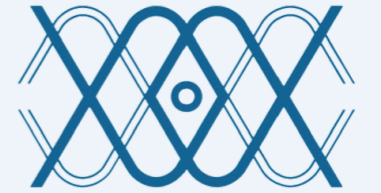


**MATE**

MAGYAR AGRÁR- ÉS  
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Akvakultúra és  
Környezetbiztonsági Intézet



HALÁSZATI KUTATÓKÖZPONT

**HALÁSZATFEJLESZTÉS 42**

**FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 42**

**Szarvas  
2025**

**HALÁSZATFEJLESZTÉS 42**  
**FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 42**

**A XLIX. Halászati Tudományos Tanácskozás kiadványa**  
**(Szarvas, 2025. június 3–4.)**

Proceedings of the 49<sup>th</sup> Scientific Conference  
on Fisheries & Aquaculture  
(3–4 June 2025, Szarvas, Hungary)

**MATE**  
**Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet**  
**Halászati Kutatóközpont**

**Szarvas**  
**2025**

**Szerkesztő: Dr. Nagy Zoltán**

**Szerkesztőbizottsági tagok: dr. Bozánne dr. Békefi Emese, Fazekas Gyöngyvér, dr. Kovács Balázs, dr. Nagyné dr. Biró Janka**

Editor: Zoltán Nagy PhD  
Editorial board: Emese Békefi PhD, Gyöngyvér Fazekas, Balázs Kovács PhD,  
Janka Nagyné Biró PhD,

© Szerzők, 2025  
Szerkesztő © dr. Nagy Zoltán, 2025  
© MATE AKI HAKI, 2025  
Minden jog fenntartva!

*A kiadvány megjelentetése és a tanácskozás megrendezése az AM állami halgazdálkodási feladatok támogatása fejezeti kezelésű előirányzat, HAGF/66/2025. számú támogatásával kerül sor.*

**Kiadja**  
**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet**  
**Halászati Kutatóközpont (MATE AKI HAKI)**  
**5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.**  
**Felelős kiadó: dr. Gyalog Gergő**

Published by Hungarian University of Agriculture and Life Sciences  
Institute of Aquaculture and Environmental Safety  
Research Center of Fisheries and Aquaculture  
Responsible publisher: Gergő Gyalog PhD

**Készült a Fazekas Nyomdában, Szarvason**  
**160 példányban**  
**Felelős vezető: Fazekas András**  
Printed by Fazekas Nyomda, Szarvas, Hungary  
Number of printed copies: 160

ISSN 1219-4816  
ISSN 0230-8312

ISBN 978-963-623-122-4

## TARTALOM

<b>Hetényi Zoltán László, Molnár Péter István, Bényi Benedek Csaba, Bársony Péter, Fehér Milán</b>	
Egyes tartástechnológiai tényezők hatása a harcsa ( <i>Silurus glanis</i> ) lárvák túlélésére akváriumi rendszerben .....	9
<b>Bartucz Tamás, Bernáth Gergely, Nagy Borbála, Várkonyi Dávid, Bartucz Cintia, Csenki-Bakos Zsolt, Szabó István, Bokor Zoltán, Horváth Ákos, Csorbai Balázs</b>	
A mobil halkeltető használhatóságának vizsgálata: a hőmérsékleti paraméterek hatása a zsenge ivadék méretére és életképességére .....	14
<b>Fazekas Georgina, Müller Tamás, Berzi-Nagy László, Ljubobratović Relja, Stanivuk Jelena, Fazekas Dorottya Lilla, Káldy Jenő, Vass Norbert, Ljubobratović Uroš</b>	
Befolyásolja-e a takarmányozási stratégia és a környezetgazdagítás a vágótok ivadékok környezetükhöz való viszonyát? – Lárwanevelési gyakorlatokoptimalis faktoriális kombinációjának keresése .....	25
<b>Terhes Attila, Wéber Csaba, Nagy Zoltán, Jakabné Sándor Zsuzsanna</b>	
A takarmányfelvétel hőmérsékleti minimumának meghatározása ponty esetén .....	33
<b>Nagy Borbála, Bokor Zoltán, Solymosi Enikő, Zsáky Tamás, Koós Ákos, Pásztor Vilmos, Sztanó János, Ladányi János, Lódi György, Antal Péter, Szabó Tamás, Bajári Zsolt, Urbányi Béla, Bernáth Gergely</b>	
Algával dúsított takarmány hatása a ponty ( <i>Cyprinus carpio</i> ) hímivarsejt minőségére .....	41
<b>Molnár Péter István, Bényi Benedek Csaba, Lelesz Judit Éva, Bársony Péter, Fehér Milán</b>	
Az apró békalencse ( <i>Lemna minor</i> ), tápanyageltávolító képességének és növekedésének vizsgálata eltérő betakarítási protokollok alapján, akvapóniás körülmények között .....	49
<b>Hoitsy Márton, Zsizsz Árisz, Gál János, Mitró Gergő, Doszpoly Andor</b>	
Acipenserid Herpesvirus 2 (ACIHV-2) kártétele a hazai akvakultúrában .....	58
<b>Varga Ádám, Cech Gábor, Turuc Tamás, Lefler Kinga, Horváth József, Tóth András, Hegedűs Anna, Ferincz Árpád, Ivánovics Bence, Sellyei Boglárka, Samu Zoltán Tamás, Müller Tamás</b>	
A fokozottan veszélyeztetett hévízi törpenövésű magyar vadpontyon ( <i>Cyprinus carpio morpha hungaricus</i> ) élősködő kopolyúféreg molekuláris és szövettani vizsgálata (Előzetes eredmények) .....	60
<b>Suhaimi Nadhirah Syafiqah, Cech Gábor, Molnár Kálmán, Székely Csaba, Sellyei Boglárka</b>	
Infection of the Gibel carp ( <i>Carassius auratus gibelio berg</i> , 1932) with myxozoan parasites in a pond farm of Hungary .....	64
<b>Graciela Colunga-Ramírez, Sellyei Boglárka, Molnár Kálmán, Székely Csaba, Cech Gábor</b>	
Morphological and phylogenetic comparison of two myxozoan parasites, <i>Henneguya gigantea</i> and <i>Henneguya creplini</i> , infecting the gills of pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> L. 1758) .....	73

<b>Várkonyi Dávid, Kaszab Edit, Csorbai Balázs, Farkas Milán, Nagy Borbála, Bokor Zoltán, Urbányi Béla, Harkai Péter, Bartucz Tamás, Kirchner Márton, Kathi László, Bartos István, ifj. Radóczy János, Bernáth Gergely</b>	
A szaporodásbiológiai mutatók és az azt befolyásoló mikrobiális közösség kapcsolatának feltárása ponty ( <i>Cyprinus carpio</i> ) fajban .....	77
<b>Horváth József, Tóth András, Varga Ádám, Nguyễn Ngọc Quyên, Türker Bodur, Hüseyin Sevgili, Csorbai Balázs, Bartucz Tamás, Müller Tamás</b>	
Afrikai harcsa ( <i>Clarias gariepinus</i> ) szaporítása alternatív hormonkezeléssel (Előzetes eredmények) .....	83
<b>Vass Norbert, Fazekas Georgina, Nagy Zoltán, Stanivuk Jelena, Géczi Aliz Ljubobratović Uroš</b>	
Két akvakultúrában jelentős fészkelő faj ívási viselkedésének értékelése mesterséges körülmények között (Előzetes eredmények) .....	89
<b>Lámfalusy Tamás, Kasza Gyula, Szakos Dávid, Ózsvári László</b>	
Halfajok ismertségének és kedveltségének változása 2014 és 2021 között .....	99
<b>Bernáth Gergely, Urbányi Béla, Bokor Zoltán, Nagy Borbála, Jelen Tibor</b>	
Az innováció, forrásfelhasználás és projektmenedzsment-kultúra vizsgálata a magyar akvakultúra ágazatban .....	106
<b>Urbányi Béla, Ferencz-Havel Alexandra, Bojtárné Lukácsik Mónika, Kiss Gabriella, Temesváry Kriszta, Szabó Krisztián, György Ágnes Irma, Bokor Zoltán, Rác Katalin, Goda Pál</b>	
Kihívások a hazai pontyközpontú tavi akvakultúrában .....	108
<b>Bardócz Tamás, Sharma Priya, Gyalog Gergő</b>	
A hazai tógazdasági haltermelés fenntarthatóságának vizsgálata az életciklus-elemzés módszerével: a célok és a rendszerhatárok kijelölése.....	110
<b>Nyeste Krisztián, Nagy László, Lenyhárt Dávid, Gál István, Hankó Kata1, Huttman Máté1, Antal László, Szabó Gyula, Tóth Pál, Filep Attila, Tatár Sándor, Kiss Balázs, Somogyi Dóra</b>	
A lápi póc ( <i>Umbra krameri</i> ) populációinak helyzete és védelme a Tisza vízgyűjtő területén.....	115
<b>Vital Zoltán, Juhász István, Mozsár Attila</b>	
A busák horgászatának helyzete Magyarországon .....	126
<b>Nagy László, Uzochukwu Ifeanyi Emmanuel, Somogyi Dóra, Pásztor Angéla, Antal László, Yancheva Vesela, Csarnovics István, Nyeste Krisztián</b>	
A menyhal ( <i>Lota lota</i> ) mikroműanyag-szennyezettségének vizsgálata a Felső-Tiszán	137
<b>Müller Tamás</b>	
Egy többfunkciós akvakultúra-eszköz fejlesztésének evolúciója (2014–2025): technológia halikrák gyűjtésére, szállítására, keltesítésére, lárvanevelésére és telepítésére egyetlen berendezésben .....	150
<b>Bokor Zoltán, Ferencz-Havel Alexandra, Bojtárné Lukácsik Mónika, Kiss Gabriella, Temesváry Kriszta, Szabó Krisztián, György Ágnes Irma, Urbányi Béla</b>	
Lézershow a tóparton? Egy alternatív, madárkár elleni védekezési mód lehetőségének vizsgálata – Esettanulmány .....	160

