a mopánféreg (*Gonimbrasia belina*) etetését követően, de ez az aktivitás egy magasabb rovartartalom hatására is hasonló szintet mutatott (Rapatsa, 2019). Összefoglalva, az alacsony kitintartalmú takarmány emésztéséhez, a szakirodalmi ismeretek alapján, a halak többsége rendelkezik a szükséges emésztőrendszerrel, de magasabb kitintartalomnál már csökkenő fehérje emészthetőséggel és gyengébb hasznosulással kell számolni.

1. táblázat Lisztkukac beltartalmi tulajdonságai (száraz anyagra vonatkoztatva)

%	Coutinho, 2021	Fontes, 2019	Sándor, 2022	Iaconisi, 2017	Piccolo, 2017
Nyersfehérje	73,8	47,8	56,5	58,0	55,3
Nyerszsír	13,1	31,7	6,2	26,6	25,1
Lizin	4,1	nd	3,8	3,6	1,8
Metionin	1,6*	nd	1,2	1,0	1,7*
Nyersrost	nd	nd	3,4	7,0	nd
ADF	nd	nd	27,7	12,0	7,7
Kitin	4,8	12,0	5,8	nd	4,9
Származási hely	HiProMine S.A., Robakowo, (Lengyelország)	<u>saját tenyészetből</u> , teljesértékű kukac (Brazília)	Berg and Schmidt Pte. Ltd., (Szingapúr)	<u>saját tenyészetből</u> , teljesértékű kukac (Kína)	Gaobeidian Shannong Biology CO. LTD (Shannong, Kína).

nd nem vizsgált, ADF – sav detergens rost, *metionin+cisztin

A kitin meghatározása Finke (2007) szerint egy egyszerű gravimetriás méréssel is lehetséges, melynek során a kitin úgy definiálható, mint az a frakció, amely a savval oldható rostfrakció (ADF) fehérjementes része. Ennek értelmében az ADF is befolyásolja a hasznos tápanyagok emészthetőségét, és pedig negatív összefüggés mutatható ki az eddig ismert vizsgálatok alapján (Marono, 2015; Rapatsa, 2019, Kovitvadi, 2019). Hasonló eredmény találtunk mi is az afrikai harcsa növendékkel végzett emészthetőségi kísérletünk során, amikor a vizsgált lisztkukac liszt ADF tartalma okozhatta az alacsony látszólagos emészthetőségi együtthatókat (Sándor, 2022). Ugyanakkor további tényezők kedvezőtlen hatását is feltételezzük a rovarkitin páncéljának őrlése során felszabaduló proteáz és fenoxidáz vegyületek keletkezésével, melyek kereszt kötést alkotnak az aminosavak és kinon vegyületek között (Janssen, 2019). Az így kialakult kötések miatt a fehérjék emészthetősége romlik (Coutinho, 2021). Ebből következően nem csak a rost vagy a kitin tartalom gátolja a rovarliszt hasznosulását, hanem meghatározóvá válnak a feldolgozás folyamán indukálódott kémiai reakciók is.

Az emészthetőség jellemezhető az egyes tápláló és nem táplálóanyagok látszólagos emészthetőségi együtthatóival (ADC). A 2. táblázatban a lisztkukac alapanyagra meghatározott ADC értékeket ismertetjük afrikai harcsával, majd összehasonlítjuk a Nílusi tilápiáéval (Fontes, 2019) és pisztráng sügérrel (Chen, 2023). Az általunk meghatározott ADC értékek alapján kijelenthetjük, hogy a tesztelt alapanyag a fent felsorolt okok miatt alacsony emészthetőséggel rendelkezik. Figyelembe véve az afrikai harcsával korábban publikált emészthetőségi vizsgálatok eredményeit (Ng, 2001), megállapíthatjuk, hogy kevésbé a halfaj biológiai sajátosságaira, mint inkább a lisztkukacból készített zsírtalánított liszt tulajdonságaira vetíthetők az általunk kapott alacsony ADC értékek.

2. táblázat Lisztkukac látszólagos emészthetőségi együtthatói (ADC %)

Irodalom	Halfaj	ADC % fehérje	ADC % lipid	ADC % szárazanyag	ADC % bruttó energia
Fontes, 2019	Nílusi tilapia	85,4	90,6	95,8	82,1
Sándor, 2022	Afrikai harcsa	49,8	62,0	44,9	72,1
Chen, 2023	Pisztráng sügér	91,0	90,9	74,7	nd

Lisztkukac alkalmazása haltakarmányokban

A 3. táblázatban összefoglaltunk néhány fontosabb halfajnál meghatározott optimális lisztkukac tartalmat és a helyettesítés mértékét a haltakarmány receptúrákban. Az aminosav összetétele miatt a lisztkukac úgy a halliszt, mint a szója helyettesítésére is alkalmas. A vizsgálatok kiterjednek a termelési és takarmányhasznosítási paraméterekre, halélettani vizsgálatokra és az áruhal minőségi mutatóira. Összességében a lisztkukac akár 100%-ban is alkalmazható halliszt kiváltásra, ha a felhasználásra kerülő alapanyag minősége biztosított. Ellenkező esetben csak részleges kiváltásra és 5-10-15% lisztkukac tartalom használatára szorítkozhatunk.

3. táblázat Lisztkukac bekeverési és helyettesítési mértékek különböző halfajoknál

Faj	Kiváltott halliszt helyettesítés mértéke	Lisztkukac mennyisége	Származási hely/ tulajdonosság	Következtetések	Hivatkozás
Európai farkassügér (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	80%	36%	Entomo, Fr.o zsírtartalanított (12% zsírtartalom)	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők, ADC megfelelő	Basto, 2021
Szívárványos pisztráng (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)	100%	25%	Ynsect Ltd., Fr.o részlegesen zsírtalanított, 1,5 % kitin tartalom	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők, kedvező bélflóra	Rema, 2019
Szívárványos pisztráng	100%	20%	Ynsect Ltd., Fr.o részlegesen zsírtalanított, 1,5 % kitin tartalom	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők, ADC megfelelő	Chemello, 2020
Nagyszemű vörös durbincs (<i>Pagellus bogaraveo</i>)	100%	65%	Shintoa, Japán	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők, a termelt hal funkcionális élelmiszernek tekinthető	Ido, 2019
Afrikai harcsa (<i>Claris gariepinus</i>)	40%	17,4	Boltban vásárolt nyers egész kukac, majd szárítás	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők	Ng, 2001
Afrikai harcsa	50%	10%	Berg and Schmidt Pte. Ltd., (Szingapúr)	termelési és takarmány hasznosítási mutatók élettani paraméterek megfelelők	Gebremichael, 2023
Ponty (<i>Cyprinus carpio</i>)	50%	5%	Berg and Schmidt Pte. Ltd., (Szingapúr)	termelési és takarmány hasznosítási mutatók kedvezők	Gebremichael, 2022
Pisztráng sügér (<i>Micropterus salmoides</i>)	36%	19.5%	nem ismert	termelési és takarmány hasznosítási mutatók, zsíryanycsere, antioxidáns védekezés, májfunkciók kedvezők	Chen, 2023
Faj	Kiváltott szója helyettesítés mértéke	Lisztkukac mennyisége	Származási hely/ tulajdonosság	Következtetések	Hivatkozás
ponty (tükrös) (<i>Cyprinus carpio var. specularis</i>)	12%	50%	Guangdong Zehecheng Biotechnology Co., Ltd. (Guangdong, Kína)	megfelelő filé tulajdonságok, növekedés és takarmányhasznosítás	Li, 2022
Nilusi tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8,4	30%	Guangzhou Zehecheng Biotechnology,	megfelelő filé tulajdonságok	Zhang, 2023

Következtetések

Összefoglaló tanulmányunkban értékeltük a lisztukac alkalmazásának feltételeit az egyes halfajok takarmányában. A saját eredményeinket összevetettük a szakirodalomban közölt adatokkal, melynek tükrében két lényeges megállapítást tettünk:

- az alapanyag kitin és savoldható rosttartalma negatívan befolyásolja az emészthetőséget
- az alapanyag feldolgozás során keletkező kémiai kötések gátolják a fehérje emészthetőséget, így a fehérje retenciót és a növekedést.

A megállapításaink felhívják a figyelmet arra, hogy megbízható gyártótól javasolt beszerezni rovarlisztet, ahol elérhetőek részletes dokumentumok a termék összetételére, tulajdonságaira vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

A kísérleti munka a Területi Kiválósági Program keretében, a „Fehérjetakarmány program a magyar mezőgazdaság minőségi és mennyiségi fejlődéséhez és a társadalom jólétének erősítésére” című projekt (2020-4.1.1-TKP2020) támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Abro, R.; Sundell, K.; Sandblom, E.; Sundh, H.; Brännäs, E.; Kiessling, A.; Lindberg, J.E.; Lundh, T. **2014**. Evaluation of chitinolytic activities and membrane integrity in gut tissues of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed fish meal and zygomycete biomass, *Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*. 175, 1–8.
- Basto, A.; Caldach-Giner, J.; Oliveira, B.; Petit, L.; Sá, T.; Maia, M.R.G.; Fonseca, S.C.; Matos, E.; Pérez-Sánchez, J.; Valente, L.M.P. **2021**. The use of defatted *Tenebrio molitor* larvae meal as a main protein source is supported in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) by data on growth performance, lipid metabolism, and flesh quality. *Front. Physiol.* 12.
- Bordiean, A.; Krzyżaniak, M.; Stolarski, M. J.; Czachorowski, S.; Peni, D. **2020**. Will yellow mealworm become a source of safe proteins for Europe? *Agriculture*. 10(6), 1–30.
- Chen, H.; Yu, J.; Ran, X.; Wu, J.; Chen, Y.; Tan, B.; Lin, S. **2023**. Effects of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance, hepatic health and digestibility in juvenile large-mouth bass (*Micropterus salmoides*). *Animals*. 13, 1389.
- Chemello, G.; Renna, M.; Caimi, C.; Guerreiro, I.; Oliva-Teles, A.; Enes, P.; Biasato, I.; Schiavone, A.; Gai, F.; Gasco, L. **2020**. Partially defatted *Tenebrio molitor* larva meal in diets for grow-out rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Effects on growth performance, diet digestibility and metabolic responses. *Animals*. 10.
- Coutinho, F.; Castro, C.; Guerreiro, I.; Rangel, F.; Couto, A.; Serra, C.R.; Peres, H.; Pousão-Ferreira, P.; Rawski, M.; Oliva-Teles, A.; Enes, P. **2021**. Mealworm larvae meal in diets for meagre juveniles: Growth, nutrient digestibility and digestive enzymes activity. *Aquaculture*. 535.
- Finke, M.D. **2007**. Estimate of chitin in row whole insects. *Zoo Biol.* 26, 105–115.
- Fontes, T.V.; de Oliveira, K.R.B.; Gomes Almeida, I.L.; Maria Orlando, T.; Rodrigues, P.B.; Costa, D.V.d.; Rosa, P.V. e. D. of I.M. for N.T.F. **2019**. Digestibility of insect meals for Nile Tilapia fingerlings. *Animals*. 9, 181.
- Gebremichael, A.; Sándor, Z. J.; Kucska, B. **2022**. Does dietary inclusion of defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) affect growth and body composition of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*)? *South African Journal of Animal Science*. 52(4), 444-451

- Gebremichael, A.; Kucska, B.; Ardó, L.; Biró, J.; Berki, M.; Lengyel-Kónya, É.; Tömösközi-Farkas, R.; Egessa, R.; Müller, T.; Gyalog, G.; J. Sándor, Zs **2023**. Physiological response of grower African catfish to dietary black soldier fly and mealworm meal. *Animals*. 13(968), 1–21.
- Guerreiro, I.; Serra, C.R.; Coutinho, F.; Couto, A.; Castro, C.; Rangel, F.; Peres, H.; Pousão-Ferreira, P.; Matos, E.; Gasco, L.; Gai, F.; Oliva-Teles, A.; Enes, P. **2021**. Digestive enzyme activity and nutrient digestibility in meagre (*Argyrosomus regius*) fed increasing levels of black soldier fly meal (*Hermetia illucens*), *Aquaculture Nutr.* 27 (1), 142–152.
- Henry, M.; Gasco, L.; Piccolo, G.; Fountoulaki, E. **2015**. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 203, 1–22.
- Hetényi N.; N. Biró J.; Bersényi A.; J. Sándor Zs. **2021**. A fekete katonalégy lárva felhasználása a haltakarmányozásban. *Állattenyésztés és takarmányozás*. 70(4), 306–323.
- Iaconisi, V.; Marono, S.; Parisi, G.; Gasco, L.; Genovese, L.; Maricchiolo, G.; Bovera, F.; Piccolo, G. **2017**. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture*. 476, 49–58.
- Ido, A.; Hashizume, A.; Ohta, T.; Takahashi, T.; Miura, C.; Miura, T. **2019**. Replacement of fish meal by defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae in diet improves growth performance and disease resistance in red seabream (*Pargus major*). *Animals*. 9(3), 100.
- Janssen, R.H.; Vincken, J.P.; Arts, N.J.G.; Fogliano, V.; Lakemond, C.M.M. **2019**. Effect of endogenous phenoloxidase on protein solubility and digestibility after processing of *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*, *Foodservice Res. Intern.* 121 (8), 684–690.
- Kovitvadhi, A.; Chundang, P.; Thongprajukaew, K.; Tirawattanawanich, C.; Srikachar, S.; Chotimanothum, B. **2019**. Potential of insect meals as protein sources for meat-type ducks based on in vitro digestibility, *Animals*. 9 (4), 155.
- Kroeckel, S.; Harjes, A.G.E.; Roth, I.; Katz, H.; Wuertz, S.; Susenbeth, A.; Schulz, C. **2012**. When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*), *Aquaculture*. 364–365, 345–352.
- Li, H.; Hu, Z.; Liu, S.; Sun, J.; Ji, H. **2022**. Influence of dietary soybean meal replacement with yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance, antioxidant capacity, skin color, and flesh quality of mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture*. 561, 738686.
- Lindsay, G. J. H.; Walton, M. J.; Adron, J. W.; Fletcher, T. C.; Cho, C. Y.; Cowey, C. B. **1984**. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. *Aquaculture*. 37 (4), 315–334.
- Marono, S.; Piccolo, G.; Loponte, R.; Di Meo, C.; Attia, Y.A.; Nizza, A.; Bovera, F. **2015**. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Ital. J. of Anim. Sci.* 14. 338–343.
- Nogales-Mérida, S.; Gobbi, P.; Józefiak, D.; Mazurkiewicz, J.; Dudek, K.; Rawski, M.; Kierończyk, B.; Józefiak, A. **2019**. Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 11, 1080–1103.
- Ng, W.K. **2001**. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquac. Res.* 32, 273–280.
- Piccolo, G.; Iaconisi, V.; Marono, S.; Gasco, L.; Loponte, R.; Nizza, S.; Bovera, F.; Parisi, G.; **2017**. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Anim. Feed Sci. Technol.* 226, 12–20.
- Rapatsa, M. M.; Moyo, N. A. G. **2019**. Enzyme activity and histological analysis of *Clarias gariepinus* fed on *Imbrasia belina* meal used for partial replacement of fishmeal. *Fish Physiol Biochem.* 45(4), 1309–1320.

- Rema, P.; Saravanan, S.; Armenjon, B.; Motte, C.; Dias, J. **2019**. Graded incorporation of defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet improves growth performance and nutrient retention. *Animals* 9.
- Ringø, E.; Zhou, Z.; Olsen, R.E.; Song, S.K. **2012**. Use of chitin and krill in aquaculture – the effect on gut microbiota and the immune system: a review. *Aquacult. Nutr.*, 18(2). 117-131.
- Sándor, Z.J.; Banjac, V.; Vidosavljevi, S.; Káldy, J.; Egessa, R.; Lengyel-Kónya, É.; Tömösközi-Farkas, R.; Zalán, Z.; Adányi, N.; Libisch, B.; Biró, J. **2022**. Apparent digestibility coefficients of black soldier fly (*Hermetia illucens*), yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), and blue bottle fly (*Calliphora vicina*) insects for juvenile African catfish hybrids (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*). *Aquac. Nutr.* 2022, 4717014
- Zhang, L.; Wu, H.X.; Li, W.J.; Qiao, F.; Zhang, W.B.; Du, Z.Y.; Zhang, M.L. **2023**. Partial replacement of soybean meal by yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal influences the flesh quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Anim. Nutr.* 12, 108–115.

KÁRÓKATONA (*PHALACROCORAX CARBO*) EMÉSZTŐ SZERVRENDSZERÉBEN TALÁLHATÓ DIGENETIKUS MÉTELYEK AZONOSÍTÁSA

GYÖNGY Martina^{1,3}, JUHÁSZ Lajos², MOLNÁR Kálmán³, SZÉKELY Csaba³, CECH Gábor³

¹ DE, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen, gyongy.martina@science.unideb.hu

² DE, Természetvédelmi Állattani és Vadgazdálkodási Tanszék, Debrecen, juhaszl@agr.unideb.hu

³ ELKH, ÁTKI, Halkórtan és Parazitológia Témacsoport, Budapest, molnar.kalman@vmri.hu, szekely.csaba@vmri.hu, cech.gabor@vmri.hu

Kivonat

A kárókatona (*Phalacrocorax carbo*) világszerte elterjedt vízimadarak, amelyek rendszeresen fogyasztják a helyi halfauna tagjait. Táplálkozásukból adódik, hogy számos digenetikus fejlődésű mótely végleges gazdáiként szolgálnak, emésztő szervrendszerükben jellemzően több parazita faj megtalálható. 2019 és 2020 között 131 kárókatona került begyűjtésre Biharugrán, amelyek emésztő szervrendszerét parazitológiai vizsgálatnak vetettük alá 2020-2022-ig. A legtöbb esetben a gyomor és a belek, kisebb részt csak a gyomor állt rendelkezésre. A folyamat során több digenetikus fejlődésű mótely fajt is izoláltunk. A 131 belet, 44 gyomrot és 21 garatot hosszában végigvágtuk, tartalmukat vízben ülepítettük, majd leszűrtük, a béltartalmat pedig mikroszkóp alatt válogattuk szét. Fajmeghatározásra két gén - az ITS régió és a citokróom c-oxidáz - szekvencia analízisét végeztük el. A 131 madárból 105 esetben találtunk kifejlett mótelyeket, valamint 10 mintából nem sikerült parazitákat gyűjteni, a többiben más rendszertani csoportba tartozó paraziták (fonálférgék, galandférgék) fordultak elő. A 105 mótelyből 70 szekvencia-adatot sikerült kinyernünk, melyek többsége *Petasiger* faj volt (57/131), emellett más digenetikus mótelyek is előkerültek: *Hysteromorpha triloba* (12/131) és *Metorchis orientalis* (1/131). Ez utóbbi bizonyítottan zoonotikus mótely, melynek elsődleges köztigazdája a pontyfélék. Adataink alapján ezek a madarak intenzív fertőzöttséget mutatnak, mind cestodák, nematodák és trematodák terén, azonban a paraziták többsége nem humán kórokozó.

Kulcsszavak: kárókatona, *Phalacrocorax carbo*, digenetikus mótelyek, *Petasiger*

Abstract

Cormorants (*Phalacrocorax carbo*) are widespread piscivorous birds, which hunt the local fish fauna in large numbers. As a consequence of their predatory nature, they are the definitive hosts of many digenean trematodes, and their digestive systems usually

contain several parasite species. Between 2019 and 2022, 131 cormorants were collected from Biharugra, their digestive systems were subjected to parasitological examination during 2020-2022. In most cases, the stomach and intestines were available, in a smaller part only the stomach. Several tapeworms, nematodes and trematodes were isolated during the process. The 131 intestines, 44 stomachs and 21 pharynxes were cut, their contents were sedimented in water, filtered, and sorted under microscope. For species identification, sequence analyses of two genes, the ITS region and cytochrome c-oxidase (coxI), were performed. Out of the 131 birds 105 had trematodes inside and in 10 samples no parasites were found. The rest contained only parasites from different taxa, like nematodes or cestodes. Sequences were recovered from 70 of the 105 trematodes, the vast majority of which were *Petasisiger* species (57/131), with other digenetic trematodes: *Hysteromorpha triloba* (12/131) and *Metorchis orientalis* (1/131), the latter being a proven zoonotic trematode, with carp as its primary intermediate host. Our data show that these birds have high infection rates of trematodes, but most of the parasites are not considered as human pathogens.

Keywords: cormorant, *Phalacrocorax carbo*, Digenea, Trematoda, *Petasisiger*

Bevezetés

A kárókatonák (*Phalacrocorax carbo*) több kontinens országaiban előforduló vízimadarak, amelyek előszeretettel fogyasztják a helyi halfaunát. Ebből adódóan kiváló végleges gazdái azoknak a digenetikuss metelyeknek, melyeknek elsődleges köztigazdái a halak, így ezeket fogyasztva az emésztő szervrendszerükben számos parazita féreg (laposféreg, galandféreg, metely) megtalálható.

Az általunk vizsgált digenetikuss fejlődésű metelyek a laposférgek törzsébe (Platyhelminthes), ezen belül is a metelyek (Trematoda) osztályába tartoznak, emellett pedig a legjelentősebb humán és állati kórokozók közé soroljuk őket. Petéből való kikelésüket követően puhatestűekben (1. köztigazda) fejlődnek, majd megfelelő fejlettségi állapotot követően halak testében (2. köztigazda) fejlődnek tovább. Amennyiben a fertőzött halat elfogyasztja egy kárókatona, annak emésztő szervrendszerébe kerülve adult egyedekké alakulnak, és peterakásukkal kezdődik előlről az életciklusuk. (Molnár és mtsai. 2015, Struck és mtsai. 2014, Gibson és mtsai. 2002, Cech és mtsai. 2021)

Anyag és módszer

2019 és 2020 között 131 db gyéritésből származó kárókatona (*Phalacrocorax carbo*) került begyűjtésre Biharugráról (46°58'N, 21°34'E), amelyeket 2020-2022 folyamán dolgoztunk fel laboratóriumi körülmények között. A madarak emésztő szervrendszerét fagyasztott állapotban kaptuk meg, amely 131 belet, 44 gyomrot és 21 garatot tartalmazott.

A fagyasztott kárókatona minták felolvasztását követően a szerveket hosszában végigvágtuk bélvágó olló segítségével, majd nagy méretű főzőpohárba téve vízben ülepítettük tartalmukat. A szervek eltávolítását követően kézi szűrővel szűrtük le a parazitákkal teli vizet, majd a fennakadt béltartalmat Petri-csészékbe mostuk vissza. Az

adult mételyeket morfológia alapján különítettük el, majd Eppendorf-csővekbe helyeztük őket a későbbi molekuláris biológiai vizsgálatokhoz. Az izolált mételyek meghatározásához két gén (ITS régió (1200 bp) és citokróm c-oxidáz (410 bp) szekvencia analizisét végeztük el.

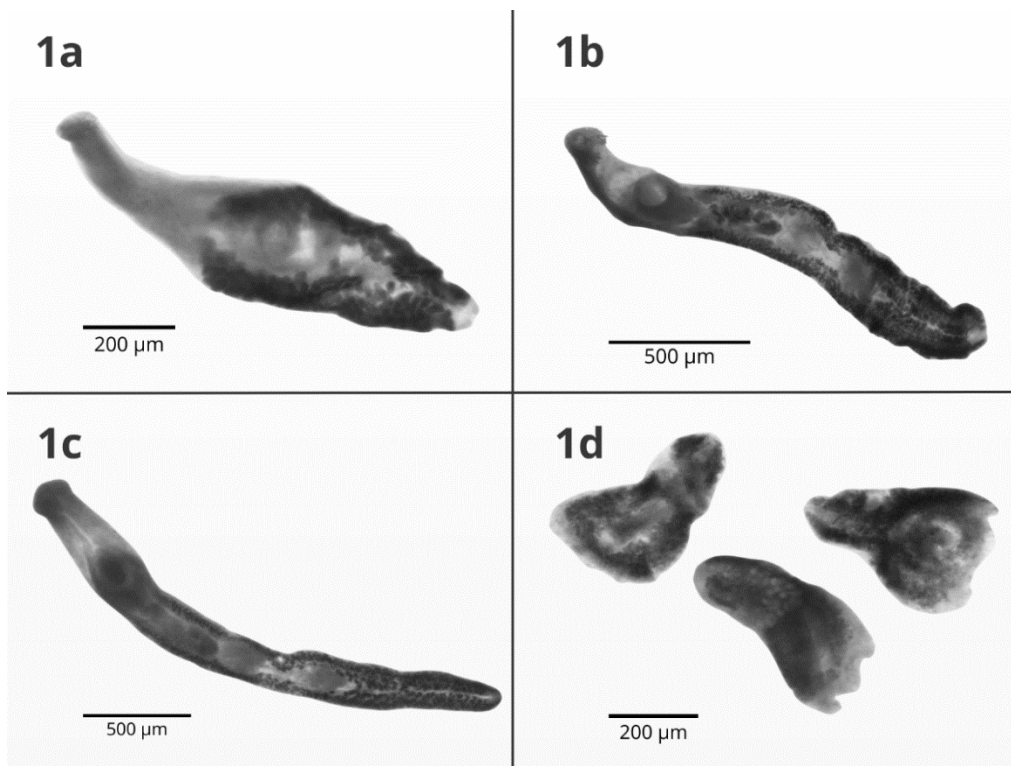
A molekuláris vizsgálatokat DNS kivonásával kezdtük az előzetesen izolált, fagyasztott mételyekből, amelyet Geneaid DNA Mini Kit (Geneaid, Taipei City, Taiwan) segítségével végeztünk, majd 100 µL AE pufferben eluáltuk a gyártó ajánlása szerint. Az ITS régió (18S rDNS egy része, ITS1, 5.8S rDNS, ITS2 és a 28S rDNS egy része) amplifikálását nested PCR-rel végeztük.

Az első körben az S18 (5'-TAACAGGTCTGTGATGCC-3') és L3T (5'-CAACTTTCCTCACGGTACTTG-3') primereket alkalmaztuk Jousson és mtsai. 1999 nested PCR profil protokollja alapján. A második körben a D1 (5'-AGGAA-TTCCTGGTAAGTGCAA-3') és D2 (5'-CGTACTGAGGGAATCCTGGT-3') primereket alkalmaztuk Galazzo és mtsai. (2002) PCR protokolljának megfelelően. A citokróm c-oxidáz gén amplifikálása az alábbi primerekkel történt: JB3 (5'-TTTTTTGGGCATCCTGAGGTTTAT-3') és JB4.5 (5'-TAAAGAAAGAACATAATGAAATG-3') Bowles and McManus (1994) PCR protokolljának megfelelően. Az alkalmazott feltételek megegyeztek a riboszómális markereknél alkalmazottakkal, kivéve az anellációs hőmérsékletet (52 °C).

A PCR-termékeket Tris-Acetate-EDTA (TAE) puffert tartalmazó 1,0%-os agaróz gélben futtattuk meg, amelyet 1%-os etidium-bromiddal festettünk, majd EZ-10 Spin Column PCR Purification Kit (Bio Basic Inc., Markham, Kanada) segítségével tisztítottuk. Az ITS régió és a coxI tisztított PCR-termékeinek szekvenálását a PCR-primerekkel és két további belső primerrel 5.8Sr (5' TGTCGATGAAGAGAGCGCCAGC-3') és 5.8S2 (5'-TAAGCCGACCCTCGGACAGG-3') (Tkach et al. 2003) végeztük. A szekvenáláshoz ABI BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit-et használtunk, és a szekvenciákat az MTA SZBK Szegedi Szekvenálási Platformjáról olvastuk le az ABI Prism 3100 Genetic Analyser (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) segítségével.

Eredmények és következtetések

A 131 kárókatonában 105 esetben találtunk digenetikus mételyeket, Összesen 72 mételyből sikerült szekvencia adatot gyűjtenünk, melynek döntő többsége a *Petasiger* nemhez tartozott (57/131) (1. ábra), ezen belül is *Petasiger phalacrocoracis* (3/131), *Petasiger radiatus* (18/131) és *Petasiger exaeretus* (36/131). Kifejezetten gyakori volt, hogy egy kormorán bélrendszeréből többféle métely is előkerült, például a 45-ös minta esetében mindhárom *Petasiger* faj megtalálható volt. Ezek kárókatonák vékonybelében általánosan előforduló mételyek, melyek metacerkáriái pontyfélék oldalvonal pikkelyeiben található meg. A témacsoport korábbi (Molnár és mtsai. 2015, Cech és mtsai. 2017) eredményei szerint a Hortobágy és a Balaton területén előforduló pontyfélék (vörösszárnyú keszeg, bodorka) intenzív *Petasiger*-es fertőzöttséget mutattak. Ugyanezekről a mintavételi helyekről származó 12 kárókatona mindegyike *Petasiger*-rel volt fertőzött (Molnár és mtsai. 2015, Cech és mtsai. 2017).



1. ábra. A *Petasiger* nemzetség három kimutatott faja (a) *Petasiger exaeretus* (b) *Petasiger radiatus* (c) *Petasiger phalacrocoracis* és (d) a kárókatona bélrendszerének szintén gyakori mótelye a *Hysteromorpha triloba*

Kisebb hányadban *Hysteromorpha triloba* (12/131) is előkerült a mintákból, amely szintén jellemző élősködője a kormoránok bélrendszerének. Pontyfélék izomszövetébe tokozódva alakulnak metacerkáriákká, majd ezeket elfogyasztják a vízimadarak, amelyekben ivarérett egyedekké fejlődhetnek (Serenó-Urbe et al. 2019).

Egy kárókatona esetében *Metorchis orientalis* (1/131) mótelyt találtunk a bélben, amely egy bizonyítottan zoonotikus faj, elsődleges köztigazdái pedig pontyfélék. Köztigazda halak izomzatába furakodva alakul metacerkáriává, de főként emlősök és szárnyasok epevezetékében és epehólyagjában fordul elő, ahol krónikus gyulladást, hurutot és karcinómát okozhat. Edelényi 1972-ben mindössze egy *Metorchis intermedius*-t talált szárcsában.

A korábbi szakirodalmak alapján leírt, garatban megtelepedő, szintén zoonotikus *Clinostomum complanatum* nem fordult elő a vizsgált mintákban.

Összefoglalás

A munka során 131 fagyasztott kárókatona emésztő szervrendszerét vizsgáltuk, amelyből 105 esetben sikerült digenetikus mótelyeket izolálnunk. A vizsgált mintákban kimutatott paraziták összetétele egybeváág a korábbi szakirodalmi adatokkal, vagyis túlnyomórészt *Petasiger*, *Hysteromorpha* és *Plagioporus* fajokból áll. Emellett

a *Metorchis orientalis* egyetlen példánya került elő, amely bizonyítottan zoonotikus (Woon-Mok Sohn 2009). Moravec 2016-os csehországi adataival összehasonlítva nem csak az általunk kimutatott mótely fajok listája mutat nagy hasonlóságot, hanem azok százalékos eloszlásai is hozzávetőleges egyezést mutatnak.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokat az OTKA FK 140350 pályázat támogatásával végeztük.

Irodalom

- Bowles J.; McManus D.P. **1994**. Genetic characterization of the Asian Taenia, a newly described taeniid cestode of humans. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 50, 33-44.
- Cech G.; Molnár K.; Székely Cs. **2017**. Molecular biological studies of adult and metacercarial stages of *Petasiger exaeretis* Dietz, 1909 (Digenea: Echinostomatidae). *Acta Veterinaria Hungarica*. 65 (2), 198–207.
- Cech G.; Sándor D.; Molnár K.; Varga Á.; Caffara M.; Fioravanti M. L.; Buchmann K.; Székely Cs. **2021**. Digenean trematodes in Hungarian freshwater aquacultures. *Food and Waterborne Parasitology*. 22, e00101.
- Edelényi B. **1972**. Mótelyélősködők a Hortobágy vadon élő gerinceseiből. *Debreceni Déry Múzeum Évkönyve* 1972, 5-34.
- Faltýnková A.; Gibson D. I.; Kostadinova A. **2008**. A revision of *Petasiger* Dietz, 1909 (Digenea: Echinostomatidae) and a key to its species. *Syst. Parasitol.* 71, 1–40.
- Galazzo D. E.; Dayanandan S.; Marcogliese D. J.; McLaughlin D. **2002**. Molecular systematics of some North American species of *Diplostomum* (Digenea) based on rDNA sequence data and comparisons with European congeners. *Can. J. Zool.* 80(12), 2207-2217.
- Gibson D. I.; Jones A.; Bray R. A. **2002**. Key to the Trematoda. Volume 1. CABI Publishing, CAB International, Wallingford. 521p.
- Jousson O.; Bartoli P.; Pawlowski J. **1999**. Molecular identification of developmental stages in Poecelidae (Digenea). *Int. J. Parasitol.* 29, 1853–1858.
- Jousson O.; Bartoli P.; Pawlowski J. **1999**. Molecular identification of developmental stages in Poecelidae (Digenea). *Int. J. Parasitol.* 29, 1853–1858.
- Molnár K.; Gibson D.I.; Cech G.; Papp M.; Deák-Paulus P.; Juhász L.; Tóth N.; Székely C. **2015**. The occurrence of metacercariae of *Petasiger* (Digenea: Echinostomatidae) in an unusual site, within the lateral line scales of cyprinid fishes. *Folia Parasitol.* 62: 017.
- Moravec F.; Scholz T. **2016**. Helminth parasites of the lesser great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* from two nesting regions in the Czech Republic. *Folia Parasitol.* 63:022.
- Sereno-Urbe A.; López-Jimenez A.; Andrade-Gómez L.; García-Varela M. **2019**. A morphological and molecular study of adults and metacercariae of *Hysteromorpha triloba* (Rudolphi, 1819), Lutz 1931 (Diplostomidae) from the Neotropical region. *Journal of Helminthology*. 93(1), 91-99.
- Sohn W. M. **2009**. Fish-borne zoonotic trematode metacercariae in the Republic of Korea. *Korean J Parasitol. Suppl (Suppl)*. S103-13.
- Struck T. H.; Wey-Fabrizius A. R.; Golombek A., Hering L.; Weigert A.; Bleidorn C.; Klebow S.; Iakovenko N.; Hausdorf B.; Petersen M.; Kück P.; Herlyn H.; Hankeln T. **2014**. Platyzoan paraphyly based on phylogenomic data supports a noncoelomate ancestry of spiralia. *Molecular Biology and Evolution*. 31(7), 1833–1849.
- Tkach V. V.; Littlewood D. T. J.; Olson P. D.; Kinsella J.; Swiderski Z. **2003**. Molecular phylogenetic analysis of the Microphalloidea Ward, 1901 (Trematoda, Digenea). *Syst. Parasitol.* 56, 1–15.

A LESŐHARC SÁT (*SILURUS GLANIS*) SPECIFIKUSAN FERTŐZŐ *THAPAROCLEIDUS VISTULENSIS* (PLATYHELMINTHES, MONOGENEA) KOPOLTYÚFÉREG FAJ ÉLETCEKLUSÁNAK VIZSGÁLATA

WAN SAJIRI Wan Muhammad Hazim^{1,2}, SELLYEI Boglárka¹,
SZÉKELY Csaba¹

¹Állatorvostudományi Kutatóintézet, 1143 Budapest, Hungária krt. 21.,
e-mail: hazim.sajiri@vmri.hu, sellyei.boglarka@vmri.hu,
szekely.csaba@vmri.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és
Állattudományi Doktori Iskola, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Kivonat

Jelen tanulmány a *Thaparocleidus vistulensis*, a lesőharc sá (*Silurus glanis*) gazdaspecifikus kopoltyúféreg parazitájának életciklusát vizsgálja, beleértve a fertőzés dinamikáját, a parazita peték kelési arányát és fejlődését, valamint a paraziták gazdaszervezet hiányában *in vitro* mutatott túlélési arányait a különböző életszakaszokban. A három ismétlésben végzett fertőzés-dinamikai vizsgálatokban kopoltyúféreg-fertőzött donorhalakkal együtt tartott naiv egyedeket használtunk fel. A 10 napos kísérleti időszak alatt kétnaponta két hal boncolása alapján becsültük meg a kopoltyú-fertőzöttség mértékét. A parazita korai fejlődésének megfigyelését a kifejlett paraziták által frissen lerakott peték fénymikroszkóp alatt, kelésig tartó vizsgálatával végeztük. A kísérlet során a saját fejlesztésű eszközökkel és üveg petricsészék használatával összegyűjtött 445 petét – szűrt akvárium vízben - 96 lyukú mikrotiter-lemezekre helyeztük el. A paraziták gazdaszervezet hiányában, különböző életszakaszokban (lárva, fejlődő- és kifejlett féreg) mutatott túlélési-képességének vizsgálatát hasonló módon mikrotiter-lemezekre végeztük. Megfigyeléseink a *T. vistulensis* jelentős szaporodási potenciálját bizonyították a 10 napos fertőzési kísérlet során, a donor halegyedek kezdeti fertőzésének súlyosságától függően. A parazita peték korai fejlődése során a kelési időszak átlagosan 3-4 napig tartott, a kelési arány a pete lerakását követő 5. napon érte el maximumát (89,7%). Az *in vitro* kísérletekben a frissen kelt onkomiracidiumok akár 5 napig (7,4%) is életképesek maradtak, míg a fiatal és a felnőtt férgek átlagosan csak három napig (0,9%, illetve 1,6%) tudtak túlélni gazdaszervezet hiányában. A *T. vistulensis* szaporodási stratégiájával kapcsolatos kísérleteinkből megszerzett ismeretek értékes alapot jelenthetnek a halgazdaságokban tenyésztett európai harc sá állományok kopoltyúféreg fertőzéseinek leküzdésében.

Kulcsszavak: *Thaparocleidus vistulensis*, harc sá kopoltyúférgesség, *Silurus glanis*, lesőharc sá, fertőzés dinamika, életciklus, túlélési arány

Abstract

The life cycle of *Thaparocleidus vistulensis*, a host-specific monogenean parasite of European catfish (*Silurus glanis*) was investigated including dynamics of the infection, hatching rates, development of eggs and in vitro survival rates of parasites at different life stages. A total of 30 naive fingerlings cohabitated with infectious donor fish were examined in triplicate. Two fish were sacrificed every two days during the 10-day experimental period to explore the infection dynamics on gills. The newly laid eggs by adult monogeneans were collected and observed daily under a light microscope until hatching. A total of 445 eggs were trapped with in-house devices or glass petri dishes and distributed into holes of 96-well microtiter plates containing filtered fish tank water to determine their hatching rates. A similar method was used to investigate the survival rates of parasites at different life stages (larvae, developing, and adult monogeneans). The infection dynamics in the fish tanks revealed a marked propagation potential of *T. vistulensis* on European catfish within ten days, depending on the severity of the initial infection of the donor fish. Egg development until first hatching took 3-4 days, and the hatching rate (89.7%) peaked on the 5th day. While oncomiracidia could survive for up to 5 days (7.4%), the developing and adult parasites could survive only three days on average (0.9% and 1.6%, respectively) without host. The acquired knowledge from our study on the reproductive strategies of *T. vistulensis* could provide a valuable basis for controlling gill-fluke infections in cultured European catfish stocks at fish farms.

Keywords: *Thaparocleidus vistulensis*, specific monogenean, *Silurus glanis*, European catfish, infection dynamics, life cycle, survival rates

Bevezetés

A közvetlen fejlődésű mótelyek (monogeneák) széles körben elterjedt külső élősködők, melyek a különféle vízi környezetben élő halak bőrét, uszonyait vagy kopolyúit fertőzik. Általában a halak testfelületén, szabadon mozogva a bőrt és a kopolyúlemezeket borító nyálkával, illetve a leváló hámsejtekkel táplálkoznak. Egyes fajok kifejlett példányai azonban helyspecifikusan megtapadva élik le életüket. A monogeneák döntően gazdaspecifikus paraziták (Kearn, 1998; Whittington et al., 2000), melyek előfordulása egy vagy több közeli rokon gazdafajra korlátozódik, ugyanazon gazdafajon belül mikroélőhely (szerv) preferenciájuk jellegzetes (Simková et al., 2006).

A lesóharcsa (*Silurus glanis* L., 1758, Siluriformes) fajspecifikus kopolyúparazitái a *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Monogenea, Dactylogyridae) – korábban az Ancylostoides nemzetség tagjai, név szerint a *Thaparocleidus siluri* (Zandt, 1924), *T. vistulensis* (Siwak, 1932), és a *T. magnus* (Bychowsky and Nagibina, 1957). A *T. vistulensis*, mely a természetes vizekben és az intenzív rendszerekben egyaránt előfordul, rendkívül intenzív fertőzést idézhet elő mind az ivadékkállományokban, mind az intenzíven tartott idősebb generációkban (Molnár et al., 2019).

A harcsa kopolyúférgek közvetlen - közties gazdaszervezetek nélküli - fejlődéséből eredő evolúciós előnyeinek köszönhetően, a fertőzések magas morbiditással és tömeges elhullással járó járványkitöréseket idézhetnek elő a tenyésztett populációkban, ami jelentős gazdasági veszteségeket okoz a harcsatenyésztésben.

Jelen tanulmányban a lesőharcsa gazdaspecifikus ektoparazitájának, a *T. vistulensis*-nek az életciklusát vizsgáltuk, beleértve a fertőzési dinamikájának alakulását, a peték fejlődését és kelési arányát, valamint a különböző életstádiumú egyedek *in vitro* (gazdaszervezet hiányában mutatott) túlélési képességeit.

Anyag és módszer

A laboratóriumi parazita állomány létrehozásához és fenntartásához egy magyarországi halgazdaságból származó *Thaparocleidus vistulensis* kopoltyúféreggel fertőzött halegyedeket (donorhalak) használtunk. Az Intézetünk RAS-rendszerében nevelt, parazitamentes harcsa ivadék fertőzését (recipiens halak) ketreces „együtt-tartás” (cohabitation) útján átfolyó vizes akváriumban, 23 °C-on indukáltuk.