<b>Bartucz Cintia, Székács Laura, Bock Illés, Vásárhelyi Erna, Csenki-Bakos Katalin, Tóth Gergő, Szabó István, Szabó-Surman Erika, Bartucz Tamás, Csenki-Bakos Zsolt</b>	
Xenoösztrogén hatású vegyületek in vivo kimutatására alkalmas multicolor transzgenikus biomarker Zebradánio-vonal vizsgálati módszerének optimalizálása ..	164
<b>Bíró Janka, Szűcs Anita<sup>1</sup>, Géczi Alíz, Békefi Emese, Radics Ferenc, Gászó Péter, Vadasi Tamás, Jakabné Sándor Zsuzsanna</b>	
Borsófehérjét tartalmazó tápok etetése afrikai harcsa ivadékokkal .....	174
<b>Budi Darmawan Setia, Restanti Maya<sup>1</sup>, Suciyo Suciyo, Müller Tamás, Kencono Jati Hapsari, Mubarak Ahmad Shofy</b>	
A Jávai párduccsík ( <i>Pangio kuhlii</i> ) ivari dimorfizmusa és ivarérésének néhány jellegzetesége.....	181
<b>Ferencz-Havel Alexandra, Bojtárné Lukácsik Mónika, Kiss Gabriella, Temesváry Kriszta, Szabó Krisztián, György Ágnes Irma, Bokor Zoltán, Urbányi Béla</b>	
A halastavak ökoszisztéma-szolgáltatásainak szakirodalmi áttekintése.....	182
<b>Horváth József, Tóth András, Weissenbacher Anton, Gagiú Adrian, Bernáth Gergely, Nagy Borbála, Varga Ádám, Nagy Antal, Grigoras Gabriella, Pándi Ildikó, Müller Tamás</b>	
Az élőhelyéről kihalt rakovitzakele ( <i>scardinius racovitzai</i> ) ex situ konzerváció-biológiai kutatásai .....	184
<b>Kiss Péter, Kucska Balázs, Kalocsai Levente, Horváth József, Tóth András, Varga Ádám, Vannaphar Tammajedy, Ivánovics Bence, Nagy Borbála, Müller Tamás</b>	
A réticsík ( <i>Misgurnus fossilis</i> ) embriógenézise és lárvafejlődése .....	192
<b>Lámfalusy Tamás, Kasza Gyula, Szakos Dávid, Ózsvári László</b>	
Halételek kedveltségének változása 2014 és 2021 között.....	194
<b>Molnár Péter István, Bényi Benedek Csaba, Fehér Milán</b>	
Különböző típusú tápanyagutánpótlás hatása a zooplankton fa-jok koncentrációjára és diverzitására, akvárium körülmények között.....	199
<b>Péter Dániel, Balogh Réka Enikő, Varjú-Katona Milán, Szilágyi Gábor, Urbányi Béla, Kovács Balázs</b>	
Az afrikai harcsa ( <i>Clarias gariepinus</i> ) termelési tulajdonságainak javítása fenotípusos szelekcióval és transzkriptomikai elemzéssel.....	205
<b>Péter Dániel, Balogh Réka Enikő, Boros Attila, Szilágyi Gábor, Urbányi Béla, Kovács Balázs</b>	
Az afrikai harcsa ( <i>clarias gariepinus</i> ) termelési tulajdonságainak javítása fenotípusos szelekcióval és transzkriptomikai elemzéssel .....	211
<b>Nguyễn Ngọc Quyên, Nguyễn Thanh Tâm, Thạch Anh Pha<sup>1</sup>, Lý Anh Thuật, Nguyễn Ngọc Lợi, Nguyễn Thị Trúc Quyên, Horváth László, Müller Tamás</b>	
Az ovopel hormondózis- és beadási módjainak hatása a szélesfejű harcsa ( <i>Clarias macrocephalus</i> ) indukált szaporításában .....	218
<b>J. Sándor Zsuzsanna, Szűcs Anita, Fazekas Gyöngyvér, Dubey Maneesh, Bogár Katalin, Terhes Attila, Banjac Vojislav Shivendra Kumar</b>	
Árpafehérjét tartalmazó táp etetése afrikai harcsa ivadékokkal .....	223

**Türker Bodur, Hüseyin Sevgili, Burak Evren İnanan, Cansu Meryem Yeşiltaş,  
Emrullah Arafatoğlu, Tamás Müller**

Tengeri süllő (*Dicentrarchus labrax*) szaporítás inszeminációs módszerrel  
(előzetes eredmények) .....230

**Vámosi Réka, Erdei Noémi, Kóczán Patrícia, Farkas Milán, Kaján Győző L., Sipos Dóra,  
Sváb Domonkos, Kaszab Edit, Eszterbauer Edit**

Környezeti *pseudomonas* spp. törzsek molekuláris diverzitása és gátló hatásuk vizsgálata  
halpatogén vízi penészek ellen (*oomycota, saprolegniales*).....234

# **Technológia és takarmányozás**



## EGYES TARTÁSTECHNOLÓGIAI TÉNYEZŐK HATÁSA A HARCSEA (*SILURUS GLANIS*) LÁRVÁK TÚLÉLÉSÉRE AKVÁRIUMI RENDSZERBEN

HETÉNYI Zoltán László<sup>1</sup>, MOLNÁR Péter István<sup>1</sup>, BÉNYI Benedek Csaba<sup>2</sup>,  
BÁRSONY Péter<sup>2</sup>, FEHÉR Milán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola,  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138. email: zoltan.hetenyi@gmail.com

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Állattudományi, Biotecnológiai és Természetvédelmi Intézet,  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

### Kivonat

A globális és hazai akvakultúra ágazatban a kannibalizmus egy általánosan jelenlévő táplálkozási és viselkedési forma. Jelentős gazdasági kártételt okoz a recirkulációs rendszerben történő haltenyésztés, elsősorban a ragadozó fajok vonatkozásában. Változatos megjelenési formáinak eredményeként egyes halfajok esetében akár 90%-os elhullást is okozhat bizonyos feltételek mellett, amely jelentősen csökkenti a haltermelés hatékonyságát. A harcsát (*Silurus glanis*) tógazdasági polikultúrában nem lehet nagy mennyiségben előállítani (~ 2%), viszont monokultúrában, intenzív technológiában nagy hozammal nevelhető. Az iparszerű akvakultúra rendszerekben történő előállítás egyik szűk keresztmetszete, hogy a magas lárva-ivadék sűrűség mellett nő a testvér kannibalizmus veszélye, ami heterogén állományhoz, magas mortalitáshoz és alacsony kibocsátáshoz vezet. Kísérletünkben ezért két tartástechnológiai tényező (megvilágítás x búvóhely) hatását követtük nyomon egy akváriumi vizsgálatban, amelynek keretében meghatároztuk az elhullások arányát és okait, valamint a termelési paraméterek számszerűsítése mellett morfológiai és etológiai megfigyeléseket is tettünk. Az eredmények azt mutatták, hogy a megvilágítás szignifikáns hatással bír az egyedi testtömegre és a növekedési ütemre. Megállapítottuk továbbá, hogy a búvóhely statisztikailag igazolható különbséget okoz az egyedi testtömegben. A kannibalizmus mértékére ugyanakkor egyik tényező sem volt szignifikáns hatással. Az alaktani vizsgálatok eredményei pedig azt igazolták, hogy a sötét megvilágítás statisztikailag igazolható különbséget okoz az állomány morfológiájában.

**Kulcsszavak:** harcsa, kannibalizmus, lárvanevelés, intenzív haltermelés

### Abstract

In the global and domestic freshwater aquaculture industry, cannibalism is a commonly occurring form of feeding and behavior. Significant economic loss can occur in fish farming within recirculation systems, particularly with regard to predatory species. Due to its manifestations it can cause mortality rates of up to 90% in certain fish species and catfish under specific conditions. One of the outcomes of this is the low release

efficiency of fish farmers. European catfish (*Silurus glanis*) cannot be produced in large quantities (~2%) under pond conditions, but can be reared with high yields in monoculture within intensive closed systems. A significant issue in aquaculture production is that high larval-fry densities increase the risk of sibling cannibalism, leading to heterogeneous populations, high mortality, and low yields. In our experiment, we therefore monitored the effect of two factors (illumination x hiding place) on mortality and its forms, morphology, ethology, and other production parameters. The results showed that illumination has a significant impact on final individual body weight and growth rate. Additionally, we found that the presence of hiding places caused a statistically significant difference in final individual body weight. However, neither of these factors had a significant effect on cannibalism rates. The morphological analyses revealed that dark illumination induces statistically significant differences in stock morphology.

**Keywords:** European catfish, cannibalism, larval rearing, intensive aquaculture

## Bevezetés

A világ, Európa és Magyarország haltermelésében egyre fontosabb szerepet játszanak az intenzív akvakultúra rendszerek. Az egységnyi vízfelhasználással előállítható hozamok alapján ezek között is kiemelkedő jelentőségűek a recirkulációs elven (RAS) működő technológiák. A RAS rendszerekben számos halfaj gazdaságosan előállítható, ugyanakkor a larva és ivadéknevelés hatékonysága a legtöbb halfaj esetében továbbra is szűk keresztmetszetet jelent. Magyarországon a második legnagyobb mennyiségben előállított hal a ragadozó fajok közül, az őshonos harcsa. A hivatalos adatok alapján a 2023-as évben a tógazdasági körülmények között termelt étkezési haltermelés 1,7%-át adta (233 tonna) (MAHAL, 2023). A precíziós rendszerekben termelt hal mennyisége ugyanebben a termelési évben 5664 tonna volt, melyből a harcsa, a 83 tonna mennyiségben előállított „egyéb halfaj” kategóriában szerepelt (MAHAL, 2023).

Az őshonos harcsát jórészt tógazdasági körülmények között állítják elő, azonban a növekvő kereslet eredményeként megkezdődött a faj intenzív termelésbe vonása. Az iparszerű haltermelő rendszerekben történő nevelés során a halfaj genetikai növekedési potenciálja hatékonyabban kihasználható. Mindezek ellenére a termelés egyik szűk keresztmetszetét ezen halfaj esetében is a lárva és ivadéknevelés jelenti, amely során az alacsony megmaradás hátterében főként a kannibalizmus áll, melynek mértéke zárt tartástechnológiában meghaladhatja az 50%-ot is (Kozłowski és Poczyczyński, 1999). Ezek alapján a ragadozó halfaj kezdeti nevelésének sikere nagyban függ a biotikus és abiotikus tényezőktől, az állomány egyöntetűségétől, illetve a szétnövés eredményeként kialakuló kannibalizmustól (Gisbert és mtsai, 2021).

A szakirodalom alapján az akvakultúrában megjelenő kannibalizmusnak két típusa ismert. Az I.-es („head end”), illetve a II.-es („tail end”) típus. Az I.-es típus a korai fázis, ami az agresszív, agonisztikus viselkedési formát jelenti. Ez a jelenség a megfelelő tartástechnológiai feltételek mellett is jelen van a homogén lárva és ivadékállományban, indukálva a szétnövést. A II.-es típus a kései fázis, ami a teljes szétnövésnek, testméretbeli heterogenitásának, azaz a kannibalizmusnak a

következménye (Hecht és Appelbaum, 1988), melynek megjelenése még tovább csökkenti a megmaradást, és ezáltal a haltermelők részéről előállítható áruhal mennyiséget.

Kísérletünk célja a környezeti, tartástechnológiai tényezők közül a megvilágítás és a búvóhely hatásainak vizsgálta a kannibalizmus, termelési paraméterek, etológia, és a testalakulás vonatkozásában, melyek haltenyésztési és autökológiai szempontból egyaránt fontosak lehetnek.

### **Anyag és módszer**

A vizsgálatot a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumában állítottuk be. A 4 napos harcra lárvák Hajdúszoboszlóról, a Bocskai Halászati Kft jóvoltából érkeztek a kutatás helyszínére. Az átvételt követően 350 liter hasznos víztérfogatú, recirkulációs rendszerben működő medencékben helyeztük el az állományt. A kísérlet kezdetéig (12 napos korig) a takarmányozás sórákkal (*Artemia sp.*) történt. A kísérletet 8 napos akklimatizálódás és tápra szoktatás után kezdtük el, miután a harcsákat áthelyeztük a kísérlet helyszínét biztosító akváriumrendszerbe.

Az összesen 1200 egyed (átlagos testhossza (TL):  $19,4 \pm 2,22$  mm, fejszélesség (HW):  $4,07 \pm 0,53$  mm, szájszélesség (MW):  $3,22 \pm 0,57$  mm), a nedves testtömeg mérést követően 12 darab, recirkulációs rendszerben üzemeltetett akváriumban helyeztük el (100 db/egység). A rendszerben 6 akváriumot teljes sötétségben (S), 6 akváriumot piros (P) megvilágítás alatt tartottunk. A teljesen sötét akváriumokban a halakat maximum 1 lux (lx), míg a piros fényvel megvilágított egységekben nevelt ivadékokat 1500 lx fényerősség mellett neveltük. A fényerősség beállítása PeakTech 5065 Digital LUX-METER segítségével történt. Mindkét megvilágítás esetében 6 akváriumot búvóhellyel (B), míg 6 akváriumot búvóhely nélkül (BN) állítottunk be. Búvóhelyként 1-1 darab 30 x 30 centiméter felületű Raschel hálóból kialakított menedéket alkalmaztunk.