Fertőzési dinamikájának vizsgálata – Harminc darab (10 hal 3 ismétlésben) fiatal lesőharcsa (testtömegük $6,35 \pm 1,84$ g, testhossza $9,53 \pm 1,16$ cm) került beállításra a kísérletbe. A 10 napos kísérleti időszak alatt kétnaponta, csoportonként két halon végeztünk boncolást, hogy feltárjuk a kopoltyúféreg (monogenea) fertőzés erősségét. A halak tömegét és testhosszát lemértük, majd altatás és kiirtás után a kopoltyú-lemezeket mindkét oldalról eltávolítottuk. A hemibranchiumok (2x4) kopoltyúlemezein talált monogeneákat sztereomikroszkóp alatt egyesével megszámloltuk, számukat feljegyeztük.

Peték fejlődésének vizsgálata – A vizsgálatokhoz, kopoltyú kimetszési módszert (Gussev, 1983, módosított eljárás Bognár et al. előkészületben) alkalmazva, kifejlett *T. vistulensis* parazitákat nyertünk a fertőzött donorhalakból. A kifejlett monogeneák által frissen lerakott petéket összegyűjtöttük, majd véletlenszerűen csoportokra osztottuk ($n = 5-10$), és 200 μ l szűrt akváriumvízbe –amit naponta lecseréltünk - fedőlemezzel letakart, kerek fenekű, homorú üveglemezekre helyeztük. A petéket kelésig naponta fénymikroszkóp alatt figyeltük meg. A peték morfológiájában bekövetkezett változásokat feljegyeztük és lefényképeztük.

Kelési arány vizsgálata – Az összesen 445 - saját fejlesztésű csapdákkal, valamint üveg petricsészékkel gyűjtött - petét módosított pillangó típusú vérvételi tűvel és csepentő pipettával 100 μ l szűrt akváriumvizet tartalmazó 96 lyukú mikrotiter lemezek mélyedéseibe helyeztük el, majd sztereomikroszkóp alatt vizsgáltuk. A kelési arányokra vonatkozó adatokat naponta rögzítettük. A kelés sikerességét az üres, operculumnál kinyílt petehéjak számlálásával határoztuk meg. A kísérletet 24 órával az utolsó kikelt pete megfigyelése után fejeztük be.

Túlélési arányok vizsgálata – A *T. vistulensis* különböző életszakaszaiban lévő (lárvák, fejlődő és felnőtt) egyedek gazdaszervezet hiányában mutatott túlélési arányait *in vitro* rendszerben vizsgáltuk. A felhasznált oncomiracidiumokat (szabadon úszó lárvák) a peték üveg petricsészékben való keltesésével, míg a fiatal (4-6 nappal a fertőzés után (dpi)) és a kifejlett (>10 dpi) férgeket közvetlenül a gazdahalak kopoltyújáról való gyűjtéssel nyertük. Az oncomiracidiumokat ($n = 135$) hármassával, a fejlődő ($n = 204$) és a kifejlett ($n = 153$) mételyeket egyenként helyeztük el a 96 lyukú mikrotiter lemezek mélyedéseibe. Mindegyik lyuk 50-100 μ l szűrt (22 μ m) akváriumvizet tartalmazott. A mikrotiterlemezeket sztereo mikroszkóp alatt naponta megfigyeltük, és feljegyeztük a mételyek aktivitását, illetve elpusztulásának időpontját.

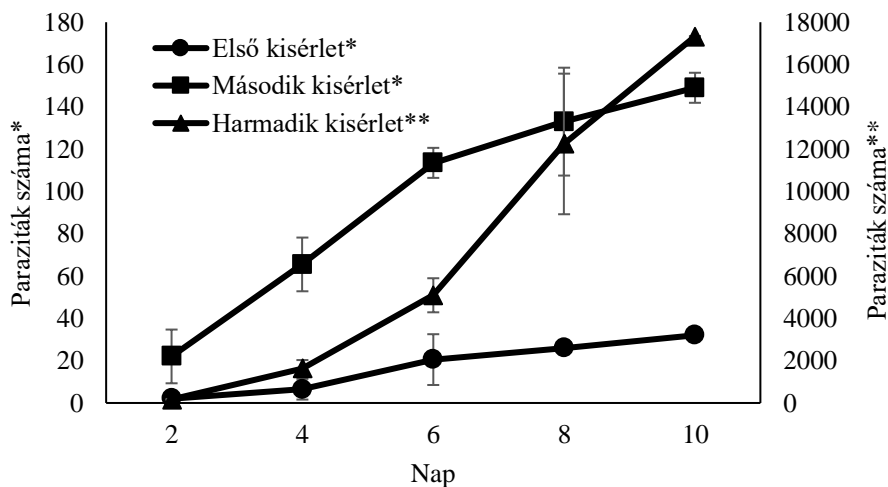
Eredmények és következtetések

A *T. vistulensis* fertőzési dinamikájának tanulmányozása során, a donorhalak kezdeti fertőzésének súlyosságától függően, jelentős mértékű egyedszám növekedés volt kimutatható a recipiens ivadék halakon a 10 napos megfigyelési időszak folyamán (1. ábra). A fertőzés mértéke az együtt-tartásban töltött napok számával fokozódott.

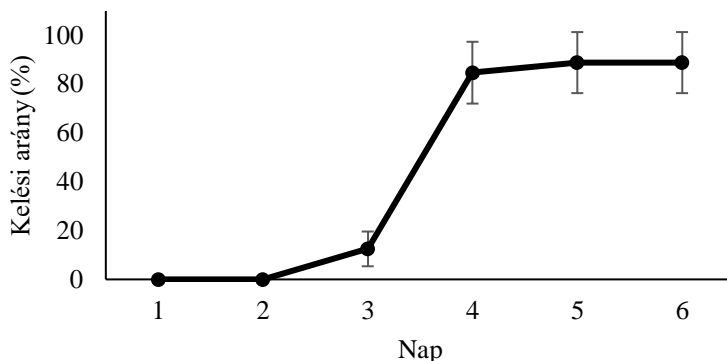
A megfigyelt parazita peték tojásdad alakúak voltak, átlagos hosszuk $72,35 \pm 5,03$ μm , átlagos szélességük $56,20 \pm 4,14$ μm ($n = 30$), a kelésig tartó fejlődésük 3-4 napig tartott. Huszonnégy órával a lerakás után az embrió láthatóvá vált a pete közepén, diszperz szikanyaggal körülvéve. Negyvennyolc óra elteltével az embrió fejlődése már azelőtt láthatóvá vált, hogy maga a lárva körvonalazódott volna, megjelent a két ős-szemfolt pár apró és szétszórt pigmenthalmazként, amelyek fokozatosan tömörödve jól körülhatárolható szemfoltokká alakultak, valamint megjelentek a horog (hamulus) kezdemények. Hetvenkét óra elteltével a szklerotizált struktúrák (középhorog és szegélyhorogok) már teljesen kialakultak. A peterakást követő 72 és 96 óra között fokozatosan nőtt a megfigyelhető üres, felnyílt petehéjak, és a vízoszlopban szabadon úszó oncomiracidiumok száma.

A kísérletbe vont 445 *Thaparocleidus vistulensis* pete kelési sikeressége 89,7% volt (2. ábra). A kelés a peterakást követő 3. napon kezdődött (a teljes időszakban kelt lárvák 12,5%-a), és az 5. napon érte el maximumát (a teljes időszakban kelt lárvák 88,8%-a). A legtöbb lárva a 4. napon kelt ki, a kelési arány növekedése – a megelőző naphoz viszonyítva - 72,2% és 4,1% volt a 4. illetve az 5. napon. A kelési időszak három napig tartott, az 5 nap eltelté után már nem észleltünk újabb kelési eseményt.

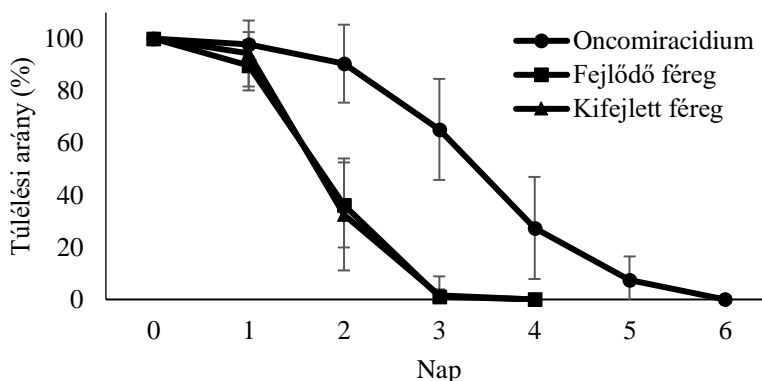
Az oncomiracidiumok akár 5 napig (7,4%) is képesek voltak életben maradni anélkül, hogy fogékony gazdaszervezetet találtak volna, míg a fejlődő és a kifejlett *T. vistulensis* métélyek átlagosan három nap (0,9%, illetve 1,6%) után elpusztultak gazda hiányában. A fejlődő és a kifejlett monogeneák túlélési aránya hasonló mintázatot mutatott ebben a három napban (3. ábra).



1. ábra. A *T. vistulensis* kopoltyúféreg fertőzés alakulása az időben



2. ábra. A *T. vistulensis* parazita peték kelési görbéje



3. ábra. A *T. vistulensis* különböző életstádiumú formáinak túlélési aránya gazdaszervezet hiányában

Összefoglalás

A monogena fajok szaporodási stratégiáinak tanulmányozása fontos az intenzív tenyésztés során fellépő fertőzések megelőző kezelésének kidolgozásában. A jelen tanulmányban összegyűjtött ismeretek értékes alapot nyújthatnak a *T. vistulensis* elleni védekezéshez a halgazdaságokban tenyésztett lesőharcsa állományok parazitamentesítésében. A jövőbeni vizsgálatainkban különböző mesterséges és természetes eredetű kezelőszerek vizsgálatát tervezzük elvégezni, melyek alkalmasak lehetnek a parazita elleni védekezés megalapozásában az életciklus hatékony megszakítása révén.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs programja támogatta a Marie Skłodowska-Curie 956481. számú támogatási megállapodás alapján (RASOPTA). A szerzők köszönetet mondanak Kurt Buchmann professzornak (Koppenhágai Egyetem) a kísérletekkel kapcsolatos szakmai tanácsaiért.

Irodalom

- Bognár, A.; Borkhanuddin, H. M.; Nagase, S.; Sellyei, B. (in preparation). Biopsy-based normalisation of gill fluke-infected European catfish (*Silurus glanis* L. 1758) stocks for laboratory-based experiments.
- Gussev, A. V. **1983**. Methods for Collecting and Processing Fish Parasitic Monogenean Material, 1st edn. Akad. Nauk. USSR Leningrad. (p 48, In Russian)
- Kearn, G. C. **1998**. Monogeneans parasitizing the gill chambers of fishes. *Parasitism and the platyhelminths*, GC Kearn (ed.). Chapman and Hall, London, UK, 113-140.
- Molnár, K.; Székely, C.; Láng, M. **2019**. Field guide to the control of warmwater fish diseases in Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No.1182. Ankara, FAO. 124 pp.
- Šimková, A.; Verneau, O.; Gelnar, M.; Morand, S. **2006**. Specificity and specialization of congeneric monogeneans parasitizing cyprinid fish. *Evolution*. 60(5), 1023-1037.
- Whittington, I. D.; Chisholm, L. A.; Rohde, K. **2000**. The larvae of Monogenea (Platyhelminthes). *Adv. Parasitol.* 44, 139-232.

A FOKOZOTTAN PATOGÉN IZOM-FERTŐZŐ *MYXOBOLUS LENTISUTURALIS* DYKOVÁ, FIALA ET NIE, 2002, ELSŐ KIMUTATÁSA EZÜSTKÁRÁSZBÓL (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO*) MAGYARORSZÁGON

SUHAIMI Nadhirah Syafiqah^{1,2}, COLUNGA-RAMÍREZ Graciela^{1,2}, SELLYEI Boglárka¹, CECH Gábor¹, MOLNÁR Kálmán¹, SZÉKELY Csaba¹

¹Állatorvostudományi Kutatóintézet, 1143 Budapest, Hungária krt. 21.
e-mail: nadhirah.syafiqah@vmri.hu, graciela.colunga@vmri.hu,
sellyei.boglarka@vmri.hu, cech.gabor@vmri.hu, molnar.kalman@vmri.hu,
szekely.csaba@vmri.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és
Állattudományi Doktori Iskola, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Kivonat

Az ezüstkárász (*Carassius auratus gibelio*) Európában invazív halfaj. Eredeti élőhelyén, Kelet-Ázsiában számos erősen patogén nyálkaspórák faj képes megfertőzni. Az izom fertőzést előidéző *Myxobolus lentisuturalis* nyálkaspórák parazitát eredetileg Kínában begyűjtött ezüstkárászból írták le. Európában e parazita által generált fertőzést eddig csak Olaszországban aranyhalakban (*Carassius auratus auratus*), illetve Horvátországban ezüstkárászokban sikerült megfigyelni. Vizsgálataink során 18 ezüstkárászt gyűjtöttünk egy dél-magyarországi víztározóból, amelyeken súlyos dorzolaterális torzulás volt megfigyelhető. A tarkótájékon megmutatkozó kétoldali, félhold-alakú, duzzanatok nagy mennyiségben tartalmaztak myxospórákat, amelyeket morfológiai és molekuláris vizsgálatoknak vetettünk alá. A spórák morfológiájára megegyezett a *M. lentisuturalis* faj leírásában szereplő adatokkal, amit a 18S rDNS génszakasz filogenetikai elemzése is megerősített. A molekuláris eredmények alapján a minták egy monofiletikus kládba csoportosultak a korábban publikált *M. lentisuturalis* szekvenciákkal. Jelen tanulmányunkban, először számolhatunk be egy nagy patogenitású nyálkaspórák, a *M. lentisuturalis* magyarországi megjelenéséről az invazív ezüstkárász fajban. Közleményünk célja felhívni a haltenyésztők figyelmét e nyálkaspórák parazita fajra, mely komoly fenyegetést jelenthet a magyarországi haltermelés számára.

Kulcsszavak: *Myxobolus lentisuturalis*, nyálkaspórák parazita, ezüstkárász, izomfertőzés, spóra morfológia, 18S Rdns

Abstract

The gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) is an aggressively invasive fish in Europe. It can be infected with several highly pathogenic myxozoan parasites at its original biotope of East Asia. The muscle-infecting *Myxobolus lentisuturalis* was originally described from gibel carp in China. In Europe, infection caused by *M. lentisuturalis* has been detected only in the goldfish (*Carassius auratus auratus*) in Italy, and in the gibel carp in Croatia but not in Hungary so far. A total of eighteen gibel carp with severe dorsolateral distortion were collected from a water reservoir in southern Hungary. The bilateral crescent-shaped swellings behind the head containing a mass of myxospores were collected for morphological and molecular characterization. The morphological characters of studied spores are in agreement with the data from original description of *M. lentisuturalis*. The 18S rDNA phylogenetic analyses revealed that the myxospore identified by us belongs to a monophyletic group of *M. lentisuturalis* previously published. This is the first report on the emergence of a highly pathogenic myxozoan, *M. lentisuturalis* from the invasive gibel carp in a new geographical location, in Hungary. The aim of this study is to draw attention of fish farmers to this parasite that might cause a serious threat to aquaculture in Hungary in the future.

Keywords: *Myxobolus lentisuturalis*, myxozoan parasite, gibel carp, muscle infection, myxospore, 18S rDNA

Bevezetés

A nyálkaspóráások (Myxozoa) endoparaziták, amelyek fejlődése egy gerinces közti-gazda (általában csontoshal) és egy gerinctelen végleges gazda (kevéssertéjű fereg, soksertéjű fereg, mohaállat) közbeiktatásával valósul meg (Canning and Okamura, 2004). A *Myxobolus* Bütschli, 1882 nemzetség a legfajgazdagabb és legintenzívebben kutatott paraziták közé tartozik a nyálkaspóráásokon belül (Fiala és mtsai., 2015). Mostanáig 979 ide sorolható fajt írtak le (Eiras és mtsai., 2021), amelyből 32 származik Magyarország területéről (Eiras és mtsai., 2005, 2015, 2021). A 2014 és 2021 között leírt nyálkaspóráás fajok 65%-a a *Myxobolus* nem képviselői (Eiras és mtsai., 2021).

Az ezüstkárász (*Carassius auratus gibelio* Berg 1932) egy – nem kívánatos - agresszívan terjedő invazív halfaj Európában. Ugyanakkor a Távol-Keleten, különösen Kínában megbecsült, gazdaságilag fontos, emberi fogyasztásra tenyésztett faj, amelyből évente több mint 2 millió tonnát nevelnek (Fisheries Bureau, 2021). Eredeti élőhelyén, számos nagy patogenitású nyálkaspóráás faj képes fertőzni, melyek közül eddig mindössze 5 került kimutatásra Magyarországon, beleértve a közeli rokon aranyhalat (*Carassius auratus auratus* Linnaeus, 1758) is fertőző fajokat (Molnár és mtsai., 2018).

Ázsiában - a termelés és kereslet gyors növekedése mentén - számos beszámoló született már arról, hogy a parazitózisok a tenyésztett ezüstkárászok fokozott elhullását okozták a tenyésztési ciklus során (Wang és mtsai., 2001; Zhang és mtsai., 2010a,b; Xi és mtsai., 2011; Yuan és mtsai., 2015), ami jelentős gazdasági veszteséghez vezet a haltenyésztő ágazat számára, kihatva a halak általános egészségi állapotára a tógazdaságokban és a keltetőkben egyaránt, csökkentve a hal piacképes árát.

Az izomfertőzést okozó *Myxobolus lentisuturalis* fajt eredetileg Kínában gyűjtött ezüstkárászból került leírásra (Dyková és mtsai., 2002). Európában– ezideig - két esetben, olaszországi aranyhalakból (Caffara és mtsai. (2009) illetve horvátországi ezüstkárászokból (Huskanović, 2021, MsC dolgozat) mutatták ki. Fertőzött egyedeket Magyarországon eddig még nem figyeltek meg.

Ebben a tanulmányban beszámolunk a *M. lentisuturalis* magyarországi első előfordulásáról ezüstkárászban, továbbá a fertőzés és a parazita morfológiai, szövettani, valamint molekuláris (18S rDNS) vizsgálatáról.

Anyag és módszer

Mintagyűjtés és spóramorfológia

2021 és 2022 őszén, egy dél-magyarországi víztározóból, összesen 18 darab (15-20 cm) ezüstkárászt gyűjtöttünk, melyeken tarkótájékon dorzolaterálisan nagyméretű duzzanatok voltak megfigyelhetők. A halakon átfogó külső és belső parazitológiai vizsgálatot végeztünk. Az elváltozásokból szemcseppentető pipettával friss spórákat gyűjtöttünk fiziológiás oldatba morfológiai-, és 80% etanolba molekuláris vizsgálatokhoz.

A friss spórákat fénymikroszkóp alatt megfigyeltük, morfológiai jellemzőiket és azok méreteit Lom és Arthur (1988) irányelvei szerint feljegyeztük. Kórszövettani vizsgálatok céljára két halat választottunk ki, melyekből kimetszést végeztünk az roncsolódott izomszövetekből, a duzzanatok szélső és központi részén. A mintákat Bouin-oldatban fixáltuk, majd dehidratálás után paraffinviaszba ágyaztuk, belőlük 4-5 µm-es metszetek készültek, melyeket hematoxin-eozin (H&E) festéssel kezeltük. A metszetekről digitális kamerával felszerelt fénymikroszkóp segítségével készítettünk felvételeket.

Molekuláris vizsgálatok és filogenetikai elemzés

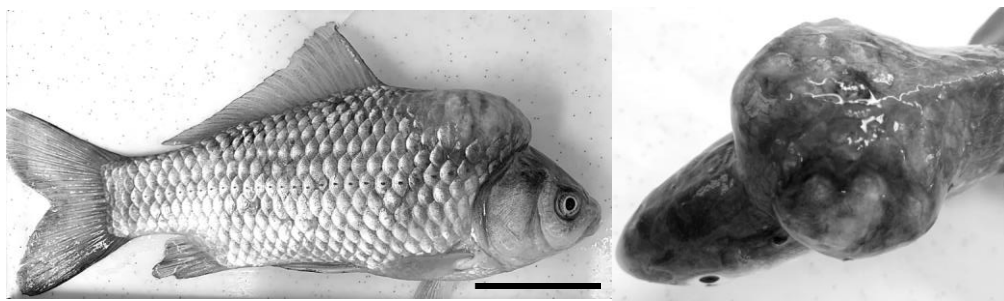
A vizsgálatainkhoz szükséges DNS-t a 80%-os etanolban fixált spórákból a Geneaid Genomic DNA Mini Kit (Tissue) segítségével vontuk ki, a gyártó ajánlásának megfelelően. A mintákból a 18S r(riboszómális)RNS-t kódoló gént nested-PCR reakció segítségével felsokszorosítottuk, az első reakciókörben az ERIB1 és ERIB10 univerzális eukarióta primer kombináció (Barta és mtsai, 1997), majd második reakciókörben a Myx1F és SphR primerek használatával (Hallett és Diamant, 2001; Eszterbauer és Székely, 2004). Az első és második körös reakció a Cech és mtsai (2015) által módosított hőprofil szerint zajlott. A nested-PCR reakcióban keletkező DNS termékeket gél-elektroforézissel ellenőriztük 1%-os agaróz gélben. A PCR-terméket a DNS Fragment Purification Kit (Invitak, Berlin, Németország) segítségével tisztítottuk, majd ACT1F, ACTFR, ACT1R, ACT3R (Hallett és Diamant; 2001), CR1F, CR1R (Székely és mtsai., 2015) és Myxgen4F (Diamant és mtsai.; 2004) primerek és BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Life Technologies) alkalmazásával szekvenáltuk. A szekvenált DNS fragmentek bázissorrend leolvasása ABI PRISM 3100 Genetic Analyser (Life Technologies) segítségével történt.

Az egyes mintákhoz tartozó 18S rDNS szekvenciákat Geneious Prime v.11.1 (Kearse és mtsai, 2012) program segítségével szerkesztettük, illetve manuálisan javítottuk. Ezután a kapott szekvenciákra BLAST-keresést végeztünk, valamint 32 rokon nyálkaspó-

rás faj szekvenciáját is letöltöttük a Génbankból filogenetikai elemzés céljából. Külcsoportként a *Chloromyxum cristatum* (GU471261) fajt választottuk. A szekvenciákat ClustalW (Thompson és mtsai., 1994) algoritmussal illesztettük a MEGA 11 (Tamura és mtsai., 2021) programon belül, a rosszul illeszthető, variábilis régiókat a GBlocks v0.91b algoritmus segítségével elimináltuk (Castresana, 2000; Talavera és mtsai., 2007), ami egy 1223 bázispár hosszú illesztést eredményezett. A filogenetikai elemzéshez a Maximum Likelihood algoritmust használtuk a MEGA 11 programon belül, a GTR + G + I evolúciós modellt alkalmazva, amit modell-tesztelés során az Akaike Információs Kritérium (AIC) alapján határoztunk meg. 1000 bootstrap ismétlést hajtottunk végre az elágazások támogatottságának megbecslésére.

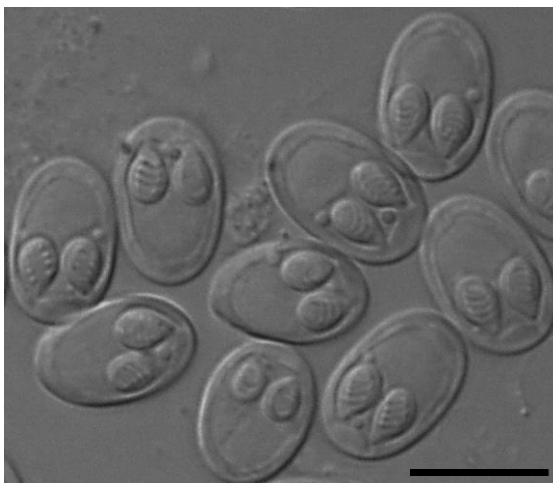
Eredmények és következtetések

A vizsgált halak testén megmutatkozó rendellenességek ellenére az állományban elhullást nem tapasztaltunk. A fertőzött példányokon a fej és a hátúszó között, kétoldali félholdalakú duzzanat volt megfigyelhető (1. ábra), mely nagy tömegben nyálkaspórák paraziták kifejllett és fejlődő spóráit tartalmazta.



1. ábra. (A) *Myxobolus lentisuturalis* fertőzés által okozott dorzolaterális torzulás ezüstkárászban. skála = 5 cm.

A spórák átlagos hossza 11,8 μm , szélessége 7,6 μm , és vastagsága 5,0 μm volt. A két szimmetrikus spórahéj által körülhatárolt tojásdad spórák disztális felét sporoplazma töltötte ki (2. ábra). A két piriform poláris kapszula egyenlő méretű és csúcsi irányban kúposan elkeskenyedő volt. A spórafal megvastagodása miatt a spóra elülső vége és a poláris kapszulák között mért távolság 3,0 μm volt, bennük a poláris tubulusok négy-öttszörösen voltak feltekeredve. A morfológia, illetve a morfometriai mérések egyezést mutattak a *Myxobolus lentisuturalis* korábbi leírásából, valamint Olaszországból és Horvátországból származó adatokkal (Dykova és mtsai., 2002; Caffara és mtsai., 2009; Wang és mtsai., 2019; Huskanović, 2021).



2. ábra *M. lentisuturalis* érett spórái frontális nézetben fénymikroszkóp alatt, skála = 10 µm

A kórszövettani vizsgálatok az mutatták, hogy a fejlődő spórákat tartalmazó pseudo-plazmódium az izomszövet súlyos károsodását okozta, a góc izomsejtjeinek többsége fertőztnak bizonyult. A metszeteken az elváltozás periferiáján viszonylag érintetlen izomsejtek voltak láthatók, bár néhány spóra valamint szövettörmelék az intermuskuláris kötőszövetbe is behatolt. Ettől a rétegtől középirányban csak izomsejt törmelék, spórák és fejlődési stádiumok tömegeit mutattuk ki az elfolyósodott izomsejtekből képződött váladékban. A góc külső és belső rétege között az izomsejteknek csak egy része volt fertőzött *M. lentisuturalis* fejlődési alakokkal. Az elváltozás középpontjában lévő elfolyósodott állományban helyenként kisebb és nagyobb spórákat tartalmazó vezikulákat is találtunk, amelyek feltehetően a részben károsodott sejtekből kikerült fejlődési stádiumoknak feleltek meg.

Két különböző mintavétel során gyűjtött spórákból nyert 18S rDNS szekvenciák a filogenetikai fán a korábban publikált, eltérő földrajzi helyekről származó *M. lentisuturalis* szekvenciákkal együtt egy jól elkülönülő kládba csoportosultak. Molekuláris eredményeink 99,8% százaléknál magasabb hasonlóságot mutattak a korábbi génbanki adatokkal, úgymint az Olaszországból (AY278563), Kínából (MF150547), és az Egyesült Államokból (OP374272) aranyhalakból származó szekvenciákkal (Caffara et al., 2009; Wang et al., 2019; Hepps et al., nem publikált adat a Génbankból), valamint egy kínai Hubei tartománybeli ezüstkárász szekvenciájával (AY119688) (Dyková et al., 2002). A *M. lentisuturalis* mintákat magában foglaló klád a filogenetikai vizsgálatokban két *M. cultus* szekvencia testvércsoportjaként szerepelt. Mindkét faj (*M. lentisuturalis* és *M. cultus*) közeli csoportba rendeződött egy - a *M. portucalensis* fajt elkülönült ágon tartalmazó - alkláddal. Összeségében, a molekuláris vizsgálatok igazolták, hogy a magyarországi ezüstkárásokról gyűjtött spórák *M. lentisuturalis* fajhoz tartoznak.

Összefoglalás

Néhány kivételtől eltekintve, a legtöbb nyálkaspórák parazita kevéssé patogén a gazdahalakra. Jelen tanulmányban egy magas patogenitású nyálkaspórák faj, a *Myxobolus*

lentisuturalis megjelenéséről számolunk be ezüstkárászban egy korábban nem érintett fölrajzi régióban. Közleményünk célja, hogy felhívjuk a haltenyésztők figyelmét ennek az új kórokozó parazitának a magyarországi megjelenésére.

Köszönetnyilvánítás

A munka Stipendium Hungaricum Program keretén belül valósult meg. Szeretnénk köszönetet mondani Varga Ádámnak és Zöldi Gergelynek a mintagyűjtésben nyújtott segítségükért. Továbbá köszönetünket fejezzük ki Patakiné Ostoros Györgyinek a kórsvetani metszetek elkészítéséért.

Irodalomjegyzék

- Barta, J.R.; Martin, D.S.; Liberator, P.A.; Dashkevich, M.; Anderson, J.W.; Feighner, S.D.; Elbrecht, A.; Perkins-Barrow, A.; Jenkins, M.C.; Danforth, H.D.; Ruff, M.D.; Profous-Juchelka, H. **1997**. Phylogenetic relationships among eight *Eimeria* species infecting domestic fowl inferred using complete small subunit ribosomal DNA sequences. *J Parasitol.* 1997; 83, 262–271.
- Caffara, M.; Raimondi, E.; Florio, D.; Marcer, F.; Quaglio, F.; Fioravanti, M.L. **2009**. The life cycle of *Myxobolus lentisuturalis* (Myxozoa: Myxobolidae), from goldfish (*Carassius auratus auratus*), involves a Raabeia-type actinospore. *Folia Parasitol.* 2009;56(1), 6–12.
- Canning, E.U.; Okamura, B. **2004**. Biodiversity and evolution of the Myxozoa. *Adv Parasitol.* 2004;56(56), 43-131.
- Castresana, J. **2000**. Selection of conserved blocks from multiple alignments for their use in phylogenetic analysis. *Mol Biol Evol.* 2000;17(4), 540–552.
- Cech, G.; Borzák, R.; Molnár, K.; Székely, C. **2015**. Three new species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxobolidae) infecting the common nase *Chondrostoma nasus* (L.) in the River Danube. *Syst Parasitol.* 2015;92(2), 101–111.
- Diamant, A.; Whipps, C.M.; Kent, M.L. **2004**. A new species of *Sphaeromyxa* (Myxosporea : Sphaeromyxina : Sphaeromyxidae) in devil firefish, *Pterois miles* (Scorpaenidae), from the northern Red Sea: morphology, ultrastructure, and phylogeny. *J. Parasitol.* 90, 1434–1442.
- Dyková, I.; Fiala, I.; Nie, P. **2002**. *Myxobolus lentisuturalis* sp. n. (Myxozoa: Myxobolidae), a new muscle-infecting species from the Prussian carp, *Carassius gibelio* from China. *Folia Parasitol.* 2002; 49, 253–258.
- Eiras, J.C.; Cruz, C.F.; Saraiva, A.; Adriano, E.A. **2021**. Synopsis of the species of *Myxobolus* (Cnidaria, Myxozoa, Myxosporea) described between 2014 and 2020. *Folia Parasitol.*
- Eiras, J.C.; Molnár, K.; Lu, Y.S. **2005**. Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae). *Syst Parasitol.* 2005;61, 1–46.
- Eiras, J.C.; Zhang, J.Y.; Molnár, K. **2014**. Synopsis of the species of *Myxobolus* Butschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae) described between 2005 and 2014. *Syst Parasitol.* 2014;88, 11–36.
- Eszterbauer, E.; Székely, C. **2004**. Molecular phylogeny of the kidney-parasitic *Sphaerospora renicola* from common carp (*Cyprinus carpio*) and *Sphaerospora* sp. from goldfish (*Carassius auratus auratus*). *Acta Vet Hung.* 2004;52(4), 469–478.
- Fiala, I.; Bartošová, S.P.; Whipps, C.M. **2015**. Classification and phylogenetics of Myxozoa. In: Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J. (eds) *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer, Cham. pp. 85–110
- Fishery Bureau, Ministry of Agriculture, People's Republic of China **2021**. *China Fishery Statistical Yearbook 2021*. China Agriculture Press, Beijing.

- Hallett, S.L.; Diamant, A. **2001**. Ultrastructure and small-subunit ribosomal DNA sequence of *Henneguya lesteri* n. sp. (Myxosporea), a parasite of sand whiting *Sillago analis* (Sillaginidae) from the coast of Queensland, Australia. *Dis Aquat Org.* 2001;46(3), 197–212.
- Huskanović, L. **2021**. An impact of parasites from the Genus *Myxobolus* on the health status of gibel carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) in open waters. Master thesis. University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine. pp 17 (in Croatian).
- Kearse, M.; Moir, R.; Wilson, A.; Stones-Havas, S.; Cheung, M.; Sturrock, 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.* 2012; 28, 1647–1649.
- Lom, J.; Arthur, J.R. **1989**. A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. *J Fish Dis.* 1989;12(2), 151–156.
- Molnár, K.; Székely, C. **2003**. Infection in the fins of the goldfish *Carassius auratus* caused by *Myxobolus Diversus* (Myxosporea). *Folia Parasitol.* 2003; 50, 31–36.
- Molnár, K.; Nyeste, K.; Székely, C. **2018**. Parasitology is a tool for identifying the original biotope of the gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932). *Pisces Hungarici.* 2018;12, 87–94.
- Székely, Cs.; Cech, G.; Chaudhary, A.; Borzák, R.; Singh, H.S.; Molnár, K. **2015**. Myxozoan infections of the three Indian major carps in fish ponds around Meerut, UP, India, with descriptions of three new species, *Myxobolus basuhaldari* sp. n., *M. kalavataiae* sp. n. and *M. meerutensis* sp. n., and the redescription of *M. catlae* and *M. bhadrensis*. *Parasitol. Res.* 114, 1301–1311.
- Tamura, K.; Stecher, G.; Kumar, S. **2021**. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Mol Bio Evol.* 2012;38(7), 3022–3027.
- Thompson, J.D.; Higgins, D.G.; Gibson, T.J. **1994**. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 1994;22, 4673–4680.
- Wang, G.T.; Yao, W.J.; Wang, J.G.; Lu, Y.S. **2001**. Occurrence of the telohanellosis caused by *Thelohanellus wuhanensis* (Myxosporea) in juvenile allogynogenetic silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), with an observation on the efficacy of fumagillin as a therapeutant. *J Fish Dis.* 2001;4, 57–60.
- Wang, M.; Zhao, Y.; Yang, C. **2019**. The impacts of geographic and host species isolation on population divergence of *Myxobolus lentisuturalis*. *Parasitol Res.* 2019;118, 1061–6.
- Xi B.W.; Xie, J.; Zhou, Q.L.; Pan, L.K.; Ge, X.P. **2011**. Mass mortality of pond-reared *Carassius gibelio* caused by *Myxobolus ampullicapsulatus* in China. *Dis of Aquat Org.* 2011;93, 257–260.
- Yuan, Y.; Xi, B.W.; Wang, J.G.; Xie, J.; Zhang, J.Y. **2015**. *Thelohanellus wangi* n. sp (Myxozoa, Myxosporea), a new gill parasite of allogynogenetic gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) in China, causing severe gill myxosporidiosis. *Parasitol Res.* 2015;114, 37–45.
- Zhang, J.Y.; Wang, J.G.; Li, A.H.; Gong, X.N. **2010a**. Infection of *Myxobolus turpisrotundus* sp. n. in allogynogenetic gibel carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), with revision of *Myxobolus rotundus* (s. l.) Nemeček reported from *C. auratus auratus* (L.). *J Fish Dis.* 2010a;33, 625–638.
- Zhang, J.Y.; Yokoyama, H.; Wang, J.G.; Li, A.H.; Gong, X.N.; Ryu-Hasegawa, A.; Iwashita, M.; Ogawa, K. **2010b**. Utilization of tissue habitats by *Myxobolus wulii* Landsberg & Lom, 1991 in different carp hosts and disease resistance in allogynogenetic gibel carp: redescription of *M. wulii* from China and Japan. *J Fish Dis.* 2010b;33, 57–68.

Poszterek

ALGALISZT, MINT HALTAKARMÁNY ADALÉK ELŐÁLLÍTÁSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK ÉS FONTOSABB ÖSSZETEVŐINEK VIZSGÁLATA

**ANTAL Péter¹, PÁSZTOR Vilmos², SZABÓ Tamás³, URBÁNYI Béla³,
BOKOR Zoltán³, ZSÁKY Tamás⁴, SZTANÓ János⁴, LADÁNYI János⁴,
LÓDI György⁴, KOÓS Ákos¹**

*1 Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Biotechnológiai
Divízió, 6726 Szeged, Derkovits fasor 2, e-mail: peter.antal@bayzoltan.hu;*

akos.koos@bayzoltan.hu

*2 Zöldségcentrum Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., 6900 Makó, Járandó 2/3,
e-mail: pvilmos@zc.hu*

*3 MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet Halgazdálkodási Tanszék,
2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1, e-mail: Bokor.Zoltan@uni-mate.hu*

*4 SZEGEDFISH Mezőgazdasági Termelő és Szolgáltató Kft., 6728 Szeged,
Nádvágó u. 2., e-mail: zsakytamas@gmail.com*

Kivonat

A tógazdaságokban jelenleg termelt halhús minőségének javítása céljából vizsgáltuk nyitott medencés alga nevelő rendszerekben előállított alga biomassza haltakarmányba történő keverhetőségének technológiáját és az algaliszt fontosabb beltartalmi mutatóit. Az alga biomassza takarmánnyal történő keverhetőségének érdekében a termelt alga szuszpenziót első lépésben sűríteni kell, majd az így kapott sűrítmenyt lehet szárítószekrényben légszárakra szárítani. Az alga biomassza homogén eloszlása érdekében a száraz alga biomasszát végső lépésként megfelelő szemcseméretűre kell porítani. Az így kapott algaliszt beilleszthető a takarmánykeverő cégek általánosan elterjedt technológiáiba. A beltartalmi vizsgálatok alapján az algaliszt össz. zsírsavtartalma 62 ± 4 mg/g volt, melynek 70,2 %-a telítetlen zsírsav, 62,4%-a többszörösen telítetlen, a zsírsavösszetétel vizsgálat alapján omega-6 zsírsav volt. Az algaliszt minták az esszenciális aminosavak közül leucint, arginint és valint nagy, metionint pedig a legkisebb mennyiségben tartalmaztak. A vizsgált takarmányokhoz képest az algaliszt mindegyik esszenciális aminosavból nagyobb mennyiségeket tartalmazott és az aminosav profilja is jobban megfelelt a pontyra jellemző aminosav profilnak. Az algaliszt minták leucin, arginin és valin tartalmai a ponty adott aminosavakra jellemző mennyiségeihez képest jelentősen magasabbak voltak. Az algaliszt minták esszenciális elemvizsgálata alapján megállapítható volt, hogy a halak takarmányozása szempontjából fontos makroelemek közül a Na, Mg és K volt jelen kimagasló mennyiségben, amit az algaliszt takarmányhoz történő keverésekor figyelembe kell venni.

Kulcsszavak: takarmány kiegészítő, algaliszt, zsírsav tartalom, esszenciális aminosavak, esszenciális elemek

Abstract

In order to improve the quality of fish meat currently produced in pond farms, we investigated the technology of producing dry algae meal from algae biomass grown in open pond systems in order to include it into fish feed. We also determined the nutritional composition of the produced algae meal regarding fatty acids, essential amino acids and minerals. In order to mix the algal biomass with feed, the produced algal suspension must be concentrated in the first step, and then the resulting concentrate can be air-dried in a drying cabinet. In order to ensure a homogeneous distribution of the algal biomass, the dry algae biomass must be grinded to a suitable particle size as a final step. The algae meal obtained in this way can be incorporated into the commonly used feed mixing technologies. Based on our measurements, the total fatty acid content of the algae meal was 62 ± 4 mg/g, of which 70,2% were unsaturated fatty acids, 62,4% were polyunsaturated omega-6 fatty acids. From the essential amino acids, the algae meal samples contained leucine, arginine and valine in the highest and methionine in the smallest amounts. The algae meal contained higher levels of the measured essential amino acids compared to the examined fish feeds and its essential amino acid pattern was more identical to the essential amino acid pattern specific to carp. In case of leucine, arginine and valine the algae meal contained even higher amounts than carp carcasses in terms of dry matter. Based on the analysis of the macro elements of the algae meal samples, it was found that Na, Mg and K were present in outstanding amounts compare to the other determined elements, which should also be considered when mixing algae meal to fish feed.

Keywords: fish feed supplement, algae meal, fatty acid content, essential amino acids, essential minerals

Bevezetés

Az „Egészségvédő pontyhús gazdaságos előállításával dúsított takarmánnyal” című Piaci KFI pályázat keretein belül a Szegedfish Kft.-vel, a Zöldségcentrum Kft.-vel, a Bay Zoltán Közhasznú Nonprofit Kft.-vel és a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemen közösen vizsgáljuk az algával dúsított haltakarmány etetésének tógazdasági haltermelésre, illetve a termelt halhúsról, mint fontos humán élelmiszerre gyakorolt hatásait.

Magyarországon a haltermelés földmedrű halastavakban folyik. Mivel a tavak természetes táplálékbazisa a tenyésztési időszak második felére lecsökken, a hazai pontytenyésztési technológiában is egyre nagyobb szerepet kap a magas fehérjetartalmú, teljesértékű nevelőtápok etetése. A haltermelés gazdaságosságát alapvetően meghatározza a takarmányok ára. Olcsóbban előállítható algával a halliszt és a szójadara -részben kiváltható, mivel az algákban található fehérjék mennyisége jelentős és az esszenciális aminosav- és zsírsav-tartalmuk is magas. A ponty mindenevő, algát közvetlenül nem fogyaszt ezért szükséges az alga biomassza, mint takarmánykiegészítőnek a tápba történő „bedolgozása”.

A Zöldségcentrum Kft. 2015-ben, a Bay Zoltán Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divíziójával együttműködve nyert támogatást a Vegaalga H2020-as projekt (www.vegaalga.hu) megvalósítására, mely során 125 m³ hasznos térfogatú mikroalga előállításra

alkalmas rendszer lett kiépítve a területén található üvegházon belül. Az alganevelő rendszerekben megtermelt alga szuszpenzió jelenleg csak Vegaalga néven engedélyezett terméskövelő mikrobiológiai készítményként kerül értékesítésre, ezért annak érdekében, hogy a Szegedfish Kft. tavaiban haletetési vizsgálatokat lehessen végezni vele, további feldolgozási lépésekre volt szükség. Ennek érdekében a Zöldségcentrum Kft. olyan eszközparkot épített ki, mely képes a nyitott medencés alga termelő rendszerekben előállított algaszuszpenzió takarmányba keverhető légszáraz algaliszté alakítására.

A Bay Zoltán Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divíziójában rendelkezésre álló kutatásfejlesztési eszközöknek és kompetenciáknak köszönhetően meg lehetett határozni az alga szuszpenzió egyes feldolgozási lépéseinek szükséges kritériumait, illetve az előállított algaliszt fontosabb beltartalmi mutatóit. Az intenzív halnevelésnél a takarmányok zsírsavtartalma nem csak az energiatartalma miatt fontos, hanem az esszenciális zsírsav ellátás szempontjából is. Ebből adódóan a haltakarmányba kevert alga biomassa egyik fontos beltartalmi mutatója a telítetlen és esszenciális zsírsavak mennyisége.

A MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet Halgazdálkodási Tanszéke nyújt szakmai iránymutatást az algával kevert takarmánnyal végzett etetési kísérletek megtervezésében, kivitelezésében és a vizsgálandó paraméterek meghatározásában.

A halaknak a takarmányuk összfehérje tartalma mellett kiemelten fontos annak aminosav összetétele is. A halak számára esszenciális aminosavakat (New 1987) a takarmányuknak kell tartalmaznia megfelelő mennyiségben, hogy ne jelentkezzenek hiánytünetek. Az algaliszt mellett szintén fontosnak tartottuk vizsgálni a Szegedfish Kft.-nél etetett takarmányok esszenciális aminosav tartalmait is, hogy megállapíthassuk az alga liszt ezen takarmányokba történő keverésének várható hatását a takarmányok aminosav tartalmaira. Az algaliszt és a takarmányok aminosav profiljainak vizsgálata során a kapott eredményeket a pontyra jellemző aminosav profillal is összehasonlítottuk, hogy láthatóvá váljanak az algaliszt és a takarmányok közötti minőségbeni különbségek is.

A halak ásványi anyagokat is igényelnek az anyagcsere folyamataik és normális ozmotikus állapotuk fenttartásához, melyek egy részét kopoltyúikon és bőrükön keresztül fel tudják venni a vízből, más elemeket a takarmánynak kell tartalmaznia. Az algaporban található, halak számára fontos ásványi anyagok (Na, Mg, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Se) és toxikus elemek mennyiségeit is megállapítottuk.

Az algaliszt fontosabb beltartalmi mutatóinak meghatározásával és mérésével lehetőségünk van következtetni az azzal kevert takarmány élettani hatásaira, illetve az egyes takarmányokhoz történő adagolás optimalizálására.

Anyagok és módszerek

A Szegedfish Kft. algával kiegészített takarmány etetési vizsgálatainak során a takarmányba kevert algaliszt beltartalmi mutatóinak meghatározásához 3-3 párhuzamos mérés történt vizsgálatonként.

Szárazanyag tartalom

A szárazanyagtartalom (nedvességtartalom) meghatározása a 152/2009/EK rendeletben foglalt protokoll alapján történt. Szárazanyag tartalom meghatározás során 105 °C-os

szárítószekrénybe helyeztünk meghatározott tömegű mintát, tömegállandóságig, azaz teljes száradásig szárítottuk. Százalékos formában adjuk meg az eredményt.

Zsírsvartartalom és összetétel

Ismert tömegű mintát antioxidáns jelenlétében metanol-kloroform-sósav terner-rendszerben 90 °C-on feltártuk, majd az extrahált zsír mintában található karboxil csoportokat tartalmazó vegyületeket metilészterekké alakítottuk. A terner-rendszer egyensúlyát víz hozzáadásával megbontottuk, majd a kloformos fázisban jelen lévő zsírsavmetilésztereket gázkromatográfiás módszerrel elválasztottuk, és tömegspektrométer segítségével detektáltuk. Az eredményeket mg/g mértékegységben adjuk meg.

Esszenciális aminosav tartalom meghatározás (HPLC-DAD)

A mintát 1% fenolt tartalmazó 6 N-os sósav oldattal hidrolizáltuk el. A hidrolizátum 200 µl-ét szárazra pároltuk, semlegesítettük, majd származékképeztük fenil-izotiocianáttal (PITC). A keletkezett PTC-aminosavak elválasztását oktadecilszililezett oszlopon, fordított fázisú folyadékkromatográfiával végeztük el és 254 nm-en detektáltuk. Az eredményt mg/g mértékegységben adjuk meg.

A módszer algapor mintákból ±10% hibával képes meghatározni az alanint, arginint, fenil-alanint, glicint, hisztidint, izoleucint, leucint, prolint, szerint tirozint, treonint és valint, ±15% hibával pedig a metionint. A módszer alkalmatlan a cisztein, lizin és triptofán mérésére. A glutaminsav és aszparaginsav együtt eluálódik, így meghatározásuk irodalmi arányok feltételezésével, összegként lehetséges.

Esszenciális elemek (ICP-OES)

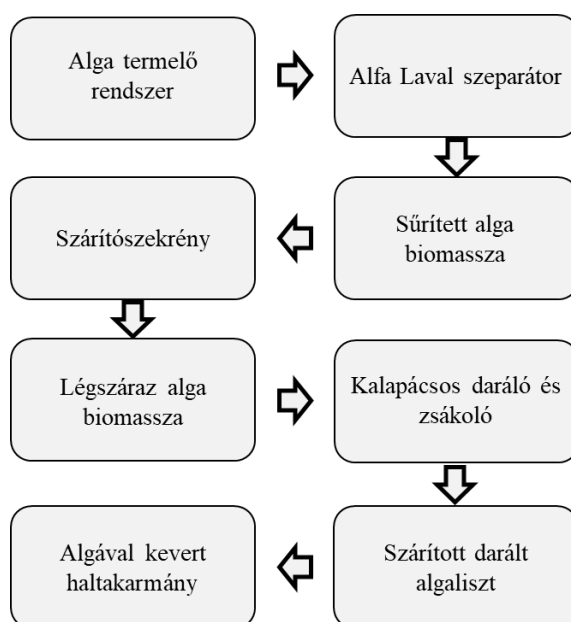
0,35 g szárazanyagot tartalmazó mintát 5 ml cc. salétromsav és 4,5 ml 30%-os hidrogénperoxid elegyével zárt, mikrohullámú roncsolóban feltárunk 190 °C-on, 15 percen keresztül. Az így feltárt mintát ICP-OES-sel elemezzük. A vizsgálandó elem a plazma magas hőmérsékletén adott hullámhosszúságú fényt bocsát ki, amit nagyfelbontású és érzékeny optikával mérünk. Belső standardként ittriumot alkalmazunk 1 mg/l-es koncentrációban, a kalibráció minimum 3 pontos. Az eredményeket mg/kg mértékegységben adjuk meg.

Se mérés előredukciót igényel, melyet a következők szerint végeztünk: 2000 µl minta + 5 ml HPLC víz + 7000 µl cc. HCl keveréket 90 °C-ra hevítünk 1 órán keresztül, majd 15 ml-re egészítjük ki HPLC vízzel.

Algaliszi előállításának folyamata

A Zöldségcentrum Kft. telephelyén üzemeltetett Vegaalga alga termelő rendszerekben előállított alga biomassa feldolgozása és haltakarmányba keverhetősége érdekében kidolgoztunk és megvalósítottunk egy célzottan ennek a technológiának megfelelő feldolgozási láncot és eszközparkot. Az eszközpark részét képezi az alga termelő rendszerekben előállított alga szuszpenzió sűrítésére alkalmas átfolyós üzemű Alfa Laval Clara 20 ipari szeparátor, mely 10.000 g relatív centrifugális erő kifejtésére képes, ami alkalmassá teszi arra, hogy a víz sűrűségénél csak kis mértékben sűrűbb alga sejteket is átfolyó üzemben, nagy kapacitással (0,1-4 m³/óra) lehessen üleptíteni, ezáltal sűríteni. A

szeparációt követően kapott alga sűrítményt egy ipari szárítószekrény segítségével szárítunk légszár az alga biomasszává, aminek következtében nagy mértékben javul az alga biomassza stabilitása és eltarthatósága. A szárítószekrény megközelítőleg 250 liter alga sűrítménnyel tölthető fel szárítási ciklusonként, ami 70 °C-on jellemzően 2 nap alatt éri el a légszár az állapotot. A szárítószekrényben kapott száraz alga biomassza ebben az állapotban még alkalmatlan a takarmánykeverő cégek technológiai láncába történő beillesztésre, további lépésben egységes, megfelelő szemcseméretű (<0,8 mm) algalisztet kell előállítani belőle, melyhez egy légáramos kalapácsos daráló lett a feldolgozási folyamatba építve. A feldolgozási lánc eredményeként kapott szárított darált algaliszt már gond nélkül beilleszthető meglévő takarmánykeverési technológiákba, így lehetséges algával kevert takarmány előállítása az említett Piaci KFI kereteiben végzett, Szegedfish Kft. tavaiban történő etetési kísérletekhez.



1. ábra. Az algatermelő rendszerekben előállított alga biomassza feldolgozási lépéseinek folyamatábrája

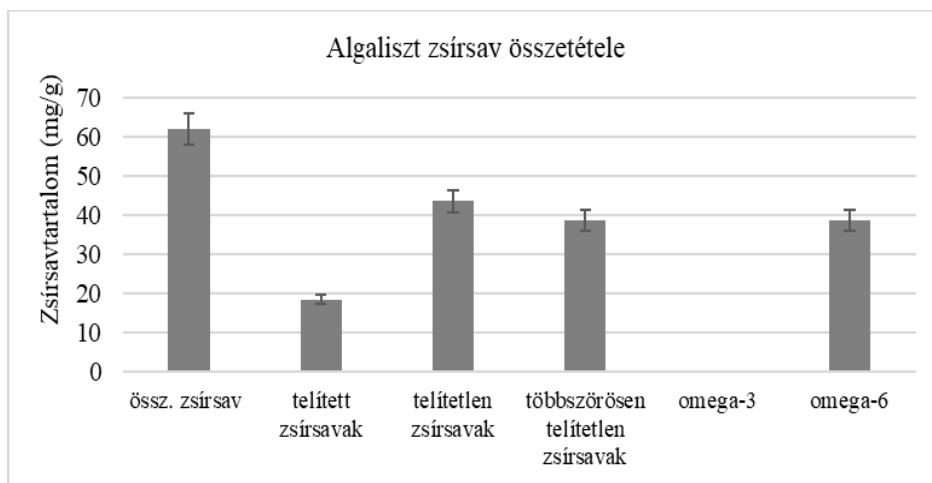
Mérési eredmények

Szárazanyag tartalom

A szárított darált algaliszt szárazanyag tartalma $98,54 \pm 1\%$ -os volt. A haltakarmányok minőségét alapvetően víztartalmuk határozza meg, mely légszár az takarmányok esetében maximum 12% lehet (Csengeri és Majoros 2004). Az algaliszt esetében meghatározott kimagaslóan alacsony víztartalom teljes mértékben alkalmassá teszi a légszár az haltakarmányokba történő keverésre az azokkal kapcsolatos minőségi elvárásoknak megfelelően.

Zsírsavtartalom és összetétel

A haltakarmányok és adalékok zsírsav tartalma nem csak energiahordozóként, hanem esszenciális zsírsav forrásként is fontos. A többszörösen telítetlen omega-3 és omega-6 zsírsavak esszenciális zsírsavak a halak szempontjából is, ezeket csak külső forrásból tudják felvenni. A halak az esszenciális zsírsavakat a természetes táplálékukból is képesek felvenni, azonban a halakkal etetett takarmányok zsírsavösszetételének tudatos összeállításával a halhús táplálékértéke célzottan javítható.

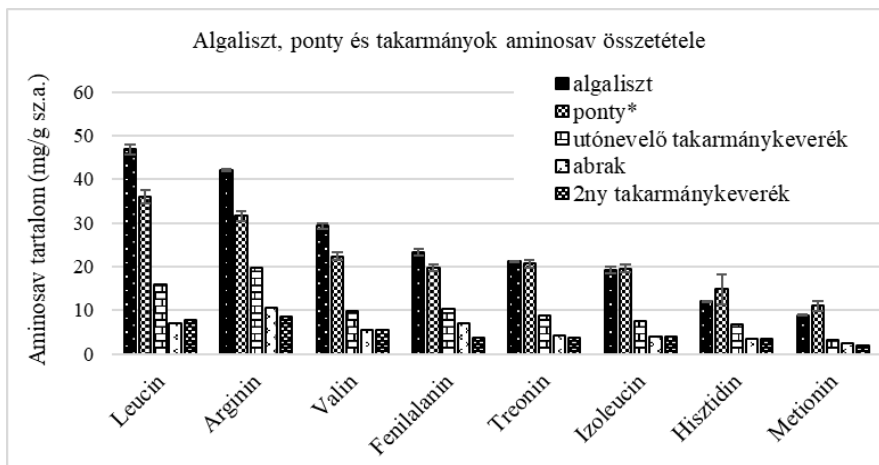


2. ábra. Algaliszt minták átlagos zsírsavtartalma és összetétele

A vizsgált algaliszt minták átlagos zsírsav tartalma 62 ± 4 mg/g volt. Az összes zsírsavtartalom $29,8 \pm 1,9\%$ -a telített zsírsav, túlnyomó többsége, $70,2 \pm 4,6\%$ -a pedig telítetlen zsírsav volt. A telítetlen zsírsavak $89 \pm 5,9\%$ -a többszörösen telítetlen, a zsírsav összetétel vizsgálat alapján omega-6 zsírsav volt. Az esszenciális omega-6 zsírsav mennyisége $62,4 \pm 4,1\%$ -a volt a teljes zsírsavtartalomnak. Omega-3 zsírsavat egyik minta esetében sem lehetett kimutatni. A ponty takarmány előírt (Csengeri és Majoros 2004) omega-6 tartalmához képest 3,9-szeres mennyiségben tartalmazott omega-6 zsírsavakat az algaliszt ami alapján kiváló forrása lehet ennek az esszenciális zsírsavnak.

Esszenciális aminosav tartalom meghatározás (HPLC-DAD)

A halak számára esszenciális aminosavak közül lizint, ciszteint és triptofánt az aminosav összetétel során alkalmazott módszerrel nem lehet elkülöníteni, így ezeket nem lehetett meghatározni a vizsgált mintákból.



3. ábra. Algaliszt, ponty, Szegedfish Kft.-nél pontyokkal etetett abrak takarmány, utónevelő és kétnyaras (2ny) takarmánykeverékek esszenciális (New 1987) aminosav tartalmai. *forrásadat (Schwarz 1988)

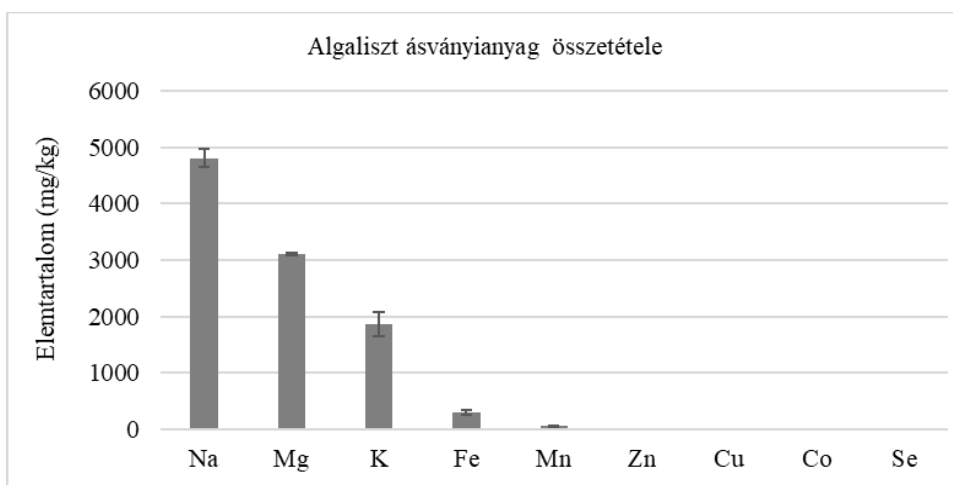
Az algaliszt mintákból mért esszenciális aminosavak közül a leucin volt jelen legnagyobb mennyiségben, a meghatározott átlagos leucin tartalom $46,9 \pm 1,1$ mg/g volt, ami a pontyban található mennyiségnél (Schwarz 1988) 30,1%-kal volt magasabb. A leucint követően az algaliszt mintákban arginin volt jelen a legnagyobb mennyiségben, átlagosan $42,1 \pm 0,3$ mg/g-ot tartalmaztak a minták, ami a pontyra jellemző arginin tartalomnál 33,4%-kal volt magasabb, az algaliszt minták az esszenciális aminosavak közül ezt tartalmazták legnagyobb relatív mennyiségben. Valin is nagy mennyiségben volt jelen a vizsgált algaliszt mintákban, átlagosan $29,3 \pm 0,7$ mg/g valint tartalmaztak a minták, ami a pontyokra jellemző mennyiséghez képest 31,2%-kal volt magasabb. Az algaliszt minták közepes mennyiségben tartalmaztak fenilalanint, a vizsgált mintákban átlagosan $23,3 \pm 0,7$ mg/g volt jelen, ami a pontyra jellemző mennyiséghez képest 17,4%-kal volt magasabb. Az algaliszt mintákban szintén közepes mennyiségben volt jelen treonin, a vizsgált minták átlagos treonin tartalma $21,3 \pm 0,1$ mg/g volt, ami a ponty treonin tartalmához képest csak kis mértékben, 2,7%-kal volt magasabb. Közepes mennyiségben volt jelen az algaliszt mintákban az izoleucin is. A vizsgált minták átlagos izoleucin tartalma $19,1 \pm 0,8$ mg/g volt, ami a pontyban található átlagos mennyiség 97,6%-a volt. Az eddig említett aminosavakhoz képest az algaliszt mintákban viszonylag kis mennyiségben volt jelen a hisztidin. A vizsgált minták átlagos hisztidin tartalma $12 \pm 0,1$ mg/g volt, ami a pontyra jellemző mennyiség 81,4%-ának felel meg. Az algalisztből kimutatható esszenciális aminosavak közül a metionin volt jelen a legkisebb mennyiségben. A vizsgált minták átlagos metionin tartalma $8,9 \pm 0,2$ mg/g volt, ami a pontyra jellemző metionin tartalom 80,4%-ának felel meg.

A Szegedfish Kft.-nél etetett takarmányok közül az utónevelő takarmánykeverék tartalmazta legnagyobb mennyiségben az esszenciális aminosavakat, melyek közül arginin és leucin tartalma volt kiugróan magas. Az abrak takarmány és a kétnyaras pontyokkal etetett takarmánykeverék esszenciális aminosav tartalmaiban a fenilalanint leszámítva nem volt kimutatható jelentős különbség, azonban a kevésbé költséges abrak takarmány megközelítőleg kétszer nagyobb mennyiségben tartalmazott fenilalanint.

A pontyra jellemző esszenciális aminosav mintázatnak leginkább az algaliszt felelt meg, a többi takarmány mind aminosav tartalmaikban és azok relatív mennyiségeiben is jelentősen elmaradtak a optimálisnak tekinthető mennyiségektől. A kapott eredmények alapján az algaliszt vizsgált takarmányokhoz történő keverése mindegyik esetben javítaná az adott takarmány esszenciális aminosav összetételét, növelné annak takarmányozási értékét.

Esszenciális elemek (ICP-OES)

A halak számára nélkülözhetetlen elemeket a szükséges mennyiségek alapján makro- és mikroelemek közé lehet sorolni. Az algaliszt minták átlagos ásványianyag összetételét a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Algaliszt minták esszenciális ásványianyag összetétele

Az esszenciális elemek közül Na volt jelen a legnagyobb mennyiségben ($4810 \pm 155,2$ mg/kg) az algaliszt mintákban. Az algaliszt minták átlagos Mg tartalma a Na-hoz képest jelentősen alacsonyabb, $3103,3 \pm 23,1$ mg/kg volt. Az algaliszt minták átlagosan $1856,7 \pm 215,9$ mg/kg K-ot tartalmaztak. Az algaliszt minták átlagos Fe tartalma pedig $304,7 \pm 39,6$ mg/kg volt. Mn ($55,2 \pm 2,8$ mg/kg), Zn ($9,1 \pm 0,3$ mg/kg) és Cu ($5,9 \pm 0,6$ mg/kg) még kimutatható volt az algaliszt mintákból, azonban a Co és Se tartalom már mérési határ ($1; 2,5$ mg/kg) alatti mennyiségben volt jelen.

A vizsgált toxikus elemek (Cd, Ni, Pb) közül egyedül nikkelt lehetett kimutatni, $1,55$ mg/kg-os mennyiségben, a Cd és Pb tartalom kimutatási határérték (Cd: 1 mg/kg; Pb: 3 mg/kg) alatt volt.

Összefoglalás

A Zöldségcentrum Kft. alga termelő rendszereiben előállított alga szuszpenzióra illesztett feldolgozási lánc lehetővé tette az azokban előállított alga biomassza alternatív felhasználási módjának vizsgálatát, jelen esetben a Szegedfish Kft. tavaiban végzett nagyüzemi haletelési tesztek kivitelezését.

Az előállított szárított darált algaliszt döntő többségben telítetlen, azon belül pedig többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmazott. Omega zsírsavak közül csak omega-6 zsírsavakat lehetett kimutatni az algaliszt mintákból, az algaliszt omega-6 zsírsavtartalma azonban a takarmányokban szükséges mennyiség 3,9-szeresét tartalmazta.

A vizsgált minták esszenciális aminosav tartalmi jelentős eltéréseket mutattak. Az algaliszt minták az esszenciális aminosavak közül leucint, arginint és valint kiemelkedő, metionint pedig a legkisebb mennyiségben tartalmaztak. Az algaliszt minták esszenciális aminosav tartalmának a pontyra jellemző mennyiséghez történő hasonlítása alapján arginin volt jelen legnagyobb relatív mennyiségben, ezt követte megközelítőleg azonos relatív mennyiségben a valin és leucin. A ponty hisztidin és metionin tartalmához képest az algalisztben alacsonyabb mennyiségekben voltak jelen az említett aminosavak.

A Szegedfish Kft.-nél etetett takarmányokhoz képest az algaliszt nagyobb mennyiségben tartalmazta az esszenciális aminosavakat, illetve azok arányai is jobban megfeleltek a pontyra jellemző arányoknak. A kapott eredmények alapján az algaliszt képes lehet javítani a Szegedfish Kft.-nél etetett takarmányok esszenciális aminosav összetételén.

Az algaliszt minták ásványi anyag vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy a halak takarmányozása szempontjából fontos makroelemek közül a Na, Mg és K volt jelen kimagasló mennyiségben. Ezen elemekhez képest a többi vizsgált ásványi elem jóval kisebb mennyiségben volt csak jelen.

A kapott eredmények alapján lehetőség van rá, hogy az algaliszt haltakarmányozási értékét fel lehessen mérni, illetve az azzal kevert takarmányokkal végzendő későbbi etetési kísérletek megfigyeléseit össze lehessen kapcsolni az algaliszt beltartalmi mutatóival. Ezen mutatók ismerete lehetőséget teremt a takarmányokhoz kevert algaliszt ideális mennyiségének megállapításában, hogy az így kapott keverékek az etetett halak igényeinek minél jobban meg tudjanak felelni.

Köszönetnyilvánítás

A jelen közleményben bemutatott eredmények a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00161 finanszírozásával valósulhattak meg.

Köszönettel tartozok a Bay Zoltán Közhasznú Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divíziójának a feldolgozási lánc elemeinek kiválasztásában és a mérésekben nyújtott szakmai segítségéért!

Szeretnék köszönetet mondani a Zöldségcentrum Kft.-nek, hogy több szinten is lehetőséget biztosított az együttműködésre és hogy az alga termelő rendszereiben termelt alga biomasszából az ipari léptékű vizsgálatok elvégzéséhez szükséges mennyiséget rendelkezésre bocsátotta!

A Szegedfish Kft. és a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet Halgazdálkodási Tanszéke közreműködése nélkül nem jöhetett volna létre a pályázati konzorcium, sem az ipari halesetési kísérletek érdekében létrehozott alga biomassza feldolgozási lánc, sem pedig a takarmányhoz keverhetőség és várható hatások felmérése érdekében elvégzett vizsgálatok nem történhetek volna meg, amiért köszönettel tartozok nekik!

Irodalom

- Csengeri, I.; Majoros, F. **2004**. Gazdasági állatok tápláló- anyag-szükséglete, takarmányok kémiai összetétele és mikotoxin határértékek a takarmánykeverékekben. 2004; Magyar takarmánykódex, II. Kötet.
- New, M.B. **1987**. Feed and Feeding of Fish and Shrimp, Aquaculture Development and Coordination Programme. 1987; ADCP/REP/87/26.
- Schwarz, F. J.; Kirchgessner, M. **1987**. Amino Acid Composition of Carp (*Cyprinus carpio* L.) with Varying Protein and Energy Supplies. 1987; Aquaculture. 72, 307-317.

KÜLÖNBÖZŐ RENDSZEREKBE NEVELT KECSEGE (*ACIPENSER RUTHENUS L.*) IVADÉKOK STRESSZTŰRÉSÉNEK ÉS BAKTERIÁLIS FERTŐZÉSEL SZEMBENI ELLENÁLLÓ-KÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

ARDÓ László, SZŰCS Anita, FAZEKAS Gyöngyvér, KÁLDY Jenő

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont, e-mail: ardo.laszlo@uni-mate.hu

Kivonat

A kecsge magyarországi és európai populációinak helyzete a többi tokféléhez képest jobbnak mondható, azonban a túlhalászás, a folyószabályozások és az élőhelyek változása miatt az állományok nagysága fokozatosan csökken. A haltelepítés évtizedek óta alkalmazott eszköz a kecsgepopulációk utánpótlására. A sikeres állománypótlás egyik feltétele olyan állományok létrehozása, amelyek képesek a folyamatosan változó természetes körülményekhez alkalmazkodni. A nevelési módszert ennek megfelelően kell megválasztani. Kísérletünkben háromféle rendszerben (recirkulációs és tó a tóban rendszer, illetve tavi ketrecek) nevelt 100 grammos kecsgeivadékok tűrőképességét vizsgáltuk három stresszhatással (zsúfoltsággal, hipoxiával és magas sótartalommal) szemben. Ezen kívül az *Aeromonas hydrophila* baktériummal szembeni ellenálló-képességüket is tanulmányoztuk. Megállapítottuk, hogy a három nevelési technológia közül egyik sem rontotta vagy javította jelentősebb mértékben a kecsgeivadékok fiziológiai állapotát, vagy ellenálló-képességét a többihez képest. Ez alapján mindhárom módszer alkalmazható a természetes vízi telepítésre szánt ivadékok nevelésére.

Kulcsszavak: kecsge, stressztűrés, ellenálló-képesség, halnevelő rendszerek, recirkulációs rendszer, tó a tóban, tavi ketrecek

Abstract

The status of Hungarian and European sterlet populations can be considered as better, compared to the other sturgeon species. However, due to overfishing, regulation of rivers and changing of habitats the size of populations decreases gradually. Fish stocking has been applied as a method of replenishing sterlet populations for decades. One requirement of successful fish stocking is to establish populations that can adapt to the continuously changing natural conditions. The rearing method has to be chosen according to this. In our experiment, resistance of sterlet fingerlings (100 grams individual weight) reared in three different systems (recirculation, pond-in-pond, pond cages) against three stressors (crowding, hypoxia and high salinity) was investigated. In addi-

tion, resistance against the bacterium *Aeromonas hydrophila* was also studied. We concluded that none of the three rearing technologies decreased or increased the physiological state or resistance of sterlet fingerlings significantly, compared to the other ones. Based on these results, all three methods can be applied to rear sterlets for re-stocking of natural populations.

Keywords: sterlet, stress resistance, disease resistance, rearing systems, recirculation system, pond-in-pond, pond cages

Bevezetés

Jelenleg az öt őshonos tokfélének közül a viza (*Huso huso*) és a sőregtok (*Acipenser stellatus*) már egyáltalán nem fordul elő a hazai vizekben természetes élőhelyeken. A simatok (*A. nudiiventris*) és a vágótok (*A. gueldenstaedti*) nem vándorló formájának rendkívül szörványos előfordulási adatai még jelzik a populációmaradványok létezését, de mindkét faj súlyosan veszélyeztetett státuszú (Hensel és Holcik, 1997; Friedrich és mtsai., 2019). Velük szemben a kecsge (*A. ruthenus*) helyzete jobbnak mondható, viszonylag nagyobb számban van még jelen hazai vizeinkben, de a túlhalászat, a folyószabályozások és az élőhelyek változása következtében nemcsak a hazai, de az európai populációinak nagysága is fokozatosan csökken (Reinartz és mtsai., 2011, Kubala és mtsai., 2021). A halgazdálkodásról és a hal védelméről szóló 2013. évi CII. törvény értelmében 2015-től a kecsge már nem horgászható faj a törvény végrehajtási rendelete szerint.

A törvényi szabályozások, mint passzív védelemi intézkedések önmagukban még nem garantálják kecsgepopulációk megőrzését vagy az állományok esetleges növekedését. A folyóinkat benépesítő állományok aktív megőrzéséhez *in situ* (természetes élőhelyen) és *ex situ* (mesterséges körülmények közötti) védelmi intézkedésekre van szükség.

A haltelepítés (állománypótlás) évtizedek óta alkalmazott eszköz a kecsgepopulációk utánpótlására (Holcik és mtsai., 2006). Az állománypótlás előfeltétele az ivarérett halak állományának kialakítása, amely egyúttal a genetikai sokféleség megőrzését is szolgálja. A mesterséges szaporítással előállított utódok nevelési technológiáját a végcélnek megfelelően szükséges kidolgozni, ill. módosítani. Az étkezési méretű hal intenzív termelése, ill. a természetes vízi telepítésre kerülő állomány nevelése sokszor különböző, néha egymással ellentétes követelményeket támaszt. Az első esetben például feltétlen követelmény az iparszerű tartási-nevelési feltételek "elviselése", a mesterséges tápon történő nevelhetőség stb., a második esetben pedig a legváltozatosabb, ill. folyamatosan változó természetes körülményekhez történő maximális adaptációs készség megőrzése (Lenhardt és mtsai., 2012).

Az ivadéknevelési technológiának a fiziológiai státuszra, ill. a természetes körülményekhez való adaptációs képességre gyakorolt hatásának felmérését 100 grammos halakon végeztük. A kísérleti állományt mesterséges szaporítással állítottuk elő, amelyhez a Halászati Kutatóközpont (HAKI) élő génbankjának anyahalaitól nyert spermát és ikrát használtuk. Az ivadékokat három különböző rendszerben (recirkulációs rendszer, tó a tóban rendszer, illetve tavi ketrecek) neveltük fel a kívánt méretig. Az adaptációs (stressztűrő) képességet a zsúfoltsági stresszre, hipoxiára és magas sótartalomra adott

válaszreakciók elemzésével tanulmányoztuk, illetve vizsgáltuk egy fertőző betegség kórokozójával, az *Aeromonas hydrophila* baktériummal szembeni ellenálló-képességet is.

Anyag és módszer

A kecsge mesterséges szaporítása az ovuláció indukálásával, valamint az ikrások életben maradását biztosító operációs módszerekkel

A kísérlethez szükséges kecsge ivadék mennyiséget a HAKI tok génbankjában lévő szülőállomány biztosította. A szaporítást 13 ikrás hallal és 8 tejes hallal végeztük, amelyek a HAKI tok génbankjából származtak, így biztosítva, hogy az utódok genetikai változatossága minél nagyobb legyen. A szülő halakat 2 napon keresztül 16 °C-os vízben tartottuk, 4 köbméteres átfolyó vizes rendszerben. A 48 óra elteltével a halakat des-Gly10(D-Ala6)-LH-RH Ethylamid összetételű vegyülettel oltottuk be, amely az emlősök luteinizáló hormon realising hormonjának (LHRH) analóg vegyülete. Az ikrásokat 40 mikrogramm/ttkg, a tejeseket pedig 20 mikrogramm/ttkg mennyiségű hormonnal kezeltük. A hormont oltás előtt 0,65%-os halfiziológiás sóoldatban oldottuk fel, majd egy adagban oltottuk vele a halakat. Az oltás hátizomba történt. Az oltás és az első fejes között 12 óra telt el, de a kecsge faj élettani sajátosságai miatt az egyes egyedek eltérő időben adták le az ikrát. Amint finom nyomásra megjelentek az első ikraszemek, elkezdtük a halak fejését, de úgy, hogy a tejeseket fejtük előbb, hogy a lefejt ikrák termékenyítéséhez már legyen tejünk. Az ikrás halaknál az ikrák kifejeséséhez egy minimálisan invazív sebészeti eljárást alkalmaztunk, azaz a petevezeték kaudális végét átmetszettük egy éles szikével. A kinyert ikrát 1:200 hígítású tejjel termékenyítettük a polispermia elkerülése végett. Az ikrák ragadosságát talkum oldattal és 3,5 %-os zsirtartalmú UHT tehéntejjel vettük el, majd a ragadosság megszűnése után Zuger üvegekben keltettük az ikrát. Az ikrák keléséhez 4-5 napra volt szükség 16-18 °C-os átfolyó víz használata mellett.

Ivadéknevelés recirkulációs és tavi halnevelő rendszerekben

A kikelt ivadékokat egy 1000 l-es halnevelő kádba szöktettük ki. Az exogén táplálkozás megindulásakor a halakat 250 l-es halnevelő vályúkba szállítottuk át, melyek recirkulációs rendszerűek voltak. Később a halak egy része a HAKI recirkulációs halnevelő (RAS) rendszerének 18-as ivadéknevelő egységébe került, ahol 20 l-es recirkulációs rendszerű halnevelő kádakba helyeztük el a lárvákat 30 hal/liter telepítési sűrűségben. A halakat az exogén táplálkozás megindulása után 7 napig kizárólag sórak naupliusszal (*Artemia* spp.) etettük, majd fokozatosan tértünk át a testméretnek megfelelő Aller Aqua toknevelő haltáp etetésére. A kísérlet megindulásakor már kizárólag granulált tápot fogyasztottak az ivadékok. Ekkor a halak 3 rendszerbe kerültek. A HAKI RAS 18-as rendszerében lévő 3 darab, egyenként 1 köbméter térfogatú halnevelő kád, a 9-es számú tavi intenzív halnevelő medencébe (tó a tóban rendszer) és a HAKI 31-es tavában elhelyezett 3 darab, egyenként 1 köbméter térfogatú tavi ketrecbe. A recirkulációs medencében 100 db/medence, a 9-es tavi intenzív medencében 353 db/medence, míg a tavi ketrecben 50 db hal/ketrec volt a telepítési sűrűség. A víz hőmérséklete mindhárom rendszerben 20-24°C között volt a nevelés időtartama alatt.

Stressztűrés és bakteriális fertőzéssel szembeni ellenálló-képesség vizsgálata

A különböző technológiákkal nevelt ivadékok életképességének felmérését 100 gramm körüli méretű halakon végeztük. A három rendszerben nevelt kecségék tűrőképességét három stresszhatással (zsúfoltság, alacsony oxigénszint, magas sótartalom) szemben vizsgáltuk. Minden stresszkísérletet három párhuzamossal, egy óráig végeztünk.

A zsúfoltsági stresszhez csoportonként három dézsába 50-50 litert töltöttünk abból a vízből, amelyben a halakat neveltük. Minden dézsába 24 halat helyeztünk, amelyeket állandó levegőztetés mellett tartottunk. A hipoxia modellezéséhez a dézsákba 50-50 liter csapvizet töltöttünk, amelynek hőmérséklete megegyezett a halak vizének hőmérsékletével. Az oldottoxigén-tartalmat 30%-ra (kb. 2,5 mg/l) állítottuk be, majd minden dézsába 15 halat helyeztünk. A magas sótartalom hatásának vizsgálatához a dézsákba 50-50 litert töltöttünk abból a vízből, amelyben a halakat neveltük. A vízben 250 gramm konyhasót oldottunk fel (5 ezrelék sókoncentráció), majd minden dézsába 12 halat helyeztünk, amelyeket állandó levegőztetés mellett tartottunk.

A stresszkísérletek előtt és közvetlenül utánuk párhuzamosonként 3 (csoportonként 9) haltól 1-1 ml vérmintát vettünk heparinózott fecskendővel, injekciós tűvel és 1,5 ml-es műanyag csövekkel. A mintákból centrifugálással (1800xg, 20 perc, 4°C) izoláltuk a vérplazmát. Minden nyálka- és vérplazmamintából meghatároztuk a stresszválasz paramétereit: a kortizol- és glükóz-szintet, valamint a lizozimaktivitást, amely a természetes immunválasz egyik jellemzője. A kortizol- és glükózsintet az erre a célra gyártott kitekkel (NovaTec Immundiagnostica GmbH, ill. Analyticon Biotechnologies AG, Németország) mértük, a lizozimaktivitást pedig Sankaran és Gurnani (1972) módszerével határoztuk meg. Az adatok statisztikai értékeléséhez kétmintás t-próbát alkalmaztunk. Minden csoportnál a stressz előtti és utáni mintákat hasonlítottuk össze, $p < 0,05$ szignifikancia-szinttel.

A 100 grammos halakon a stressztűrő képesség mellett a bakteriális fertőzéssel szembeni ellenálló-képességet is vizsgáltuk. Ehhez a halakat egy különálló recirkulációs rendszerben fertőztük az *Aeromonas hydrophila* baktérium LD₅₀ dóziséval (ez az a baktérium-koncentráció, amely a fertőzött halak 50%-ának elhullását okozza). Mindhárom, különböző technológiákkal nevelt csoportból 3x10 halat fertőztünk. Egy héten keresztül regisztráltuk az elhullásokat, majd a túlélő halakat túlaltatással elpusztítottuk és fertőtlenítettük. Az egyes csoportok mortalitását egytényezős varianciaanalízissel, $p < 0,05$ szinten hasonlítottuk össze.

Eredmények és következtetések

A stresszkísérletek közül a zsúfoltsági stressz hatására valamennyi csoportban szignifikánsan nőtt a vérplazma kortizolszintje, illetve glükózszerintje is. A lizozimaktivitás a stressz hatására a recirkulációs rendszerben nevelt halaknál lett szignifikánsan alacsonyabb (1. táblázat).

1. táblázat A 100 grammos kecségék stresszválasza a zsúfoltsági stressz hatására

	Kortizol NS (ng/ml)	Kortizol S (ng/ml)	Glükóz NS (mmol/l)	Glükóz S (mmol/l)	Lizozim NS (µg/ml)	Lizozim S (µg/ml)
Re-cirk.	5,24±0,35	56,34±23,16*	3,87±0,21	7,07±0,84*	5,86±0,95	3,78±0,67*
Tó a tóban	4,48±0,10	14,24±1,53*	4,12±0,25	5,84±0,22*	7,62±0,76	5,58±0,96
Tavi ketrec	5,10±0,36	46,97±6,51*	3,32±0,52	9,19±0,42*	3,38±0,54	3,42±0,32

*: szignifikáns különbség a stressz előtti állapothoz képest ($p<0,05$). NS: stressz előtti állapot; S: stressz utáni állapot

A víz magas sótartalmának a 100 grammos halaknál is hasonló hatása volt, mint a zsúfoltságnak. Az összes csoportban jelentősen emelkedett a kortizol- és glükózszerint, a lizozimaktivitás viszont nem változott szignifikáns mértékben (2. táblázat).

2. táblázat A 100 grammos kecségék stresszválasza a magas sótartalom hatására

	Kortizol NS (ng/ml)	Kortizol S (ng/ml)	Glükóz NS (mmol/l)	Glükóz S (mmol/l)	Lizozim NS (µg/ml)	Lizozim S (µg/ml)
Re-cirk.	5,24±0,35	10,10±0,98*	3,87±0,21	7,89±0,56*	5,86±0,95	6,28±1,20
Tó a tóban	4,48±0,10	19,28±4,19*	4,12±0,25	7,37±0,85*	7,62±0,76	4,51±1,36
Tavi ketrec	5,10±0,36	14,52±2,54*	3,32±0,52	6,99±0,71*	3,38±0,54	1,59±0,23

*: szignifikáns különbség a stressz előtti állapothoz képest ($p<0,05$). NS: stressz előtti állapot; S: stressz utáni állapot

A hipoxia hatására valamennyi csoportban szignifikáns mértékben nőtt a vérplazma kortizolszintje, a glükózszerint viszont csak a „tó a tóban” rendszerben és a tavi ketrecekben nevelt halaknál. A lizozimaktivitás a „tó a tóban” rendszerben nevelt halaknál jelentősen csökkent (3. táblázat).