Az egységenként bejutatott napi takarmányadag a kezdeti biomassza 30%-a volt, amelyet napi négyszeri megosztásban (6 óránként), JBL AutoFood automata etetővel juttattunk ki. A vizsgálat során a víz oldott oxigén koncentrációját (DO/átlag:  $7,36 \pm 0,23$  mg/L) és hőmérsékletét ( $^{\circ}\text{C}$ /átlag:  $26,5 \pm 0,42$ ) napi rendszerességgel HACH HQ30D műszerrel ellenőriztük. Az ammónia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ :  $0,26 \pm 0,24$  mg/L), nitrít ( $\text{NO}_2\text{-N}$ :  $0,294 \pm 0,11$  mg/L) és nitrát ( $\text{NO}_3\text{-N}$ :  $3,79 \pm 2,68$  mg/L) koncentrációt 72 óránként vizsgáltuk.

A kísérlet végén meghatároztuk a halak megmaradását (%), kannibalizmus formáit, egyedi nedves testtömegét (g), a biomassza növekményt (g), a növekedési ütemet (SGR, %/nap), a takarmányértékesítést (FCR, g/g) és a szétnöves mértékét (CV%), illetve morfológiai méréseket és etológiai megfigyeléseket is végeztünk. A termelési és egyéb paraméterek eredményeinek statisztikai értékelése kéttényezős varianciaanalízissel történt.

### **Eredmények és következtetések**

Kísérletünk eredményei azt mutatták, hogy a megvilágítás az egyedi testtömegre és a növekedési ütemre volt szignifikáns hatással (*1. táblázat*), a többi termelési

paraméterben nem volt statisztikailag igazolható különbség. A menedék megléte vagy hiánya az egyedi testtömegben okozott statisztikai különbséget, a többi termelési paraméter vonatkozásában nem tapasztaltunk eltérést.

1. táblázat Két tényező hatása a vizsgált termelési paraméterekre

Tényezők	Megmaradás %	Testtömeg (g)	SGR (%/nap)	FCR (g/g)	CV%
Megvilágítás	n.s.	*	*	n.s.	n.s.
Menedék	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Megvilágítás x menedék	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

A megmaradással és egyéb termelési paraméterekkel kapcsolatos eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat Termelési paraméterek eredményei

	Megvilágítás		Menedék	
	Sötét	Piros	Van/B	Nincs/BN
Biomassza kezdő (g)	9,25±0	9,25±0	9,25±0	9,25±0
Biomassza végső (g)	28,34±7,24	25,54±3,34	26,49±7,05	27,39±4,24
Biomassza növekedés (g)	19,09±1,97	16,29±1,97	17,24±0,63	18,14±0,63
Egyedi testtömeg kezdő (g)	0,09±0	0,09±0	0,09±0	0,09±0
Egyedi testtömeg végső (g)	0,69±0,29*	0,46±0,12	0,66±0,30*	0,49±0,15
Megmaradás %	47,83±19,08	58,83±14,93	48,33±22,77	58,33±9,00
SGR (%/nap)	15,15±2,81*	12,32±2,05	14,76±2,94	12,70±2,38
FCR (g/g)	1,65±1,28	1,53±0,34	1,79±1,25	1,39±0,35
CV%	75,66±20,77	58,70±17,88	68,71±24,22	65,65±18,21
Kannibalizmus%	98,84±1,81	95,95±4,04	97,30±4,51	97,48±2,07

A megmaradással kapcsolatban elmondható, hogy az 1200 lárvából a kísérlet időtartama alatt összesen 560 egyed hullott el, amely a teljes állományra vonatkoztatva 47 %-os megmaradást jelent. Kiemelendő, hogy az elhullások 99%-át a kannibalizmus eredményezte. A megjelenési formák vonatkozásában az I.-es típus az elhullások 8%-át, míg a II.-es típus a mortalitás 92%-át okozta.

Morfológia mérések adatai alapján, a kísérlet végén átlagosan a legnagyobb testhosszal (42,79±11,71 mm) az SBN egységek rendelkeztek, míg a legrövidebb testhosszúságot a PBN akváriumok (36,9 ±6,45 mm) érték el. A legnagyobb fejszélesség (8,43±2,09 mm) az SB, míg a legkisebb a PBN egységekben volt átlagosan (7,5±1,68 mm). A legnagyobb szájszélességet (6,85±2,15 mm) az SB, a legkisebbet pedig a PBN akváriumok (5,93±1,60 mm) produkálták. A statisztikai elemzés azt mutatta, hogy a vizsgált tényezők közül a megvilágításnak volt szignifikáns hatása a halak morfológiai paramétereire. A sötétben nevelt lárvák testhossza (43,47±11,67 mm) statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a piros megvilágítás mellett nevelt egyedeké. A búvóhely megléte, vagy hiánya egyik morfometriai mutató esetében sem okozott szignifikáns eltérést.

Az etológia megfigyeléseink alapján elmondható, hogy mind a sötét (S), mind a piros (P) megvilágításnál használták a harcsák a búvóhelyeket (SB, PB), pihentek rajta. A teljes sötétségben és búvóhely nélküli akváriumokban (SBN) az állomány folyamatos úszást, zavart pihenést mutatott a vizsgálat ideje alatt, míg a piros megvilágításnál (PB, PBN) az akváriumok alján egyhelyben legezve, nyugodtan és szétszórva pihent az állomány.

## Összefoglalás

Vizsgálatunk alapvető célja annak megállapítása volt, hogy az eltérő megvilágítás, illetve a búvóhely/menedékhely megléte, vagy hiánya befolyásolja-e a harcsa lárvák termelési paramétereit, elsősorban a megmaradás vonatkozásában. A kísérletünk során kiemelt figyelmet fordítottunk a kannibalizmus mértékének és megjelenési formáinak tanulmányozására. Az eredmények alapján elmondható, hogy recirkulációs rendszerben a testvér kannibalizmus jelentős mértékben csökkenti az állomány túlélését, illetve egyedszámát. Megállapítottuk, hogy állomány szinten II.-es típusú kannibalizmus okozta a legnagyobb veszteséget. A piros megvilágítás mellett alacsonyabb testtömeggyarapodást tapasztaltunk, ugyanakkor az állomány homogénebb volt a sötét beállításhoz képest. A kísérlet végén statisztikailag igazolható különbséget mértünk az egyedi testtömeg alakulásában mind a megvilágítás, mind a búvóhely vonatkozásában. A legnagyobb morfometriai növekedést és ezáltal legkisebb megmaradást is a teljesen sötét és búvóhellyel ellátott egységekben nevelt harcsák érték el, míg összességében a legnyugodtabb etogramot a piros megvilágítású vízoszlopok mutatták.

## Irodalom

- A Magyar Akvakultúra és Halászati Szakmaközi Szervezet (MA-HAL)  
[http://new.magyarhal.hu/UserFiles/files/jelentesek/Feh%C3%A9r%20k%C3%B6nyv%202023\\_%C3%A9vr%C5%91.pdf](http://new.magyarhal.hu/UserFiles/files/jelentesek/Feh%C3%A9r%20k%C3%B6nyv%202023_%C3%A9vr%C5%91.pdf)
- Kozłowski J.; Poczyczyński P. **1999**. The effect of light and stocking density on the results of rearing of European catfish (*Silurus glanis* L.) larvae. Arch. Pol. Fish. 7(2), 297-306.
- Gisbert E.; Luz R. K.; Fernández I.; Pradhan P. K.; Salhi M.; Mozanzadeh M. T.; Kumar A.; Kotzamanis Y.; Castro-Ruiz D.; Bessonart M. és Darias M. J. **2021**. Development, nutrition, and rearing practices of relevant catfish species (Siluriformes) at early stages. Rev. Aquacult. 00, 1–33.  
<https://doi.org/10.1111/raq.12586>
- Hecht T.; Appelbaum S. **1988**: Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. J. Zool. London 2 14:2144.

## A MOBIL HALKELTETŐ HASZNÁLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA: A HŐMÉRSÉKLETI PARAMÉTEREK HATÁSA A ZSENGE IVADÉK MÉRETÉRE ÉS ÉLETKÉPESSÉGÉRE

BARTUCZ Tamás<sup>1</sup>, BERNÁTH Gergely<sup>1</sup>, NAGY Borbála<sup>1</sup>, VÁRKONYI Dávid<sup>1</sup>,  
BARTUCZ Cintia<sup>2</sup>, CSENKI-BAKOS Zsolt<sup>2</sup>, SZABÓ István<sup>2</sup>, BOKOR Zoltán<sup>3</sup>,  
HORVÁTH Ákos<sup>1</sup>, CSORBAI Balázs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő Páter Károly u. 1., bartucz.tamas@phd.uni-mate.hu

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológia Tanszék, 2100 Gödöllő Páter Károly u. 1.

<sup>3</sup> Agrárközgazdasági Intézet, Akvakultúra és Halászati Elemző Osztály, 1093 Budapest Zsil utca 3-5.

### Kivonat

A kutatás során a mobil halkeltető alkalmazhatóságát hasonlítottuk össze egy zárt recirkulációs halkeltető rendszerrel. A kísérletek során modellfajként a domolykót (*Squalius cephalus*) alkalmaztuk. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltetőben a különböző elhelyezkedésű Zuger-üvegek közt eltérés van a napi hőingás és az átlagos hőmérséklet esetében is, ez azonban nem befolyásolja a kelési arányt, a lárvatorzulások mértékét és a frissen kelt lárva testhosszát sem. A zárt recirkulációs rendszerben magasabb volt a torz lárva aránya mint a mobil halkeltetőben. A kelési arány mind a zárt recirkulációs rendszerben (63,3%), mind a mobil keltetőben kedvezően alakult (67,1%; 67,5%; 66,2%). A statisztikai értékelés alapján, az 1-es, 2-es és a 3-as Zuger-üvegek közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség a testhossz tekintetében. A zárt recirkulációs rendszerben frissen kikelő lárva testhossza szignifikánsan kisebb volt, mint az 1-es ( $P<0,05$ ) és 2-es ( $P<0,05$ ) Zuger-üvegben inkubált csoportoké. A torz lárva aránya a zárt recirkulációs rendszerben 24%, az 1-es Zuger üvegben 8%, a 2-es Zuger-üvegben 2%, míg a 3-as Zuger-üvegben 16% volt. Ugyan a kontrol csoportban volt a torzulások aránya a legmagasabb statisztikailag igazolható különbség ( $P<0,05$ ) csak a 2-es Zuger és a zárt recirkulációs rendszer közt volt kimutatható.

**Kulcsszavak:** Mobil keltető, hőmérséklet, ikrainkubáció, *squalius cephalus*, fejes domolykó

### Abstract

In this study, the applicability of the mobile fish hatchery was compared with that of a closed recirculation hatchery system. During the experiments, the chub (*Squalius cephalus*) was used as a model species. The results indicate that within the mobile hatchery, differences in daily temperature fluctuations and average temperatures among the Zuger jars placed in different positions were observed; however, these differences did not affect the hatching rate, the incidence of larval deformities, or the body length

of newly hatched larvae. A higher proportion of deformed larvae was recorded in the closed recirculation system than in the mobile hatchery. Favorable hatching rates were achieved in both systems: 63.3% in the closed recirculation system and 67.1%, 67.5%, and 66.2% in the mobile hatchery.

According to statistical analysis, no significant differences in body length were found among Zuger jars 1, 2, and 3. However, the body length of larvae hatched in the closed recirculation system was found to be significantly smaller than that of those incubated in Zuger jars 1 ( $P<0.05$ ) and 2 ( $P<0.05$ ) of the mobile hatchery. The proportion of deformed larvae was recorded as 24% in the closed recirculation system, while 8%, 2%, and 16% were recorded in Zuger jars 1, 2, and 3, respectively. Although the highest rate of deformities was observed in the control group, a statistically significant difference ( $P<0.05$ ) was only detected between Zuger jar 2 and the closed recirculation system.