3. táblázat A 100 grammos kecségék stresszválasza a magas sótartalom hatására

	Kortizol NS (ng/ml)	Kortizol S (ng/ml)	Glükóz NS (mmol/l)	Glükóz S (mmol/l)	Lizozim NS (µg/ml)	Lizozim S (µg/ml)
Re-cirk.	5,24±0,35	34,18±8,33*	3,87±0,21	4,91±0,50	5,86±0,95	7,82±1,15
Tó a tóban	4,48±0,10	23,26±2,82*	4,12±0,25	8,45±1,20*	7,62±0,76	4,30±0,84*
Tavi ketrec	5,10±0,36	30,62±5,63*	3,32±0,52	7,10±0,62*	3,38±0,54	2,46±0,55

*: szignifikáns különbség a stressz előtti állapothoz képest ($p<0,05$). NS: stressz előtti állapot; S: stressz utáni állapot

Az *Aeromonas hydrophila* fertőzés után 24 órával a mortalitás szignifikánsan alacsonyabb volt a recirkulációs rendszerben nevelt csoportban, mint a másik kettőben (4. táblázat), később viszont nem lehetett ilyen különbséget kimutatni.

4. táblázat Kumulatív mortalitás (%) *Aeromonas hydrophila* fertőzést követően

	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h
Re-cirk.	3,33±3,33*	10,00±5,77	20,00±10,00	23,33±13,33	23,33±13,33	23,33±13,33	23,33±13,33
Tó a tóban	16,67±3,33	20,00±5,77	26,67±3,33	30,00±0,00	33,33±3,33	33,33±3,33	33,33±3,33
Tavi ketrec	26,67±6,67	33,33±8,82	33,33±8,82	36,67±8,82	36,67±8,82	36,67±8,82	36,67±8,82

*: szignifikáns különbség ($p<0,05$) a többi csoporthoz képest

A kísérletek értékeléseként megállapítottuk, hogy a három nevelési technológia közül egyik sem javította vagy rontotta jelentősebb mértékben a kecségeivadékok fiziológiai állapotát, életképességét vagy betegséggel szembeni ellenálló-képességét a többihez képest. Ez alapján mindhárom vizsgált technológia alkalmas a természetes vízi telepítésre szánt kecségeivadékok nevelésére.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunkat a Földművelésügyi Minisztérium Halgazdálkodási Alapja (HHgF/194-1/2018. számú támogatási szerződése) „Őshonos édesvízi (nem vándorló) tokfélék állományainak megőrzésére, populációik rehabilitációjára irányuló program elméleti-, és gyakorlati megalapozása” c. program támogatta.

Irodalom

- Friedrich, T.; Reinartz, R.; Gessner, J. **2019**. Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle Danube River Basin. *J. Appl. Ichth.* 35(5), 1059-1068.
- Hensel, K.; Holcik, J. **1997**. Past and current status of sturgeons in the upper and middle Danube river. *Environmental Biology of Fishes* 48(1-4), 185-200.
- Holcik, J.; Klindova, A.; Masar, J.; Meszaros, J. **2006**. Sturgeons in the Slovakian rivers of the Danube River basin: an overview of their current status and proposal for their conservation and restoration. *J. Appl. Ichth.* 22, 17-22.
- Kubala, M.; Farsky, M.; Krajč, T.; Pekàrik, L. **2021**. Bayesian modelling suggests that the sterlet (*Acipenser ruthenus*, Linnaeus 1758) population is ageing in the middle Danube river. *Aquatic Conservation – Marine and Freshwater Ecosystems* 31(3), 469-479.
- Lenhardt, M.; Jaric, I.; Cvijanovic, G.; Kolarevic, J.; Gacic, Z.; Smederevac-Lalic, M.; Visnjic-Jeftic, Z. **2012**. Comparison of morphological characters between wild and cultured sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Slovenian Veterinary Research* 49(4), 177-184.
- Reinartz, R.; Lippold, S.; Lieckfeldt, D.; Ludwig, A. **2011**. Population genetic analysis of *Acipenser ruthenus* as a prerequisite for the conservation of the uppermost Danube population. *J. Appl. Ichth.* 27(2), 477-483.
- Sankaran, K.; Gurnani, S. **1972**. On the variation in the catalytic activity of lysozyme in fishes. *Ind. J. Biochem. Biophys.* 9, 162-165.

A MOLEKULÁRIS IVARMEGHATÁROZÁS ALAPJÁN A HAZAI AFRIKAI HARCSA ÁLLOMÁNYOKON NEM TÖRTÉNT HŐMÉRSÉKLETI HATÁSRA IVARÁTFORDULÁS

BALOGH Réka Enikő¹, CSORBAI Balázs¹, KESZTE Szilvia¹, PÉTER Dániel¹, URBÁNYI Béla¹, ORBÁN László^{*2}, KOVÁCS Balázs^{*1}

¹ *Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Péter Károly u. 1, 2100, Gödöllő, e-mail: kovacs.balazs@uni-mate.hu*

² *Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Deák Ferenc u. 16, 8360, Keszthely, cím, orban.laszlo@uni-mate.hu*

Kivonat

Afrikai harcsa esetében a tejesek növekedési erélye, táphasznosítása és filé kihozatala meghaladja az ikrásokét, emiatt termelési szempontból előnyös lehet egyivarú populációk létrehozása. Korábbi kísérletek a kikelést követő 6.-8. nap között 36 °C-os vízhőmérsékleten tartott állatok esetében akár 90-100%-os hím ivararányt is elértek. Vizsgálataink során 36 °C-os hőmérsékleten neveltünk afrikai harcsát három különböző fejlődési stádiumban: 5-8, 7-10 és 9-12 nappal a kikelés után, majd a potenciális ivarátfordulást a CgaY1 hím-specifikus DNS markerrel ellenőriztük. A molekuláris ivarmeghatározás, valamint a csoportokban tapasztalt ivararányok arra utalnak, hogy a hazai afrikai harcsa állományok zöménél nem lehet hőkezeléssel csak tejesekből álló, egyivarú állományokat létrehozni.

Kulcsszavak: Afrikai harcsa, ivarátfordulás, hőmérséklet hatás, ivar-specifikus marker

Abstract

African catfish males exhibit higher growth rate, better feed utilization and higher fillet yield compared to females, consequently rearing all-male populations could be advantageous in production. Previous studies found that larvae exposed to high temperature (36 °C) between 6-8 days post-hatching showed skewed sex-ratios (90-100% of males). We exposed larvae to 36 °C temperature in three different developmental stages: 5-8, 7-10 and 9-12 days post hatching and the potential sex-reversal was tested with the CgaY1 male-specific DNA marker. The results of molecular sexing and the experienced sex ratios do not support the idea that monosex populations can be produced with heat-induced sex reversal in the Hungarian stocks.

Keywords: African catfish, sex reversal, temperature effect, sex-specific marker

Bevezetés

A halak az ivar meghatározása és szabályozása szempontjából egy rendkívül változatos csoportot alkotnak. Ivardeterminációs mechanizmus alapján beszélhetünk genetikai (GSD, genetic sex determination) és környezeti (ESD, environmental sex determination) ivardeterminációról (Angelopoulou et al. 2012). Noha az ivar kialakulása halakban többnyire genetikai tényezők szabályozása alatt áll, bizonyos esetekben a külső egyedfejlődésnek köszönhetően környezeti tényezők, például a hőmérséklet befolyásolhatják azt (GSD+EE, genetic sex determination + environmental effect) és hatásukra ivararány eltolódás figyelhető meg (Valenzuela et al. 2004; Ospina-Álvarez et al. 2008). Hőmérsékleti kezelést az erre érzékeny fajoknál a kritikus szenzitív időszak alatt kell alkalmazni. Ez az időszak halak esetében az ivarszervek szöveti differenciálódásának kezdetén vagy azt megelőzően van (Baroiller és Cotta, 2001).

Az afrikai harcsa a magyarországi intenzív hal termelésben kiemelt jelentőségű. A ponty után a második legnagyobb mennyiségben előállított halfajunk és hazánk Európában a legtöbbet termeli ebből a fajból. Az afrikai harcsa tejesek növekedési erélye és táphasznosítása (Henken et al. 1987), valamint filé kihozatala (Pouomogne 2010) is meghaladja a nőstényekét, így termelési szempontból előnyös lehet hím egyivarú populációk létrehozása. Korábbi kísérletek (Santi et al. 2016; Santi et al. 2017) során az afrikai harcsa hőmérséklet hatására történő ivarátfordulásának kritikus szenzitív időszakát - amikor akár 100% hím ivararány is elérhető - 36 °C-os vízhőmérsékleten a kikelést követő 6.-8. nap között határozták meg. Santi és munkatársai ugyanakkor nagy családonkénti eltéréseket tapasztaltak az ivararány tekintetében, mely erős szülői hatásra utal a hőmérsékletre adott válasz tekintetében.

Anyag és módszer

Az anyaállomány (P0) öt egyedből állt, melyek három különböző magyarországi telephelyről származtak: a Jászkiséri Halas Kft. jászkiséri, a Szarvas Fish Kft. tukai, valamint a V-95 Kft. nagyatádi állományából. Az irodalmi adatok alapján összesen 30 családhoz hoztunk létre háromszor 10 páros keresztezéssel, melyeket 3 különböző medencében előneveltünk (Kevert A, B, C csoport). Ezután mindegyik medencéből négy 1000-1000 lárvából álló csoportot hoztunk létre, majd a csoportokból hármat 36 ± 1 °C-os hőmérsékleten tartottunk három különböző fejlődési stádiumban: 5-8 (T1), 7-10 (T2) és 9-12 (T3) nappal a kikelést követően, 72 órán keresztül. A negyediket, a kontroll csoportot 28 ± 1 °C-os hőmérsékleten neveltük. A hőkezelés időtartamára a medencéket vízfürdőbe helyeztük. A víz hőmérséklete nagyjából 3 óra alatt érte el a kísérleti hőmérsékletet (36 ± 1 °C) és a kezelés végén, a vízfürdőből való eltávolítást követően körülbelül 24 óra alatt hűlt le (28 ± 1 °C). A kilenc kísérleti csoportot (Kevert A, B és C csoport, T1, T2, T3 kezelés) a hőkezelések előtt és után, valamint a kontroll csoportokat (Kevert A, B és C csoport) a kísérlet teljes hossza alatt csoportonként külön, 12 darab 12 literes medencében neveltük recirkulációs rendszerben, 28 °C-on, óránként 80 literes vízcserevel.

Három hónappal kikelést követően az ivararányok meghatározása céljából ellenőriztük az összes állat (n=444) fenotípusos ivarát az ivarszervek szövettani vizsgálatával,

egy módosított aceto-kármin festéssel (Guerrero et al. 1974) (a jobb láthatóság érdekében indigó-kármint használtunk kármin helyett) fénymikroszkóp (Leica M205 FA, Leica DFC 7000T kamera, Leica Application Suite X softver) alatt 40-100X nagyítással.

Ezen felül molekuláris ivarmeghatározást végeztünk a CgaY1 (GenBank: AF332597) hím-specifikus marker segítségével a genetikai ivar, illetve a potenciális ivarátfordulás ellenőrzésére 123 fenotípusa alapján tejes egyedben a három hőkezelt csoportból (24, 19, 80 hal) és 102 egyedben a kontroll csoportokból (29, 28, 45 hal). A farokúszó szövetekből a DNS kinyerése egy gyors Chelex 100 alapú technikával történt (Walsh et al. 1992). Egy duplex PCR reakció segítségével felszaporítottuk a CgaY1 hím-specifikus fragmentet (nagyjából 1,1 kb), mely csak tejesekben amplifikálódik és egy rövidebb, kontroll fragmentet (486 bp), mely tejesekben és ikrásokban egyaránt felsokszorozható. Három primer szekvencia (Y1-1R, K1-1F, K1-1R) egy korábbi kutatásból (Kovács 2004) származott, kivéve egy, általunk tervezett (Y1-6F) primert (a primer szekvenciákat lásd 1. táblázat). A PCR reakció összetétele a következő volt: 0,9X PCR Puffer (Promega), 200-200 µM mindegyik dNTP-ből (Thermo Scientific), 500-500 nM Y1-5F és Y1-1R primer, 30-30 nM K1-1F és K1-1R primer, 2mM MgCl₂ (Thermo Scientific), 1U Taq DNA polimeráz (Promega) és nagyjából 20 ng genomi DNS. A reakció körülményei: denaturáció 94 °C-on 2 percig, 30 ciklusban 94 °C 30 másodperc, 62,5 °C 1 perc, 72 °C 3 perc, majd egy végső lánchosszabbítás 72 °C-on 5 percig.

1. táblázat A molekuláris ivarmeghatározás során használt primer szekvenciák

Marker elnevezése	Primer szekvencia
CgaY1 marker	F- 5'-CCGTAGCCTGCCACTCTGC-3'
	R- 5'-GAACTGAACCCACATTTTGTC-3'
K1 control fragment	F- 5'-AGTACATTGAGGACGAGGACGC-3'
	R- 5'- CATTGTAACAAGAGGAGCCAC-3'

Eredmények és következtetések

Sem a fenotípusos, sem a genotípusos ivar esetében nem találtunk szignifikáns eltérést ($p > 0,05$) az 1:1 ivararányhoz képest egyik vizsgált csoportnál sem egymintás Z-próbával tesztelve. (2. táblázat). A hőkezelt csoportokból 123 fenotípusa alapján tejes egyed molekuláris ivarmeghatározása során 4 hal (3,25%) esetében nem sikerül amplifikálni a hím-specifikus fragmentet, mely nem különbözött szignifikánsan a kontroll csoporttól, ahol 191 vizsgált egyedből 9 esetben találtunk eltérést (4,71%) a fenotípus és genotípus között. A kontroll csoportokban tapasztalt eltérések is származhatnak ivarátfordulásból, azonban ennek valószínűsége csekély, mert minden egyed azonos körülmények között neveltünk. Feltételezhetjük, hogy az eltérések oka rekombináció az ivari marker és az ivardeterminációs szakasz között. Ebben az esetben a rekombináció átlagos gyakorisága a 30 páros keresztezésből származó utódokban 4,71%, így a genetikai távolság mértéke 4,71 cM, mely arra utal, hogy a CgaY1 ivari marker és az ivardetermináló régió között szoros genetikai kapcsoltság áll fenn.

2. táblázat A molekuláris ivarmeghatározás eredményei a CgaY1 hím-specifikus markerrel és az ivararányok

Csoportok	n	Rekombinációs esemény	CgaY1- pozitív te- jesek	CgaY1- pozitív ikrások	Genotípusos ivar-arány (tejes %)	Fenotípusos ivar-arány (tejes %)
Kevert kont- roll A	50	2	29/29	2/21	62,00	58,00
Kevert kont- roll B	48	2	28/28	2/20	62,50	58,30
Kevert kont- roll C	93	5	45/46	4/47	52,70	49,50
Hőkezelt A	29	1	28/29	-	-	44,40
Hőkezelt B	28	1	27/28	-	-	53,00
Hőkezelt C	45	2	43/45	-	-	43,90
Összesen	293	13	200	6	59,06	51,18

Eredményeink alapján nem valószínű, hogy a hőkezelés hatására ivarátfordulás történt az általunk vizsgált populációban a fenti paraméterekkel. Megemlítendő ugyanakkor, hogy a GSD+TE ivardeterminációs rendszerrel rendelkező halaknál több faj esetében megfigyeltek erős szülői hatást (Baroiller et al., 2009; Shen and Wang, 2014), valamint hőmérsékletre érzékeny és nem érzékeny populációkat (Valenzuela and Lance, 2004). Emellett 31%-kal magasabb mortalitási rátát tapasztaltunk a hőkezelt csoportokban a kontroll csoportokhoz képest 90 nappal kikelés után, valamint sok esetben figyeltünk meg morfológiai elváltozásokat, mely a korábbi kísérletekben leírtakhoz hasonló (Santi et al., 2016; Santi et al., 2017). Előbbiek alapján feltételezzük, hogy az egyivarú termelési populációk létrehozására alkalmazott hőkezeléssel végzett ivarátfordítás csak néhány állomány vagy család (Santi et al., 2016) esetében alkalmazható és az általunk vizsgált állományok ivarátfordítására nem alkalmas.

Összefoglalás

A molekuláris ivarmeghatározás és az 1:1 közeli ivararány alapján nem történt a 36 °C-os hőmérséklet hatására ivarátfordulás a vizsgált afrikai harsa populációkban a más szerzők által javasolt paraméterekkel. Emellett a magas hőmérséklet hatására magasabb mortalitási rátát és nagy arányú morfológiai elváltozásokat figyeltünk meg. Összefoglalásként elmondható, hogy ez a technológia nem alkalmas egyivarú populációk létrehozására a vizsgált állományokban.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Jászkiséri Halas Kft., a Szarvas Fish Kft., valamint a V-95 Kft. munkatársainak, amiért biztosították a kutatás számára az anyaaállományt. A munkát az iFishIENCi (Horizont 2020, No 818036) projekt, a Halászati Operatív Program III. tengelye (“Európai Halászati Alap: a megújuló halászatért” - az Európai Unió és Magyarország támogatásával), a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Élvtal Kutatási Kiválósági Programja (KKP 140353, Orbán László) és az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt támogatta, ami az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Megjegyzés: ezek az eredmények részét képezik a Theriogenology című nemzetközi folyóiratban megjelent, az Afrikai harcsa ivarával foglalkozó tanulmánynak (Balogh és mtsai, 2023).

Irodalom

- Angelopoulou, R.; Lavranos, G.; Manolakou, P. **2012**. Sex determination strategies in 2012: towards a common regulatory model? *Reproductive Biology and Endocrinology* 10(1), 13.
- Guerrero, R.D.; Shelton, W.L. **1974**. An aceto-carmin squash method for sexing juvenile fishes. *The Progressive Fish-Cultist*. 36(1), 56–56.
- Henken, A.M.; Boon, J.B.; Cattell, B.C.; Lobee, H.W.J. **1987**. Differences in growth rate and feed utilization between male and female African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*. 63, 221–232.
- Kovács, B. **2004**. Investigation of the sex of African catfish with molecular genetic methods (in Hungarian). *PhD thesis*.
- Ospina-Álvarez, N.; Piferrer, F. **2008**. Temperature-dependent sex determination in fish revisited: Prevalence, a single sex ratio response pattern, and possible effects of climate change. *PLoS ONE*. 3(7), 2–4.
- Poumogne, V. **2010**. FAO Cultured aquatic species information programme: *Clarias gariepinus*. *FAO Fisheries and aquaculture department*. 314–316.
- Santi, S.; Gennotte, V.; Toguyeni, A.; Mélard, C.; Antoine, N.; Rougeot, C. **2016**. Thermosensitivity of the sex differentiation process in the African catfish, *Clarias gariepinus*: Determination of the thermosensitive period. *Aquaculture*. 455, 73–80.
- Santi, S.; Rougeot, C.; Toguyeni, A.; Gennotte, V.; Kebe, I. **2017**. Temperature preference and sex differentiation in African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Experimental Zoology*. 327(1), 28–37.
- Valenzuela, N.; Lance, V. **2004**. Conover DO: Temperature-Dependent Sex Determination in Fishes. In *Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates*. 11–20. Washington DC: Smithsonian Books
- Walsh, S.P.; Metzger, D.A.; Higuchi, R. **1992**. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques* 10(4), 506–513.

MIKROALGA KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA KÉTNYARAS PONTYÁLLOMÁNY TEREMELÉSI MUTATÓIRA

BIRÓ Janka¹, NAGY Zoltán¹, EGESSA Robert¹, BÉKEFI Emese¹, GREGOSITS Balázs², ORBÁN Márton², J. SÁNDOR Zsuzsanna¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, Szarvas
email:nagyne.biro.janka@uni-mate.hu

²Vitafort Első Takarmánygyártó és Forgalmazó Zrt., 2370 Dabas, Szabadság u. 3

Kivonat

A mikroalga, mint alternatív fehérjeforrás tartalmú takarmányok jelentősége egyre nagyobb a különböző halfajok intenzív nevelésében. Jelen vizsgálat célja volt megállapítani, hogy a különböző mértékű *Nannochloropsis gaditana* kiegészítések hogyan hatnak a kétnyaras pontyok (*Cyprinus carpio*) termelési mutatóira. A 6 hetes kísérlet során az alga kiegészítést nem tartalmazó kontroll kezelés mellett 10 % és 20 % algakiegészítést tartalmazó tápot fogyasztó csoportokat alakítottunk ki. A kísérlet végén nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között, sem az egyes termelési mutatók (tömeggyarapodás, fajlagos növekedési sebesség), sem a takarmányhasznosítás, fehérje hatékonysági arány és filé kihozatal tekintetében. A halak a *Nannochloropsis gaditana* alगतartalmú takarmányokat jól hasznosították, negatív hatást nem tapasztaltunk a kísérleti időszak alatt.

Kulcsszavak: mikroalga-kiegészítés, ponty, termelési mutatók

Abstract

Diets containing microalgae as an alternative protein source have a growing importance in the feeding of fish in intensive aquaculture. Aim of the current study was to evaluate the effect of diets containing different *Nannochloropsis gaditana* supplementations on the production traits of two-years old common carps (*Cyprinus carpio*). The control diet contained no algae, while the experimental diets contained 10 % or 20 % algae supplementation. After six weeks of feeding no significant differences were found between the groups either in terms of growth (weight gain, SGR) or feed conversion ratio, protein efficiency ratio, and filleting yield. Overall, it can be stated that the fish utilized the *Nannochloropsis gaditana* algae containing diet perfectly, without any negative effect during the experimental period.

Keywords: Microalgae supplementation, common carp, production traits

Bevezetés

A mikroalga, mint alternatív fehérjeforrás tartalmú takarmányok jelentősége egyre nagyobb a különböző halfajok intenzív nevelésében. A mikroalgákat nagy, 30-55 % közötti fehérjetartalom (López és mtsai., 2010) és kedvező esszenciális aminosav tartalom jellemzi (Brown és mtsai., 1997). Lipidtartalmuk 2-50 % között változik, telítetlen zsírsavtartalmuk magas (López és mtsai., 2010). Karotinoidokban, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdagok (Idenyi és mtsai., 2022). A mikroalgák kedvező irányban befolyásolják a halak immunállapotát és jótékony hatással vannak azok növekedésére és egészségére (Ayala és mtsai., 2023). A *Nannochloropsis* nemzetséget 6 egysejtű algafaj képviseli (Gbadamosi és Lupatsch, 2018). Ezek közül a *N. salina* (Gbadamosi és Lupatsch, 2018) és *N. occulata* (Abdelghany és mtsai., 2020) alkalmazhatóságát Nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) esetében, a *N. gaditana* (Saez és mtsai., 2022; Ayala és mtsai., 2023) pedig aranydurbincson (*Sparus aurata*) vizsgálták. Vizsgálatunk célja volt megállapítani, hogy a különböző mértékű *Nannochloropsis gaditana* kiegészítések hogyan hatnak hazánk legnagyobb volumenben termelt halfaja, a ponty termelési mutatóira zárt halnevelő rendszerben.

Anyag és módszer

A 6 hetes etetési kísérletet a MATE AKI HAKI Recirkulációs Üzemében hajtottuk végre. A kísérlet indulásakor összesen 144 db 720 ± 77 g induló átlagtömegű kétnyaras pontyot helyeztünk ki 9 kádba, 16 db hal/2 m³ népesítés mellett. A csoportok elrendezését véletlenszerűen határoztuk meg. A kétnyaras ponty kísérleti állomány a Szeged-fish Kft.-től származott. A kísérletben mikroalgát (*Nannochloropsis gaditana*) tartalmazó tápot készítettünk két különböző dózisban (1. táblázat), melyet a Vitafort Zrt. biztosított számunkra. Az alga kiegészítést nem tartalmazó Kontroll kezelés mellett 10 % (Alga10) és 20 % (Alga20) algakiegészítést tartalmazó tápot fogyasztó csoportot alakítottunk ki. A kísérleti takarmányokat háromszoros ismétlésben etetettük a hal biotermesztudományi 1,5 %-ának megfelelő mennyiségű táppal. Kéthetente folyamatosan nyomon követtük a kádakban lévő biotermesztudományi változását, amelyhez korrigáltuk a takarmány adagokat. A halak etetése automata etetővel, napi 24 órán keresztül történt. A vízminőségi paramétereket rendszeresen ellenőriztük. A kísérlet indulásakor 9 db halból, a kísérlet zárásakor összesen 45 db halból (5 db hal/kád) filé mintát vettünk későbbi húsminőség vizsgálat céljából. A mintavételhez a halakat 2-fenoxietanol oldat alkalmazásával túlaltattuk. A statisztikai értékelést SPSS for Windows 27.0 programcsomag segítségével végeztük el. A kezelések hatását a termelési paraméterekre egytényezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA) értékeltük.

1. táblázat Az alkalmazott takarmányok fontosabb beltartalmi paramétereit eredeti anyagra vonatkoztatva (számolt)

	Kontroll	Alga10	Alga20
Ny. fehérje %	34,8	35,0	35,4
Emészthető fehérje %	31,3	30,8	30,5
Ny. zsír %	6,0	6,1	6,2
Bruttó energia MJ/kg	17,4	17,3	17,2
Metionin %	0,813	0,833	0,850
Lizin %	2,199	2,081	2,008
Ca %	0,98	0,98	0,98
P %	1,05	1,08	1,12

Termelési mutatók számítása

Az etetési kísérlet végén az átlagos napi tömeggyarapodás (g/nap) mellett az alábbi termelési paramétereket számoltuk ki:

Specifikus növekedési ráta (SGR): $100 \times (\ln(wt) - \ln(w0)) / d$, ahol: wt: befejező tömeg (g), w0 kezdő tömeg (g), d: kísérleti napok száma

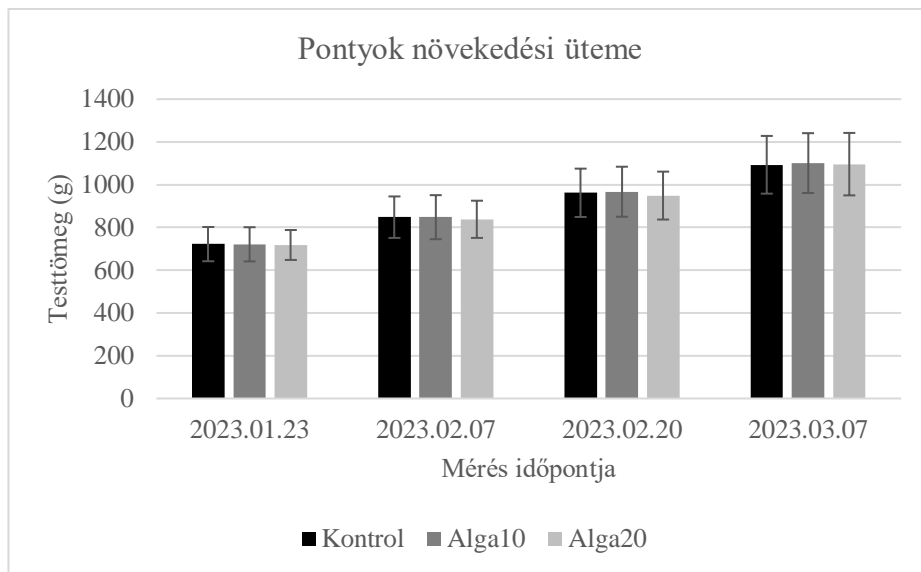
Takarmányhasznosítási ráta (FCR): feletetett takarmány (g) / tömeggyarapodás (g)

Fehérje hatékonysági arány (PER): tömeggyarapodás (g) / elfogyasztott takarmányfehérje (g);

Filé kihozatal (FY) = $(100 \times \text{filé tömeg}) / \text{testtömeg}$

Eredmények és következtetések

A ponty növendékek növekedési ütemét az 1. ábrán mutatjuk be. Az etetés során a két-hetes mintavételi időpontokban nem találtunk különbséget az átlagsúlyban az egyes csoportok között. A kísérleti idő végén meghatározott termelési és növekedési mutatókat a 2. táblázatban foglaltuk össze. A hat hetes etetés után szignifikáns különbséget nem találtunk a csoportok között sem az egyes termelési mutatók (tömeggyarapodás, fajlagos növekedési sebesség), sem a takarmányhasznosítás, fehérje hatékonysági arány és filé kihozatal tekintetében. Ugyanakkor megfigyelhető az Alga10 csoport kedvezőbb teljesítményének tendenciája.



1. ábra. A pontyok növekedési üteme a 6 hetes etetési kísérlet során

2. táblázat A különböző takarmányok hatása a kétnyaras pontyok termelési mutatóira

Termelési mutató	Takarmány			P-érték
	Kontroll	Alga10	Alga20	
Induló testtömeg (g)	722±11,5	721,3±21,7	718±15,1	0,954
Záró testtömeg (g)	1093,3±19,7	1100,7±24,8	1095,3±68,9	0,977
Tömeggyarapodás (g/nap)	8,84±0,29	9,03±0,08	8,98±1,34	0,963
SGR (%/nap)	0,99±0,03	1,01±0,02	0,99±0,12	0,955
FCR (kg/kg)	1,37±0,03	1,34±0,02	1,37±0,16	0,917
PER (kg/kg)	2,15±0,06	2,20±0,04	2,18±0,28	0,931
Filé kihozatal (%)	34,17±0,67	35,47±0,29	35,50±1,08	0,062
Megmaradás (%)	100±0,0	100±0,0	97,92±3,61	0,483

Az általunk kapott termelési mutatókhoz hasonlóan a halliszt és a szójaliszt 100 %-os helyettesítése *N. salina*val nem befolyásolta a nilusi tilápia növekedését és nem volt káros hatással a halak egészségi állapotára (Gbadamosi és Lupatsch, 2018). A 6 %-os *N. occulata* kiegészítés szignifikánsan jobb növekedést és kedvezőbb takarmányértékesítést eredményezett ugyanezen faj esetében, miközben a halak immunrendszerére is kedvező hatással volt (Abdelghany és mtsai., 2020). Aranydurbincs esetében Saez és mtsai. (2022) nem tapasztaltak változást a halak növekedési ütemében, viszont az élet-tani paramétereket kedvező irányban befolyásolta a 2,5 ill. 5 %-os *N. gaditana* kiegészítés. Az aranydurbincs ivadékok takarmányának rövid idejű (3 hónapos) 2,5-5% -os *N. gaditana* kiegészítése hosszútávon (+ 10 hónap) is elősegíti a nagyobb növekedést (Ayala és mtsai., 2023). Az általunk kapott specifikus növekedési értékek hasonlóan bizonyultak a hasonló kísérleti körülménynek között nevelt kétnyaras pontyok Csengeri és mtsai. (2009) által leírt SGR értékeihez (1,42-1,46). A takarmányhasznosítás szintén

hasonlóan (1,32-1,46 kg/kg) alakult a Csengeri és mtsai. (2009) által tapasztaltakhoz képest (1,45-1,51 kg/kg). Összességében elmondható, hogy a kétnyaras ponty állomány a *Nannochloropsis gaditana* algatartalmú takarmányokat jól hasznosította, negatív hatást nem tapasztaltunk a kísérleti időszak alatt.

Összefoglalás

Kétnyaras ponty állományt 10 % (Alga10) és 20 % (Alga20) *Nannochloropsis gaditana* algakiegészítést tartalmazó takarmánnyal etettünk és vizsgáltuk, hogy azok hogyan hatnak a halak termelési mutatóira. A hat hetes etetés után szignifikáns különbséget nem találtunk a csoportok között, a halak a *Nannochloropsis gaditana* algatartalmú takarmányokat jól hasznosították, negatív hatást nem tapasztaltunk a kísérleti időszak alatt.

Köszönetnyilvánítás

A kísérleti munka a „ProFuture” (European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862980) című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Abdelghany, M.F.; El-Sawy, H.B.; Abd El-Hameed, S.A.A.; Khames, M.K.; Abdel-Latif, H.M.; Naiel, M.A.E. **2020**. Effects of dietary *Nannochloropsis oculata* on growth performance, serum biochemical parameters, immune responses, and resistance against *Aeromonas veronii* challenge in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish Shellfish Immunol. 107, 277-288.
- Ayala, M.D.; Balsalobre, N.; Chaves-Pozo, E.; Sáez, M.I.; Galafat, A.; Alarcón, F.J.; Martínez T.F.; Arizcun, M. **2023**. Long-Term Effects of a Short Juvenile Feeding Period with Diets Enriched with the Microalgae *Nannochloropsis gaditana* on the Subsequent Body and Muscle Growth of Gilthead Seabream, *Sparus aurata* L. Animals, 13, 482.
- Brown, M.R.; Jeffrey, S.W.; Volkman, J.K.; Dunstan, G.A. **1997**. Nutritional properties of microalgae for mariculture. Aquaculture. 151, 315–331.
- Csengeri, I.; Potra, F.; Fazekas, J.; Rónyai, A. **2009**. Halolaj és növényi olajok hatása a ponty növekedésére és a filé esszenciális zsírsav tartalmára. XXXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas 2009. május 27-28.
- Gbadamosi, O.K.; Lupatsch, I. **2018**. Effects of dietary *Nannochloropsis salina* on the nutritional performance and fatty acid profile of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Algal Res. 33, 48-54.
- Idenyi, J.N.; Eya, J.C.; Nwankwegu, A.S.; Nwoba, E.G. **2022**. Aquaculture sustainability through alternative dietary ingredients: microalgal value-added products. Eng. Microbiol. 2, Article 100049
- López, C.V.; García, M.C.; Fernández, F.G.; Bustos, C.S.; Chisti, Y.; Sevilla, J.M. **2010**. Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. Bioresour. Technol. 101, 7587–7591.
- Sáez, M.I.; Galafat, A.; Vizcaíno, A.J.; Chaves-Pozo, E.; Ayala, M.D.; Arizcun, M.; Alarcón, F.J.; Suárez, M.D.; Martínez, T.F. **2022**. Evaluation of *Nannochloropsis gaditana* raw and hydrolysed biomass at low inclusion level as dietary functional additive for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. Aquaculture, 556, Article 738288.

EGY INTENZÍV HORGÁSZVÍZ ÓLOM SZENNYEZETTSÉGÉNEK TOXIKOLÓGIAI VIZSGÁLATA ZEBRADÁNIÓ (*DANIO RERIO*) EMBRIÓKON ÉS *ALIIVIBRIO FISCHERI* TESZTSZERVEZETEN

BOCK Illés¹, CSENKI Zsolt¹, HÁHN Judit¹, GÖBÖLÖS Balázs¹, KASZAB Edit¹, SZOBOSZLAY Sándor¹, SZABÓ István¹, URBÁNYI Béla¹, KRISZT Balázs¹, HORVÁTH Márk², Mohammad AFZAL¹, HEGYI Árpád¹

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Gödöllő
e-mail: bock.illes@uni-mate.hu

Kivonat

A biatorbágyi Peca Horgásztó kéméleti területének közvetlen határán vettünk 16 üledékmintát, melyek ólom koncentrációját meghatároztuk, és toxicitásukat két különböző tesztszervezeten, zebradánió embrió üledék kontakt és kivonat teszttel, valamint *Aliivibrio fischeri* biolumineszcencia-gátláson alapuló teszttel vizsgáltuk. A mintákban található legkisebb ólom koncentráció 10.12 mg/kg, míg a legmagasabb 11.93 mg/kg volt. A zebradánió embrió üledék kontakt tesztben a legkisebb ólomtartalmú minta esetében a legkisebb vizsgált koncentráció kivételével minden vizsgálati koncentráción szignifikáns pusztulást tapasztaltunk, míg a legmagasabb ólomtartalmú minta esetében minden vizsgált koncentráción szignifikáns volt a pusztulás. A zebradánió embrió üledék kivonat tesztben mindkét vizsgált minta esetében csak a legmagasabb vizsgálati koncentráción tapasztaltunk szignifikánsan magas pusztulást. Mindkét alkalmazott teszt során jelentős morfológiai elváltozásokat tapasztaltunk a vizsgált zebradánió embriókon (fej deformáció, perikardiális ödéma, fel nem fúvodott úszóhólyag, gerinc torzulás). Az *Aliivibrio fischeri* teszt során akut expozíció esetén legmagasabb 73%-os fénykibocsátás gátlást tapasztaltunk, azonban krónikus expozíció esetén nem tapasztaltunk kimutatható toxikus hatást. Eredményeink alapján elmondható, hogy habár a vizsgált üledékminták ólom koncentrációja jelentősen a határérték alatt volt, számottevő akut toxicitást mutattak a zebradánió embrió üledék kontakt tesztben, és az *Aliivibrio fischeri* biolumineszcencia-gátláson alapuló tesztben.

Kulcsszavak: ólomszennyezés, üledéktoxikológia, zebradánió, *Aliivibrio fischeri*

Abstract

Sixteen sediment samples were collected at the immediate boundary of the protected area of the Peca Fishing Pond in Biatorbágy, and their lead concentrations were determined and their toxicity tested using two different test organisms, with zebrafish embryo sediment contact and extract assay and with *Aliivibrio fischeri* bioluminescence inhibition test. The lowest concentration of lead in the samples was 10.12 mg/kg and the highest was 11.93 mg/kg. In the zebrafish embryo sediment contact assay with the lowest lead content sample, significant mortality was observed at all test concentrations except the lowest, while significant mortality was observed at all test concentrations in the sample with the highest lead content. In the zebrafish embryo sediment extract assay, significant mortality was observed for both samples tested only at the highest test concentration. In both tests used, significant morphological changes were observed in the zebrafish embryos tested (head deformation, pericardial oedema, uninflated swim bladder, spinal curvature). In the *Aliivibrio fischeri* test, a maximum inhibition of light emission of 73% was observed in acute exposure, but no detectable toxic effect was observed in chronic exposure. Based on our results, although the lead concentrations in the tested sediment samples were significantly below the limit value, significant acute toxicity was observed in the zebrafish embryo sediment contact test and in the *Aliivibrio fischeri* bioluminescence inhibition test.

Keywords: lead contamination, sediment toxicology, zebrafish, *Aliivibrio fischeri*

Bevezetés

Egyre növekvő problémát és környezeti kockázatot jelent az ólomsúlyok használata a horgászat során. Az Európai Unióban becslések szerint évi 6000-8000 tonna horgászólmom kerül forgalomba, amelynek egy jelentős része a horgász szerelékek beszakadása és/vagy eldobása következtében a vizekbe és azok üledékébe kerül. Különösen ki vannak téve az ólomszennyezésnek azok az intenzív horgászvizek, ahol folyamatos a horgászati tevékenység. Egy-egy akadó közelében nagy mennyiségű beszakadt ólomsúly halmozódhat fel, ami hosszú távú kockázatot jelent a tó életközösségeire, illetve a halhúsban akumulálódva a fogyasztókra is. A szervezetbe kerülő ólom súlyos toxikológiai tüneteket, többek között vese- és májkárosodást, a reprodukciós rendszer zavarát vagy idegrendszeri és vérképzési problémákat is okozhat, valamint jelentős karcinogén hatása is ismert (Pizzino et al. 2014).

Vízbe kerülve az ólomsúlyok képesek kis mértékben oldódni, az üledékbe süllyedve és azáltal betemetve viszont az oldódásuk korlátozott, mivel azokat általában galenitből (ólom-szulfid), cerusszitből (ólom-karbonát) és/vagy anglezitből (ólom-szulfát) álló másodlagos bevonat védi, melyek a természetes korrózió során keletkező ólomsók. Ennek következtében az üledékekben az ólom immobilizálva van, azonban az üledékekkel közvetlenül érintkezve, annak közvetlen fogyasztásával bekerülhetnek a szervezetbe, illetve az üledék felkavarodása által ezek a vegyületek a vízfázisba kerülhetnek (Bettonetti et al. 2003). Az ólom különböző sói különböző mértékben oldódnak vízben, lúgosabb pH mellett kevésbé, míg enyhén savas pH esetén nagyobb mértékben disszociálnak.

Kísérletünkhöz egy olyan intenzív horgászvizet, a biatorbágyi Peca Horgásztavat választottuk ki mintaterületnek, amelynek egy része kéméleti területnek van nyilvánítva. A kéméleti terület határán található egy akadó, ami kedvelt horgászhelynek számít, így feltételezésünk szerint ezen a ponton feldúsul az ólomkoncentráció az üledékben. Mivel az akadó a kéméleti terület közvetlen határán helyezkedik el, így az ott található ívőhelyeken az aljzatra lerakott ikrák fokozottan ki lehetnek téve az üledékben felhalmozódott ólomnak.

Az üledékminták toxikológiai vizsgálatát két különböző módszerrel végezzük zeb-radánió embriókon: üledék kontakt teszttel és az üledékmintákból készített oldószeres kivonat tesztelésével. Az üledék kontakt teszt kifejezetten az üledékszemesékhez kötött szennyező anyagok hatásának vizsgálatára lett kidolgozva, így módon képes lemodellezni az üledékre ívő halak ikráinak kitétséget. Az üledék kivonat teszt a teljes kioldható szennyező anyag tartalom vizsgálatára alkalmas.

Az üledékminták prokarióta tesztstruktúrára gyakorolt toxicitását mikrotiter lemezen vizsgáltuk *Allivibrio fischeri* (AVF) mélytengeri baktérium biolumineszcencia-gátlásán keresztül. A sejtek biolumineszcenciájának intenzitása az ATP és a NADPH intracelluláris szintjétől, ezáltal a sejt metabolikus aktivitásától/állapotától függ. A citotoxikus és citosztatikus vegyületek a citoplazmatikus membrán károsodását, a membrán transzport rendszerek vagy az elektrontranszport lánc folyamatainak interferenciáit, sejtosztódást segítő jelátviteli rendszerek gátlását, valamint az ion gradiensek egyéb zavarait okozhatják, melyek a biolumineszcenciában bekövetkezett csökkenésként detektálhatók (Dunlap 1999, Miyashiro & Ruby 2013).