**Keywords:** Mobile hatchery, temperature, egg incubation, european chub, *Squalius cephalus*

## Bevezetés

Magyarországon a természetes vizekkel való gazdálkodás az elmúlt 15 évben jelentős fordulatot vett. Míg korábban általánosan elterjedt volt a kereskedelmi célú természetesvízi halászat, a 2013. szeptember 1-én hatályba lépő CII. halászati törvény a vizek elsőszámú hasznosítási módját már a horgászathoz és a horgászturizmus fejlesztéséhez köti. A törvény 2015-ös módosítása pedig a 2016-os naptári évtől megtiltja a kereskedelmi célú halászati engedély kiadását (Ferincz és Staszny, 2020).

Ezen törvénymódosítások és az ökológiai szemlélet elterjedésének következtében folyamatosan növekszik a horgászati és a természetvédelmi értékkel bíró őshonos halfajok iránti igény (Arlinghaus és mtsai., 2016). A természetesvízi halállományok napjainkra azonban sok helyen megfogyatkoztak köszönhetően a túlhasznosításnak, az ivóhelyek eltűnésének és a vízszennyezéseknek. A fent említett okok miatt vált szükségessé a természetes vizeink halállományainak folyamatos pótlása (Ross és mtsai., 2008; Kinge és mtsai., 2009; Shraborni és mtsai., 2024). Az anyahalak és az ivadék hosszas szállítása a halak sérülésével és elhullásával is járhat (Rahman és mtsai., 2022). Erre kínálhat megoldást a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszéke által fejlesztett mobil halkeltető, amely lehetővé teszi az anyahalak befogása után az azonnali, helyszíni szaporítást úgy, hogy az anyaállomány számára az a lehető legkíméletesebb legyen. A helyben történő gyors szaporítás lehetővé teszi a felhasznált anyahalak számának maximalizálását (Hekli, 2022), ami pedig csökkenti a telepítésekkel előidézett genetikai sodródás mértékét (Schmidt és mtsai., 2025). A mobil halkeltető lehetőséget biztosít az ikra helyben történő inkubálására, illetve az ivadék gyors és hatékony kihelyezésére (Csorbai és Urbányi 2020; Csorbai és mtsai., 2020), kiküszöbölve ezzel a szállítás következtében fellépő elhullást (Luz és Favero 2024). Kísérletünkhöz modellfajként a domolykót (*Squalius cephalus*) választottuk, mivel ez a faj a horgászok körében egyre nagyobb népszerűségnek örvend (Szmotni, 2009; Weiperth és mtsai., 2021). Természetes vízi állományai azonban sok helyen

megfogyatkoztak, ezért a telepítés napjainkra szükségessé vált (Kupren és mtsai., 2011; Weiperth és mtsai., 2021).

Az eszköz használhatóságát több kísérlet bizonyította. Vannak azonban bizonyos, a rendszer kis méretéből és a környezeti kitétségből adódó, dinamikusan változó aspektusok, így a hőmérsékleti paraméterek is, melyek a hosszútávú alkalmazhatóság során kulcsfontosságúak. A hőmérsékleti viszonyok hatással lehetnek az embriófejlődésre, a kelési arányra, így a szaporítás és ivadéknevelés sikerességére is (Kucharczyk és mtsai., 1997; Krejszeff *et al.*, 2010), ezért kísérletünkben ezen paraméternek a részletes vizsgálatát végeztük el a mobil halkeltetőben.

### **Anyag és módszer**

Az anyaállomány begyűjtése az Ipoly folyó ipolytölgyesi szakaszán történt, elektromos halászgép (Samus 725M) segítségével. Az elektromos halászgép használatához a rendelkezésünkre állt a kutatási engedély (Szám: HaGF/154/2021). A vízhőmérséklet 14 °C volt. A befogott 12 db ikrás és 31 db tejes halat a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékére szállítottuk és mobil halkeltetőbe helyeztük. Az indukált szaporítás általánosan bevett keltetőházi gyakorlat szerint történt (Krejszeff és mtsai., 2011; Bartucz és mtsai., 2020).

A duzzasztott ikratételeket, összekevertük, majd 4 egyenlő részre osztottuk, így 4x ~620 ml ikrát kaptunk. Az egyik tételt a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékének recirkulációs rendszerébe helyeztük egy 7 literes Zuger-üvegbe. A maradék 3 ikratételt a mobil halkeltető 3 különböző Zuger-üvegébe raktuk, ezeket sorszámmal láttuk el. Az 1-es a bejárathoz legközelebb eső, a 2-es sorszámu a középső, míg a 3-as számú az ajtótól legmesszebb található Zuger-üveg volt.

A mobil halkeltető alapját egy 1,2 m<sup>3</sup>-es anyahaltartó medence képezi. A rendszerben található víz mechanikai szűrését szivacsűző biztosította. A medencéből a víz 3 réteg, egyenként 50 mm széles szűrőszivacson folyik keresztül. A csírátlánítás UV szűrővel történt, ahol 4 db 25 W-os UV cső biztosította a nem kívánt baktériumok, vírusok és gombák elpusztítását. Az UV szűrés után található a szivattyú (Grundfos Alpha 1), mely továbbította a rendszervizet egy 0,288 m<sup>3</sup> űrtartalmú tartályba, melyben 0,144 m<sup>3</sup> biomédia töltet található. A töltet hasznos felülete 600 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. A biológiai szűrő reaktorból a víz gravitációsan folyt az 5 db 7 l-es Zuger-üvegbe (Csorbai és Urbányi, 2020). A rendszer hőmérsékleti stabilitását két darab 250 W teljesítményű, termosztátos konnektorral (Sygonix TX3; hiszterézis: 0,5 °C) szabályozott akváriumi fűtő (Eheim Jäger 250) biztosította.

A kontrollként szolgáló recirkulációs halkeltető egységben a mechanikai szűrés szintén szűrőszivaccsal történt. Megtalálható volt benne egy 40 W-os UV szűrő és egy 150 literes biológiai szűrő. A rendszerben fennálló hőmérséklet és oldott oxigén tartalom folyamatos megfigyelés alatt állt (szonda típusa: WTW FDO-IQ). A mért adatok egy központi számítógépbe futottak be. Ha az oldott oxigénszint elérte a kritikus alsó határt a rendszer telefonon értesítette a kezelőket. A mért hőmérsékleti adatokat a számítógép regisztrálta. Ha a rendszer eléri a beállított, kívánt hőmérséklet alsó vagy felső határát a számítógép megfelelő szabályzással reagált rá. Amennyiben a vízhőmérséklet elérte az alsó határt, a fűtést egy 500 W-os (Eheim Jäger 500) akváriumfűtő biztosította. Ha a vízhőmérséklet a mérés során magasabb volt, mint a

kívánt felső határ, a hűtést egy 375 W-os Aqua Medic Titan Chiller 1500 hűtőberendezés végezte.

A beltéri recirkulációs rendszerben a pótvíz mennyisége állandó 18 l/óra volt, ami naponta kb. 20% vízcserét jelent. A mobil halkeltetőben naponta egy alkalommal hajtottunk végre vízcserét, melynek mértéke szintén ~20% volt. A pótvíz mindkét esetben hálózati víz volt, melynek hőmérséklete 16 °C. A vízcsere nem csak a nem kívánt nitrogénformák kimosására, hanem a hőmérséklet csökkentésére is alkalmas volt, ezért ezt kora délutáni órákban végeztük. A keltetés során a kívánt hőmérséklet mind a két rendszerben 18 °C volt.

A hőmérsékletmérés mind a mobil halkeltetőben, mind a beltéri recirkulációs rendszerben 4 óránként történt 0:00-kor, 4:00-kor, 8:00-kor, 12:00-kor, 16:00-kor és 20:00-kor a teljes inkubációs időszak során. A mérések a 4 kísérletbe vont Zuger-üvegben, a víztest közepén, valamint a mobil halkeltető anyaghaltartó medencéjében, a víztest közepén történt. A mérésekhez egy Hach HQ 2200 kézi mérőműszert használtunk. A mért adatokat Excel táblázatban feljegyeztük.

A külső léghőmérsékleti paraméterekkel való összehasonlításához az Országos Meteorológiai Szolgálat Gödöllőhöz legközelebb található aszódi (Állomásszám: 44214) mérőállomáson mért adatait használtuk fel.

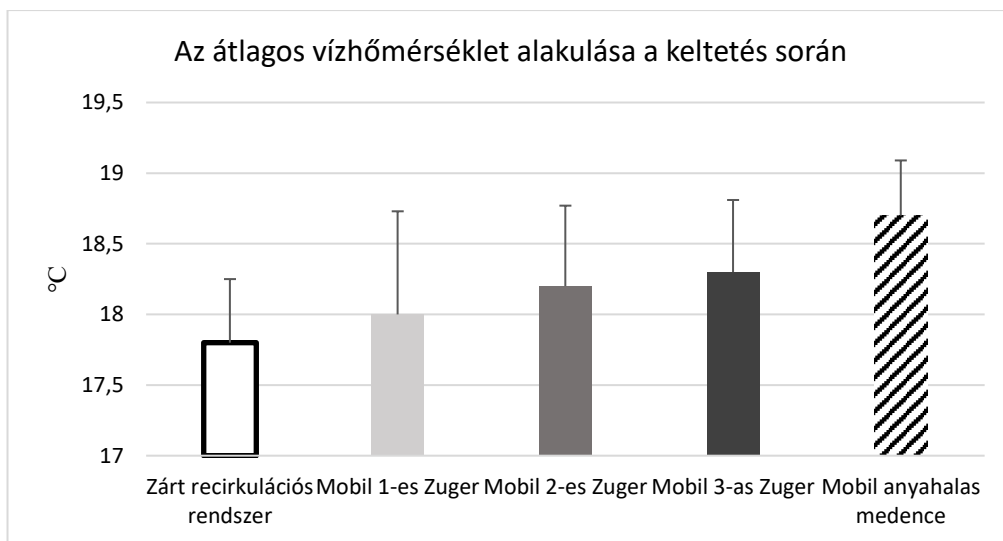
A kelési arány meghatározásához minden Zuger-üvegből random módon kivettünk 200 szem ikrát a kelés előtti órákban, majd egy Leica EZ4 E mikroszkóp alatt megszámloltuk a forgó állapotban lévő, éppen kelés előtt álló lárvákat és a nem életképes ikraszemeket. A teljes ikramennyiség és a rossz és jó szemek aránya adta a kelési %-ot. A keltetést akkor kezdtük meg, mikor a vízminőség mérés során feltűntek az első kikelt lárvák. Ez a 92. órában, a 23. mérést követően történt. Az első lárvák megjelenése mind a két rendszerben egyidőben történt. Az ikratételeket ezután 10mm-es szilikoncső segítségével 5l-es keltető tálakba fejtettük le. A keltetés minden csoport esetében ugyan annyi időt (kb. 3 órát) vett igénybe.

A kikelt lárvából random módon kiválasztottunk minden Zuger-üvegből 50-50egyedet. A megfelelően beállított halakat Leica M205 FA mikroszkóppal és DFC7000 T kamerával lefényképeztük. A képeken szereplő lárvát ImageJ (Fejlesztő: Wayne Rasband, verziószám: 1.52) program segítségével megmértük. A kezelésként kivett 50 db halat random módon 5-5 csoportra osztottuk és megszámloltuk a torz és kelésgyenge egyedeket. A testhossz mérések eredményeit és a torz lárva arányát is egyszempontos varianciaanalízissel hasonlítottuk egymáshoz, minden esetben 95%-os szignifikancia szint mellett vizsgáltuk az eltéréseket. A statisztikai elemzéshez Graphpad Prism 8.0 Statisztikai szoftvert használtunk.