Folyadék fázisú minták akut toxicitásának mérésére rendelkezésre áll ISO szabványos protokoll (ISO 11348:2007), szilárd fázisú minták küvetében történő akut vizsgálatára is kidolgoztak már eljárást (Doe et al. 2005). Folyadékmináták krónikus toxicitásának vizsgálata mikrotiter lemezen is kivitelezhető, mely több esetben az akut teszt-höz képest érzékenyebbnek bizonyult egyes szennyezőanyagokkal, főként peszticidekkel szemben (Háhn et al. 2017, Tóth et al. 2019). A szilárd fázisú AVF teszt kiválóan alkalmas kis vízőldékonyságú, talajszemcsékhez adszorbeálódó toxikus anyagok hatásának detektálására.

Anyag és módszer

Mintavétel és mintafeldolgozás

Üledékmintát vettünk egyrészt az akadónál, illetve onnan koncentrikus körökben, különböző irányokban, egyenlő távolságokra összesen 16 db mintát. A beszállítást követően a mintákat szobahőmérsékleten teljesen kiszárítottuk, majd egy 1 mm lyukátmérőjű szitán átszitáltuk a nagyméretű növényi és egyéb hulladékok eltávolítása érdekében. A szárított mintákat ezután -20 °C-on tároltuk. A szárított mintákból kivonatot készítettünk Soxhlet-extraktor használatával acetone oldószerrel. Az elkészült kivonatot ezután zárt rendszerű mintabepárló (TurboVap 500, Biotage) segítségével majdnem teljes száradásig töményítettük, majd az oldószert DMSO-ra cseréltük. Az így kapott törzsoldat 20000 mg szárított üledékből származó anyag 1 ml DMSO-ban feloldva (20000 mg/ml). Az elkészült kivonatot -20 °C-on tároltuk.

Üledékminták analitikai vizsgálata

Az üledékminták ólom koncentrációjának meghatározása az „MSZ 21470-50:2006 Környezetvédelmi talajvizsgálatok – Az összes és az oldható toxikuselem-, a nehézfém- és a króm (VI) tartalom meghatározása” valamint az „MSZ EN ISO 11885:2009 Vízminőség – Kiválasztott elemek meghatározása induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával (ICP-OES)” szabványok szerint történt.

Teszthalak fenntartása, szaporítása, ikragyűjtés

A szaporításra kijelölt zebzdániók a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézetében üzemeltetett zebzdánió laboratóriumból származnak, ahol ZebTec Multilinking haltartó rendszer működik, amely biztosítja a halak számára megfelelő mikrokörnyezeti feltételeket (hőmérséklet: 25.5 ± 0.5 °C, pH: 7.0 ± 0.2 , vezetőképesség: 550 ± 50 μ S/cm). A világítás 10 órás sötét és 14 órás fény szakaszokban történik. A szaporításra kijelölt zebzdániókat a szaporítást megelőző nap délutánján válaszfalal és aljzattal ellátott 1 l-es szaporító edényekbe helyeztük oly módon, hogy egy ikrásra legalább két tejes jusson. A szaporító edényeket a haltartó rendszerből származó vízzel feltöltöttük. A szaporítás napján a világítás bekapcsolása után a válaszfalakat eltávolítottuk a szaporító edényekből. Az összegyűjtött ikrákat átmostuk, és E3 médiummal (5 mM NaCl, 0.33 mM CaCl₂, 0.17 mM KCl, 0.33 mM MgSO₄) feltöltött Petri-csészékbe helyeztük őket. Ezután mikroszkóp alatt leválogattuk a kísérletekhez szükséges mennyiségű, jól fejlődő, 4-32 sejtjes fejlődési stádiumú embriókat.

Üledék kontakt teszt

Az üledék kontakt teszt Hollert et al. (2004) leírása alapján történt, a vizsgálatunk specifikációi szerint módosítva. A vizsgálat nyolc különböző üledék koncentrációban zajlott, melyek minta tartalmi a következők voltak: 3 g, 2.5 g, 2 g, 1.5 g, 1 g, 0.5 g, 0.25 g, 0.1 g. Minden vizsgálat 3 g mintával történt, így az üledékmintákat minden vizsgált koncentráción kiegészítettük 3 g-ra kvarchomokkal, mely a kísérlet szempontjából inert anyag. A mintákat a kvarchomokkal dörzsmozsárban homogenizáltuk a megfelelő eloszlás érdekében, majd 6-lyukas szövettenyésző lemezekbe töltöttük őket. Ezután minden mintára 7 ml E3 médiumot töltöttünk. A negatív kontroll 3 g kvarchomok volt 7 ml E3 médiummal feltöltve három ismétlésben.

Hogy elkerüljük a mintákban keletkező oxigénhiányból származó hibás eredményeket, a feltöltött vizsgálati lemezeket a vizsgálat megkezdése előtt 72 órán át inkubáltuk, így lehetővé téve az oxigéncserét az üledék és a víz között (Strecker et al. 2011). Az elő-inkubációs időszak leteltével történt az embriók hozzáadása. Minden vizsgálati lemez minden lyukába 10 embrió került, és minden koncentrációt három ismétlésben vizsgáltunk (n=30). A vizsgálati lemezeket 120 órán át inkubáltuk 25.5 ± 1.0 °C-on. A pusztulásokat és az esetleges szubletális tüneteket a 120 óra elteltével rögzítettük, a megfigyelt toxikológiai végpontok a következők voltak: szomiták jelenléte, koaguláció, farok leválása, szemek fejlődése, fejlődési rendellenesség, szívműködés leállása, vérkeringés zavara, pigmentáció hiánya, ödémák, fej, gerinc illetve farok deformációja.

Üledék kivonat teszt

A kivonat tesztben a legmagasabb vizsgált koncentráció 60 mg/l, amit a 20000 mg/ml-es törzsoldatból készítettük el hígítással, melyhez E3 médiumot használtunk. A 60 mg/l-es oldat megfelelt 0.3%-os DMSO oldatnak, ami az oldószer maximális alkalmazható koncentrációja embriótesztben. A vizsgált koncentrációk a következők voltak: 60 mg/l, 30 mg/l, 15 mg/l, 7.5 mg/l, 3.75 mg/l (Hallare et al. 2005). Két különböző kontrollt alkalmaztunk a vizsgálat során (E3 médium és 0.3% DMSO oldat). Minden vizsgálati koncentrációból és a kontroll oldatokból 2-2 ml-t töltöttünk egy 24 lyukas szövettenyésztő lemez lyukaiba 4 ismétlésben. A felhasznált oldatokat az oxigén-telítettség elérése érdekében a vizsgálat megkezdése előtt 24 órán át szellőztettük. A vizsgálati lemezek minden lyukába 5 embrió került (n=20). A vizsgálati lemezeket 120 órán át inkubáltuk 25.5 ± 1.0 °C-on. A pusztulásokat és az esetleges szubletális tüneteket a 120 óra elteltével rögzítettük, a vizsgált toxikológiai végpontok megegyeztek a kontakt teszt esetében felsoroltakkal.

Aliivibrio fischeri teszt

Az akut és krónikus toxicitás meghatározásához az üledékmintákból 7-7 g-ot 35 ml 3,5 m/m%-os NaCl oldatba mértünk és szobahőmérsékleten 160 rpm fordulatszámon rázattuk 30 percen keresztül. A ráztatás után a talajszuszpenziókból 100-100 µl-et mértünk fekete lapos aljú PS lemezre, majd felező hígítási sort készítettünk belőle. A hígítási sorokat 3 páruzámosban készítettük el. A -80 °C-on tárolt folyadékban fagyasztott AVF (DSM-7151, NRRL B-11177) törzsből 50 µl-t 50 ml Bacto Marine Broth (BMB) (DIFCO 2216) folyékony tápoldatba (pH $7,6 \pm 0,2$) oltottunk be, majd 20 °C-on 170 rpm-en inkubáltuk (Certomat® BS-1, Sartorius Stedim Biotech GmbH) egy éjszakán (14-16 óra) keresztül. A sejtsűrűséget spektrofotométer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Fisher Scientific Inc.) segítségével 600 nm-es hullámhosszon mért optikai denzitás alapján (OD600) $0,1 \pm 0,02$ értékre állítottuk be. Ezután a baktériumsuszpenzióból 100-100 µl-t mértünk minden lyukba a mikrotiter lemezen. A lemezeket a kísérleti rendszerek összeállítása után minden esetben 25 °C-on inkubáltuk. A biolumineszcencia értékeket (fotonbecsapódás/másodperc, CPS) Victor™ X Light 2030 Luminescence Reader (Perkin Elmer GmbH) segítségével mértük a 0, 0,5, 10, 15 és 25 órás expozíció után. Az üledékminták fénykibocsátásra gyakorolt hatását %-ban fejeztük ki a negatív kontroll mintához viszonyítva, mely az adott minta egyes hígítási tagjaiban 0. percben mért fénykibocsátás érték volt.

Fényképezés

Mind a kontakt teszt, mind a szerves kivonat teszt végén 120 óra után fényképeket készítettünk a túlélő egyedekről. Ehhez a lárvákat 0,02% Tricane-methanesulfonate (MS-222) oldatban altattuk, majd MS-222-t tartalmazó 4% metil-cellulózból rögzítettük őket a fényképezéshez. A fényképeket kamerával felszerelt M205 FA mikroszkóp (Leica Microsystems GmbH) segítségével készítettük el.

Statisztikai értékelés

Az egyes toxicitási vizsgálatokban az egyes vizsgálati koncentrációk mortalitási értékeit a kontrollhoz képest kétutas ANOVA alkalmazásával hasonlítottuk össze, Tukey többszörös összehasonlítási teszttel, Graphpad Prism 8 szoftver (Graphpad Software Inc.) segítségével.

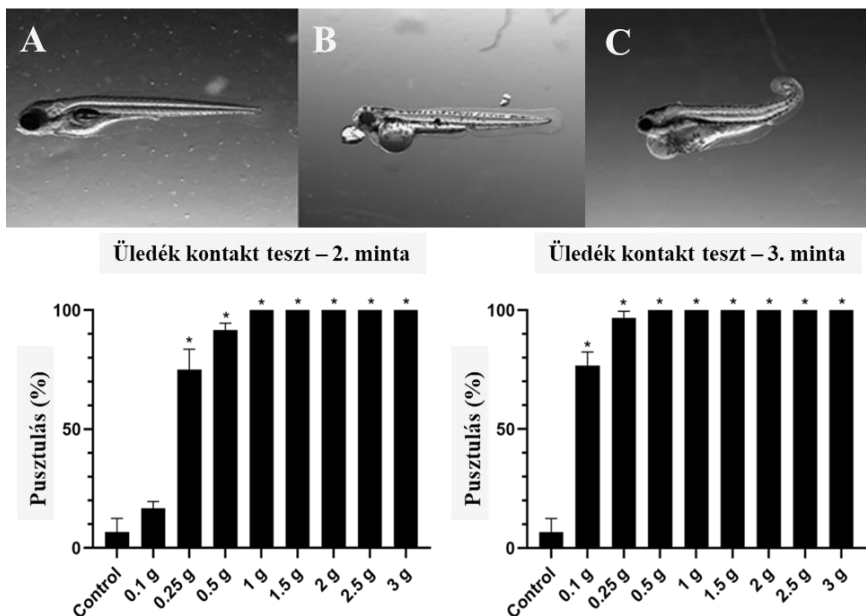
Eredmények és következtetések

Az üledékminták ólom koncentrációja

Miután mind a 16 minta ólom koncentrációját meghatároztuk, a zebradánió embrió tesztekhez a 2. és 3. mintát választottuk ki, ahol a vizsgált minták közül a legnagyobb (11.93 mg/kg) és a legkisebb (10.12 mg/kg) mennyiségben fordult elő ólom. Ezek az értékek jelentősen elmaradnak a 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM rendeletben meghatározott, Magyarországon érvényes talaj szennyezettségi határértéktől (100 mg/kg).

Üledék kontakt teszt eredményei

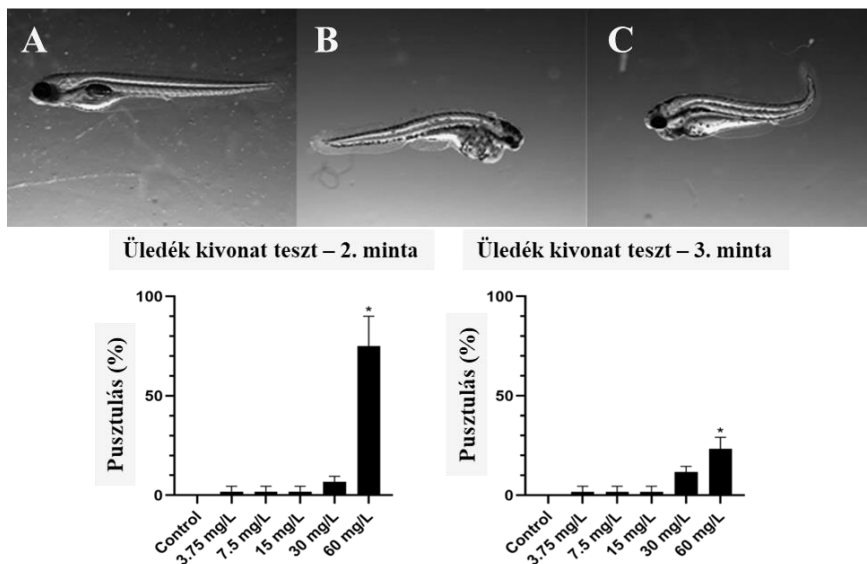
Az üledék kontakt teszt során 120 óra elteltével vizsgáltuk az egyes mintakonzentrációkon tapasztalt pusztulást és szubletális tüneteket. A 2. minta esetében az 1 g és annál magasabb koncentrációkon minden kezelt embrió elpusztult, továbbá 0.5 g és 0.25 g koncentrációkon a pusztulás mértéke szignifikánsan magasabb volt a kontrollhoz képest (1. ábra). A 3. minta esetében hasonló eredményt kaptunk azzal a különbséggel, hogy ennél a mintánál már 0.5 g koncentráción minden kezelt embrió elpusztult, valamint már 0.1 g koncentráción szignifikánsan magasabb volt a pusztulás mértéke a kontrollhoz képest (1. ábra). A túlélő embriókon fej deformációt, perikardiális ödémát, fel nem fúvódott úszóhólyagot, gerinc torzulást és visszamaradott fejlődési stádiumot figyeltünk meg (1. ábra). Ezek alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált minták toxicitása jelentős volt zebradánió embrió üledék kontakt tesztben, és erőteljes morfológiai elváltozásokat okoztak.



1. ábra. Pusztulási értékek és jellemző szubletális tünetek az üledék kontakt teszt során (A – kontroll, B – 2. minta, C – 3. minta). A kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb értékeket jelöltük ($p < 0.0001$)

Üledék kivonat teszt eredményei

Az üledék kivonat teszt során szintén 120 óra elteltével vizsgáltuk a pusztulást és szubletális tüneteket. Mind a 2., mind a 3. minta esetében kizárólag a legmagasabb vizsgált koncentráción tapasztaltunk a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb pusztulást (2. ábra). A túlélő embriókon fej deformációt, perikardiális ödémát, fel nem fúvódott úszóhólyagot és gerinc torzulást tapasztaltunk (2. ábra). Eredményeink alapján megállapítható, hogy az üledék kivonat teszt során a vizsgált minták toxicitása mérsékelt volt, ugyanakkor jelentős morfológiai elváltozásokat váltottak ki.



2. ábra. Pusztulási értékek és jellemző szubletális tünetek az üledék kivonat teszt során (A – kontroll, B – 2. minta, C – 3. minta). A kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb értékeket jelöltük ($p < 0.0001$)

Aliivibrio fischeri teszt eredményei

Az 1-4. minták esetében klasszikus koncentráció-választ lehetett megfigyelni, esetükben az 50%-os fénykibocsátást gátló effektív koncentrációk 54, 89, 66, illetve 137 mg/l üledékkoncentrációnak adódtak. A 9. pontban vett üledékminta EC50 értéke 274 mg/l volt, míg a 10-12. minták alacsony, mindössze 5-20%-os gátlást okoztak. Az 5-8. és 13-15. minták esetében nem lehetett koncentráció-válasz görbe alapján nemlineáris regressziós analízissel 50%-os effektív koncentrációt megállapítani, ugyanis minden hígítási tagnál 25-30, illetve 35-45%-os fénykibocsátás csökkenést okoztak a tesztstruktúrában. A 16. minta esetében lehetett a legnagyobb fénykibocsátás gátlást mérni, esetében a legnagyobb expozíciós koncentráció (100 mg/l) esetében 73%-os gátlást detektáltunk, az EC50 érték 76 mg/l-nek adódott.

A krónikus expozíció során a 10 és 15 órás kontaktidőnél már azok a minták sem mutattak semmilyen toxikus hatást, ahol a 30 perces kontaktidőnél igen. 25 óra után a tesztstruktúra fénykibocsátása teljesen megszűnt, így nem lehetett koncentráció-választ mérni a minták esetében.

Összefoglalás

A biatorbágyi Peca Horgásztó kíméleti területének közvetlen határán vettünk üledék-mintákat, melyek ólom koncentrációját meghatároztuk, és toxicitásukat két különböző tesztstruktúrában, zebradánió embriókon és *Aliivibrio fischeri* baktériumon teszteltük. A mintákban található legkisebb ólom koncentráció 10.12 mg/kg, míg a legmagasabb 11.93 mg/kg volt. A zebradánió embrió üledék kontakt tesztben a legkisebb ólomtartalmú minta esetében a legkisebb vizsgált koncentráció kivételével minden vizsgálati

koncentráción szignifikáns pusztulást tapasztaltunk, míg a legmagasabb ólomtartalmú minta esetében minden vizsgált koncentráción szignifikáns volt a pusztulás. A zebradánió embrió üledék kivonat tesztben mindkét vizsgált minta esetében csak a legmagasabb vizsgálati koncentráción tapasztaltunk szignifikánsan magas pusztulást. Mindkét alkalmazott teszt során jelentős morfológiai elváltozásokat tapasztaltunk a vizsgált zebradánió embriókon (fej deformáció, perikardiális ödéma, fel nem fúvódott úszóhólyag, gerinc torzulás). Az *Aliivibrio fischeri* teszt során akut expozíció esetén legmagasabb 73%-os fénykibocsátás gátlást tapasztaltunk, azonban krónikus expozíció esetén nem tapasztaltunk kimutatható toxikus hatást. Eredményeink alapján elmondható, hogy habár a vizsgált üledékminták ólom koncentrációja jelentősen a határérték alatt volt, számottevő akut toxicitást mutattak a zebradánió embrió üledék kontakt tesztben, és az *Aliivibrio fischeri* biolumineszcencia-gátláson alapuló üledék kontakt tesztben, ami rámutat a horgászati ólomsúlyok alkalmazásának veszélyeire.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az alábbi pályázati projektek támogatták: GINOP-2.2.1-18-2020-00026, TKP2021-NVA-22. A munka a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3-II kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- Doe, K.; Jackman, P.; Scroggins, R.; McLeay, D.; Wohlgeschaffen, G. **2005**. Solid-Phase Test for Sediment Toxicity Using the Luminescent Bacterium, *Vibrio Fischeri*. In: Blaise, C., Féraud, JF. (eds) Small-scale Freshwater Toxicity Investigations. Springer, Dordrecht.
- Dunlap, P.V. **1999**. Quorum regulation of luminescence in *Vibrio fischeri*. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 1:1, 5–12. 137.
- Háhn, J.; Szoboszlai, S.; Tóth, G.; Kriszt, B. **2017**. Assessment of bacterial biodegradation of herbicide atrazine using *Aliivibrio fischeri* cytotoxicity assay with prolonged contact time. *Ecotoxicology*. 26, 648-657.
- Hallare, A. V.; Kosmehl, T.; Schulze, T.; Hollert, H.; Köhler, H. R.; Triebkorn, R. **2005**. Assessing contamination levels of Laguna Lake sediments (Philippines) using a contact assay with zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Science of the Total Environment*. 347(1–3), 254–271.
- Hollert, H.; Keiter, S.; König, N.; Rudolf, M.; Ulrich, M.; Braunbeck, T. **2004**. A new sediment contact assay to assess particle-bound pollutants using zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Journal of Soils and Sediments*. 4(2), 94–94.
- Kumar, A.; Kumar, A.; Cabral-Pinto, M.M.S.; Chaturvedi, A.K.; Shabnam, A.A.; Subrahmanyam, G.; Mondal, R.; Gupta, D.K.; Malyan, S.K.; Kumar, S.S.; A. Khan, S.; Yadav, K.K. **2020**. Lead Toxicity: Health Hazards, Influence on Food Chain, and Sustainable Remediation Approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(7), 2179.
- Miyashiro, T.; Ruby, E.G. **2013**. Shedding light on bioluminescence regulation in *Vibrio fischeri*. *Molecular Microbiology*. 84:5, 795–806.
- Pizzino, G.; Bitto, A.; Interdonato, M.; Galfo, F.; Irrera, N.; Mecchio, A.; Pallio, G.; Ramistella, V.; Luca, F. de, Minutoli, L.; Squadrito, F.; Altavilla, D. **2014**. Oxidative stress and DNA repair and detoxification gene expression in adolescents exposed to heavy metals living in

- the Milazzo-Valle del Mela area (Sicily, Italy). *Redox Biology*, 2(1), 686–693.
- Strecker, R.; Seiler, T. B.; Hollert, H.; Braunbeck, T. **2011**. Oxygen requirements of zebrafish (*Danio rerio*) embryos in embryo toxicity tests with environmental samples. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 153(3), 318–327.
- Tóth, G.; Háhn, J.; Kriszt, B.; Szoboszlay, S. **2019**. Acute and chronic toxicity of herbicides and their mixtures measured by *Aliivibrio fischeri* ecotoxicological assay. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 185, 109702.

A HALÁSZATI KUTATÓ KÖZPONT VÁGÓTOK (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*) GÉNBANKI ÁLLOMÁNYÁNAK GENETIKAI VIZSGÁLATA

FAZEKAS Gyöngyvér¹, KOVÁCS Gyula¹, FARKAS Móni¹,
BOGÁR Katalin¹, KOVÁCS Balázs²

¹Halászlati Kutató Központ, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Anna-liget u. 35., Szarvas, H-5540

e-mail: fazekas.gyongyver@uni-mate.hu

²Molekuláris Ökológia Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Páter Károly u. 1., Gödöllő, 2100

Kivonat

A vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*) egy kritikusan veszélyeztetett státuszban lévő tokfélének. A Fekete- és a Kaszpi-tengerben feltételezhetően élnek még szaporodóképes populációi az anadrom életformájú változatának. Édesvízi életmódra áttért formáinak jelenlétét is igazolták korábban a Dunából és a Volgából. A populációk nagymértékű csökkenésének fő okai: az ívóhelyek elvesztése, az orvhalászat, a vizeket érintő környezeti szennyezés. Emiatt az *ex situ* megőrzésnek és a visszatelepítési programoknak megnőtt a jelentősége. Ebben a vizsgálatban a Halászlati Kutató Központ (HAKI) vágótok génbanki állományainak genetikai diverzitását vizsgáltuk 8 mikroszatellit lókuszt adatai alapján, amelyeket három multiplex PCR-szettben vizsgáltunk. A genetikai elemzésbe a legidősebb génbanki és egy növendék állomány egyedeit vontuk be. A mikroszatellit lókusztok adatai alapján, meghatároztuk a lókuszonkénti és az állományonkénti detektálható allélszámot, a várt- és a vizsgált heterozigotitást és a fixációs indexet. A vizsgált egyedek genetikai kapcsolatát főkoordináta-elemzéssel szemléltettük. Összefoglalásként kijelenthetjük, hogy a molekuláris genetikai elemzések alapvető fontosságúak, mert az így nyert adatok felhasználásával hatékonyabban megőrizhető a genetikai variabilitás, elkerülhető a beltenyésztés és az allélvesztés.

Kulcsszavak: vágótok, mikroszatellitok, genetikai diverzitás, génbanki állomány.

Abstract

The Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) is a critically endangered sturgeon species. Currently, native anadromous spawning populations are only known from the Black Sea and Caspian Sea tributaries, freshwater populations exist in the Danube and

Volga Rivers. The main threats that caused the decline of the population: loss of spawning sites due to dams, poaching and illegal fishing, and high levels of pollution. Therefore, the *ex situ* preservation (Genebank), and restocking programs are of increasing importance. In this study, the genetic diversity of HAKI broodstock were evaluated, using 8 species-specific microsatellite markers in three multiplex PCR sets. We analysed the genetic variability of the oldest broodstock and a juvenile group. Based on the microsatellite locus data, we determined alleles per locus, and group, expected and observed heterozygosity, and the fixation index. We can conclude that molecular analysis is important for appropriate broodstock management because it can help to preserve more effectively the genetic structure and variabilities, and to avoid inbreeding, and losing alleles.

Keywords: Russian sturgeon, Microsatellites, Genetic diversity, Genebank stocks

Bevezetés

A vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*) védett őshonos tokféléink közül a második legnagyobb méretű faj, mely egykor a Duna és a Dráva teljes hazai szakaszán előfordult. Anadróm életmódot folytat, ívni a tenger felől a felsőbb folyószakaszokra vándorol. Vándorlási tulajdonsága szerint négy típusát feltételezik, melyek egyike szerint bizonyos populációi teljes életszakaszukat folyóvízben töltik (Friedrich et al. 2019). A Vaskapu vízerőmű megépítése a felsőbb folyószakaszokra történő vándorlást gátolva, megakadályozta a korábbi ívőhelyek felkeresését. Mára gyakorlatilag eltűnt a Duna felső és középső szakaszairól. Az IUCN vörös könyv szerint a „Critically endangered” azaz kritikusan veszélyeztetett kategóriába tartozik (Gessner et al. 2022). A faj védelme és fennmaradása érdekében a genetikai állományának és sokszínűségének megőrzése fontos feladat. A HAKI élő *ex situ* tok génbankja több évtizedes múltra tekint vissza, ahol dunai és kaszpi genetikai hátterű állományok beszerzésével, fenntartásával és időnkénti állományfrissítéssel biztosítja az „alapanyagot” a konzervációbiológiai, akvakultúra technológiafejlesztési, illetve állományutánpótlási célú feladatokhoz.

A génbank jelenlegi vágótok állományát a természetes élőhelyekről vadon befogott egyedek, mesterséges szaporulatából (akvakultúras tenyészet) származó utódok adják. Az első példányok a 80-as években kerültek a HAKI-ba (Kovács et al. 2019).

Ezt követően, a 2000-es években két eltérő eredetű vágótok állománnyal bővült a génbank. Az egyik egy dunai eredetű állomány, Romániából, a másik Oroszországból (Kaszpi eredetű) került beszerzésre. Egyes egyedek életkora mára meghaladja a 20 évet. 2018-ban az Agrárminisztérium által támogatott feladat keretében lehetőség nyílt az állomány bővítésére, frissítésére. Így Romániából dunai eredetű „vad” szülőktől származó (100 db, négyéves) vágótok növendékkel gazdagodott a HAKI vágótok állománya. Ezen egyedeket és az idősebb állományt vontuk be a genetikai analízisbe. Egy ilyen különösen veszélyeztetett státuszban lévő faj esetében, ahol a természetes populációk egyedszáma drasztikusan lecsökkent, nagyobb kihívást jelent a biológiai sokféleség fenntartása. Kutatásunk célja az volt, hogy a génbankban lévő idősebb anyaállomány (G) és a 2018-as növendék (R) állomány genetikai szerkezetét meghatározzuk. Egy populáció/állomány genetikai összetétele bizonyos allélok gyakoriságával jól leír-

ható. A genetikai variabilitás vizsgálatainkat DNS alapú (mikroszatellit) markerek adataira alapoztuk. Minden vizsgálatba vont PIT taggel (passzív integrált rádió azonosító jel) jelölt egyed esetében, egyedi genotípus adatokhoz jutottunk, amelyek a jövőben felhasználva hatékonyabbá tehetik a génbanki menedzsmentet, és a faj nemzetközi kutatási adatait gazdagítják.

Anyag és módszer

A genetikai vizsgálatokhoz 2018-ben farokúszó mintákat vettünk a génbanki idősebb anya állományból (G) 17 egyedtől, illetve a Duna-delta vidékről beszerzett növendék állomány (R) 78 egyedétől. A mintákat a DNS kivonásig 98%-os alkoholban tároltuk.

A vizsgálatokhoz így összesen 95 egyed szövetmintáiból vontunk ki genomi DNS-t E.Z.N.A. Tissue DNA Kit (Omega Bio-Tek) segítségével a gyártó utasításának megfelelően. Az állományok genetikai variabilitásának jellemzésére fajspecifikus mikroszatellit markereket használtunk, amelyet Kohlmann és mtsai 2018-ban írtak le, amelyekből mi 8 db markert választottunk ki az előzetes tesztek után.

Először normál PCR reakcióban a kiválasztott mikroszatellit markereket teszteltük, a reakció során felsokszorozott termékek méretét és minőségét agaróz gélen (1xTBE puffer, 1,5% gél) ellenőriztük, hogy ki tudjuk választani azokat a markereket, amelyek allélméretei nem fednek át egymással. Az ideális tapadási hőmérsékleteket is figyelembe véve, három multiplex szettet állítottunk össze, ahol két, illetve három marker vizsgálható egyszerre egy PCR-ben (1. táblázat). A PCR reakciókhoz Multiplex PCR Plus Kit-et (Qiagen) alkalmaztunk, a reakciókat a gyártó utasításának megfelelően állítottuk össze. Kétféle fluoreszcens jelölést használtunk, a forward primert hosszabbítottuk meg egy 17 bp hosszúságú, a vizsgált fajra nem specifikus szekvenciával (tail; 5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3'), amelyhez egy harmadik, 5' végén fluoreszcens festékkel (FAM vagy PET) jelölt primer tapadt (Shimizu et al. 2002). Az amplifikáció sikerességét és erősségét agaróz-gélelektroforézis segítségével ellenőriztünk.

Az allélméretek pontos megállapításához a PCR termékeket egy nagyfelbontású ABI 3130 kapillaris elektroforézis készüléken választottuk el (Applied Biosystems, USA). Az allélok méretének és számának megállapítására a Gene Mapper 6.0 (Applied Biosystem) szoftvert használtuk, így megkaptunk mind a 95 egyed genotípusát.

Ezt követően a GenAlEx programmal az elemzést csak azon egyedeken tudtuk elvégezni, amelyeknél maximum két allél (diszomikus) volt detektálva egy adott lókuszon. Nem vontunk be a tetraszomikus egyedeket az elemzésbe, amelyek kettőnél több, azaz három, vagy négy alléllal rendelkeztek egy adott lókuszon. Így a G csoportból hét, az R csoportból két egyed allél adatai nem kerültek be a GenAlEx-es elemzésbe, de ezen egyedeknek esetében is leolvastuk az allélméreteket, hogy azok később használhatók legyenek egyéb elemzésekhez.

1. táblázat Az alkalmazott mikroszatellit markerek adatai

PCR multiplex szet tapadási hőmérséklet	jelölő festék	lókusz neve	allél méret-tartomány (bp)	detektált allél szám
1. triplex 63 °C	FAM	Agu-38	130-144	5
		Agu-51	186-206	10
		Agu-54	226-232	2
2. triplex 59 °C	PET	Agu-46	118-140	6
		Agu-56	169-177	2
		Agu-41	197-209	2
1. duplex 63 °C	FAM	Agu-37	124-156	3
		Agu-59	216-228	2

Végül 86 egyed genotípus adatai alapján kaptuk meg a genetikai diverzitás adatokat. A két vizsgált állomány esetében meghatároztuk lókuszonként a detektálható allélszámot (N_a), az effektív allélszámot (N_e), a megfigyelt (H_o) és az elvárt (H_e) heterozigócia mértékét, a fixációs indexet (F_{is}) (2. táblázat), illetve főkoordináta-analízist (Principal Coordinate Analyses - PCoA) végeztünk az egyedek közötti genetikai hasonlóságok ábrázolására (1. ábra).

Eredmények és következtetések

A 8 markerrel összesen 32 db allélt azonosítottunk, a romániai eredetű utánpótlás állományban (R) 31 db, a génbanki anya-állományban pedig 21 db-ot. Az Agu-51 és Agu-46 esetében azonosítottuk a legtöbb allélt a növendék csoportban, az összes többi lókuszon azonos számú allélt detektáltunk.

Az átlagos várt (0,45) és megfigyelt heterozigozitás (0,46) értékek a G csoportban nagyon közel álltak egymáshoz. Az R csoport esetében, nagyobb a különbség az átlagos várt ($H_e=0,44$) és megfigyelt heterozigozitás ($H_o=0,50$) értékek között.

A várt és megfigyelt heterozigozitás értékei és azok kapcsolata fontos információval szolgálnak a populáció státuszáról, ezeket alapul véve statisztikai próbával (χ^2 -próba) teszteltük a Hardy-Weinberg populációs eltérését az egyensúlyi állapottól (HWE).

2. táblázat A vizsgált állományok genetikai diverzitás adatai

	Lókusz	Na	Ne	He	Ho	HWE szig.	Fis
Génbanki állomány (G)	Agu 38	4	2,66	0,62	0,55	ns	0,13
	AGU 51	4	2,31	0,57	0,33	ns	0,41
	AGU 54	2	1,86	0,46	0,73	ns	-0,57
	Agu 46	2	1,98	0,50	0,55	ns	-0,10
	AGU 56	2	1,20	0,17	0,18	ns	-0,10
	AGU 41	2	1,31	0,24	0,27	ns	-0,16
	AGU 37	3	2,18	0,54	0,09	*	0,83
	AGU 59	2	2,00	0,50	1,00	***	-1,00
2018-ban beszerzett vágótök növendék (R)	Agu 38	4	1,97	0,49	0,73	***	-0,49
	AGU 51	10	5,35	0,81	0,16	***	0,81
	AGU 54	2	1,98	0,49	0,75	***	-0,51
	Agu 46	6	1,54	0,35	0,40	ns	-0,15
	AGU 56	2	1,48	0,32	0,38	ns	-0,17
	AGU 41	2	1,90	0,47	0,53	ns	-0,12
	AGU 37	3	1,10	0,09	0,01	***	0,85
	AGU 59	2	2,00	0,50	1,00	***	-1,00

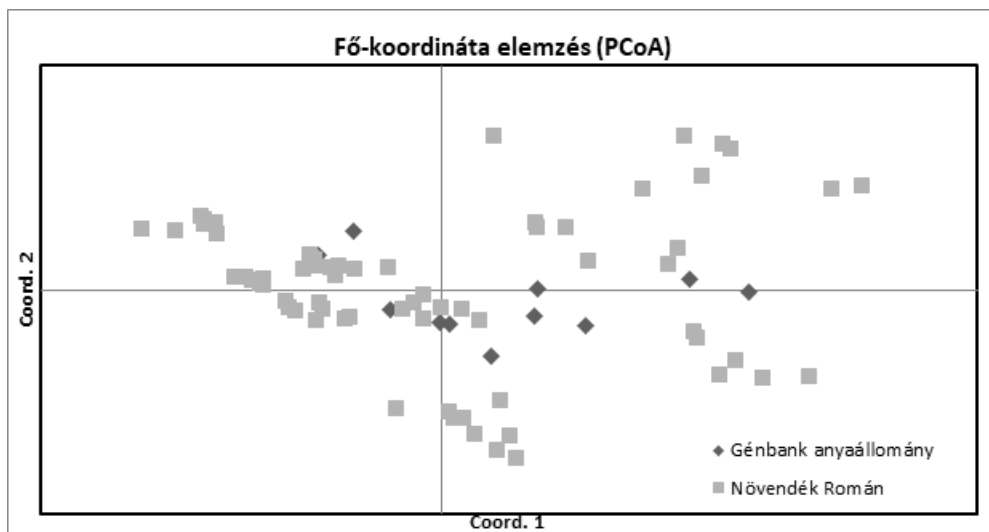
HWE: Hardy-Weinberg egyensúlytól való eltérés szignifikanciája; ns: nem szignifikáns a különbség; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$ a különbség szignifikáns.

A génbanki anyaállomány esetében (G) mindössze két lókuszon volt kimutatható szignifikáns eltérés a HWE egyensúlytól, a növendék állomány esetében a lókuszek több mint felén, azaz a nyolcból öt lókuszon volt szignifikáns az eltérés.

A heterozigózis-jellemzők felhasználásával, kiszámoltuk a fixációs indexet (Fis), amelynek segítségével a populációk differenciálódását jellemezhetjük. Teljes fixációt feltételezve, azaz kizárólag homozigóták előfordulása esetén az értéke 1 lenne.

Mind a két állományban ezek értékei alacsonynak mondhatók, öt illetve hat lókuszon pedig negatív előjelű az érték, ami heterozigóta többletre utalhat.

A főkoordináta-analízis ugyanakkor jól mutatja, hogy a két vizsgált állomány átfed, nem mutat genetikai elkülönülést. Azonban míg a génbanki anya állomány egyedei viszonylag elkülönülten helyezkednek el, addig az utódállomány egyedei között megfigyelhetők kisebb, egymáshoz közel helyeződött egyedek csoportjai, ami jelzi az egyes egyedek között fennálló nagyobb mértékű genetikai hasonlóságot. Ez feltehetően a mesterséges szaporítás következménye.



1. ábra. főkoordináta-analízis eredménye, az egyedeket leginkább szétválasztó koordináták alapján ábrázolva

Összefoglalás

A kapott eredmények hozzájárulnak a vágótok állomány genetikai variabilitásának jellemzéséhez, ezáltal a gyakorlatban is használható alapot jelentenek a faj genetikai változatosságának fenntartásához. A heterozigózis-jellemzők és a fixációs index értékei alapján kijelenthetjük, hogy a vizsgált állományokon belül viszonylag magas az egyedek közötti genetikai változatosság, nincsenek genetikai beszűkülésre, beltenyésztésre utaló jelek. Ugyanakkor a jövőben több tenyészegyed bevonásával és minél többretű kombinálásával növelhető a genetikai variabilitás és egyenletesebb genetikai eloszlás érhető el.

Az alkalmazott markerekkel egyedi genotípus adatokat kapunk, amelyek felhasználhatóak a génbanki mesterséges szaporítási munkáknál, mivel az egyedek célzott genotípus alapú kiválasztását teszik lehetővé, és alkalmasak a következő korosztály egyedek, ill. gazdaságokban fenntartott állományok jellemzésére is. Az egyedi genotípus adatok lehetővé teszik, hogy kiválaszthassuk az optimális szülőpárokat az utódok magas heterozigotizálásának fenntartásához, ezáltal kiküszöbölhető az allélvesztés, a beltenyésztés negatív hatása a tenyésztett állományokban, és detektálható a genetikai frissítés allélok szintjén. Így összességében hatékonyabban megőrizhető a genetikai sokféleség, amely egyik kulcsa a változékony környezethez történő alkalmazkodásnak, ebből következően a visszatelepítés és fajrehabilitáció sikerességéhez is nagyban hozzájárulhat.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárminisztérium „Őshonos édesvízi (nem vándorló) tokfélék állományainak megőrzésére, populációik rehabilitációjára irányuló program elméleti-, és gyakorlati megalapozása” c. HHgF/194-1/2018 sz. támogatási szerződés keretében valósult meg.

Irodalom

- Kohlmann, K.; Kersten, P.; Geßner, J. **2018**. Validation of 12 species-specific, tetrasomic microsatellite loci from the Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, for genetic broodstock management. *Aquacult Int* 26, 1365–1376.
- Gessner, J.; Freyhof, J.; Kottelat, M. **2022**. *Acipenser gueldenstaedtii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022. Available online: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T232A135063140.en> (accessed on 2 February 2023).
- Friedrich, .; Reinartz, R.; Gessner, J. **2019**. Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle-Danube River Basin. *J Appl Ichthyol.* 35, 1059–1068.
- Kovács, B.; Kovács Gy.; Fazekas, Gy. **2019**. A tokfajok genetikai háttere és erőforrásai In: Urbányi, Béla; Horváth, Ákos (szerk.) *A tokalakúak biológiája és tenyésztése*. Gödöllő, Magyarország: Vármédia Print kft, 77-107.
- Shimizu, M.; Kosaka, N.; Shimada, T.; Nagahata, T.; Iwasaki, H.; Nagai, H.; Shiba, T.; Emi, M. **2002**. 'Universal Fluorescent Labeling (UFL) Method for Automated Microsatellite Analysis', *DNA Research.* 9, 173-78.

ALTERNATÍV ÖNTÖZŐVÍZKÉNT HASZNOSÍTOTT HALNEVELŐ TELEP ELFOLYÓVIZÉNEK HATÁSA A SZEMESCIROK MAKROELEM TARTALMÁRA

KOLOZSVÁRI Ildikó¹, KUN Ágnes¹, GYURICZA Csaba²

*¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet,
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont, e-mail: kolozsvari.ildiko@uni-
mate.hu , kun.agnes@uni-mate.hu*

*²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok
Intézet, e-mail: gyuricza.csaba@uni-mate.hu*

Kivonat

A globális felmelegedés és a népességnövekedés fokozott nyomást gyakorol a megújuló természeti erőforrásokra, különösen a felszíni vízkészletekre. Az agrár-és élelmiszer-termelő szektoroknak egyre nagyobb az ivóvízigényük. Munkánk során egy intenzív üzemű afrikai harcsa halgazdaság elfolyóvizét és a Körös holtág felszíni vizét használtuk öntözésre szemescirok kultúrákban. Az öntözési kísérlet során nyomon követtük a szemtermés makroelem-tartalmának alakulását. Az első termesztési évben mindhárom fajta szemtermésében szignifikánsan magasabb nitrogén értékeket mértünk a szemtermésben. A 'GK Emese' fajtánál azt tapasztaltuk, hogy a 45 mm elfolyóvízzel öntözött minták magasabb N-tartalommal rendelkeztek. A foszfor tekintetében nem volt szignifikáns különbség a fajták és az öntözési kezelések között. Az 'Alföldi 1' és 'GK Emese' fajták viszont – különösen az utolsó két termesztési évben – jobban tudták hasznosítani az elfolyóvíz magasabb P-tartalmát. A cirok növények szemtermése magas, 3500 és 5000 mg/kg szá. közötti K-szintet mutatott. Ugyanakkor nem volt szignifikáns különbség a fajták között. Növénytermesztés tekintetében kijelenthető, hogy az alternatív vizek kiváló lehetőséget nyújthatnak a vízhiánnyal küzdő régiók számára, azonban nagy odafigyelést igényel a vízminőségi paraméterek nyomonkövetése, amelyek negatívan befolyásolhatják (talaj szikesedése, nitrát kimosódás a talajból, növények sóstressze stb.) a talaj állapotát.