## **Eredmények**

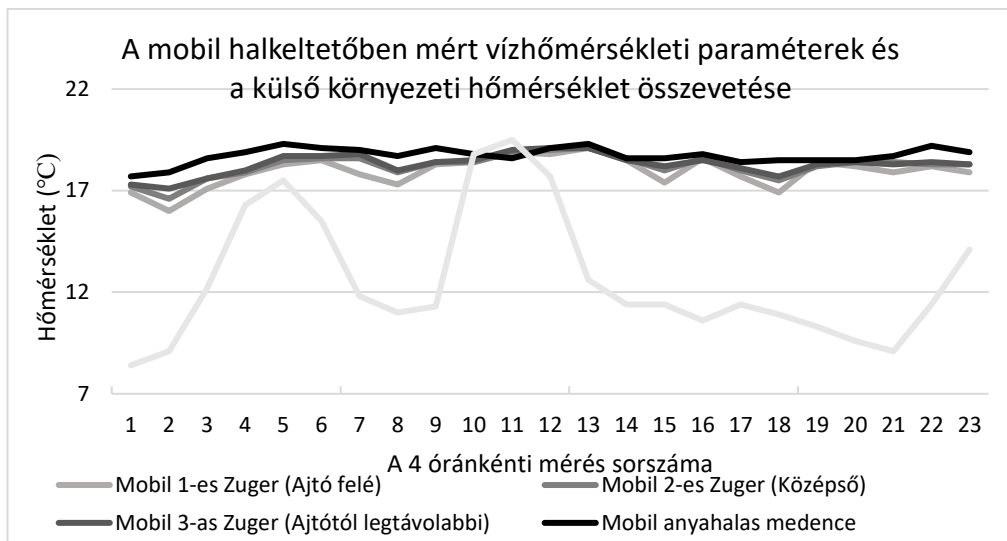
A zárt recirkulációs rendszerhez kapcsolt Zuger-üvegben átlagos víz hőmérséklet 17,8 °C volt az ikrá inkubáció során. Az itt mért átlaghőmérséklet és a mért víz hőmérsékletek szórása (0,45) is ebben a Zuger-üvegben volt a legalacsonyabb. A mobil halkeltetőben található anyahal tartó medence átlagos víz hőmérséklete bizonyult a legmelegebbnek, ez 18,7 °C volt a kísérlet időtartama alatt. A mérési eredmények szórása ebben az esetben volt a legalacsonyabb (0,39), ami a nagy víztestnek tudható be. A mobil halkeltetőben található 1-es sorszámú Zuger-üveg átlaghőmérséklete 18,0 °C a 2-es

Zuger-üvegé 18,2 °C, a 3-asé pedig 18,3 °C volt. A mobil halkeltetőben található Zuger-üvegekben mért vízhőmérsékletek szórás értékei (0,73; 0,57; 0,51) minden esetben magasabbak voltak, mint a zárttéri recirkulációs rendszerben mért paraméterek szórása. Megfigyelhető, hogy a mobil halkeltetőben az 1-es számú Zuger-üveg átlagos hőmérséklete és szórása a legalacsonyabb, majd az ajtótól távolodva az átlagos hőmérséklet növekszik, míg a szórás csökken.



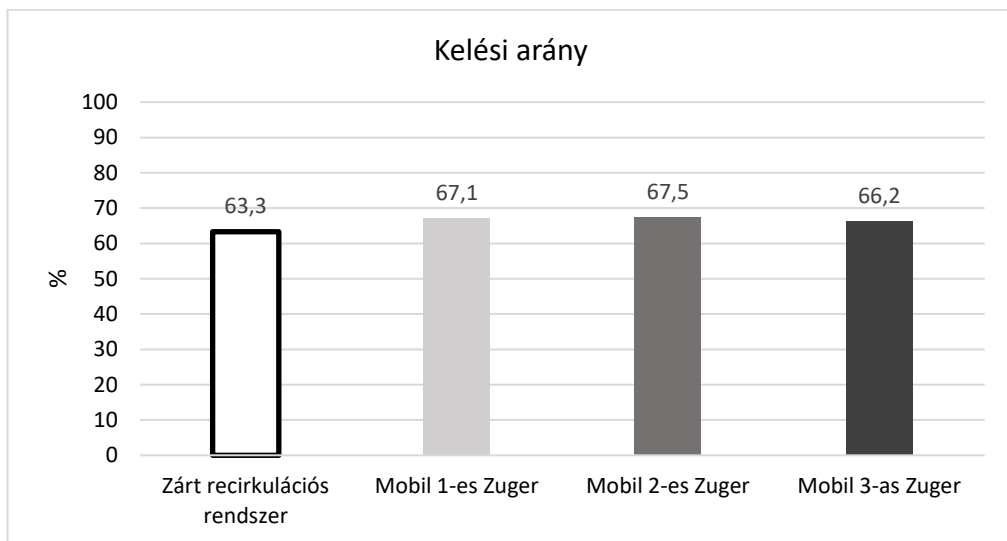
1. ábra. Az átlagos vízhőmérséklet alakulása a keltetés során a különböző keltetési egységekben

Az Országos Meteorológiai Szolgálat által mért léghőmérsékleti adatokat is összevettem a mobil halkeltetőben mért adatokkal. A diagrammon jól látszik, hogy ugyan a vízhőmérséklet változás trendszerűen követi a levegő hőmérséklet változását, de még a hidegebb hőmérsékleti viszonyok ellenére is megfelelő marad a napi hőingás, és az inkubációs időszak során a vízhőmérséklet nem csökkent 16 °C alá egyik Zuger-üveg esetében sem.



2. ábra A mobil halkeltetőben mért víz hőmérsékleti paraméterek és a külső környezeti hőmérséklet összevetése

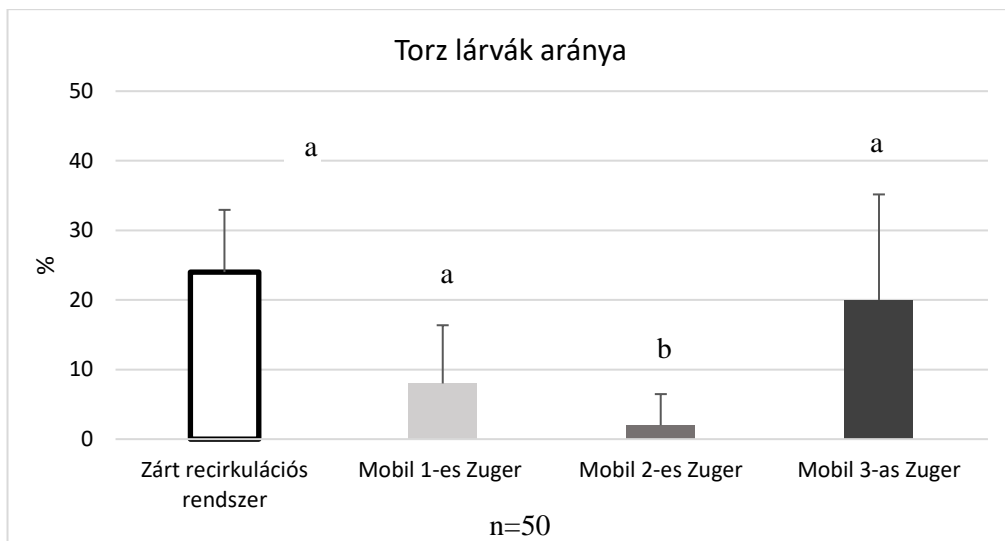
A kelési arány az ajtóhoz legközelebbi 1-es Zuger- üvegben 67,1%, a 2-es számú, középen elhelyezkedő Zuger-üvegben 67,5%, míg az ajtótól legtávolabb elhelyezkedő keltető üvegben 66,2% volt. A zárt recirkulációs rendszerben 63,3%-os kelési arányt számoltunk.



3. ábra. Kelési arány a különböző keltető egységekben

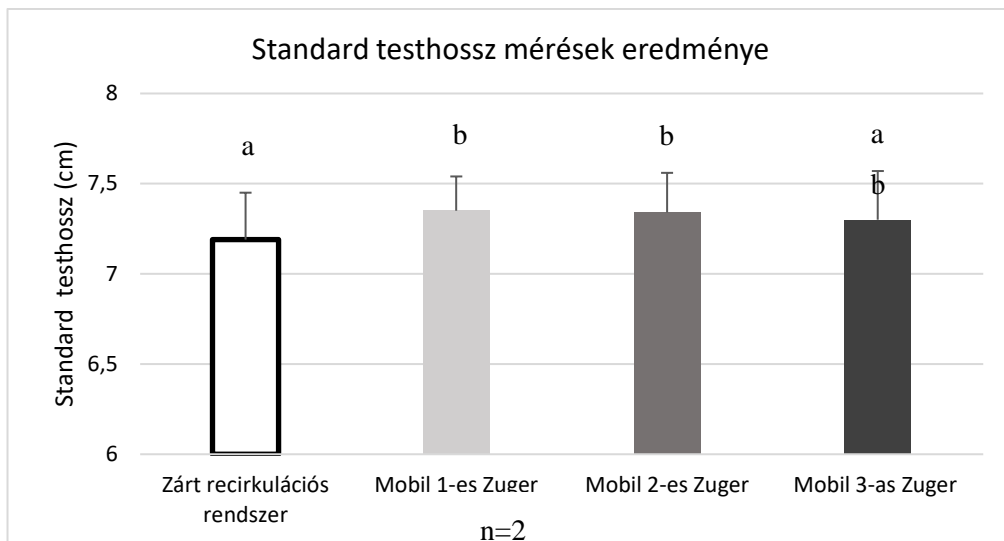
A torz lárvák aránya A zárt recirkulációs keltető egységben 24%, a mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegben 8%, a 2-es Zuger-üvegben 2%, míg a 3-as Zuger- üvegben 16% volt. Ugyan elmondható, hogy a zárt recirkulációs rendszerben volt a legmagasabb a

torz lárvák aránya, azonban a statisztikai értékelés során csak a zárt rendszerben és a mobil keltető 2-es számú Zuger-üvegek közt volt kimutatható szignifikáns különbség.



4. ábra Torz lárvák aránya a különböző keltető egységekben

A mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegében inkubált ikratételből kikelő lárva átlagos teljes testhossza  $7,35 \pm 0,19$  mm volt. Ugyanez az érték a 2-es Zuger-üveg esetében  $7,34 \pm 0,22$  mm, míg a 3-as Zuger-üveg esetében  $7,30 \pm 0,27$  mm volt. A zárt recirkulációs rendszerben kelt zsenge lárva átlagos testhossza  $7,19 \pm 0,26$  mm -t ért el. A statisztikai értékelés alapján, az 1-es, 2-es és a 3-as Zuger-üvegek közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség a kikelő lárva testhosszát tekintve. A zárt recirkulációs rendszerben frissen kikelő lárva testhossza azonban szignifikánsan kisebb volt, mint az 1-es ( $P < 0,05$ ) és 2-es ( $P < 0,05$ ) Zuger-üvegben inkubált csoportoké.



5. ábra Standard testhossz mérések alakulása a különböző egységekben keltetett csoportok esetében

## Összefoglalás

Magyarországon a természetes vizekkel való gazdálkodás az elmúlt 15 évben jelentős fordulatot vett. Míg korábban általánosan elterjedt volt a kereskedelmi célú természetesvízi halászat, a 2013. szeptember 1-én hatályba lépő CII. halászati törvény a vizek elsőszámú hasznosítási módját már a horgászathoz és a horgászturizmus fejlesztéséhez köti. A törvény 2015-ös módosítása pedig a 2016-os naptári évtől megtiltja a kereskedelmi célú halászati engedély kiadását.

Ezen törvénymódosítások és az ökológiai szemlélet elterjedésének következtében folyamatosan növekszik a horgászati és a természetvédelmi értékkel bíró őshonos halfajok iránti igény. A természetesvízi halállományok napjainkra azonban sok helyen megfogyatkoztak köszönhetően a túlhasznosításnak, az ívóhelyek eltűnésének és a vízszennyezéseknek. A fent említett okok miatt vált szükségessé a természetes vizeink halállományainak folyamatos pótlása. Az anyahalak és az ivadék hosszas szállítása a halak sérülésével és elhullásával is járhat. Erre kínálhat megoldást a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszéke által fejlesztett mobil halkeltető, amely lehetővé teszi az anyahalak befogása után az azonnali, helyszíni szaporítását úgy, hogy az anyaállomány számára az a lehető legkíméletesebb legyen. A helyben történő gyors szaporítás lehetővé teszi a felhasznált anyahalak számának maximalizálását, ami pedig csökkenti a telepítésekkel előidézett genetikai sodródás mértékét. A mobil halkeltető lehetőséget biztosít az ikra helyben történő inkubálására, illetve az ivadék gyors és hatékony kihelyezésére, kiküszöbölve ezzel a szállítás következtében fellépő elhullást. Kísérletemhez modellfajként a domolykót (*Squalius cephalus*) választottam, mivel ez a faj a horgászok körében egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Természetes vízi állományai azonban sok helyen megfogyatkoztak, ezért a telepítés napjainkra szükségessé vált.

Az eszköz használhatóságát több kísérlet bizonyította, azonban vannak bizonyos, a rendszer kis méretéből és a környezeti kitétségből adódó, dinamikusan változó aspektusok, így a hőmérsékleti viszonyok is, melyek további vizsgálatokat igényelnek. Kísérletem során a mobil halkeltető alkalmazhatóságát hasonlítottam össze egy zárt recirkulációs halkeltető rendszerrel a hőmérsékleti paramétereket, valamint azok hatását vizsgáltam a domolykó embrionális fejlődésére. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltetőben a különböző elhelyezkedésű Zuger-üvegek közt eltérés van a napi hőingás és az átlagos hőmérséklet esetében is, ez azonban nem befolyásolja a kelési arányt, a lárvatorzulások mértékét és a frissen kelt lárva testhosszát sem. A zárt recirkulációs rendszerben magasabb volt a torz lárva aránya mint a mobil halkeltetőben. A kelési arány mind a zárt recirkulációs rendszerben (63,3%), mind a mobil konténer Zuger-üvegeiben kedvezően alakult (67,1%; 67,5%; 66,2%). A mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegében inkubált ikratételből kikelő lárva átlagos testhossza  $7,35 \pm 0,19$  mm volt. Ez az átlagos testhossz a 2-es Zuger-üveg esetében  $7,34 \pm 0,22$  mm, míg a 3-as Zuger-üveg esetében  $7,30 \pm 0,27$  mm volt. A zárt recirkulációs rendszerben kelt zsenge lárva átlagos testhossza  $7,19 \pm 0,27$  mm volt. A statisztikai értékelés alapján, az 1-es, 2-es és a 3-as Zuger-üvegek közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség a kikelő lárva testhosszát tekintve. A zárt recirkulációs rendszerben frissen kikelő lárva testhossza azonban szignifikánsan kisebb volt, mint az 1-es ( $P < 0,05$ ) és 2-es ( $P < 0,05$ ) Zuger-üvegben inkubált csoportoké. A torz lárvák aránya a zárt recirkulációs keltető egységben 24%, a mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegben 8%, a 2-es Zuger-üvegben 2% míg a 3-as Zuger-üvegben 16% volt. Ugyan elmondható, hogy a zárt recirkulációs rendszerben volt a legmagasabb a torz lárvák aránya, azonban a statisztikai értékelés során csak a zárt rendszerben és a mobil keltető 2-es számú Zuger üvege közt volt kimutatható szignifikáns különbség ( $P < 0,05$ ).

A kísérleteink során sikerült meghatározni a mobil halkeltetőben fennálló hőmérsékleti viszonyokat és azok hatását az ikrainkubációs időszak során. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltető vízhőmérsékletére a külső hőmérséklet hatással van, azonban a keltető egységek az alacsony léghőmérséklet esetén is megfelelő hőmérsékletet biztosítanak a fejlődő ikra számára. A jövőben érdemes lenne a mobil halkeltetőt gyakorlati körülmények közt is tesztelni és a terepi felhasználás során tovább monitorozni a működésének különböző aspektusait.

### **Köszönetnyilvánítás**

„A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.” A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának és a Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült. A kutatást „Zárt akvakultúra rendszerek input és output paramétereinek környezeti és gazdasági szempontú fejlesztése” (pályázati azonosító: 2018-1.3.1-VKE-2018-00012) című pályázat támogatta.

## Irodalom

- Arlinghaus, R., Lorenzen, K., Johnson, B.M., Cooke, S.J., és Cowx, I.G. **2016**. Management of freshwater fisheries: addressing habitat, people and fishes. *Freshwater Fisheries Ecology*, 557–579.
- 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 Györe Péter (szerk): Szakkollégiumi és a Tudományos Diákköri Hallgatók Kutatásai. Debreceni Egyetem. 10-16.
- Csorbai, B. and Urbányi, B., **2020**. Possibility of the use of small scale hatchery in Kőrös Valley. 3rd International Conference on Water Sciences.2020.03.20 Szarvas.
- Csorbai, B., Urbányi, B., Bernáth, G., Szabó, T., Várkonyi, L., Molnár, J., Csenki-Bakos, Zs. I., Bokor, Z. **2020**. Kisméretű recirkulációs keltetők felhasználásának lehetősége Magyarországon. *Halászat-Tudomány*. 6.1. 13-18.
- Ferincz, Á. and Staszny, Á. **2020**. A természetesvízi halászat. In Horváth, L. (szerk). *Halbiológia és Haltenyésztés*. 1. kiadás. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt. 188-251.
- Hekli, M. **2022**. Innovatív mobil halkeltető állomás felhasználásának lehetőségei az Ipoly folyó márna állománjának megerősítésére. Precíziós mezőgazdasági mérnök, szakdolgozat. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő. 30-37.
- King, A. J., Tonkin, Z., Mahoney, J. **2009**. Environmental flow enhances native fish spawning and recruitment in the Murray River, Australia. *River Research and Applications*, 25(10), 1205-1218.
- Krejszeff, S., Kucharczyk, D., Targonska, K., Żarski, D. Kupren, K., Mamcarz, A., Piszczala, S. **2011**. Optimization of the reproduction of chub (*Leuciscus cephalus* L.) under controlled conditions. In Małgorzata Jankun, M., Grażyna Furgała-Selezniow, G., Małgorzata Woźniak, M. és Wiśniewska, A., (szerk) *Fish management in a variable water environment* Agencja Wydawnicza "Argi" SC. 265-272.
- Krejszeff, S., Targonska, K., Żarski, D. és Kucharczyk, D. **2010**. Artificial reproduction of two different spawn-forms of the chub. *Reproductive Biology*. 10.1. pp. 67-74.
- Kucharczyk, D., Luczynski, M., Kujawa, R. és Czerkies, P. **1997**. Effect of temperature on embryonic and larval development of bream (*Abramis brama* L.). *Aquatic Sciences*. 59. pp. 214-224.
- Kupren, K., Żarski, D., Krejszeff, S., Kucharczyk, D., és Targońska, K. **2011**. Effect of stocking density on growth, survival and development of asp *Aspius aspius* (L.), ide *Leuciscus idus* (L.) and chub *Leuciscus cephalus* (L.) larvae during initial rearing under laboratory conditions. *Italian Journal of Animal Science*, 10(3), 34.
- Rahman, M. R., Khan, M. S., Anka, I. Z., Amira, K. I., Himel, I. A., Banerjee, S., Khaton, H. A. **2022** Systematic Review on Transportation Approaches of Fish Larvae and Broods. Available at SSRN 4218424.
- Ross, L. G., Martinez Palacios, C. A., Morales, E. J. **2008**. Developing native fish species for aquaculture: the interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods. *Aquaculture Research*, 39(7), 675-683.

- Schmidt, C., Karachaliou, E., Vandergast, A. G., Crandall, E. D., Falgout, J., Hunter, M. E., Kershaw, M., Leigh, D. M., O'Brien, D., Paz-Vinas, I., Segelbacher, G., Garroway, C. J. **2025**. A survey of mammal and fish genetic diversity across the global protected area network. *Conservation Letters*, 18(2), 13092.
- Shraborni, A., Mandal, S. C., Parhi, J. **2024**. Freshwater Ornamental Fishes of India: Sustainable Management and Conservation. In *Aquaculture and Conservation of Inland Coldwater Fishes* 155-173.
- Szmutni, Á. **2009**. Legyezőhorgászat. 1. kiadás szerk. Budapest, Armadillo Kreatív Ügynökség. 221-239.
- Luz, R. K., and Favero, G. C. **2024**. Use of salt, anesthetics, and stocking density in transport of live fish: a review. *Fishes*, 9(7), 286.
- Weiperth, A., Lente, V., Staszny, Á., Ferincz, Á. **2021**. Természetvédelmi helyzet. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). *Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése*. Gödöllő. Vármédia print Kft. 155-163.

**BEFOLYÁSOLJA-E A TAKARMÁNYOZÁSI STRATÉGIA ÉS A  
KÖRNYEZETGAZDAGÍTÁS A VÁGÓTOK IVADÉKOK KÖRNYEZETÜKHÖZ  
VALÓ VISZONYÁT? - LÁRVANEVELÉSI GYAKORLATOK OPTIMÁLIS  
FAKTORIÁLIS KOMBINÁCIÓJÁNAK KERESÉSE**

**Fazekas Georgina<sup>1</sup>, Müller Tamás<sup>2</sup>, Berzi-Nagy László<sup>3</sup>, Ljubobratović Relja<sup>4</sup>,  
Stanivuk Jelena<sup>1</sup>, Fazekas Dorottya Lilla<sup>1</sup>, Káldy Jenő<sup>1</sup>, Vass Norbert<sup>1</sup>,  
Ljubobratović Uroš<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Halászati Kutató Központ (HAKI), Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), 5540 Szarvas, Anna-liget u. 35.,  
e-mail: Fazekas.Georgina.Lea@uni-mate.hu

<sup>2</sup>Halgazdálkodási Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.,

<sup>3</sup>Agroloop Magyarország Ltd., Illatos 7/A, 1097 Budapest

<sup>4</sup>SciLynx d.o.o., JN Sibeliusa 3, HR-10 000 Zágráb, Horvátország

## **Kivonat**

Jelen tanulmány eltérő takarmányozási stratégiák és a környezeti dúsítás vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*) lárváinak és ivadékainak tenyésztéstechnikai és viselkedési paramétereire gyakorolt hatását vizsgálta két egymást követő kísérleti évben. Részleges faktoriális kísérleti beállítás alkalmazásával 16 (8+8) kombinációt teszteltünk két kísérlet során, úgymint *Artemia* dúsítás (mindkét évben), *Chironomus* alkalmazása, *Chironomus* bevezetése az külső táplálkozás kezdetétől, fagyasztott *Artemia* alkalmazása, vegyes takarmányozás, tápraszkotatás időpontja és a kavicsdúsítás alkalmazása (EE). A második kísérletet követően labirintus-teszt segítségével tanulmányoztuk a csoportok viselkedését. A tenyésztéstechnikai eredmények alapján rangsoroltuk a kísérleti kombinációkat. A *Chironomus* korai, legalább két hétig tartó alkalmazása és az *Artemia* dúsítás bizonyult a legelőnyösebb kombinációnak a vágótok hosszú távú nevelése során, míg a fagyasztott *Artemia* használata és a vegyes takarmányozás korai alkalmazása kerülendőnek bizonyult. A tápanyagokban gazdag takarmány és a környezeti dúsítás a korai életszakaszban nemcsak a fejlődés és a túlélés szempontjából, hanem a viselkedés tekintetében is előnyös. Támogatja a fitneszhez kapcsolódó tulajdonságok fejlődését, beleértve a stresszel való megbirkózást és a felfedező viselkedést, valamint lehetőséget biztosít a halak számára, hogy kontrollt gyakoroljanak a környezetük felett, amely pozitívan befolyásolja az állatok jólétét. A környezet gazdagításának és az első etetéstől kezdve magas színvonalú takarmány használatának kombinációja előnyös lehet mind a kereskedelmi, mind a visszatelepítési céllal tenyésztett vágótok lárva- és ivadéknevelése során.