Kulcsszavak: elfolyóvíz, öntözés, cirok, makroelem

Abstract

The global warming and population growth are increased pressure on renewable natural resources, especially surface water. The agricultural and food production sectors have an increasing demand for fresh water. In our work, we used effluent water from an intensive African catfish farm and surface water from the Körös oxbow lake for irrigation of grain sorghum crops. During the irrigation experiment we monitored the macroelement content of the grain crops. Significantly higher nitrogen values were

measured in grain yields of all three cultivars in the first year of cultivation. In the case of the 'GK Emese' variety, we found that samples irrigated with 45 mm effluent water had higher N content. There was no significant difference in phosphorus between varieties and irrigation treatments. However, the varieties 'Alföldi 1' and 'GK Emese' were better able to use the higher P content of runoff water, especially in the last two growing years. The grain yield of sorghum plants showed high K levels between 3500 and 5000 mg/kg dry matter. However, there was no significant difference between the varieties. In terms of crop production, it can be stated that alternative waters can provide an excellent option for water scarce regions, but great attention needs to be paid to monitoring water quality parameters that can negatively affect soil conditions (soil salinisation, nitrate leaching from soil, salt stress on crops, etc.).

Keywords: effluent water, irrigation, sorghum, macro-elements

Bevezetés

Napjainkban a legnagyobb kihívást a mezőgazdaság számára az öntözővíz ellátása jelenti, amelyet tovább fokoz az egyre gyakoribbá váló aszály jelenléte is. A klímaváltozás miatt időszakosan és regionálisan előfordulhat, hogy a felszíni édesvízkészlet nem elegendő az öntözővízigény kielégítésére (O'Connor et al. 2008). Ebben az esetben alternatív vízfelhasználásként lehetséges a kezelt kommunális szennyvizek vagy mezőgazdasági elfolyóvizek használata (Oster 1994). Az ipari szennyvízzel ellentétben a települési szennyvízforrások alacsonyabb koncentrációban tartalmaznak potenciális szennyezőanyagokat (Kestemont 1995). Az újrahasznosított víz mezőgazdasági felhasználása során figyelemmel kell kísérni azokat a környezeti változásokat, amelyek pozitív vagy negatív tulajdonságúak (WHO 2005). További alternatív öntözővízforrásként jelenhet meg az intenzív akvakultúra-rendszerek szennyvizének hasznosítása is. Mindemellett ez az elfolyóvíz gazdag szervesanyag tartalommal rendelkezik, ezért a termőterületre kijuttatott műtrágya adagok is csökkenthetők (Kolozsvári et al. 2021). Ugyanakkor figyelembe kell venni a jelentős mennyiségű szerves és szervetlen anyagcseretermékeket, és a haltakarmány-maradványok okozta lehetséges tápanyagfelhalmozódás mértékét is (Lin et al. 2002). A cirok termesztésének jelentőségét növeli, hogy nem igényel olyan intenzív növényvédelmet és tápanyag-utánpótlást, mint a kukorica. Kevésbé érzékeny a terület minőségére, eredményesen termeszthető olyan helyeken, ahol egy átlagos évben más növények kevés hasznot vagy egyáltalán nem hoznak profitot. A cirok egy széleskörűen felhasználható gabonanövény, amely a humán élelmezésben is jelentős szerepet játszik. Mindemellett takarmányként és energetikai céllal is termeszthető (Tsuchihashi és Goto 2004, Paterson 2008). Termőterületét tekintve a gabonanövények közül a kukorica, a rizs, a búza és az árpa után az ötödik helyen áll. A cirok egy C4-es fiziológiás növény, magas termőképességgel és jó szárazságtűrő képességgel. A vízigénye 500-580 mm/év és a transzspirációs együtthatója 150-250 l/kg szárazanyag (Al-Jaloud et al. 1995, Vasilakoglou et al. 2011).

Vizsgálatunk célja az intenzív üzemű afrikai harcsa halgazdaságból származó elfolyóvízzel öntözött cirokfajták növényi részeiben felhalmozódott makroelemek (nitrogén, foszfor, kálium) koncentrációjának meghatározása.

Anyag és módszer

A vizsgálat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Környezettudományi Intézet (KÖTI) Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (ÖVKI) Liziméter Telepén került beállításra 2016-2020 között. A kísérletben során a Szegedi Gabonakutató Kft. államilag elismert szemescirok fajtái közül az 'Alföldi 1', a 'Farmsugro 180', és a 'GK Emese' fajtákat használtuk. Az öntözési kísérlet során két eltérő tulajdonsággal rendelkező víztípust alkalmaztunk (Szarvas-Békésszentandrás Holt-Körös vize: 30 mm (K30), 45 mm (K45) dózisban, valamint egy intenzív afrikai harsanevelő-telep elfolyóvizét szintén 30 mm (E30), 45 mm (E45) dózisban. Mindemellett a kísérlet során egy öntözetlen kontrollt is beállítottunk (C). Heti öntözési fordulóban került kijuttatásra az öntözővíz csepegtető öntözőrendszerrel. Kezelésként három ismétléssel dolgoztunk. A szemtermés mintavétele az öntözési idény végén valósult meg, amelyek során ásványi elemanalízist végeztünk a Magyar szabványoknak (MSZ 08 1783 28-30:1985) megfelelően, különös tekintettel a nitrogén-, foszfor- és a kálium tartalomra.

Az adatok statisztikai kiértékeléséhez az IBM SPSS Statistics 25.0 szoftver egytényezős varianciaanalízisét (Tukey-teszt $p \leq 0,05$) használtuk.

Eredmények és következtetések

Növényi részek nitrogéntartalma

Az 1. táblázat három cirokfajta szemtermésének nitrogéntartalom alakulását mutatja. Az elemanalízis során kapott értékek alapján minden kezelés tekintetében évről-évre csökkenő nitrogénszint figyelhető meg. Az 'Alföldi 1' fajtánál az első termesztési évben a legmagasabb értékkel a kontroll minta (2,4 m/m%), a legalacsonyabb nitrogéntartalommal a K45-ös kezelés (1,8 m/m%) rendelkezett. A második kísérleti évben mért nitrogéntartalom minden kezelésnél közel azonos értéket mutatott. A következő két évben kapott eredmények konvergálnak, ahol látható, hogy a kontroll (C) értékek voltak a legalacsonyabbak és az elfolyó öntözővízzel öntözött minták a legmagasabb nitrogén tartamúak. Csak az első évben volt szignifikáns különbség, ahol az E45 kezelés ($p=0,005$) szignifikánsan alacsonyabb N elem tartalommal bírt a C és K30 kezelésekhez képest.

1. táblázat Az 'Alföldi 1', 'GK Emese' és a 'Farmsugro 180' cirokfajták szemtermésének nitrogéntartalom alakulása a 2016-2020 vizsgálati években

Fajta	Kezelés	2016	2017	2019	2020
Alföldi 1	K30	2,1±0,4 b	1,8±0,1 a	1,1±0,1 a	1,0±0,1 a
	K45	1,8±0,1 ab	1,8±0,2 a	1,2±0,1 a	1,1±0,1 a
	E30	1,9±0,1 ab	1,6±0,1 a	1,5±0,3 a	1,3±0,2 a
	E45	1,5±0,1 a	1,7±0,1 a	1,3±0,2 a	1,5±0,2 a
	C	2,4±0,2 b	1,8±0,1a	1,1±0,2 a	1,1±0,1 a
GK Emese	K30	1,6±0,1 a	1,6±0,2 a	1,1±0,0 a	1,1±0,3 a
	K45	1,9±0,1 ab	1,6±0,0 a	1,1±0,0 a	1,0±0,1 a
	E30	1,6±0,3 ab	1,6±0,1 a	1,2±0,0 ab	1,1±0,1 a
	E45	2,1±0,1 b	1,6±0,1 a	1,3±0,1 b	1,1±0,1 a
	C	1,9±0,1 ab	1,8±0,1 a	1,1±0,1 a	1,2±0,2 a
Farmsugro 180	K30	1,6±0,1 ab	1,5±0,1 a	1,1±0,1 a	1,0±0,1 a
	K45	1,7±0,2 ab	1,7±0,1 a	1,1±0,1 a	1,2±0,1 a
	E30	1,8±0,1 ab	1,7±0,1 a	1,3±0,2 a	1,0±0,2 a
	E45	1,4±0,1 a	1,7±0,1 a	1,2±0,0 a	1,2±0,1 a
	C	1,8±0,1 b	1,7±0,1 a	0,9±0,3 a	1,0±0,1 a

A 'GK Emese' fajtánál (1. táblázat) megállapítható, hogy a szemekben a legmagasabb N-tartalom az első termesztési évben fordult elő. A legmagasabb értéket az E45 kezelésnél (2,1 m/m%), a legalacsonyabbat a K30 mintánál (1,0 m/m%) mértük. A 2017-es termesztési évben valamennyi kezelésnél csökkenés figyelhető meg. Az ezt követő két évben mért nitrogén értékek hasonló lefutással rendelkeztek. 2016-ban és 2019-ben szignifikáns különbséget mértünk, ahol mind a két évben a 45 mm elfolyóvízzel öntözött növénymintáknál szignifikánsan magasabb nitrogéntartalmat mértünk a legalacsonyabb K30 értékekhez képest.

A 'Farmsugro 180' fajta szemtermésénél az első két tenyészévben közel azonos N-tartalmat mértünk. 2019-ben és 2020-ban a minták nitrogénszint csökkenése figyelhető meg. Jelentős különbség nem írható le, ugyanakkor az öntözött kezeléseknél magasabb N-értéket mértünk. A statisztikai kiértékelés során szignifikáns különbség az első termesztési évre volt jellemző, ahol a C kezeléshez képest az E45 kezelésben ($p=0,035$) szignifikánsan alacsonyabb N-szint koncentráció fordult elő.

Növényi részek foszfortartalma

A vizsgált időszakban az 'Alföldi 1' szemcirok fajta szemtermésében a foszforértékek 2797 és 3793 mg/kg szárazanyag (sza.) között alakultak (2. táblázat). 2016-ban a C kezelés rendelkezett a legmagasabb koncentrációval (3700 mg/kg dm), amíg a K30 kezelésé volt a legalacsonyabb (3190 mg/kg sza.). A második termesztési évben a legmagasabb foszforértéket a C kezelésnél, a legalacsonyabbat, pedig az E45 kezelésnél mértük. Az utolsó két kísérleti évben minimális csökkenés figyelhető meg, különösen a

C kezelésnél, ahol 3037 és 2797 mg/kg szá. értékeket detektáltunk. A vizsgált periódusban az utolsó év kivételével szignifikáns különbségeket mértünk. 2016-ban a C kezeléshez képest a K30 ($p=0,028$) és az E45 ($p=0,046$) kezelések szignifikánsan kevesebb foszfort tartalmaztak. A második évben az E45 ($p=0,003$), E30 ($p=0,047$) és a K45 ($p=0,049$) mintáknál mértünk szignifikánsan alacsonyabb foszfortartalmat. 2019-ben az E30 kezelés foszforértéke bizonyult a legmagasabbnak, ahol szignifikánsan kevesebb foszfort tartalmaztak a C kezelés mintái ($p=0,045$).

2. táblázat Az 'Alföldi', 'GK Emese' és a 'Farmsugro 180' cirokfajták szemtermésének foszfortartalom alakulása a 2016-2020 vizsgálati években

Fajta	Kezelés	2016	2017	2019	2020
Alföldi 1	K30	3190±277 a	3540±185 bc	3157±275 ab	2936±133 a
	K45	3323±228 ab	3357±80 ab	3130±130 ab	3083±220 a
	E30	3480±122 ab	3354±31 ab	3753±520 b	3440±320 a
	E45	3243±60 a	3160±190 a	3313±183 ab	3290±437 a
	C	3793±235 b	3703±67 c	3037±240 a	2797±349 a
GK Emese	K30	3410±113 a	3097±230 a	2547±118 a	2680±261 a
	K45	3550±75 ab	3260±118 a	2972±203 a	2740±193 a
	E30	3563±181 ab	3330±114 a	2957±197 a	3020±46 a
	E45	3373±146 a	3307±153 a	3537±216 b	2950±131 a
	C	3943±275 b	3487±245 a	2723±245 a	2957±31 a
Farmsugro 180	K30	2733±51 ab	3127±50 a	3583±295 b	2797±99 ab
	K45	2683±91 ab	3363±259 a	3183±155 a	2850±101 ab
	E30	2783±57 ab	3097±72 a	3053±159 a	2630±142 a
	E45	2433±116 a	3233±136 a	3053±361 a	2973±85 b
	C	2987±261 b	3217±74 a	3323±144 a	2877±182 ab

A kísérlet során a 'GK Emese' fajta szemtermésének foszforértéke 2547-3943 mg/kg szá. között alakult (2. táblázat). Az első termesztési évben az E45-ös kezelés rendelkezett a legalacsonyabb P értékkel, a C kezelés pedig a legmagasabbal. A mért értékek közötti különbség meghaladta a 600 mg/kg szá.-t. A 2017-es évet kiegyenlített értékek jellemezték. Az utolsó két évben a foszfor szint csökkenése figyelhető meg, ahol a K30 kezelésnél volt a legalacsonyabb és az E45 kezelésnél a legmagasabb a koncentráció. 2017-ben és 2020-ban nem volt szignifikáns különbség a kezelések között. Ugyanakkor 2016-ban az E45 ($p=0,015$) és a K30 ($p=0,023$) kezelések szignifikánsan kevesebb foszfort tartalmaztak, mint a C kezelés. Mindemellett 2019-ben az E45-ös kezelésben mértünk szignifikánsan több foszfort.

A 'Farmsugro 180' fajtánál az első kísérleti évben mértük a legalacsonyabb foszforértékeket (2. táblázat). 2016-ban a legmagasabb értékkel a C kezelés (2987 mg/kg dm), amíg a legalacsonyabbal az E45 kezelés (2430 mg/kg dm) rendelkezett. A következő két kísérleti évben az értékek emelkedő tendenciát mutatnak. 2020-ban azonban foszfor szint csökkenést figyeltünk meg. A 2017-es év kivételével az alkalmazott kezelések között szignifikáns különbségek mutatkoztak. 2016-ban a C kezelés értékéhez képest

szignifikánsan alacsonyabb koncentrációt mértünk az E45 ($p=0,004$) mintánál. 2019-ben a K30 ($p=0,043$) minta szignifikánsan több foszfort tartalmazott a többi kezeléshez képest. Az utolsó évben szignifikánsan alacsonyabb foszfortartalom az E30 ($p=0,048$) kezelést jellemezte.

Növényi részek káliumtartalma

Az 'Alföldi 1' fajta szemtermésének kálium (K) szintje a termesztés első évében 4020-5000 mg/kg szá. között mozgott (3. táblázat). A legalacsonyabb értékű a K30, a legmagasabb az E45 kezelés volt. 2017-ben minden kezelésnél csökkent a káliumszint. Ezt követően az utolsó két termesztési évben közel azonos tendenciát mutattak az értékek, ahol a K30 kezelésnél magasabb káliumszintet mértünk. Az első két kísérleti évben szignifikáns különbségek mutatkoztak a kezelésekek között. 2016-ban az E45 ($p=0,044$) kezelés szignifikánsan több káliumot tartalmazott, mint a K30, K45 és az E30 kezelésekek. A következő évben a C kezeléshez képest az E30 ($p=0,016$) minták szintén szignifikánsan kevesebb K elemtartalommal rendelkeztek.

3. táblázat Az 'Alföldi 1', 'GK Emese' és a 'Farmsugro 180' cirokfajták szemtermésének káliumtartalom alakulása a 2016-2020 vizsgálati években

Fajta	Kezelés	2016	2017	2019	2020
Alföldi 1	K30	4020±741 a	3887±220 ab	4370±446 a	4687±118 a
	K45	4163±96 a	3787±35 ab	4290±193 a	4253±284 a
	E30	4230±173 a	3643±76 a	4623±402 a	4260±115 a
	E45	5000±240 b	3827±143 ab	4170±380 a	3987±171 a
	C	4670±419 ab	4063±70 b	4090±140 a	4133±149 a
GK Emese	K30	4063±204 a	3503±251 a	3510±165 a	3723±67 a
	K45	3843±407 a	3403±55 a	3840±215 a	3453±250 a
	E30	3967±385 a	3473±165 a	3693±255 a	3577±239 a
	E45	4267±38 a	3427±114 a	4043±150 a	3923±565 a
	C	4090±147 a	3653±76 a	3580±282 a	3560±239 a
Farmsugro 180	K30	4013±266 a	3583±55 a	4383±276 b	3830±220 ab
	K45	4043±142 a	3490±140 a	3767±21 ab	4053±252 b
	E30	3957±234 a	3707±140 a	3533±183 a	3677±200 ab
	E45	4003±188 a	3477±352 a	3633±352 a	3470±70 a
	C	4220±315 a	3557±49 a	4133±224 ab	3547±188 ab

A 'GK Emese' fajta esetében magasabb K szintet mutattunk ki a mintákban, ami a termesztés első évében 3843 és 4266 mg/kg szá. között alakult (3. táblázat). 2017-ben a szemtermés káliumtartalma hasonló tendenciát mutatott a többi fajtához, ahol minimális csökkenést figyeltünk meg. Az utolsó két termesztési évben a kezelésekek K szintjei közel azonos értékekkel rendelkeztek. A legmagasabb értékeket mindkét évben az E45 kezelésnél mértük. A statisztikai kiértékelés során a vizsgált termesztési években nem volt szignifikáns különbség a kezelésekek között.

A 'Farmsugro 180' fajtára is jellemző, hogy a mintákat az első évben emelkedett K szint jellemezte (3. táblázat). 2017-ben a káliumszint 3490-3583 mg/kg sza. között mozgott. A 2019-es és 2020-as minták jelentős eltérést mutattak. Az E30 ($p=0,010$) és az E45 ($p=0,021$) kezelések szignifikánsan kevesebb K-t tartalmaztak a 2019-es legmagasabb K30 értékhez képest. Az utolsó évben az E45 ($p=0,029$) szignifikánsan kevesebb K értékkel rendelkezett, mint a legmagasabb K45 kezelés.

Összefoglalás

A cirok nitrogéntartalmának növekedése egyenesen arányos a magasabb nyersfehérjetartalommal, ami nagyobb beltartalmi értékkel rendelkező takarmány előállítását eredményezi. Az alacsony nitrogénellátottság befolyásolja a növények élettani folyamatát, megváltozik a szemtermés makrotápanyag tartalma, kiváltképp a Ca, Mg és S aránya (Campos et al. 2021). Az első termesztési évben mindhárom fajta esetében szignifikánsan magasabb nitrogén értékeket mértünk a szemtermésben. A 'GK Emese' fajtánál esetében azt tapasztaltuk, hogy a 45 mm elfolyóvízzel öntözött minták magasabb N-tartalommal rendelkeztek.

A foszfor felvétele a vegetatív szervek fejlődése során a legjelentősebb, ugyanakkor a vegetációs periódus során sem elhanyagolható a mértéke. Közvetlen szerepe a magképződés során van, valamint az oldott állapotban lévő foszfort a növény több formában is képes felvenni (Malhotra et al. 2018). A nitrogén és a foszfor fiziológiai hatásukat tekintve egymás antagonistái, ahol az N a vegetatív szervek növekedését, míg a foszfor a generatív szervek megjelenését és a termés érését serkenti (Gordon W.B és Whitney D.A. 2000). A foszfor tekintetében nem volt szignifikáns különbség a fajták és az öntözéses kezelések között. Az 'Alföldi 1' és 'GK Emese' fajták viszont – különösen az utolsó két termesztési évben – jobban tudták hasznosítani elfolyóvíz magasabb P-tartalmát.

A kálium a növények növekedéséhez elengedhetetlen, valamint a növényi szervekben az egyik leggyakrabban előforduló kation. Más elemekkel ellentétben, mint például a nitrogén, a foszfor, a magnézium, a kalcium vagy a kén, a kálium nem épül be a szervesanyagokba. Idővel az idősebb szervek K-tartalma csökkenő tendenciát mutat (Marschner H. és Marschner P. 2012). A kísérletben a cirok növények szemtermése magas, 3500 és 5000 mg/kg sza. közötti K szintet mutatott. Ugyanakkor nem volt szignifikáns különbség a fajták között. A Na^+/K^+ aránya tekinthető a növények sótűrő képességének alapjául, amely a sótartalom növekedésével egyenes arányban növekszik (Chhipa B. és Lal P. 1995). Ahman és munkatársai (2002) és Iqbal és munkatársai (2006) vizsgálataik szerint a magasabb sótartalommal rendelkező öntözővíz nem csökkentette a K^+ felhalmozódását a növényi szervekben.

Növénytermesztés tekintetében kijelenthető, hogy az alternatív vizek kiváló lehetőséget nyújthatnak a vízhiánnyal küzdő régiók számára, azonban nagy odafigyelést igényel a vízminőségi paraméterek nyomonkövetése, amelyek negatívan befolyásolhatják (talaj szikesedése, nitrát kimosódás a talajból, növények sóstressze stb.) a talaj állapotát.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát az Agrárminisztérium OD001 számú determinációs témája támogatta.

Irodalom

- Ahman, S.; Islam Khan, N.; Iqbal, M.Z.; Hussain, A.; Hassan, M. **2002**. Salt Tolerance of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian J. Plant Sci.* 1, 715–719.
- Al-Jaloud, A.A.; Hussain, G.; Al-Saati, A.J.; Karimulla, S. **1995**. Effect of Wastewater Irrigation on Mineral Composition of Corn and Sorghum Plants in a Pot Experiment. *J. Plant Nutr.* 18, 1677–1692.
- Campos, F.S.; Araújo, G.G.L.; Simões, W.L.; Gois, G.C.; Machado Guimarães, M.J.; da Silva, T.G.F.; Rodrigues Magalhães, A.L.; Oliveira, G.F.; de Almeida Araujo, C.; Silva, T.S.; **2021**. Mineral and Fermentative Profile of Forage Sorghum Irrigated with Brackish Water. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 52, 1353–1362
- Chhipa, B.; Lal, P. **1995**. Na/K Ratios as the Basis of Salt Tolerance in Wheat. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 46, 533.
- Gordon, W.B.; Whitney, D.A. **2000**. Effects of Phosphorus Application Method and Rate on Furrow-irrigated Ridge-tilled Grain Sorghum. *J. Plant Nutr.* 23, 23–34.
- Iqbal, N.; Ashraf, M.Y.; Javed, F.; Martinez, V.; Ahmad, K. **2006**. Nitrate Reduction and Nutrient Accumulation in Wheat Grown in Soil Salinized with Four Different Salts. *J. Plant Nutr.* 29, 409–421.
- Kestemont, P. **1995**. Different Systems of Carp Production and Their Impacts on the Environment. *Aquaculture* 129, 347–372.
- Kolozsvári, I.; Kun, Á.; Jancsó, M.; Bakti, B.; Bozán, C.; Gyuricza, C. **2021**. Utilization of Fish Farm Effluent for Irrigation Short Rotation Willow (*Salix alba* L.) under Lysimeter Conditions. *Forests*. 12, 457.
- Lin, Y.-F.; Jing, S.-R.; Lee, D.-Y.; Wang, T.-W. **2002**. Nutrient Removal from Aquaculture Wastewater Using a Constructed Wetlands System. *Aquaculture*. 209, 169–184
- Malhotra, H.; Vandana; Sharma, S.; Pandey, R. Phosphorus **2018**. Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. In *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*; Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., Hawrylak-Nowak, B., Eds.; Springer: Singapore. 171–190.
- Marschner, H.; Marschner, P. **2012**. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd ed.; Elsevier: London, UK; Academic Press: Waltham, MA, USA
- O'Connor, G.A.; Elliott, H.A.; Bastian, R.K. **2008**. Degraded Water Reuse: An Overview. *J. Environ. Qual.* 37, S-157–S-168.
- Oster, J.D. **1994**. Irrigation with Poor Quality Water. *Agric. Water Manag.* 25, 271–297.
- Paterson, A.H. **2008**. Genomics of Sorghum. *Int. J. Plant Genom.*, 1362451.
- Tsuchihashi N.; Goto Y. **2004**. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia *Plant Prod. Sci.* 7, 442–448.
- Vasilakoglou, I.; Dhima, K.; Karagiannidis, N.; Gatsis, T. **2011**. Sweet Sorghum Productivity for Biofuels under Increased Soil Salinity and Reduced Irrigation. *Field Crops Res.* 120, 38–46.
- WHO. A Regional Overview of Wastewater Management and Reuse in the Eastern Mediterranean Region; CEHA, **2005**. Elérhető online: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/116463/dsa759.pdf> (Hozzáférés: 2023. 04. 21.).

HALNEVELŐ TELEP ELFOLYÓVIZÉVEL ÖNTÖZÖTT SILÓCIROK ÁLLOMÁNY CUKORTARTALMÁNAK ALAKULÁSA

KOLOZSVÁRI Ildikó¹, KUN Ágnes¹, GYURICZA Csaba²

¹*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet,
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont, e-mail: kolozsvari.ildiko@uni-
mate.hu , kun.agnes@uni-mate.hu*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok
Intézet, e-mail: gyuricza.csaba@uni-mate.hu*

Kivonat

Az éghajlatváltozás világszerte jelentős negatív hatással van a vízkészletek minőségére és elérhetőségére, az élelmezésbiztonságra és az emberi egészségre. Globális szinten az édesvízkivétel 70 %-át a mezőgazdaság hasznosítja. Az időszakosan jelentkező aszályhelyzet és a vízhiány miatt új vízkészletek felkutatására van szükség, amely során alternatív megoldást nyújthat a kommunális szennyvizek és a haltermelő gazdaságok elfolyóvizének öntözéses hasznosítása a különböző szántóföldi kultúrákban. Vizsgálataink célja egy intenzív üzemű afrikai harcsanevelő telep elfolyóvizének öntözéses hasznosítása silócirok kultúrában, különös tekintettel a cukortartalom alakulására. Munkánk során öt kezelést állítottuk be, ahol heti öntözéssel csepegtető öntözőrendszerrel juttattuk ki a növényállományba az elfolyóvizet (E30, E45) és a Körös Holtág felszíni vizet (K30, K45) 30 és 45 mm dózisban. Mindemellett egy öntözetlen kontroll (C) is beállításra került. A cukortartalom meghatározás betakarításkor történt a szárrész 3. internódiumból. Az eredmények alapján sem az elfolyóvizet, sem pedig a Körös Holtág vize nem gyakorolt negatív hatást a cukortartalom alakulására. Azonban a fajták szárlé cukortartalma szignifikánsan különbözött, melynek oka a különböző fitotómiai és fitohisztológiai tulajdonságaikra vezethető vissza.

Kulcsszavak: elfolyóvíz öntözés, silócirok, cukortartalom, Brix (%)

Abstract

Climate change has significant negative impacts on the quality and availability of water resources, food security and human health worldwide. Globally, agriculture accounts for 70% of freshwater withdrawals. Periodic droughts and water scarcity call for the exploration of new water resources, with the alternative use of municipal wastewater and fish farm reused water for irrigation in various arable crops. The aim of this study is to investigate the irrigation of effluent water from an intensive African catfish farm in silage sorghum culture, with special emphasis on the development of sugar content. Five treatments were set up, where weekly drip irrigation was applied to the crop with effluent water (E30, E45) and surface water from the oxbow lake Körös (K30, K45)

at 30 and 45 mm doses. In addition, an unirrigated control (C) was set up. Sugar content was determined at harvest from internode 3 of the stem section. The results showed that neither the effluent water nor the water of the Körös Holtág had a negative effect on the sugar content. However, the sugar content of the stem juice of the varieties differed significantly, which could be attributed to their different anatomy and phytohistological characteristics.

Keywords: effluent water irrigation, silage sorghum, sugar content, Brix (%)

Bevezetés

Az éghajlatváltozás világszerte jelentős negatív hatással van a vízkészletek minőségére és elérhetőségére, az élelmezésbiztonságra és az emberi egészségre. Az édesvízkészletek szűkösségét többek között a népesség növekedése, az urbanizáció, az egy főre jutó vízfogyasztás, a vízszennyezés és a klímaváltozás befolyásolja. Becslések szerint világviszonylatban összesen 1,2 milliárd ember él vízhiánnyal küzdő régiókban, további 1,6 milliárd pedig vízhiányos területeken (FAO 2012).

Globálisan az édesvízkivétel 70 %-át a mezőgazdaság hasznosítja, amely az elmúlt évszázadban 100%-os növekedést mutatott. Az ipar a rendelkezésre álló édesvizek 19%-át használja, ami pedig az elmúlt évszázadban a háromszorosára nőtt. Az 1960-as évek óta a népesség több mint 4 milliárddal nőtt, melynek következtében a vízfelhasználás 600%-kal lett magasabb (Ungureanu et al. 2020). Számítások szerint jelenleg a teljes mezőgazdasági terület 20%-a öntözött, ami a teljes élelmiszertermelés 40%-át adja (FAO 2020).

A szennyvízhasználat egyik pozitív hatása a mezőgazdasági költségek csökkenése. Az ilyen típusú vízforrások egész évben használhatók, bizonyos területeken mennyiségi korlátozás nélkül (Jimenez. 2006, Khater et al. 2015). Az időszakosan jelentkező aszályhelyzet és a vízhiány miatt új vízkészletek felkutatására van szükség. Alternatív megoldást nyújthatnak például a kommunális (Soltani et al. 2017) és a halgazdaságokból származó szennyvizek (Castro et al. 2006) öntözéses hasznosítása. A halfeldolgozó ipart a termelési szakaszokban nagy mennyiségű vízfelhasználás jellemzi, melynek köszönhetően jelentős mennyiségű szennyvíz keletkezik (Melo Riberio et al. 2019). Az ilyen típusú szennyvizek nagy mennyiségben tartalmaznak szervesanyagokat és metabolitokat, amelyek öntözéses használata során termélnövelő hatása figyelhető meg szemescirok kultúrában (Kolozsvári et al. 2022).

A cirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) fajtától függően széleskörűen felhasználható gabonanövények csoportjába tartozik. Különösen a cukorcirok halmoz fel cukrokban gazdag levét a szárban, amely lehetővé teszi a bioetanol előállítását, barna cukor és melasz képzését. A növény többi része pedig takarmányként használható fel (Dar et al. 2008).

Vizsgálatunk célja egy intenzív üzemű afrikai harcsanevelő telep elfolyóvizének öntözéses hasznosítása silócirok kultúrában, különös tekintettel a cukortartalom alakulására.

Anyag és módszer

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Környezettudományi Intézet (KÖTI) Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (ÖVKI) szarvasi Liziméter Telepén állítottuk be 2020-ban. Szarvas a Dél-Alföldi régió egyik legmelegebb és legszárazabb települése. Az éghajlati adottságokból eredően nagy az éves és napi hőmérséklet ingadozás, a késő tavaszi és kora őszi fagyok megjelenése, a magas napfény- és az alacsony páratartalom, valamint az ingadozó csapadékeloszlás. A kísérleti terület talajvizsgálati besorolása Vertisol, amely semleges pH-val, alacsony összes karbonát- és szerves széntartalom jellemzi. A makroelem ellátottság a foszfor (P) és a kálium (K) tekintetében magas, a nitrogén (N) pedig közepes tartományban helyezkedik el. A terület szikesedésre nem hajlamos, mivel a vezetőképessége és nátrium koncentráció értékei a normál tartományban mozognak (Kolozsvári et al. 2022).

Az vizsgálathoz két különböző kémiai összetétellel rendelkező öntözővizet alkalmaztunk (1. táblázat). A növényállomány öntözéséhez víztakarékos csepegtető öntözőberendezést használtunk 30 és 45 mm öntözővízadagok kijuttatása mellett. A elfolyóvíz egy intenzív üzemű afrikai harcsa halgazdaság kezeletlen szennyvize (E30, E45). A halnevelés során a medencék feltöltéséhez szükséges magasabb hőfokú vizet termálvíz kutak biztosítják, melynek köszönhetően az elfolyóvíz magasabb nátriumtartalommal rendelkezik (1. táblázat). A második öntözővíz a Körös Holtág vize volt (K30, K45). Továbbá egy öntözetlen kontrollt (C) is beállítottunk.

1. táblázat A vizsgálat során használt öntözővíz típusok kémiai paraméterei (Kolozsvári et al. 2022)

Öntözővíz típus	Vezetőképesség (µS/cm)	Ammónium nitrogén (mg/L)	Nitrogén (mg/L)	Foszfor (mg/L)	Kálium (mg/L)	Nátrium (mg/L)	SAR *
Szennyvíz	1307	22,5	29,2	3,9	6,4	275,5	12,1
Körös Holtág vize	371	0,6	2,1	0,2	4	31,2	1,2

Megjegyzés: SAR*= nátrium adszorpciós arány

A kutatás során használt növényanyagként a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. három államilag elismert silócirok fajtáját ('GK Áron', 'GK Balázs', 'GK Erik') használtuk.

A betakarítás időpontja a silócirok magjának viaszérett állapotában történt. Minden kezelésnél a cukortartalom vizsgálat a cirokszár 3. internódiumából valósult meg egy digitális kézi refraktométer műszerrel (Reichert AR 200 típus). A refraktométer alkalmas az áttetsző oldatok és présnedvek szárazanyag vizsgálatára, amely segítségével közvetlenül meghatározható a cukortartalom. A minták vizsgálata először a refraktométer kalibrálásával kezdődött, amihez desztillált vizet használtunk. A növényminták kiválasztása minden fajta és kezelés esetében megegyezett. Az analízishez szükséges növényi présnedv mennyiségét manuálisan juttattuk a refraktométer prizmájára. A mérőműszer által mért eredményt rögzítettük és desztillált vízzel átmostuk a műszer érzékelőjét. Mind a három fajtánál a méréseket kezelésenként hat ismétléssel végeztük el.

A statisztikai kiértékeléshez az IBM SPSS Statistics 25.0 szoftvert használtuk. A különböző fajták és öntözési kezelések közötti szignifikáns különbségeket az egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) határoztuk meg, ahol a Tukey-tesztet $p \leq 0,05$ értéknél tekintettük szignifikánsnak.

Eredmények és következtetések

A 'GK Áron' fajta cukortartalma 15,7 és 17,0 % között alakult (2. táblázat). A legalacsonyabb értékkel az E45 kezelés, a legmagasabb cukortartalommal az E30 minta rendelkezett. A Körös Holtág vizével öntözött minták cukortartalma kiegyenlített értékkel rendelkezett, melyek a kontroll mintákhoz képest alacsonyabbnak bizonyult. A statisztikai kiértékelés során a kezelések között nem mutatkozott szignifikáns eltérés a cukortartalom alakulásában.

2. táblázat A cukortartalom (Brix (%)) alakulása a 'GK Áron', a 'GK Balázs' és a 'GK Erik' cirokfajták esetében

	K30	K45	E30	E45	C
GK Áron	16,0±1,5 a	16,0±1,9 a	17,0±0,9 a	15,7±1,4 a	16,5±0,9 a
GK Balázs	18,6±1,5 a	17,3±1,6 a	17,0±1,9 a	18,0±1,5 a	17,7±1,6 a
GK Erik	19,4±1,5 a	19,4±1,5 a	20,1±0,7 a	19,2±1,3 a	19,9±1,3 a

A 'GK Balázs' fajtánál magasabb cukorértékeket detektáltunk, ami 17,0 és 18,6 Brix % között mozogtak (2. táblázat). A legalacsonyabb cukortartalmat az E30 kezelésnél, a legmagasabbat pedig a K30-as mintánál mértünk. Az öntözetlen kontrollhoz képest, amely 17,7 %-kal rendelkezett az E45 és a K30 kezelésben mértünk magasabb értékeket, azonban ez statisztikailag nem volt igazolható.

A harmadik 'GK Erik' cirokfajtánál mértük a legmagasabb relatív cukortartalmat, ahol az értékek 19,2-20,1 % között alakultak (2. táblázat). Ez esetben a legalacsonyabb értéket az E45 kezelés vette fel, amíg a legtöbb cukortartalmat az E30 kezelés tartalmazta. Ugyanakkor ebben az esetben is megállapítható, hogy a statisztikai vizsgálat nem mutatott szignifikáns különbséget a fajták között.

A fajták összehasonlításakor a legkevesebb cukortartalommal rendelkező 'GK Áron' fajtához képest szignifikánsan több ($p < 0,001$) cukor lokalizálódott a 'GK Balázs' és a 'GK Erik' fajták szárába.

Összefoglalás

Vizsgálatunk célja volt meghatározni az intenzív üzemű halnevelő telepről származó elfolyóvízzel öntözött silócirok fajták cukortartalmának alakulását.

Almodares és munkatársai (1996) megfigyelték, hogy a Brix-tartalom a vízterhelés növekedésével nő, amely során a cirok Brix-tartalma 14,3-22,8 % között változott. Azonban vizsgálatunk során az általuk használt fajtákkal a Brix-érték növekedését nem tapasztaltuk. May et al. (2012) arról számoltak be, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható cirokfajták Brix-értékei 15-19 % között mozogtak. Vasilakoglou et al. (2011)

a cirok Brix-tartalmát fajtától függően 10,1-14,4 % közötti tartományban mérték. Tardin et al. (2012) a cirok Brix-tartalmát 13,6 %-ban és 17,8 %-ban határozták meg, míg Silva et al. (2016) azt állapította meg, hogy a Brix-értékek 19,47 és 23,41 % között változtak. A cirok Brix-tartalmát befolyásolja a nap hossza, a napsütéses órák száma és a sugárzása, a fajták (Almodares et al., 1996; Vasilakoglou et al., 2011), valamint a növényben lévő víz mennyisége (May et al., 2012).

Termesztéstechnológiai szempontból kijelenthető, hogy a vizsgálathoz használt alternatív öntözővízforrásként szolgáló intenzív üzemű afrikai harcsanevelő telep elfolyóvíze megoldást nyújthat vízhiány esetében silócirok termesztéséhez, mivel nem okozott cukorszint csökkenést sem a Körös Holtág vizével öntözött mintákhoz képest, sem pedig az öntözetlen minták Brix (%) értékéhez képest.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát az Agrárminisztérium OD001 számú determinációs témája támogatta.