**Kulcsszavak:** viselkedés, labirintus, fagyasztott *Artemia*, *Chironomus*, kombinált etetés, átszkotatás

## Abstract

The present study investigated the optimal feeding strategy in combination with environmental enrichment and its implications on the zootechnical and behavioural parameters in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) larvae and juveniles over two consecutive trial years. Using fractional factorial design 16 (8+8) factorial combinations were tested in two experiments such as *Artemia* enrichment, application of *Chironomus*, *Chironomus* introduction from the onset of exogenous feeding, application of frozen *Artemia*, co-feeding method, time of weaning, and the use of gravel-enrichment. After the second trial, cross-maze tests were conducted to study the behaviour of the treatment groups. The trial combinations were then ranked based on the zootechnical results. Early application of *Chironomus* for a minimum of two weeks and *Artemia* enrichment have proven to be the most beneficial combinations in long-term rearing of Russian sturgeon, whether the use of frozen *Artemia* and co-feeding from the first feeding should be avoided. The use of nutrient-rich food and environmental enrichment during early life is not only advantageous for development and survival, but also for behaviour. It supports the development of fitness-related traits including stress-coping, and exploration, and also provides the opportunity for the fish to have control over the environment, enhancing fish welfare. A combination of environmental enrichment and the use of high standard diets from first feeding onwards can be beneficial in all aspects of rearing Russian sturgeon, whether for commercial or reintroduction purposes.

**Keywords:** behavior, maze, frozen *Artemia*, *Chironomus*, co-feeding, weaning

## Bevezetés

A tokfélék tenyésztésének sikere szorosan összefügg a sikeres lárwaneveléssel, mivel a korai életszakaszban a lárvák nem vagy nehezen képesek a kereskedelmi takarmányokból származó alapvető tápanyagokat megemészteni vagy asszimilálni (LeBreton és mtsai. 2004; Wegner és mtsai. 2009). Az a gyakorlat, miszerint a lárváknak az exogén táplálás kezdetén csak formázott takarmányt biztosítanak, számos hátránnyal járhat, mint például a szuboptimális túlélés és az akadályozott fejlődés (Mohler és mtsai., 2012; Rónyai és Feledi, 2012). A lárwanevelés sikerét nagymértékben befolyásolja az első etetési rendszer és a takarmány tápértéke (Ghomi és mtsai., 2012). A tokfélék táplálkozásának átmeneti időszakai, mint például a szikanyag felszívódását követően az exogén táplálkozásra történő áttérés, valamint a természetes táplálékról a kereskedelmi forgalomban kapható tápokra való átállás érzékeny időszakok (Kamali és mtsai., 2006; Rónyai és Feledi, 2012). Ezért az első etetés kezdeti és a tápraszoktatás optimális időpontjának meghatározása létfontosságú az akvakultúrában. A tápraszoktatást a halak nevelése során a termelési ciklus sikerének szűk keresztmetszetének tekintik (Gisbert és mtsai., 2018). Bár az élő eleség a legmegfelelőbb induló takarmány a fiatal halak számára, több előny is indokolja a száraz mikroeleségre való korai átállást, mint például a következetes tápanyagérték biztosítása, a gazdasági és gyakorlati előnyök, a kevésbé költséges és kényelmes használat a keltetőüzemekben, míg az élő eleség a betegségek vektoraként működhet,

ami gyakran extra manipulációkat igényel a megfelelő tápérték eléréséhez (Herath és Atapaththu, 2013; Zhao és mtsai. 2020).

A genetikai háttér és a táplálkozás mellett a nevelési környezet a lárvák fejlődését meghatározó legfontosabb tényezők közé tartozik. Az élőhely komplexitása mind a fejlődő, mind a kifejlett halak kognitív funkciói szempontjából jelentőséggel bírnak (Salena és mtsai. 2021). A környezeti dúsítás előnyeit az agyi proliferációra és differenciálódásra (Brignon és mtsai. 2018), az idegi és szinaptikus plaszticitásra, a génextpresszióra (Reiser és mtsai. 2021), valamint a fenotípusos plaszticitásra (Brignon és mtsai. 2018) számos esetben bizonyították különböző halfajok esetében. A kognitív teljesítmény, a térbeli tanulás és az emlékezőképesség (Salvanes és mtsai. 2013; Roy és Bhat, 2016) szintén fokozható környezeti manipulációval, míg az agresszivitás csökkenthető menedék és további táplálkozóhelyek biztosításával (Zhang és mtsai. 2020). Egy nemrégiben végzett vizsgálat további előnyöket mutatott ki a kavicsal dúsított környezetben nevelt kecsege (*Acipenser ruthenus*) tenyésztéstechnikai és viselkedési teljesítményére vonatkozóan, amely szignifikánsan magasabb túlélést, alacsonyabb elhullást és jobb stressztűrést mutatott a dúsított környezetben nevelt halak csoportjánál (Fazekas és mtsai. 2023). A halak jólétének előmozdítására irányuló egyre növekvő igények és előírások szintén fontos kutatási célponttá teszik a környezetgazdagítás témakörét.

A jelen tanulmány célja a vágótok optimális tenyésztési ütemének meghatározása volt. A fenti áttekintés alapján nyilvánvaló, hogy a lárvanevelési protokoll optimalizálásához többtényezős megközelítésre van szükség. Ezért a jelen tanulmányban a leggyakrabban használt kezdőtakarmányok, takarmányozási rendszerek és környezetgazdagítás kombinációit értékeltük két egymást követő évben a vágótok nevelése során. A multifaktoriális kísérleti beállításon alapuló állatkísérletek teljes, 'full' faktoriális kísérleti tervben idő-, állat-, hely- és munkaigényesek, ezért kísérleteinkben egy alternatív megoldást, a részleges faktoriális ('fractional factorial') kísérleti tervezést alkalmaztuk, amely lehetővé teszi a kísérlet méretének és a felhasznált állatok számának jelentős csökkentését, mégis informatív és statisztikailag megbízható eredményeket biztosít (Shanmugam és mtsai. 2022). Az első év során az *Artemia* különböző formáit (élő, fagyasztott és dúsított), valamint a fagyasztott *Chironomus* használatát vizsgáltuk, a tápraszoktatás módszerének változtatásával (vegyes takarmányozás, rövid tápraszoktatás). Az első vizsgálati eredményeknek megfelelően a következő kísérlet keretén belül különböző etetési stratégiákat vizsgáltunk: a *Chironomus* bevezetésének időzítése és az alkalmazásának időtartama, valamint a tápraszoktatás időpontja, amelyeket környezeti dúsítással egészítettünk ki. Az alkalmazott kombinációknak a halak viselkedésére gyakorolt hosszú távú hatásának vizsgálatára a takarmányozási kísérlet befejeztével, egy hónapos hagyományos ivadéknevelést követően viselkedési tesztekét végeztünk el labirintus-készülékben.

## **Anyag és módszer**

A kísérletben felhasznált halak a MATE AKI HAKI tóban nevelt vágótok tenyészállatainak mesterséges szaporításából származtak. A kelést követően a halakat 10 lárva per liter sűrűségben, nyolc darab, 250 liter térfogatú, ívelt aljú, vályú alakú

kádakba helyeztük el a HAKI recirkulációs lárvanevelő rendszerében. A fotoperiódust (16L:8D) minden tartály felett LED-lámpákkal biztosítottuk, melyek fényereje szabályozható. A víz hőmérsékletet  $16,8 \pm 0,3$  °C-on tartottuk. 31 db lárva kezdeti testtömegét ( $19,7 \pm 1,3$  mg, illetve  $16,0 \pm 0,8$  mg) és teljes testhosszát ( $12,1 \pm 0,5$  mm, illetve  $11,8 \pm 1,8$  mm) a szállítás napján (1. kísérlet: 9 kelés utáni nap (DPH), 2. kísérlet: 1 DPH) mértük. Az egyedi teljes testhosszt és testtömeget minden mintavételi időpontban megmértük (2; 9; 19; 19; 29 és 36 DPH az 1. kísérletben és 1; 11; 19; 26; 33; 39; 46; 53; 61 és 66 DPH a 2. kísérletben). A két kísérlet során alkalmazott takarmányozási kombinációkat az 1. és 2. táblázat szemlélteti.

3. táblázat Vágótoklárva takarmányozási kombinációi az első kísérlet során

Kombinációk/kád	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Artemia</b> dúsítás		+		+		+	+	
<b>Chironomus</b> alkalmazása			+			+	+	+
<b>Fagyasztott Artemia</b>	+		+	+		+		
<b>Vegyes takarmányozás</b>			+	+	+		+	

4. táblázat Vágótoklárva takarmányozási kombinációi és környezetgazdagítás alkalmazása a második kísérlet során

Kombinációk/kád	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Artemia</b> dúsítás	+		+	+		+		
<b>Chironomus korai</b> bevezetése	+			+	+			+
<b>Környezetgazdagítás</b>		+	+	+				+
<b>Tápraszoktatás ('korai')</b>	+		+				+	+

### Viselkedés vizsgálata

A viselkedési tesztek ugyanabban a kereszt-labirintusban végeztük el, ugyanazt a vizsgálati protokollt alkalmazva, amelyet a közelmúltban a fiatal kecsegéken végzett vizsgálatunkban használtunk (Fazekas és mtsai. 2023). A labirintus falait kívülről hungarocellel borítottuk. A labirintust virtuálisan 10 rekeszre osztottuk a halak felfedező viselkedésének vizsgálatához. Minden egyes 10 perces tesztről videofelvétel készült, melyet vizuális megfigyeléssel elemeztünk ki, a halak által megtett távolságot pedig egy új szoftver (AEGEAR) segítségével mértük. A halak egyesével vettek részt

a viselkedési tesztben. Kezelésenként tizenkilenc halat vizsgáltunk. A teszt után minden hal testtömegét megmértük, majd elhelyeztük őket egy üres ivadéknevelő kádban. Két különböző labirintust állítottunk fel: egy fizikai szerkezetek nélküli, csupasz labirintust - hagyományos labirintus teszt; és egy labirintust, amelynek alján apró kavicsok (1-2 cm) helyeztünk el – kavics-labirintus teszt. A stresszhelyzetben történő takarmányfelvétel meghatározásához a hagyományos labirintus tesztben fagyasztott *Chironomus* lárvákat helyeztünk a labirintus aljára. A következő viselkedési változókat mértük: táplálékfelvétel (FI), a start dobozból való kilépés látenciaideje (LES), a meglátogatott zónák száma összesen (TNVZ), mozdulatlanul eltöltött idő (FT), stresszel kapcsolatos úszási viselkedés (S), a start zóna látogatása (VS), a kihívást jelentő zónák látogatása (VC), az ellentétes oldalon lévő zóna látogatása (VOB).