Irodalom

- Almodares, A.; Aghamiri, A.; Sepahi, A. **1996**. Effects of the amount and time of nitrogen fertilization on carbohydrate contents of three sweet sorghum cultivars *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 10, pp. 56-60
- Castro, R.S.; Azevedo, C.M.B.; Bezerra-Net, F. **2006**. Increasing yield of cherry tomato using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Sci Hortic.* 110(1), 44–50
- Dar, R.A.; Dar, E.A.; Kaur, A.; Phutela, U.G. **2018**. Sweet sorghum—a promising alternative feedstock for biofuel production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 82, 4070–4090.
- Melo Ribeiro, F.H.; Naval, L.P. **2019**. Reuse alternatives for effluents from the fish processing industry through multi-criteria analysis. *J Clean Prod.* 227, 336–345
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) **2012**. Coping with Water Scarcity—An Action Framework for Agriculture and Food Security; FAO Water Reports 38; FAO: Rome, Italy
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) **2020**. Irrigation Management—Factsheet; FAO: Rome, Italy. Online elérhető: <http://www.fao.org/3/a-i4591e.pdf>
- Jimenez, B. **2006**. Irrigation in developing countries using waste water. *Int Rev Environ Strateg.* 6(2), 229–250
- Khater, E.G.; Bahnasawya, A.H.; Shamsa, A.E.S. **2015**. Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. *Ecol Eng.* 83, 199–207
- Kolozsvári, I.; Kun, Á.; Jancsó, M.; Palágyi, A.; Bozán, Cs.; Gyuricza Cs. **2022**. Agronomic Performance of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivars under Intensive Fish Farm Effluent Irrigation. *Agronomy.* 12(5), 1185. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051185>
- May, A.; Duraes, F.O.M.; Pereira Filho, I.A.P.; Schaffert, R.E.; Parrella, R.A.C. **2012**. Sistema Embrapa de produção agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol Sistema BRS1G-Tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas”, EMBRAPA Milho e Sorgo, 120 p
- Silva, K.M.J.; Aspiazu, I.; Portugal, A.F.; Oliveira, R.M.; Oliveira, P.M.; Santos, S.R.; Alves, J.A.A. **2016**. Determination of soil water tension for irrigation management of sweet sorghum Semina: *Ciencias Agrarias, Londrina*, 37 (3), 1189-1200
- Soltani, V.; Jafari, A.; Kalami, K.; Vazifeshenas, M.M. **2017**. Effect of diluted saline water on some vegetative and physiological traits of pomegranate rooted cutting cv. Malas-e Yazdi. *J Plant Prod Res.* 24(3), 1–11

- Tardin, F.D.; Casasanta, E.C.; Parrella R.A.C.; Silva, A.F.; Baldoni, A.B.; Souza, M.C.; Botin, A.A.; Zanatto, I.B.; Ramos Junior, E.U.; Schaffert, R.E. **2012**. Desempenho agronomico de genotipos de sorgo sacarino cultivados em Sinop-MT na safra 2011/12 Congresso Nacionalde Milho E Sorgo, 29., 2012, Aguas De Lindoia, Anais. Aguas De Lindoia: ABMS. 2389-2395
- Ungureanu, N.; Vlăduț, V.; Voicu, G. **2020**. Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. *Sustainability*. 12(21), 9055.
- Vasilakoglou, I.; Dhimab, K.; Karagiannidis, N.; Gatsis, T. **2011**. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation Field Crops Res. 120 (1), 38-46

A FEJES DOMOLYKÓ (*SQUALIUS CEPHALUS*) INDUKÁLT SZAPORÍTÁSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA

**NAGY Borbála¹, BOKOR Zoltán¹, CSORBAI Balázs¹, MOLNÁR József¹,
BARTUCZ Tamás¹, GYURCSÁK Márk¹, LÁNG Levente Zete¹, CSÓKÁS
Endre¹, HEGYI Árpád¹, URBÁNYI Béla¹, BERNÁTH Gergely¹**

¹*Halgazdálkodási Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
e-mail: nagy.borbala.3@phd.uni-mate.hu*

Kivonat

Kísérletünk célja két hormonkészítmény hatásának vizsgálata a friss és mélyhűtött domolykó sperma minőségére vonatkozóan (4 °C történő, 6 órás tárolási kísérlet a felolvasztást követően). Munkánk során továbbá összehasonlítottuk két, nagy mennyiségű sperma mélyhűtésére alkalmas eszköz (5 ml-es műszalma és 4 ml-es kriocső) alkalmazhatóságát. Szaporítási kísérletben megvizsgáltuk két fagyasztási módszer (polisztirol hűtőkeret és programozható fagyasztó berendezés-CRF) eredményességét, mely során friss és a kétféle eljárással fagyasztott spermával végeztünk termékenyítést. Második szaporítási kísérletünkben optimalizáltuk a hígítási arányt a fagyasztás során és termékenyítést hajtottunk végre friss és nagy mennyiségben fagyasztott domolykó hímivartermék alkalmazásával. A spermaminták vizsgálata során három különböző mozgási paramétert rögzítettünk (számítógépes spermavizsgáló rendszer, pMOT %, VCL $\mu\text{m/s}$, LIN %), a szaporítási kísérletekben továbbá, meghatároztuk a kelési arányt. Az Ovopel és a hipofízis hormonkezelés hasonló minőségű spermát eredményezett a fejest követően. A domolykó sperma jelentős érzékenységet mutatott a felolvasztást követő tárolás során. Az 5 ml-es műszalmában, illetve a 4 ml-es kriocsőben mélyhűtött minták között nem rögzítettünk szignifikáns különbséget a pMOT, VCL és LIN paraméterek esetében. A kereten, illetve a CRF-ben mélyhűtött spermamintákkal történő szaporítás során a kelési arányban a két mélyhűtési módszer között nem mutatkozott szignifikáns különbség. A második szaporítás során hasonló kelési arányt figyeltünk meg a friss és a mélyhűtött mintákkal történő termékenyítést követően. Vizsgálataink minden tekintetben úttörőnek tekinthetők a faj spermamélyhűtés módszerének fejlesztése vonatkozásában.

Kulcsszavak: hormonális indukció, domolykó sperma motilitás, olvasztást követő tárolás, nagy mennyiségű spermamélyhűtés, kelési arány

Abstract

This study aimed to compare the effects of two different hormonal agents on various motility parameters of fresh, cryopreserved, and post-thaw chilled stored sperm. Additionally, we sought to develop a novel, large-scale cryopreservation method for chub sperm, assessing freezing methods and different containers for sperm cryopreservation. The results of this study indicated no significant difference between the carp pituitary extract and Ovopel-treated groups in either the fresh or frozen/thawed sperm (at 0, 3, and 6, hour post thawing). In contrast, the quality of the thawed chub sperm was negatively affected after 3 hours of chilled storage with both hormonal treatments. When assessing the motility parameters of the sperm between the 5 mL straw and 4 mL cryotube groups cryopreserved in a Styrofoam Box, no significant difference was observed. Additionally, sperm loaded in 4 mL cryotubes showed no significant difference in motility when cryopreserved with either the Styrofoam box or controlled-rate freezer methods. A high hatching rate was observed in sperm preserved using the Styrofoam box and controlled rate freezer procedures. In a second fertilization trial, a similar high hatching rate with no significant difference was assessed between the control and cryopreserved groups. Our findings indicate that Ovopel can be a good candidate for stimulating spermiation in chub sperm before cryopreservation. For the first time, our study presents a novel and applicable method for the large-scale cryopreservation of chub sperm.

Keywords: hormonal induction, chub sperm motility, post-thaw storage, large-scale sperm cryopreservation, hatching rate

Bevezetés

A magyar természetesvízi halgazdálkodás céljai az elmúlt évtizedekben jelentősen átalakultak. Míg korábban elsősorban a lehalászott halhús mennyiségének növelése volt az elsődleges szempont, addig napjainkra előtérbe kerültek a fenntarthatósági és ökológiai szempontok, valamint a rekreációs célú hasznosítás is. A célok változásával párhuzamosan átalakult a népesítő anyag igény is: egyre nagyobb szerepet kapnak az eddig nem, vagy csak ritkán szaporított, elsősorban horgászati szempontból jelentős fajok, így a domolykó is (Bartucz et al. 2020). A monitoring vizsgálatok alapján a domolykó magyarországi állománya stabilnak tekinthető, azonban az elmúlt évtizedekben egyes területekről az antropogén hatások következtében állománya lecsökkent, eltűnt. Ezzel párhuzamosan horgászati jelentősége egyre nő, nem csak hazánkban, hanem egész elterjedési területén (Weipert et al. 2021). Az elmúlt két évtizedben számos fajban megkezdődött a nagy mennyiségben történő spermamélyhűtési technológiák kidolgozása, mely alkalmas lehet a keltetőházi igények (szaporítási igények) kiszolgálására (Várkonyi 2021). A módszer kulcsszerepet játszhat a természetes populációk visszatelepítésében, illetve génmegőrzésében. A tenyésztett vagy természetben előforduló állományokból begyűjtött sperma fagyasztása részét képezi a biológiai és genetikai diverzitás fenntartásának. Továbbá, hozzájárulhat a horgászok által kedvelt halfajok természetes egyedszámának növeléséhez (Bernáth et al. 2021).

Anyag és módszer

A kísérleteket a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának „Különböző halfajok spermaminősítési és -mélyhűtési technológiájának kutatási, ökológiai, horgászati génmegőrzési és üzemi fejlesztése” engedélyével (Iktatószám: MATE-SZIC/1742-1/2022) végeztük.

Az Ipoly folyóról származó anyaállomány (tejes: $N=27$, standard hosszúság: 24 ± 9 cm, átlagos testtömeg: 350 ± 350 g; ikrás: $N=20$, standard hosszúság: 36 ± 3 cm, átlagos testtömeg: 918 ± 269 g) tartása a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék recirkulációs halnevelő rendszerében történt ($T: 18\pm 0,6$ °C, oldott oxigén: $8\pm 0,5$ mg/l) a vizsgálatok ideje alatt. A kísérletek során az egyedeket 2-fenoxietanollal (99%) bódítottuk (0,4 ml/l). A tejeseket a kísérleti elrendezés alapján ponty hipofizissel, valamint OvopelTM GnRH analóg hormonkészítménnyel hormonálisan indukáltuk. A vizsgálatok során a sperma kinetikai paramétereinek értékelése számítógép vezérelt spermavizsgáló rendszerrel (Computer-assisted Sperm Analysis - CASA) történt. A sperma minőségét a pMOT (progresszív motilitás, %), a VCL (curvilinear velocity-sebességre utaló paraméter, $\mu\text{m/s}$), illetve a LIN (linearity-egyenestől való eltérésre vonatkozó paraméter, %) alapján határoztuk meg (Bernáth 2016). A spermamintákat módosított csuka hígítóval hígítottuk (205 mM glükóz, 20 mM NaCl, 25 mM KCl, 1 mM $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 1 mM $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 20 mM Tris, és 0,5% BSA, pH: $8,0\pm 0,2$ Molnár et al. 2020; Várkonyi et al. 2019), védőanyagként metanolt (10%) alkalmaztunk. A hígított mintákat 0,5 és 5 ml-es műszalmába, illetve 4 ml-es kriocsőbe töltve, 3 cm-en a folyékony nitrogén gőzébe, polisztirol kereten (3 és 7 perc időtartamban) és programozható fagyasztó berendezésben (Controlled-rate freezer – CRF) (15 °C/perc; $+4$ °C \rightarrow -160 °C) (Bokor et al. 2019; Várkonyi 2021) mélyhűtöttük. A szaporítások alkalmával az anyaállományt Ovopel hormonkészítménnyel kezeltük. A termékenyítést friss és mélyhűtött (felolvasztott) spermával 100:10:1 arányban (aktíváló oldat:ikra:sperma) végeztük. Az ikra duzzasztása Woynárovich-féle oldattal (10 liter víz, 40 g NaCl, 30 g $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (Woynárovich 1962) 90 percig zajlott rázóasztalon. A termékenyített ikra ragadósodásának megszüntetését tannin oldattal (0,5 g/l) végeztük három ismétlésben (1: 20 másodperc, 2: 15 másodperc, 3: 10 másodperc). Az egyes ismétlések között a tételeket tiszta rendszervízzel öblítettük (Woynárovich és Woynárovich 1980). A kontroll és a kezelt csoportokat recirkulációs rendszerbe ($19\pm 0,8$ °C) helyezett ivatóketrecekben inkubáltuk. A kelési arányt (kikelt lárva/összes ikrára*100) 3 nappal a termékenyítést követően a kelés pillanatában határoztuk meg. A vizsgálatok statisztikai elemzését SPSS 22.0 és GraphPad Prism for Windows szoftverekkel végeztük. A normális eloszlást Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük (szignifikancia szint: $p<0,05$). A nem normális eloszlást mutató adatokat arkusz szinusz négyzetgyök és logaritmus függvényekkel transzformáltuk. Az eltérő csoportokat független kétmintás Student féle t-próbával, valamint egy és két szempontos varianciaanalízissel (one and two-way ANOVA) és Bonferroni, Tukey és Dunnett T3 „post hoc” tesztekkel hasonlítottuk össze (szignifikancia szint: $p<0,05$).

Az első vizsgálat során 6-6 tejes egyed hormonális indukálását végeztük két hormonkészítménnyel, ponty hipofizissel és Ovopellel. A sperma minták fagyasztása 1:9 (sperma:hígító+védőanyag) hígítási arányban 0,5 ml-es műszalmába töltve, polisztirol

dobozban történt. A motilitási paramétereket rögzítettük a friss, a felolvasztott, valamint a hűtve tárolt minták esetén (0, 3, 6 órával a felolvasztás után).

A második vizsgálatban 5 tejes spermáját mélyhűtöttük polisztirol dobozban (hígítási arány: 1:9) 5 ml-es műszalma és 4 ml-es kriocső alkalmazásával. A friss és a felolvasztott spermiumok motilitási paramétereit egyaránt rögzítettük.

Első szaporítási kísérletünkben a spermamintákat ($N=5$) összekeverést követően (hígítási arány: 1:9) 4 ml-es kriocsővekbe töltöttük. A mintákat polisztirol dobozban, valamint CRF-ben mélyhűtöttük. Kísérletünkben 1-1 g ikrát termékenyítettünk 10 μ l friss és 100 μ l mélyhűtött spermával. Meghatároztuk a friss, valamint a kétféle módszerrel mélyhűtött spermaminták motilitását, valamint a kelést.

A második termékenyítési kísérletet a megelőző vizsgálatok eredményei alapján végeztük (hígítási arány 1:1, 4 ml-es kriocső, polisztirol doboz). Az 1-1 g-os ikratételek termékenyítését friss (10 μ l), és a mélyhűtött (20 μ l) spermával végeztük. A motilitási paramétereket rögzítettük a friss mintákban, közvetlenül a termékenyítés előtt (kontroll, ~1 órával a fejest követően), valamint a felolvasztást követően. A kelési arányt mind a két csoport esetén meghatároztuk.

Eredmények és következtetések

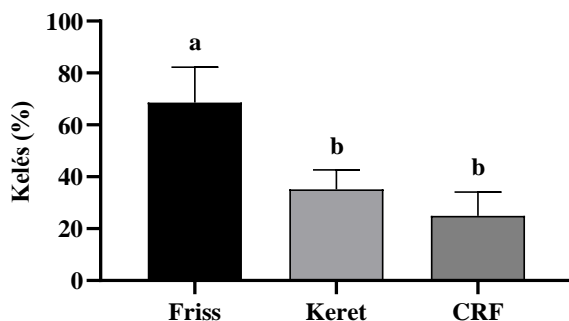
A friss és a mélyhűtött spermaminták esetén (0, 3, 6 órával a felolvasztás után) nem rögzítettünk szignifikáns különbséget a ponty hipofízissel és az Ovopellel kezelt csoportok között. A pMOT% és VCL értékek esetében mindkét kezelt csoportban szignifikáns csökkenést tapasztaltunk a felolvasztást követően (0 óra) a friss mintákhoz képest. Továbbá, szignifikáns csökkenés volt mérhető a felolvasztást követő 3 óras hűtött tárolás során a 0 óránál mért értékekhez viszonyítva. A LIN% paraméterben nem mértünk szignifikáns különbséget a friss és a mélyhűtött csoport között. A 6 óras tárolás során egyik kezelt csoport esetén sem rögzítettünk szignifikáns csökkenést a 3 óras tárolásnál mért adatokhoz képest (1. táblázat).

1. táblázat A két hormonkészítmény összehasonlítása során mért motilitási értékek a friss, a mélyhűtött, valamint az olvasztást követően tárolt spermamintákban ($N=6-6$). Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelölnek ($p<0,05$)

	pMOT%		VCL (μ /s)		LIN%	
	Ponty hipofízis	Ovopel	Ponty hipofízis	Ovopel	Ponty hipofízis	Ovopel
Friss	88 \pm 4 ^a	87 \pm 7 ^a	90 \pm 24 ^a	96 \pm 9 ^a	75 \pm 7 ^a	73 \pm 6 ^a
0 h	53 \pm 9 ^b	65 \pm 6 ^b	56 \pm 12 ^b	68 \pm 15 ^b	79 \pm 4 ^a	83 \pm 2 ^b
3 h	29 \pm 12 ^c	26 \pm 11 ^c	53 \pm 13 ^b	57 \pm 13 ^b	77 \pm 4 ^a	82 \pm 1 ^b
6 h	22 \pm 14 ^c	24 \pm 13 ^c	48 \pm 8 ^b	51 \pm 13 ^b	78 \pm 4 ^a	80 \pm 5 ^{ab}

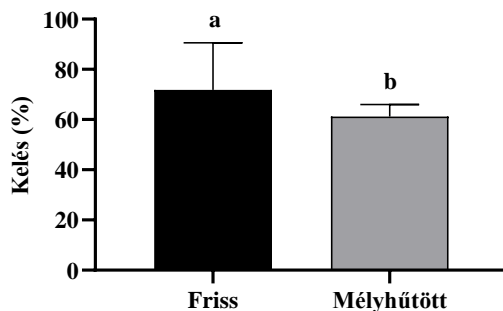
Az 5 ml-es műszalma és a 4 ml-es kriocső között nem volt szignifikáns különbség a motilitási paraméterek tekintetében. A mélyhűtött spermamintákban a friss spermához képest szignifikáns csökkenés volt mérhető a pMOT% (friss: 84 \pm 5; műszalma: 45 \pm 19; kriocső: 25 \pm 13), VCL (μ /s) (friss: 63 \pm 14; műszalma: 44 \pm 10; kriocső: 43 \pm 6) és LIN% (friss: 77 \pm 4; műszalma: 68 \pm 3; kriocső: 67 \pm 5) értékekben.

A polisztirol dobozban és a CRF-ben mélyhűtött minták motilitási paramétereiben nem rögzítettünk szignifikáns különbséget. A mélyhűtött mintában a friss mintához képest szignifikáns csökkenés volt mérhető a pMOT% (friss: 84 ± 5 ; keret: 10 ± 3 ; CRF: 5 ± 2) és VCL (μ/s) (friss: 76 ± 12 ; keret: 42 ± 2 ; CRF: 35 ± 3) értékekben. A mélyhűtött és a friss csoport között nem volt szignifikáns különbség a LIN% (friss: 66 ± 5 ; keret: 72 ± 2 ; CRF: 70 ± 3) paraméterben. Hasonlóan magas kelési arány volt megfigyelhető a polisztirol doboz ($35\pm 7\%$) és a CRF ($25\pm 9\%$) módszerek esetén. A mélyhűtött csoportokban szignifikánsan csökkent kelési arányt mértünk a frisshez képest ($69\pm 14\%$) (1. ábra).



1. ábra. Kelési arány a friss, a kereten és a CRF-ben mélyhűtött spermamintákkal történő termékenyítést követően. Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$)

A kontroll csoport motilitási paramétereinek esetén csökkent érték volt mérhető, szignifikáns különbség nélkül, a friss csoporthoz képest. A pMOT% (friss: 81 ± 6 ; kontroll: 65 ± 17 ; mélyhűtött: 5 ± 3) és VCL (μ/s) (friss: 77 ± 11 ; kontroll: 74 ± 15 ; mélyhűtött: 35 ± 6) értékek esetén szignifikáns csökkenést rögzítettünk a friss és a kontroll csoporthoz képest. A csoportok LIN% értékei (friss: 77 ± 3 ; kontroll: 68 ± 14 ; mélyhűtött: 70 ± 13) között nem volt szignifikáns különbség. A kontroll ($72\pm 19\%$) és a mélyhűtött ($61\pm 5\%$) csoportokban hasonlóan magas kelési arányt mértünk, szignifikáns különbség nélkül (2. ábra).



2. ábra. Kelési arány a kontroll és a mélyhűtött spermamintákkal történő termékenyítést követően. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$). Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók

Munkánk alapján elmondható, hogy egyik általunk vizsgált, Magyarországon beszerezhető, hormonkészítménynek sincs negatív hatása a spermatermelésre, a sperma fagyasztásra vagy az olvasztást követő tárolásra domolykó esetén. Más pontyféléknél alkalmazott mélyhűtési módszer adaptálhatónak bizonyult a fejes domolykó esetén. Az 5 ml-es műszalma és a 4 ml-es kriocső egyaránt eredményesnek mutatkozott nagy mennyiségű domolykó spermafagyasztása során. A hűtőkereten polisztirol dobozban és a programozható fagyasztó berendezésben mélyhűtött sperma egyaránt eredményesnek bizonyult a szaporítás során.

Összefoglalás

Munkánk célja két különböző hormonkészítmény hatékonyságának vizsgálata (ponty hipofízis és Ovopel) friss, mélyhűtött, és mélyhűtést követően tárolt spermaminták kinetikai paramétereire (pMOT%, VCL ($\mu\text{m/s}$), LIN%). Egy új, nagymennyiségű mélyhűtési módszer kidolgozása különböző fagyasztási módszerek (polisztirol doboz és CRF) és különböző eszközök (0,5, 5 ml szalma és 4 ml kriocső) alkalmazása mellett. A friss és a mélyhűtött spermaminták esetében (0, 3, 6 órával a felolvasztás után) nem mértünk szignifikáns különbséget a ponty hipofízissel és az Ovopellel kezelt csoportok között, azonban 3 óra elteltével olvasztást követően szignifikáns csökkenés volt mérhető mindkét hormonkezelés esetén. A polisztirol dobozban mélyhűtött 5 ml-es műszalma és 4 ml-es kriocsővel mélyhűtött csoportok között nem volt szignifikáns különbség a vizsgált motilitási paraméterekben. Továbbá, nem volt szignifikáns különbség a két mélyhűtési módszer hatékonysága között, sem a motilitási értékek, sem a kelési arányok tekintetében (polisztirol doboz és CRF). A második termékenyítési kísérletben a kontroll ($72\pm 19\%$) és a mélyhűtött (4 ml-es kriocső és polisztirol doboz, $61\pm 5\%$) csoportokban hasonlóan magas kelési arányt mértünk. Az Ovopel készítmény alkalmasnak bizonyult a domolykó hormonális indukálására mélyhűtést, illetve szaporítást megelőzően. Továbbá, hatékonynak bizonyult az általunk optimalizált nagymennyiségű sperma mélyhűtési módszer domolykó esetén.

Köszönetnyilvánítás

A kutatási munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A kísérletek végrehajtásához továbbá, a *GINOP-2.2.1-18-2020-00026*, Piacorientált horgászati innováció egyes halfajok termelés technológiájának és környezettudatos horgász eszközök-halcsalik fejlesztésének területén című projekt, valamint a *TKP2020-NKA-16*, Tématerületi Kiválósági Program 2020 – „Nemzeti Kihívások” Alprogram járultak hozzá.

Irodalom

- Bartucz, T.; Bokor, Z.; Izsák, T.; Láng, L. Z.; Molnár, J.; Nagy, B.; Bernáth, G.; Várkonyi, L.; Csenki-Bakos, Zs.; Ferincz, Á.; Staszny, Á.; Csorbai, B. **2020**. A domolykó (*Squalius cephalus*) ivadéknevelése recirkulációs rendszerben. In: Gyüre Péter (szerk.) Szakkollégiumi és a tudományos diákköri hallgatók kutatásai. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem 102 p. 10-16. pp.
- Bernáth, G. **2016**. A halsperma minősítési rendszerének gazdasági célú fejlesztése. Doktori értekezés, Gödöllő. p. 112. Bernáth G., Bokor Z., Horváth Á., Csorbai B. **2021**. A természetes populációk megőrzésének lehetőségei. In: Urbányi B., Szabó T., Horváth Á. (szerk.) Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet 262 p. 169-186.
- Bokor, Z.; Bernáth, G.; Várkonyi, L.; Molnár, J.; Láng, Z.L.; Tarnai-Király, Z.; Solymosi, E.; Urbányi, B. **2019**. The applicability of large-scale sperm cryopreservation in wels catfish (*Silurus glanis*) optimized for hatchery practice. *Aquaculture*, 506, 337–340.
- Molnár, J.; Bokor, Z.; Várkonyi, L.; Izsák, T.; Füzes-Solymosi, E.; Láng, L.Z.; Csorbai, B.; Tarnai-Király, Zs.; Urbányi, B.; Bernáth, G. **2020**. The systematic development and optimization of large-scale sperm cryopreservation in northern pike (*Esox lucius*). *Cryobiology*. 94, 26-31.
- Várkonyi, L. **2021**. A balatoni sudár ponty (*Cyprinus carpio morpha accuminatus*) és a hévízi törpenövésű magyar vadponty (*Cyprinus carpio morpha hungaricus*) spermamélyhűtésének és intenzív rendszerben történő szaporításának vizsgálata, valamint in vitro spermabankjának megalapozása Doktori disszertáció, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 139. p.
- Várkonyi, L.; Bokor, Z.; Molnár, J.; Fodor, F.; Szári, Z.; Ferincz, Á.; Staszny, Á.; Láng, L.Z.; Csorbai, B.; Urbányi, B.; Bernáth, G. **2019**. The comparison of two different extenders for the improvement of large-scale sperm cryopreservation in common carp (*Cyprinus carpio*). *Reproduction in Domestic Animals*. 54, 639–645.
- Weiperth, A.; Csorbai, B.; Hegyi, Á.; Dérer, I. **2021**. Horgászati és halászati hasznosítás In: Urbányi B., Szabó T. & Horváth Á. (szerk.) Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet 262 p. 187-201.
- Woynarovich, E. **1962**. Hatching of carp-eggs in "Zuger" glasses and breeding of carp larvae until an age of 10 days. *Bamidgheh*. 14(2), 38-46.
- Woynárovich, E.; Woynárovich, A. **1980**. Modified technology for elimination of stickiness of common carp (*Cyprinus carpio*) eggs. *Aquacultura Hungarica*. 2, 19–21.

KÜLÖNBÖZŐ HORMONBEJUTTATÁSI MÓDSZEREK HATÁSA SZÉLESFEJŰ HARCSA (*CLARIAS MACROCEPHALUS* GÜNTHER, 1864) INDUKÁLT SZAPORÍTÁSA SORÁN (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

NGUYỄN Ngọc Quyên¹, NGUYỄN Thanh Tâm², NGUYỄN Ngọc Lợi², THẠCH Anh Pha², LÝ Anh Thuật², MÜLLER Tamás³

¹ Dong Nai Animal Husbandry and Veterinary Department, Dong Khoi Street, Tam Hoa Ward, Bien Hoa city, Dong Nai Province, Vietnam

² Faculty of Fishery, Nong Lam University, Block 6, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Vietnam, nthanhtam@hcmuaf.edu.vn

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetesvízi Halökölógiai Tanszék, Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100.

Kivonat

Szélesfejű harcsa indukált szaporítási módszerénél vizsgáltuk a következő kezelések hatását a szaporítási paraméterekre; intramuszkuláris, intraperitoneális, petefészekmosás, az alkalmazott hormon Ovopel volt (mGnRH-a+metaklopramid, 1 pellet / testtömeg kg). A mért reprodukciós paraméterekben (beérési idő, PGSI, termékenyülési érték, kelési arány, lárvamegmaradási arány exogén táplálkozás megkezdéséig) nem volt szignifikáns különbség.

Kulcsszavak: petefészekmosás, intramuszkuláris kezelés, intraperitoneális kezelés.

Abstract

The effects of the hormone administrations of intramuscular, intraperitoneal, ovarian lavage (mGnRH-a+metaclopramide, 1 pellet/kg body weight) on the reproductive parameters of broadhead catfish were investigated. There were no significant differences in the measured reproductive parameters (latency time, PGSI, fertilisation rate, hatching rate, larval survival rate until exogenous feeding).

Keywords: ovarian lavage, intramuscular treatment, intraperitoneal treatment.

Bevezetés

A szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Gunther, 1864) gazdaságilag jelentős halfaj a délkelet-ázsiai országok és elsősorban Vietnam akvakultúra termelésében, ugyanakkor a természetes élőhelyein állományai drámaian és gyorsan csökkennek (Duong et al., 2017). A faj indukált szaporítása megoldott, különböző hormonpreparátumok (hipofízis kivonat, hCG, GnRH-a+pimozid vagy domperidon) bejuttatását intramuszkuláris

injektálással javasolják (Tan-Fermin et al., 2008). Korábban a genus másik fajában, az afrikai harcsában (*C. garepinus*) vizsgáltuk az intramuszkuláris, intraperitoneális, és petefészek mosás kezelés hatását egy hormonféleséggel és egy adagban, akkor nem találtunk hatékonyságban különbséget (Kucska et al., 2022). Jelen kísérletben célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk, hogy egy adott hormonszert (Ovopel) milyen hatást gyakorol a szélesfejű harcsa reprodukciós paramétereire, ha különböző invazív, vagy nem-invazív módszerekkel kezelünk.

Anyag és módszer

Az ikrásokat Ovopel-lel (emlős GnRH-a (D-Ala6, Pro9NET-mGnRH és metaklopramid, Interfish Kft; adag 1 pellet / testtömeg kg, n=5 hal/csoport) kezeltük a következő beadási módszerekkel:

- intramuszkuláris kezelés, hátúszó hossz felénél (IM), testtömeg 220,4±16,1 g
- intraperitoneális kezelés, hasúszó tövénél (IP), testtömeg 242,2±79,1 g
- katéteres petefészekmosás (Kucska et al., 2022.) katéterrel (PM-h), testtömeg 213,3±33,2 g

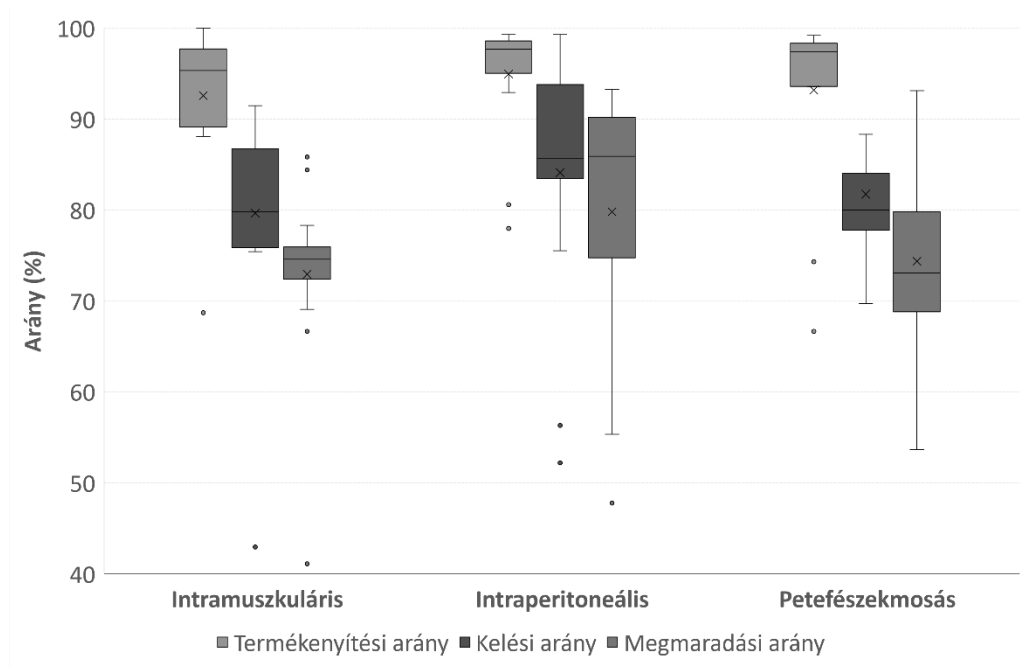
In vitro módszerrel termékenyítettünk több hím egyedből származó kevert spermamin-tával (n=10 hormonkezelés nélküli tejes). A következő paramétereket vizsgáltuk: beérési arány, beérési idő, lefejt ikratömeg, termékenyítési arány 12h-val a termékenyítést követően, keléskori arány (24. órában a termékenyítést követően) és megmaradási arány (72. órával a termékenyítést követően).



1. ábra. A szaporítási kísérlet néhány mozzanata. Hormonkezelési módok; a) intramuszkuláris, b) intraperitoneális, c) petefészekmosás. d) az afrikai harcsa keltetőházi technológiához hasonlóan a tejesekből a spermagyűjtés hereoperációval, post-mortem történik, e) anyahalak elhelyezésére szolgáló edények, e) *C. macrocephalus* kelő lárvák petricsészés inkubációt követően

Eredmények és következtetések

A beérési időben a kezelési csoportok között nem volt statisztikailag igazolható különbség (IM: $10,2 \pm 1$ h, IP: $9,7 \pm 1,2$ h, PM: $10,2 \pm 1$ h). A pszeudo-gonado-szomatikus index (PGSI) értékekben nagy egyedi különbségek voltak csoporton belül, azonban a kezeléseik között nem volt statisztikailag igazolható különbség (IM: $1,6 \pm 1$ %, IP: $4,6 \pm 3,4$ %, PM: $1,5 \pm 1,1$ %) egytényezős ANOVA, $p < 0,05$). A termékenyülési érték-, kelési és megmaradási értékeket az 1. ábra mutatja.



2. ábra. Különböző hormonbeadási módszerek hatása különböző reprodukciós paraméterekre. (Box plot: a doboz alja az első kvartilis (Q1), a mező közepén található oszlop a medián vagy a második kvartilis (Q2), a doboz teteje a harmadik kvartilis (Q3), az interkvartilis tartomány a doboz magassága, vagyis a Q3 és Q1 közötti különbség, ×: átlag, felső talp: maximum érték, alsó talp: minimum érték, a körök a dobozokon kívül: szélsőértékek)

A *C. macrocephalus* fajban hasonlóan a *C. garepinus* fajhoz nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget a beérési idő-, PGSI-, termékenyülési-, kelési-, és megmaradási arányban a különböző hormonbejuttatási módok között, habár a kezelési csoportok között nagy individuális különbségek mutatkoztak (szélsőértékek, lásd 2. ábra). Ez a kísérletsorozat megalapozza a kutatócsoportunk által kifejlesztett inszeminációs módszer (Müller et al., 2018; 2019) fejlesztését ebben a fajban is.

Összefoglalás

Szélesfejű harcsa indukált szaporítási módszerénél vizsgáltuk, hogy a hormon bejuttatási módszerek milyen mértékben hatnak reprodukciós paraméterekre. A következő kezeléseket alkalmaztuk: intramuszkuláris, intraperitoneális, petefészekmosás, az alkalmazott hormon Ovopel volt (mGnRH-a+metaklopramid, 1 pellet / testtömeg kg). Habár a kezelési csoportok között nagy individuális különbségek mutatkoztak, azonban egyik mért reprodukciós paraméterben sem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni (beérési idő, PGSI, termékenyülési érték, kelési arány, lárvamegmaradási arány exogén táplálkozás megkezdéséig). Az eredmények azt mutatják, hogy a nem-invazív, katéteres hormonbejuttatási módszer (petefészekmosás) állatvédelmi (animal welfare) szempontból előnyösebb lehet a szélesfejű harcsa szaporítása során.

Köszönetnyilvánítás

Munkák az NKFI Alap (NKFI_K_135824) és a 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) projektek támogatták.

Irodalom

- Duong, T.-Y.; Nguyen, T.-T.; Pham, T.-L. **2017**. Morphological differentiation among cultured and wild *Clarias macrocephalus*, *C. Macrocephalus* x *C. Gariepinus* hybrids, and their parental species in the Mekong Delta, Viet Nam. *Int. J. Fish. Aqua. Stud.* 2017, 5, 233–240.
- Kucska, B.; Quyen, N.; Szabó, T.T.; Gebremichael, A.; Alebachew, G.W; Bógó, B.; Horváth, L.; Csorbai, B.; Urbányi, B.; Kucharczyk, D.; Keszte, Sz.; Müller, T. **2022**. The effects of different hormone administration methods on propagation successes in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture Reports.* 26, 101311
- Müller, T.; Kucska, B.; Horváth, L.; Ittész, Á.; Urbányi, B.; Blake, C.; Guti, Cs.; Csorbai, B.; Kovács, B.; Szabó, T. **2018**. Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. *Aquaculture.* 485, 197-200.
- Müller, T.; Szabó, T.; Kollár, T.; Csorbai, B.; Marinović, Z.; Horváth, L.; Kucska, B.; Bodnár, Á.; Urbányi, B.; Horváth, Á. **2019**. Artificial insemination of African catfish (*Clarias gariepinus*) using cryopreserved sperm. *Theriogenology.* 123, 145-150.
- Tan-Fermin, J.D.; Fermin, A.C.; Bombeo, R.F.; Evangelista, M.A.D.; Catacutan, M.R.; Santiago, C.B. **2008**. Breeding and seed production of the Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther). *Aquaculture Extension Manual No. 40.* Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 27 pp.

AFRIKAI HARCSEA (*CLARIAS GARIEPINUS*) INDUKÁLT SZAPORÍTÁSA ALTERNATÍV HORMONKEZELÉssel (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

NGUYỄN Ngọc Quyên^{1,2}, VARGA Ádám¹, NGUYỄN Thanh Tâm², HORVÁTH József¹, URBÁNYI Béla², MÜLLER Tamás⁴

¹*Magyar és Agrár és Élettudomány Egyetem, Szent István Campus agárdi telephely, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő*

²*Dong Nai Animal Husbandry and Veterinary Department, Dong Khoi Street, Tam Hoa Ward, Bien Hoa city, Dong Nai Province, Vietnam*

³*Faculty of Fishery, Nong Lam University, Block 6, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Vietnam,*

⁴*Magyar és Agrár és Élettudomány Egyetem, Szent István Campus, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő, muller.tamas@uni-mate.hu*

Kivonat

Afrikai harcsával végzett indukált szaporítási kísérletben vizsgáltuk a katéteres rektális hormonbejuttatási mód hatékonyságát hagyományos hormonkezeléssel szemben (hasüregi kezelés). Kísérleti eredményeink alapján 5 Ovopel / testtömeg kg hormonadagnál a kezelt halak 100%-a ovulált, de a termékenyülési értékekben a kontroll csoportban (1 Ovopel / testtömeg kg) szignifikánsan magasabb eredményeket értünk el.

Kulcsszavak: rektális hormonkezelés, termékenyülési arány

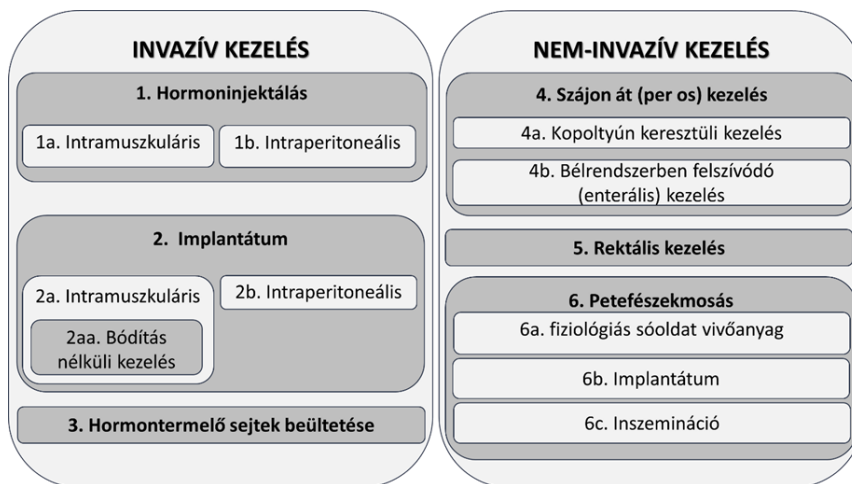
Abstract

The efficacy of catheter-based rectal hormone administration comparing to traditional hormone treatment (intraperitoneal) of African catfish were investigated. Our experimental results showed that 100% of rectal hormone administration fish with 5 Ovopel/kg body weight were ovulated, but the control group (1 Ovopel/kg body weight) achieved significant higher fertilisation rates.

Keywords: ovarian lavage, intramuscular treatment, intraperitoneal treatment.

Bevezetés

Egy korábbi review munkánkban összefoglaltuk az indukált halszaporítási módszereknél alkalmazott hormonbejuttatási módszereket (1. ábra) taglalva az alkalmazásuk előnyeit és hátrányait.



1. ábra. Halak hormonkezelési módszereinek csoportosítása (Müller et al., 2020 nyomán módosítva)

A nem-invazív hormonbejuttatási módszerek közül (Müller et al., 2018; 2019, 2020) a rektális hormonbejuttatással – tudomásunk szerint – még nem sikerült eredményesen halat szaporítani. Mikolajczyk et al. (2002) összehasonlította az orális és a rektális hormonbejuttatási módszerek hatékonyságát ponty fajban. Rektális kezeléskor a végbélnyíláson keresztül (~3 cm) vezettek fel egy hajlékony polietilén csövet, amelyen keresztül GnRHa-t és pimozidot juttattak a bélcsatornába különféle vivőanyagokkal (foszfát pufferelt sóoldat, abszorpciót fokozó készítmények: polioxietilén-szorbitánmonooleát, Na EDTA, csirke tojásfehérje tripszin inhibitor és ezek kombinációi). A szájon át történő és rektális bejuttatási módszer abszorpciót fokozó készítmény kiegészítéssel hatékonyan emelte a kezelt ikrások vérplazma GtH II. szintjét mindkét esetben. Mivel kísérleteiket az ívási időszak előtt végezték, így a szaporodásra még nem felkészült pontyokat nem sikerült ovulációra bírni.

Célul tűztük ki, hogy afrikai harcra modell halfajon megvizsgáljuk, hogy eredményes ovuláció és termékenyítőképes ikratermelés indukálható-e rektális kezelés mellett.

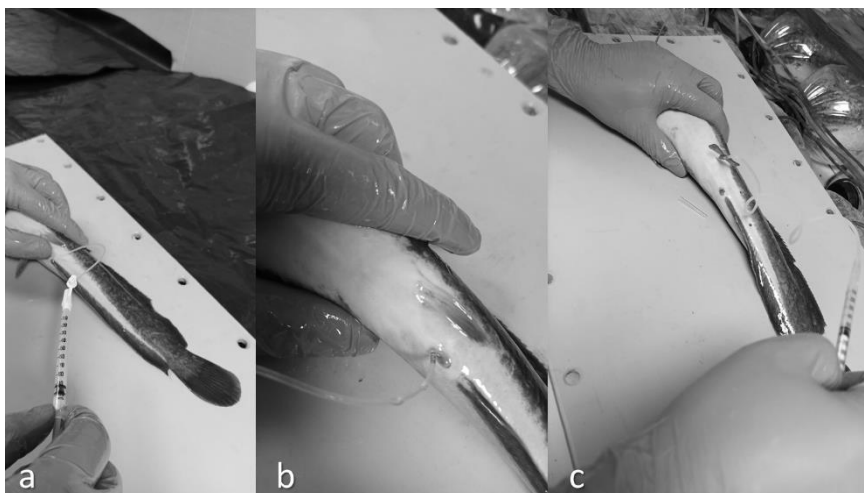
Anyag és módszer

A kísérleti afrikai harcsa állomány saját nevelésű állományból válogattuk ki (ikrások: $n = 28$, testtömeg = $179,14 \pm 33,1$ g; tejesek: $n = 3$, testtömeg = $188 \pm 16,37$ g). A kísérleti csoportok beállítását az 1. táblázat mutatja. A rektális beadást (2. ábra) szilikon katéterrel végeztük (400 mm hosszú, méret: CH 4, külső átmérő 1,3 mm, belső átmérő 1 mm, Galmed, Lengyelország), amelyet egy 1,0 ml-es steril fecskendőhöz (Terumo Europe N.V., 3001 Leuven, Belgium) csatlakoztattunk, majd közvetlenül a végbélnyíláson keresztül kb. 4 cm hosszan vezetünk be a bódított ikrások utóbelébe (bódítószer: benzokain). A kontroll csoport intraperitoneális kezelését Kucska et al. (2022) vonatkozó leírása szerint végeztük (2. ábra). Az ikrásokat egymástól elkülönítve, átfolyó 26 °C-os hőmérsékletű vízzel táplált medencékben tartottuk.

1. táblázat Kísérleti csoportok beállítása

Kísérleti csoportok (jelölés)	Ikrások száma	Kezelés	Hormon dózis
Intraperitoneális injekció	(IP1) 7	Ovopel	1 pellet / testtömeg kg
Rektális kezelés	(RA0) 7	NaCl (0.9 %)	-
	(RA1) 7	Ovopel	1 pellet / testtömeg kg
	(RA5) 7	Ovopel	5 pellet / testtömeg kg

A következő reprodukciós paramétereket számoltuk: beérési arány, lefejt ikratömeg, termékenyülési arány 12h-val a termékenyítést követően.



2. ábra. Hormonkezelések: a-b), rektális, c) intraperitoneális

Eredmények és következtetések

Az összesített eredményeket a 2. táblázat mutatja. A kontroll csoporttal megegyező hormonadagú rektális Ovopel kezeléssel nem-, azonban ennek ötszörös dóziséval

eredményes ovulációt értünk el. Enne az esetben az intraperitoneális kezelés (kontroll) statisztikailag igazolhatóan magasabb termékenyülési eredményezett (két mintás t próba, $p < 0,05$).

2. táblázat Összesített adatok a kísérletről (a különböző betűjelek a statisztikailag igazolható különbséget jelölik $p < 0,05$, kétmintás t- próba)

Kezelés	Testtömeg	Ovulációs arány (%)	PGSI (%)	Termékenyülési arány (%)
IP1	169,7±30,1	100	14,5±4	85,6±6,1 ^a
RA0	173,7±41,2	0	0	0
RA1	175,1±42	0	0	0
RA5	175,7±20,3	100	16,4±2,7	68,2±18,5 ^b

Összefoglalás

Afrikai harcsa modellhalfajon indukált szaporítási kísérletben vizsgáltuk a katéteres rektális hormonbejuttatási mód hatékonyságát hagyományos hormonkezeléssel szemben (hasüregi kezelés). Kísérleti eredményeink alapján 1 Ovopel / testtömeg kg hormonadagnál a hasüregi kezelés (kontroll) hatékony volt, a rektális kezelésben nem tudunk ovulációt kiváltani. Ezzel szemben megemelt adagnál (5 Ovopel / testtömeg kg) már a kezelt halak 100%-a ovulált, de a termékenyülési értékekben a kontroll csoport statisztikailag igazolhatóan magasabb eredményeket ért el. Tudomásunk szerint ez az első kísérlet, amikor rektális kezeléssel eredményes ovulációt és termékenyülést lehetett elérni.

Köszönetnyilvánítás

Munkát az NKFI Alap (NKFI_K_135824) és a 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00011) programok támogatták.

Irodalomjegyzék

- Kucska, B.; Quyen, N.N.; Szabó, T.; Gebremichael, A.; Alebachew, G.W.; Bógó, B.; Horváth, L.; Csorbai, B.; Urbányi, B.; Kucharczyk, D.; Keszte, Sz.; Müller, T. **2022**. The effects of different hormone administration methods on propagation successes in African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Reports. 26, 101311
- Mikolajczyk, T.; Roelants, I.; Epler, P.; Ollevier, F.; Chyb, J.; Breton, B. **2002**. Modified absorption of sGnRH-a following rectal and oral delivery to common carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture. 203, 375–388.
- Müller, T.; Kucska, B.; Horváth, L.; Itzés, Á.; Urbányi, B.; Blake, C.; Guti, Cs.; Csorbai, B.; Kovács, B.; Szabó, T. **2018**. Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. Aquaculture. 485, 197–200.
- Müller, T.; Szabó, T.; Kollár, T.; Csorbai, B.; Marinović, Z.; Horváth, L.; Kucska, B.; Bodnár, Á.; Urbányi, B.; Horváth, Á. **2019**. Artificial insemination of African catfish (*Clarias gariepinus*) using cryopreserved sperm. Theriogenology. 123, 145-150.
- Müller, T.; Urbányi, B.; Horváth, L. **2020**. Áttekintés az indukált halszaporításban alkalmazott hormonbejuttatási módszerekről. Halászat. 113, 69–76.

KÜLÖNBÖZŐ PONTYKOROSZTÁLYOK NEVELÉSE ALGÁVAL DÚSÍTOTT TAKARMÁNNYAL

**SZABÓ Tamás¹, SÁNTA Attila², SOLYMOSI Enikő², ZSÁKY Tamás²,
KOÓS Ákos³, PÁSZTOR Vilmos⁴, SZTANÓ János², LADÁNYI János²,
LÓDI György², URBÁNYI Béla¹, BOKOR Zoltán¹**

¹*Halgazdálkodási Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u.
1.; szabo.tamas@uni-mate.hu*

²*SZEGEDFISH Mezőgazdasági Termelő és Szolgáltató Kft., 6728 Szeged,
Nádvágó u. 2.*

³*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., 6726 Szeged,
Derkovits fasor 2.*

⁴*Zöldségcentrum Kereskedelmi, Termelő és Szolgáltató Kft., 6900 Makó,
Járandó 2/3.*

Kivonat

A hazai tógazdasági nemesponty (*Cyprinus carpio*) tenyésztése során az ún. kiegészítő takarmányozás gyakorlatát alkalmazzák, de a jövőben várható a teljesértékű tápok felhasználásának növekedése. A haltakarmányok rendkívül fontos összetevője a halliszt, melyet kistestű, kevésbé értékes tengeri halakból készítenek. A túlhalászás következtében a tengeri halfajok állomány nagysága drasztikus mértékben csökken, így a belőlük készíthető halliszt és így a takarmány ára folyamatosan emelkedik. A halliszt részbeni kiváltása megoldható többek között mikroalgák teljesértékű takarmányba keverésével, melyekben a halak számára szükséges tápelemek megfelelő mennyiségben és minőségben vannak jelen. Kísérleteinkben különböző korosztályú pontyivadékot neveltünk tavakban (elő- és utónevelés, nyújtás) abraktakarmány, hagyományos ponty nevelőtáp és algával dúsított táp felhasználásával. Az eltérő takarmányok etetésének növekedésre gyakorolt hatását vizsgáltuk és értékeltük. Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az algával dúsított takarmány etetése a vizsgált pontykorosztályok növekedésére pozitív hatással volt, ezért a halliszt és a halolaj kiváltásához jó alternatívát jelenthet a jövőben a hazai pontyok takarmányozása során is.

Kulcsszavak: pontyivadék, tavi nevelés, algával dúsított takarmány

Abstract

In common carp (*Cyprinus carpio*) farming, the use of complete feeds is expected to increase in the future. An important component of fish feed is fish meal, which is

made from small, less valuable marine fish. As a result of overfishing, the stock size of marine fish is drastically reduced, so the price of fishmeal as well as of artificial fish feed is constantly rising. Partial substitution of fishmeal can be solved by mixing microalgae into the food, which contain the nutrients necessary for fish in the right quantity and quality. In our experiments, common carp fry of different ages were reared in ponds. During rearing, we examined and evaluated the effects of feeding cereals, traditional carp rearing feed or algae-enriched feed on growth of common carp fry. Based on the results of our experiments, it can be concluded that the feeding of algae-enriched feed had a positive effect on the growth of the examined age groups of common carp, therefore algae can be a good alternative to replacing fish meal and fish oil in the future when feeding common carp.

Keywords: common carp fry, pond rearing, algae-enriched commercial feed

Bevezetés

Az emberiség éves halfogyasztásának jelentős részét a mesterséges környezetben megtermelt halhús teszi ki. A tenyésztett halfajok nagyrészét teljesértékű tápokkal takarmányozzák (Csorbai et al., 2015). Magyarországon - a földrajzi és éghajlati adottságok következtében - az akvakultúra jellemző formája a földmedrű halastavakban történő pontytenyésztés. A termelési technológia meglehetősen extenzív, és lehetőséget ad a takarmányozás egy speciális formájának az alkalmazására. Ez az ún. „kiegészítő takarmányozás”, amely szerint a tavak természetes táplálékkészletét egészítik ki a gazdák abraktakarmány kijuttatásával. A különböző korosztályú pontyokat (*Cyprinus carpio*) abraktakarmánnyal etetik, kiegészítve ezzel a tavakban termelődő természetes táplálékot, melyet a halak fehérjeforrásként hasznosítanak (Horváth, 2000).

A haltenyésztés új kihívásaihoz Magyarországnak is alkalmazkodnia kell. Az elmúlt évtizedekben a termelés intenzívebbé vált, a hozamok emelkedtek és ez együtt járt a tavakban képződő természetes táplálék csökkenésével. A fehérjét hordozó planktonszervezetek és bentikus élőlények hiányában az abrakkal etetett ponty elzsírosodik, húsminősége nem elégíti ki a fogyasztói igényeket.

A halhús ma már többnyire feldolgozott terméként kerül a vásárlóhoz. A fogyasztók szívesen vásárolnak szálkátlan (irdalt) filét. A filézett hal iránti igény az étkezési méret növekedését vonta maga után, nagyobb méretű halból ugyanis gazdaságosabban lehet filét előállítani. 20 – 30 éve az étkezési méretű ponty átlagos súlya 1,5 kg volt, ma már 2,0 – 2,5 kg. Az intenzívebb termelés, a nagyobb étkezési méret és a jobb húsminőség indokolja a takarmányozási technológia korszerűsítését.

A tógazdaságokban nyáron üresen álló telelők alkalmasak a ponty intenzív nevelésére, amennyiben a ponty igényét kielégítő, teljes értékű takarmányt etetünk. Az új, akár kis tavakban is megvalósítható termelési és takarmányozási technológiával a jelenleg 3 éves üzemformában történő pontynevelést 2 évre rövidíthetjük le.

A haltakarmányok rendkívül fontos összetevője a halliszt, melyet kistestű, kevésbé értékes tengeri halakból készítenek. A halliszt gazdag fehérjékben, esszenciális aminosavakban és többszörösen telítetlen zsírsavakban (Szabó et al., 2014).

Azonban a túlhalászás következtében a tengeri halfajok állomány nagysága drasztikus mértékben csökken, így a belőlük készíthető halliszt és így a takarmány ára folyamatosan emelkedik.

A teljesértékű tápok fontos összetevői a fehérjék, az esszenciális aminosavak és a többszörösen telítetlen zsírsavak. A tápokban ezen élettani szempontból nélkülözhetetlen összetevőket elsősorban halliszt hozzáadásával biztosítják a gyártók. A hallisztnek, mint alapanyagként a beszerzése a tengeri halak túlhalászása következtében egyre nehezebb és drágább (Olsen and Hasan, 2012). A kutatók évek óta vizsgálják a halliszt más alapanyaggal történő kiváltásának lehetőségét. Az algákban található fehérjék mennyisége jelentős és az esszenciális aminosav- és zsírsav-tartalmuk is magas, ezért egyre intenzívebbé váltak az algák takarmányozási célú felhasználásával kapcsolatos vizsgálatok. A halliszt részbeni kiváltása tehát megoldható mikroalgák tápba keverésével, melyekben a halak számára szükséges tápelemek megfelelő mennyiségben és minőségben vannak jelen (Chen et al., 2021).

Kísérleteinkben különböző korosztályú pontyivadék tavi nevelését végeztük (elő- és utónevelés, nyújtás). A nevelés során abraktakarmány, hagyományos ponty nevelőtáp és algával dúsított táp etetésének növekedésre és megmaradásra gyakorolt hatását vizsgáltuk és értékeltük.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Szegedfish Kft. elő- és utónevelő, valamint nyújtó tavaiban végeztük a 2021 és 2022 évek tenyésztési időszakában. A mintavételek során az ivadék testhosszára és a testtömegére vonatkozó adatokat gyűjtöttük. A nevelési időszakokban nyomon követtük a víz fontosabb kémiai és fizikai mutatóinak alakulását (vízhőmérséklet, pH, anorganikus-N formák, foszfát-P), valamint a tavakban található zooplankton mennyiségének és összetételének változását.

Az előneveléssel kapcsolatos vizsgálatok feltételei

A kísérletre 2022 júniusában került sor. A pontyokat hat tóban neveltük elő, melyek mérete egy-egy hektár volt. Két tóban szarvasi előnevelő tápot, két-két tóban pedig algával dúsított tápot etettünk. A tápokban az alga koncentrációja 1,0 %, illetve 3,0 % volt (1. táblázat). Az előnevelés végén kezelésként 30-30 előnevelt ivadék testhosszát, illetve testtömegét mértük le.

Az utóneveléssel kapcsolatos vizsgálatok feltételei

A vizsgálatokat két 10 ha-os utónevelő tavon végeztük a 2021 évi tenyésztési időszakban. Mindkét tóba 300.000 db előnevelt ivadékot helyeztünk ki július első hetében. A kontroll tóban a halakat hagyományos nevelőtáppal, az „algás” tóban algával dúsított táppal etettük. A nevelőtápban az alga koncentrációja 3,0 % volt. Az utónevelés során két alkalommal (július 27-én és szeptember 8-án) 50-50 egyed testhosszát és testsúlyát mértük le. A kontroll és az „algás” és tóra vonatkozó adatokat kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze ($P < 0,05$).

Az nyújtással kapcsolatos vizsgálatok feltételei

A kísérleteket három 40 hektáros tóban végeztük 2022-ben. Mindhárom tóba 150.000 egynyaras ivadékot helyeztünk ki, melyek átlagsúlya 65 gramm volt. Az ivadékot az egyes tavakban abraktakarmánnyal, hagyományos nevelőtáppal, valamint a projekt keretében előállított algával dúsított táppal (1%) takarmányoztuk. Nevelőtáppal, illetve algával dúsított táppal csak a tenyésztési időszak utolsó négy hetében etettünk. A tenyészszезon elején-közepén ezekben a tavakban is abrakkal takarmányoztuk a halakat. Az utónevelés során egy alkalommal (2022. szeptember 1.) 30-30 egyed testhosszát és testsúlyát mértük le. A mintavétel napjáig a két „kezelt” tóban a nevelőtáp, illetve az algával dúsított táp 40%-át etettük fel. Az adatokat egy-egy szempontra varianciaanalízissel (F-próba) hasonlítottuk össze ($P < 0,05$).

Eredmények és következtetések

A tavak vizének fizikai és kémiai mutatói a tenyésztési időszak során a halak számára elfogadható értékhatárokon belül változtak. A tavak vize a vizsgált időszakban megőrizte kémiai jellemzőinek egyensúlyát és azt az egészséges állapotát, ami a halneveléshez elengedhetetlen.

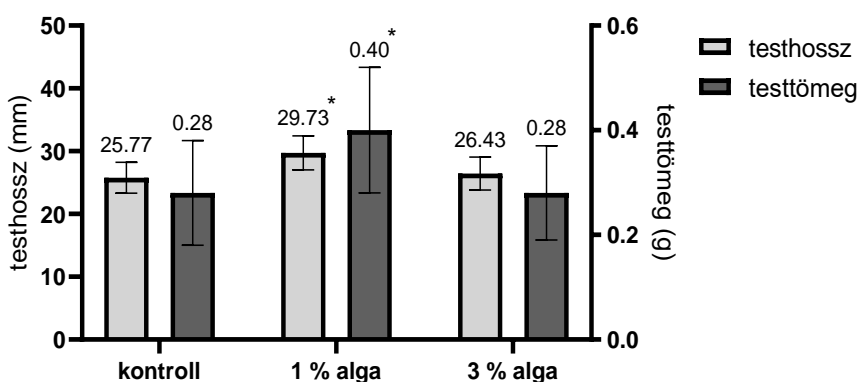
A zooplankton állomány tenyésztési időszakon belüli változásának vizsgálata kéthetenkénti mintavétel-gyakorisággal történt. Az előnevelés során a kerekcsigák és a *Copepoda* fajok lárvaállapotai domináltak. Az utónevelő és a nyújtó tavakban tetten érhető volt a halastavakra általában jellemző tavasi egyedszám maximum, amit egy nyárvégi kisebb csúcs követett. A *Cladocera* fajok felfutása a tenyésztési időszak elejére volt jellemző, az utónevelés középső szakaszára csaknem eltűntek a tavakból, majd szeptember elején-közepén ismét növekedett az állományuk. A *Copepoda* fajok 20-30%-ban folyamatosan jelen voltak a tavakban.

Az előneveléssel kapcsolatos vizsgálatok eredményei

Az előnevelési kísérlet alapadatait az 1. táblázat tartalmazza. A kísérlet végén mind az átlagos testhossz, mind az átlagos testtömeg tekintetében az 1%-os algakiegészítéssel készített táp adta a legjobb eredményt (1. ábra). Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy ezekben a tavakban alacsonyabb volt a megmaradás, ami relatíve nagyobb mennyiségű takarmányt és élő zooplankton táplálékot jelentett az ivadék számára. Feltehetően ezek a tényezők is hozzájárultak a nagyobb lehalászáskori testmérethez.

1. táblázat Az előnevelési kísérletre vonatkozó alapadatok

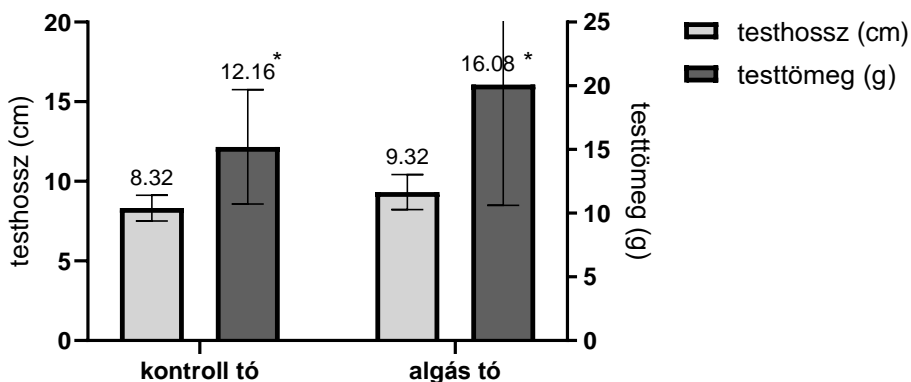
Előnevelő tó	Kihelyezés		Lehalászás		Megmaradás
	időpont	db	időpont	ezer db	
EN1 (kontroll)	05.23.	1 millió	06.17.	400	40 %
EN2 (kontroll)	05.23.	1 millió	06.17.	395	39,5 %
EN3 (1 % alga)	05.23.	1 millió	06.16.	331	33,1 %
EN4 (1 % alga)	05.23.	1 millió	06.16.	277	27,7 %
EN5 (3 % alga)	05.23.	1 millió	06.15.	366	36,6 %
EN6 (3 % alga)	05.23.	1 millió	06.15.	389	38,9 %



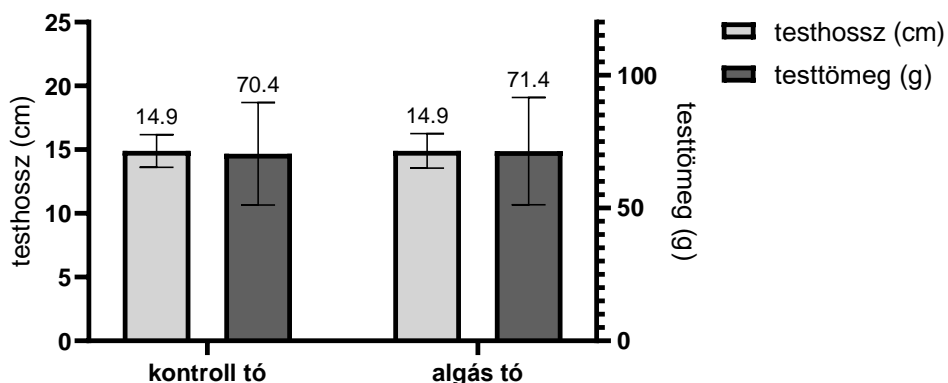
1. ábra. Az előnevelt ivadék testhossza és testtömege (átlag ± szórás) a kontroll, valamint a kezelt tavakban. A statisztikai értékelést az azonos kezelések adatainak összevonása után végeztük el ($n = 60$). A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől (ANOVA, Fisher-teszt, $P < 0,05$)

Az utóneveléssel kapcsolatos vizsgálatok eredményei

Az utónevelés során felvett adatok kiértékelésének eredményeit a 2. és 3. ábra foglalja össze. Az első, júliusi mintavétel során az „algás” tóból származó halak átlagos testhossza és testtömege is meghaladta a hagyományos táppal etetett halakét. Ez a különbség a szeptemberi időszakra csökkent, majd a lehalászás időpontjára teljesen el is tűnt.



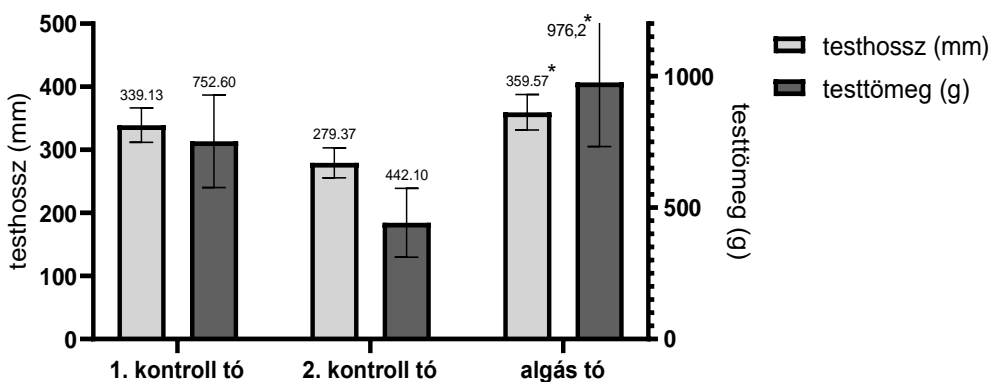
2. ábra. Az ivadék testhossza és testtömege (átlag \pm szórás) 2021. július 27-én hagyományos nevelőtáppal (kontroll) és "algás" táppal történő etetés után. A kétmintás t-próba szerint az „algás” táppal etetett csoport esetében mindkét mutató szignifikánsan nagyobbak tekinthető ($P < 0,05$)



3. ábra. Az ivadék testhossza és testtömege (átlag \pm szórás) 2021. szeptember 8-án hagyományos nevelőtáppal (kontroll) és "algás" táppal történő etetés után. A kétmintás t-próba nem mutatott szignifikáns különbséget az átlagértékek között

A nyújtással kapcsolatos vizsgálatok eredményei

A nyújtás során felvett adatok kiértékelésének eredményeit a 4. ábra foglalja össze. A mintavétel időpontjában az algával dúsított takarmánnyal etetett halak átlagos testhossza és testtömege is meghaladta az abrakkal és a hagyományos táppal etetett halakét.



4. ábra. Az ivadék testhossza és testtömege (átlag \pm szórás) az abrakkal, a hagyományos nevelőtáppal és az algával dúsított táppal etetett tavakból származó mintákból. Az egy-szemponos varianciaanalízis (F-próba) szerint az „algás” táppal etetett csoport esetében mindkét mutató szignifikánsan nagyobbak tekinthető ($P < 0,05$)

Kísérleteink alapján megállapítható, hogy az algával dúsított takarmány etetése mindhárom vizsgált korosztály növekedésére pozitív hatással volt. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a vizsgálatokat viszonylag nagyméretű nevelőtavakban végeztük, ami az alkalmazható ismétlésszámot nagymértékben korlátozta. Az eredmények egy-egy mintavételi időpontból származnak, ezért nem kizárható, hogy a mért különbségek a tenyésztési időszak későbbi szakaszában kiegyenlítődnek. Minden esetre elmondhatjuk, hogy az algával történő kiegészítés semmilyen negatív következménnyel nem jár, ezért a halliszt kiváltásához jó alternatívát jelenthet a jövőben.

Köszönetnyilvánítás

A munkát a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00161 azonosítószámú, az „Egészségvédő pontyhús gazdaságos előállítás algával dúsított takarmánnyal” elnevezésű projekt támogatta.

Irodalom

- Chen, F.; Leng, Y.; Lu, Q.; Zhou, W. **2021**. The application of microalgae biomass and bio-products as aquafeed for aquaculture. *Algal Research*. 60, 102541
- Csorbai, B.; Péteri, A.; Urbányi, B. (szerkesztők) **2015**. Intenzív haltenyésztés. Gödöllő: Szent István Egyetem. 2015. 248 pp.
- Horváth, L. **2000**. Halbiológia és haltenyésztés. Horváth L. (szerkesztő), Mezőgazda Kiadó. 2002. 440 pp.
- Olsen, R. L.; Hasan, M. R. **2012**. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*. 27 (2), 120-128.
- Szabó, R. T.; Bodnár, Á.; Pajor, F.; Póti, P.; Weber, M. **2014**. Mikroalga alapú takarmánykiegészítők alkalmazási lehetőségeinek feltérképezése. *AWETH* 10.2., 157-169.

MÉZGÁS ÉGERTOBOZ IKRAPENÉSZEDÉSGÁTLÓ HATÁSÁNAK TESZTELÉSE (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

VRANOVICS Károly¹, IVÁNOVICS Bence², VARGA Ádám¹,
HORVÁTH József¹, NAGY Gábor⁴, URBÁNYI Béla³, MÜLLER Tamás¹

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100. muller.tamas@uni-mate.hu

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettoxikológiai Tanszék, Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100.

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100.

⁴ Ráckevei Dunaági Horgász Szövetség, Ráckeve Kossuth Lajos u. 94, 2300.

Kivonat

Csuka (*Esox lucius*) ikra keltetési tesztet-, valamint zebraadánió (*Danio rerio*) toxicitás vizsgálatot végeztünk égerfa toboz oldatokkal. Laboratóriumi vizsgálataink alapján átfolyó vizes kezelés esetén a 24 óránként cserélt égerfatobozok számának növelésével (1-2-3 égerfatoboz/Petri csésze) a kelési arány statisztikailag igazolható módon növekedett (Kruskal-Wallis teszt, $p < 0,05$). Zebraadánió toxicitás tesztben az oldathoz felhasznált víz minősége alapvetően határozta meg az embriók túlélőképességét.

Kulcsszavak: ikrakezelés, toxicitás, csuka, *Esox lucius*, zebraadánió, *Danio rerio*

Abstract

Pike (*Esox lucius*) eggs hatching test and zebra fish (*Danio rerio*) toxicity test were performed with alder pine cone solutions. Our laboratory tests showed that in the case of flow-through water treatment, increasing the number of alder pine cones changed every 24 h (1-2-3 alder pots per Petri dish) resulted in a statistically verifiable increase in hatching rates (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$). In the zebra fish toxicity test, the quality of the water used for the solution was a major determinant of embryo survival.

Keywords: egg treatment, toxicity, pike, *Esox lucius*, Zebra fish, *Danio rerio*

Bevezetés

A keltetőházi szaporítással nyert nagymennyiségű ikra gondozása során egyik legnagyobb problémát a vízi penészek (elsősorban az oomycetákhoz tartozó *Saprolegnia* fajok) okozzák. A megjelenő gombák, illetve gombajellegű patogének a nem megtermékenyült ikrán jó táptalajt találnak, és igen gyorsan felszaporodnak. A kialakult gombafonalakhoz élő, megtermékenyített ikraszemek is hozzá tapadnak, azokat behálózva a

penész az embriók elhalását, vagy torz embriófejlődést okoznak (torz lárvakelés). Emiatt a keltetőházi gyakorlatban szükséges a termékenyített ikratételek kezelése vízipe-
nész ellen az inkubációs idő alatt. A leggyakrabban alkalmazott szer volt a malachitöld, azonban az Európai Bizottság (37/2010/EU rendelet) a szer karcinogén hatása miatt nem engedélyezte tovább annak alkalmazását étkezési célra szánt halakon és azok fejlődési alakjain (Eszterbauer et al., 2018). Azóta a vízi penész elleni kémiai-, fizikai-, biológiai védekezés kutatás felértékelődött.

Jelen dolgozatunkban célul tűztük ki megvizsgálni a mézgas égerfa (*Alnus glutinosa*) tobozból készült oldatok hatását az ikrapenészesedésre. Az idei kísérletsorozatok megkezdése előtt a MATE (jogelőd Szent István Egyetem) Halgazdálkodási Tanszéken már történtek kísérletek az égerfa tobozból készült oldatok tesztelésére (Nagy, 2013).

Anyag és módszer

Kereskedelemben kapható szárított égerfa tobozokkal (Green Aqua égertoboz, Green Aqua Kft, Budapest) csuka (*Esox lucius*) ikra keltetési tesztet-, valamint zebradánió (*Danio rerio*) toxicitás vizsgálatot végeztünk.

A termékenyített 4 napos csukaikrákat a Ráckevei Dunaholtági Egyesület keltetőjéből kaptuk. Egy olyan csuka ikratételt választottuk ki, ahol a termékenyült ikraszemek aránya viszonylag alacsonyabb volt, valamint a Zuger üvegben kimondottan a nem termékenyült ikratételből vettünk mintát. A mintát a MATE Halgazdálkodási Tanszék hallaboratóriumába szállítottuk és egy napot levegőztetett hálóketrecbe szétterítve tartottuk. Ezt követően (termékenyítéstől követő 5. nap) egy saját tervezésű ikrainkubáló rendszerben (vízátfolyás sebessége átlagban 2:46 min / 50 ml, vízhőfok 14,6-14,8 °C) petricsészékben (átmérő 90 mm, magasság 15 mm, szűnyogháló magasság a petricsésze szélétől 25 mm – ikrák kilibegés- és larva elúszás megakadályozására) telepítettünk fel véletlenszerűen kiválasztott ikraszemeket (átlag 216 ikra / petricsésze) és 4 féle kezelésnek vetettük alá:

Kontroll – ikrakezelés nélkül, n= 4 ismétlés

Éger 1: 1 égertoboz / petricsésze, 24 óránként cserélve 3 alkalommal, n= 4 ismétlés

Éger 2: 2 égertoboz / petricsésze, 24 óránként cserélve 3 alkalommal, n= 4 ismétlés

Éger 3: 3 égertoboz / petricsésze, 24 óránként cserélve 3 alkalommal, n= 4 ismétlés

A csuka lárvák a kísérlet megkezdésétől számítva a 4. napon kezdek kelni, a kísérletet az 5. napon fejeztük be, akkor a kelő lárvákat megszámoltuk. Kelési % = lárvák száma / ikraszám × 100.

Zebradánió embriótoxicitás vizsgálatot végeztünk el, amelynek során a termékenyülést követő 8-16 sejtes állapottól 5 napos korig naponta monitoroztuk az embriók túlélését, valamint ikraburokból való kikelését. A normális, megfelelő osztódást mutató embriókat fénymikroszkóp alatt kiválogattuk majd pedig 24-lyukú plate-be helyeztük át azokat 5 embrió/lyuk egyedszámmal 2 ml/lyuk térfogatban, 3 ismétlésben. A teszt 25,5 ± 1 °C hőmérsékleten, 10 óra fény - 14 óra sötét szakasz megvilágításban zajlott. A mortalitási és túlélési eredményekhez tartozó ábrák átlagot

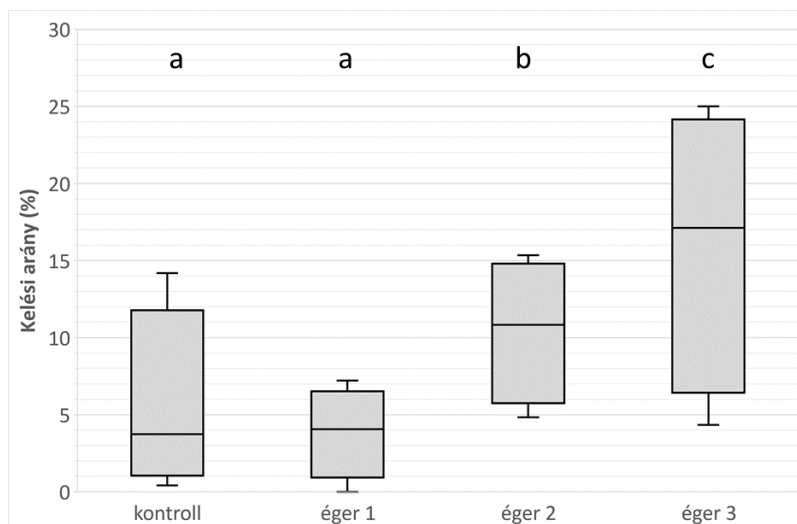
és szórást jelölnek.

Kétféle törzsoldatot használtunk a teszteléshez:

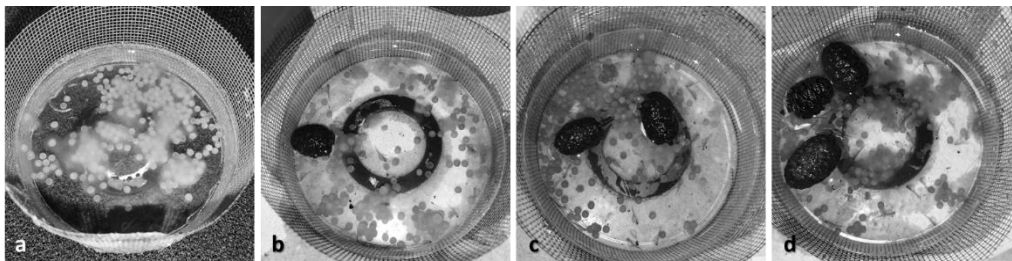
- 1) Zebradánió embrió medium: 503 mM NaCl, 0,17 mM KCl, 0,33 mM CaCl₂•2H₂O, 0,33 mM MgSO₄•7H₂O. 50 ml zebradánió oldatba 1 óráig áztattunk 3 égerfatobozt (2,35 g), pH:4, vezetőképesség: 649 µS. Kezelési csoportok: E3 kontroll: nincs kezelés, 100%-E3: törzsoldat hígítatlanul, 50%-E3: 50% törzsoldat + 50% E3 oldat, 25%-E3: 25%-os törzsoldat + 75% E3 oldat.
- 2) Csukakeltetéshez használt rendszervíz. 50 ml rendszervízbe 1 óráig áztattunk 3 égerfatobozt (2,35 g), pH:5,41, vezetőképesség: 305 µS. Kezelési csoportok: R kontroll: 100% rendszervíz, 100%-R: 100% törzsoldat rendszervízből, 50%-R: 50% törzsoldat+50% rendszervíz, 25%-R: 25%-os törzsoldat + 75% rendszervíz.

Eredmények és következtetések

A csukaikrával végzett kísérleti eredményeket az 1. ábra mutatja be. Az égerfatobozok számának növelésével a Petri csészében a kelési arány is növekedett. Az 1 égerfatoboz/Petri csésze kezelés azonban a kezeletlen kontroll kezeléshez képest a kelési arányban nem mutatott különbséget. A kezeletlen, kontroll mintákban a vízi penész felszaporodott és csomókban terítette be az ikraszemeket. Az égerfatobozból kioldódó tannin az ikraszemhéjakat „megfestette”, emiatt barnás-sárgás színezetet vett fel (2. ábra). A kontrollhoz képest az égerfatoboz oldattal kezelt mintákban a penésztelepek átmérője kisebb volt, valamint kevesebb összetapadt ikraszemmet szőttek be.



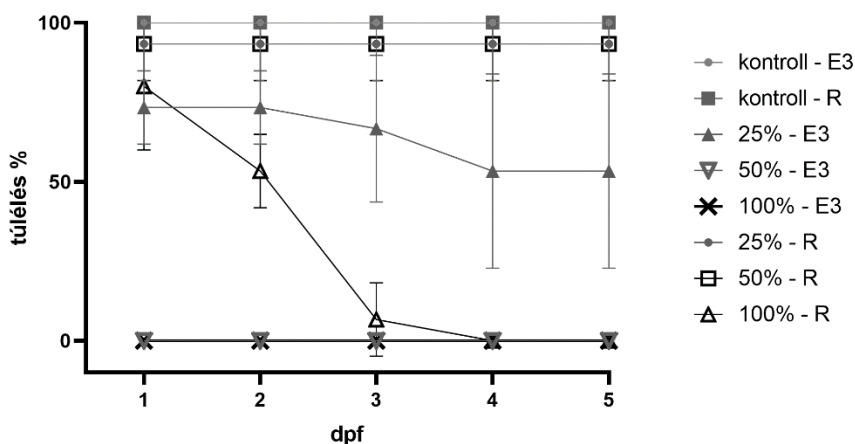
1. ábra. Összesített Box plot diagram a kezelésekről (A doboz alja az első kvartilis (Q1), a mező közepén található oszlop a medián vagy a második kvartilis (Q2), a doboz teteje a harmadik kvartilis (Q3), az interkvartilis tartomány a doboz magassága, vagyis a Q3 és Q1 közötti különbség, felső talp a maximum, alsó talp: minimum. A különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek (Kruskal-Wallis teszt, $p < 0,05$)



2. ábra. A kezelési csoporton belüli minták a 4. napon: a) kontroll (kezelés nélkül), b) 1 égertoboz / Petri csésze, c) 2 égertoboz/Petri csésze, d) 3 égertoboz / Petri csésze

A zebradánióval végzett toxicitás eredményeket a 3. ábra mutatja. A kétféle kontroll (zebradánió embrió médium, csuka keltetéséhez használt rendszervíz) kezeléseiben nem volt elhullás (100%-os megmaradás). A csuka keltetéséhez használt rendszervíz, illetve a zebradánió embrió keltetővízből készített égertoboz törzsoldatok viszont jelentősen különböztek ugyanolyan koncentrációjú kezelésekk mellett. A Zebradánió embrió médiumból készített törzsoldat 100% és 50%-os oldatában a kezelést követő napon már nem volt túlélés, ami a nagyon alacsony pH értéknek tudunk be (pH=4). A 25%-os oldatban gyakorlatilag a kezelt embriók fele élt túl az 5. napon. Ezzel szemben a csuka rendszervízéből vett törzsoldatban, ahol a pH magasabb volt (pH=5,41) ott a hígítatlan törzsoldatot kivéve (a kezelés negyedik napján nem volt túlélő) a megmaradási arány átlagban 90%-os volt. Megállapítottuk, hogy a kezelővíz minősége alapvetően határozza meg az égertoboz oldatok toxicitását.

Korábbi kísérletsorozatban vízcsérés és vízcsere nélküli Petri csészés kísérleti rendszerben különböző koncentrációjú és földrajzi helyekről gyűjtött égertobozos oldatokkal kezelt ponty (*Cyprinus carpio*), és ezüstkárász (*Carassius gibelio*) ikrák termékenyülési és kelési eredményeket hasonlítottak össze formalin és tannin kezelt kontroll tételekkel. Az eredmények azt mutatták, hogy a 0,4 g/l-es oldatkonzentrációban az égertobozos vízcsérés kezelés esetében szignifikánsan igazolhatóan (Kruskal-Wallis teszt, $p < 0,05$) jobb kelési eredményeket lehetett elérni a formalinos- és a kontroll tanninos kezelésekhöz képest. Az égertobozos vízcsere nélküli kezelésekk a nagyobb koncentrációkban az ikrahéj keményedését okozták, gyengébben kelési eredményeket értek el. A különböző földrajzi helyekről (Dunaujváros, Gödöllő, Hannover) gyűjtött toboznál hatásbeli különbségeket lehetett kimutatni (Nagy, 2013).



1. ábra. Összesített túlélési eredmények különböző rendszervíz és égerfa toboz oldat koncentrációk mellett

Összefoglalás

Jelen vizsgálatunkban célul tűztük ki a mézgás égerfa (*Alnus glutinosa*) tobozból készült oldatok hatását az ikrakezelésben ikrapenészesedés ellen. Csuka (*Esox lucius*) ikra keltetési tesztet-, valamint zebradánió (*Danio rerio*) toxicitás vizsgálatot végeztünk égerfa toboz oldatokkal. Laboratóriumi vizsgálataink alapján átfolyó vizes kezelés esetén a 24 óránként cserélt égerfatobozok számának növelésével (1-2-3 égertoboz/Petri csésze) a kelési arány statisztikailag igazolható módon növekedett (Kruskal-Wallis teszt, $p < 0,05$). Zebradánió toxicitás tesztben az oldathoz felhasznált víz minősége alapvetően határozta meg az embriók túlélőképességét. A toxicitási tesztekhez általánosan alkalmazott zebradánió embrió médiumban az embriók túlélése csak a 25%-os oldatban volt mérhető (túlélés 50%), míg a csuka ikrákat inkubáló vízben 50% és 25%-os oldatban a túlélés 90% volt. Korábbi kísérleteinkben már bizonyítottunk, hogy az égertoboz gyűjtési helye, vízcsere mértéke befolyásolja a hatékonyságot, a mostani kísérlet sorozat igazolta, hogy a vízminőség is alapvetően határozza meg az égertoboz oldatok biológiai hatékonyságát.

Köszönetnyilvánítás

Munkák az NKFI Alap (NKFI_K_135824) és a 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) projektek támogatják.

Irodalom

- Eszterbauer, E.; Hoitsy, M.Gy.; Rigler, E.; Sipos, D.; Nagy, B.; Bertyné, H.T.; Zsigmond, G.; Szabó, R.; Hoitsy, Gy. **2018**. Saprolegnia fajok okozta ikrapenészesedés kezelési lehetőségei a gyakorlatban. Halászat Tudomány. 4(1), 10-14.
- Nagy, T.M. **2013**. Mézgás égertoboz penészeségsgátló hatásának tesztelése az ikrakezelésben. Diplomadolgozat (kézirat, Szent István Egyetem, konzulensek: Müller T, Bokor Z, pp 1-47.)