## Eredmények és következtetések

### Első kísérlet

A testtömeg és a teljes testhossz a *Chironomus*-szal takarmányozott csoportokban magasabb ( $P = 0,000$ ), a fagyasztott *Artemia*-val etetett csoportokban pedig alacsonyabb ( $P = 0,000$ ) volt a kísérlet előrehaladtával. Az exogén táplálkozás kezdetétől vegyesen takarmányozott csoportokban az együtt-táplálás inkább csökkentette a testméretet ( $P = 0,061$ ), mindhárom mintavételi időpontban szignifikáns különbségek mutatkoztak. A fagyasztott *Artemia* és a vegyes takarmányozás használata szignifikánsan csökkentette az elhullást ( $P = 0,021$ ;  $P = 0,042$ ). A vegyesen takarmányozott csoportoknál az első mintavételi ponton, míg a fagyasztott *Artemia* esetében a második mintavételi ponton szignifikánsan magasabb elhullást tapasztaltunk. A *Chironomus*-szal etett csoportok esetében az elhullás szignifikánsan alacsonyabb volt a kísérlet elején és végén (19 és 36 DPH,  $P = 0,010$  és  $P = 0,037$ ) összehasonlítva a *Chironomus*-szal nem etetett csoportokkal.

### Második kísérlet

A lárvanevelés során a *Chironomus* bevezetésének és a tápraszkotatás időpontja szignifikáns hatást gyakorolt a testtömegre és a teljes testhosszra ( $P < 0,05$ ). Azon csoportokban, ahol a *Chironomus*-t az exogén táplálkozás kezdetétől alkalmaztuk, magasabb testtömeget és testhosszt mértünk (19, 26 és 39 DPH), összehasonlítva azokkal a csoportokkal, ahol azt egy héttel később vezettük be. A korábban tápraszkotatott csoportban a méret csökkenése és az elhullás emelkedése volt megfigyelhető a lárvanevelés negyedik, illetve ötödik hetének a végéig. A EE jelenléte alacsonyabb elhullást eredményezett (33 DPH-nál szignifikánsan alacsonyabb;  $P = 0,047$ ) az azzal rendelkező csoportokban, míg a testméretre nem volt hatással a lárvanevelési fázis során.

A teljes kísérleti időszakot figyelembe véve (lárvanevelés és ivadéknevelés), a *Chironomus* és az EE szignifikáns hatással volt a testméretre ( $P = 0,000$ ). A táplálkozás kezdetétől *Chironomus*-szal is táplált csoportok testtömege az ivadéknevelés fázisában is nagyobb volt a csak egy héttel később *Chironomus*-szal etetett csoportokénál ( $P = 0,000$ ), míg az EE hiánya az ivadéknevelési fázis alatt negatív hatást gyakorolt a vágótok ivadék növekedésére, amely feltételezhetően a

megváltozott környezet által okozott krónikus stresszválasz. A korábban tápraszkoltatott csoportok esetében az elhullás alacsonyabb volt az ivadéknevelési fázis kezdetén, mint az egy héttel később átszkoltatott csoportok esetében. Az ivadéknevelő rendszerbe történő áthelyezésre a korábban tápraszkoltatott csoportban az elhullás csökkenését követően került sor, míg a később átszkoltatott csoportok esetében ez az érzékeny időszak az áthelyezés időpontjáig még nem zajlott le. Később az elhullás tekintetében nem mutatkozott különbség a két csoport között.

### Viselkedési vizsgálatok

A hagyományos labirintus teszt során a *Chironomus*-szal később kínált csoport tendenciálisan magasabb táplálékfelvételt mutatott ( $P = 0,052$ ), mint az exogén táplálkozás kezdetétől *Chironomus*-szal etetett csoportok. A korai *Chironomus*-szal etetett csoportban a hagyományos labirintus teszt során a LES szignifikánsan alacsonyabbnak ( $P = 0,014$ ), a TNVZ pedig magasabbnak ( $P = 0,015$ ) bizonyult. A kavicssal dúsított környezetből származó halak szignifikánsan kevesebb utat tettek meg ( $P = 0,004$ ) a hagyományos labirintusban, mint a hagyományosan nevelt csoport, azonban a dúsított és a nem dúsított kezelési csoportok nem különböztek a TNVZ tekintetében a 10 perces tesztidőszak alatt, ami szintén megbízhatóan jelzi az aktivitást (Alnes et al., 2021; Fazekas et al., 2023). Ezek az eredmények a dúsított körülmények között nevelt halak alacsonyabb úszási sebességével magyarázhatók, ami nagyobb felfedező viselkedésre utalhat (Pasquet et al., 2016). A rögzített tényezők nem befolyásolták sem az FT-t, sem az S-t, azonban a korábban tápraszkoltatott csoportok tendenciálisan kevesebb időt töltöttek mozdulatlanul a később átszkoltatott egyedekhez képest ( $P = 0,052$ ), amely a korai tápraszkoltatás miatti félnélkebb egyedek szelektálódását feltételezheti. Az *Artemia* dúsítás szignifikánsan pozitív hatást mutatott a testtömeg tekintetében a kavics-labirintus teszt során, ami az esszenciális zsírsavak korai életszakaszban történő alkalmazásának hosszútávú jótékony hatását bizonyítja.

A labirintus tesztek alatt azok a halak, amelyeket az etetés első napjától kezdve *Chironomus*-szal is takarmányoztunk, gyakrabban tértek vissza a start zónába, mint a többi csoport (hagyományos labirintus teszt:  $P = 0,010$ ; kavics-labirintus teszt:  $P = 0,017$ ).

### Összefoglalás

A vágótoklárva esetében a *Chironomus* alkalmazása az exogén táplálás kezdetétől ajánlott. A jelen vizsgálat bebizonyította, hogy az esszenciális zsírsavakkal és vitaminokkal dúsított *Artemia* és a *Chironomus* egyidejű alkalmazása két-három héten keresztül hosszú távú növekedési előnyöket biztosít. Továbbá, az EE használata döntően befolyásolja az állatok fejlődését, mely előnyös lehet a természetes állománypótlás szempontjából, különös tekintettel a stresszel való megbirkózás képességére. A takarmányozás által kiváltott fokozott környezeti érzékelés a környezetgazdagítással együtt javíthatja a kognitív funkciókat. Ennek megfelelően a természetvédelmi tevékenységet is végző keltetőüzemeknek tanácsos figyelembe venni a környezeti dúsítást a lárvannevelés során, és követni a legmagasabb szintű takarmányozási protokollokat, figyelembe véve mind a *Chironomus*-lárva, mind a dúsított *Artemia* korai bevezetését és két-három hetes alkalmazását a tápraszkoltatás

befejezése előtt. A lárvanevelő rendszerből az ivadéknevelő egységbe történő szállításra valószínűleg három héttel később, az inert táplálékra történő átszoktatási eljárás megkezdését követően kerülhet sor. A jelen vizsgálatban a tenyésztéstechnikai paraméterek rangsorolásának együttes eredményei alapján az exogén etetés kezdetétől *Chironomus*-szal és élő, nem dúsított *Artemia*-val kombinált, két héten keresztül kizárólag természetes takarmányozás után tápraszoktatott csoport bizonyult a vizsgált optimális kezelésnek.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnénk mondani Rideg Árpádnak, Dr. Feledi Tibornak és Horváth Zoltánnak a kísérlet tervezésekor nyújtott szakmai segítségükért, tanácsaikért és hogy megosztották velünk a toknevelés során szerzett hasznos tapasztalataikat.

### Irodalom

- Brignon W.R.; Pike M.M.; Ebbesson L.O.E.; Schaller H.A.; Peterson J.T.; Schreck C.B. **2018**. Rearing environment influences boldness and prey acquisition behavior, and brain and lens development of bull trout. *Environ. Biol. Fish.* 101, 383–401. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0705-z>
- Fazekas G.; Müller T.; Stanivuk J.; Fazekas D. L.; Káldy J.; Tóth F.; Bürgés J.; Colchen T.; Vass N.; Ljubobratovič U. **2023**. Evaluation of applying environmental enrichment to sterlets (*Acipenser ruthenus* L.) in early life stages. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 268, 106090. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.106090>
- Ghomi M.R.; Shahriari R.; Langroudi H.F.; Nikoo M.; Elert von E. **2012**. Effects of exogenous dietary enzyme on growth, body composition, and fatty acid profiles of cultured great sturgeon *Huso huso* fingerlings. *Aquacult. Int.* 20, 249 – 254. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9453-9>
- Gisbert E.; Solovyev M.; Bonpunt E.; Maudui C. **2018**. Weaning in Siberian sturgeon larvae. In: Williot, P., Nonnotte, G., Chebanov, M. (eds) *The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869) Volume 2 - Farming*. Springer, Cham, pp. 59–72. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61676-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61676-6_4)
- Herath S.S. and Atapaththu K.S.S. **2013**. Sudden weaning of angel fish pterophyllum scalare (Lichtenstein) (Pisces; *Cichlidae*) larvae from brine shrimp (*Artemia* sp) nauplii to formulated larval feed. *SpringerPlus*, 2(102), 1-7. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-102>
- Kamali A.; Kordjazi Z.; Nazary R. **2006**. The effect of the timing of initial feeding on growth and survival of ship sturgeon (*Acipenser nudiventris*) larvae: A small-scale hatchery study. *J. Appl. Ichthyol.* 22(SUPPL. 1), 294–297. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00972.x>
- LeBreton G.T.O.; Beamish F.W.H.; Mckinley R.S. **2004**. *Sturgeons and Paddlefish of North America*. Kluwer Academic Publishers, New York.
- Mohler J.W.; Sweka J.A.; Kahnle A.; Hattala K.; Higgs A.; DuFour M.; Breece M.W.; Fox D.A. **2012**. Growth and survival of hatchery-produced Atlantic Sturgeon released as young-of-year into the Hudson River, New York. *J. Fish and Wildl. Manag.* 3(1), 23–32. <https://doi.org/10.3996/012011-JFWM-005>

- Reiser S.; Pohlmann D.M.; Koops U.; Trautner J. **2021**. Environmental enrichment during early rearing provokes epigenetic changes in the brain of a salmonid fish. *Comp. Biochem. and Physiol. - Part D: Genom. and Proteom.* 39, 100838. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2021.100838>
- Rónyai A. and Feledi T. **2012**. Co-feeding as a weaning procedure in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) larvae. *Aquacult. Res.* 44(9), 1489-1491.
- Roy T. and Bhat A. **2016**. Learning and memory in juvenile zebrafish: What makes the difference-population or rearing environment? *Ethol.* 122(4), 308–318. <https://doi.org/10.1111/eth.12470>
- Salena M.G.; Turko A.J.; Singh A.; Pathak A.; Hughes E.; Brown C.; Balshine S. **2021**. Understanding fish cognition: a review and appraisal of current practices. *Anim. Cognit.* 24, 395-406. <https://doi.org/10.1007/s10071-021-01488-2>
- Salvanes A.G.V.; Moberg O.; Ebbesson L.O E.; Nilsen T.O.; Jensen K.H.; Braithwait V.A. **2013**. Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish. *Proc. the R. Soc.* 280, 20131331. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1331>
- Shanmugam B.K.; Vardhan H.; Raj M.G.; Kaza M.; Sah R.; Hanumanthappa H. **2022**. Application of fractional factorial design for evaluating the separation performance of the screening machine. *Int. J. Coal Prep. and Util.* 42(11), 3369–3379. <https://doi.org/10.1080/19392699.2021.1962312>
- Wegner A.; Ostaszewska T.; Rożek W. **2009**. The ontogenetic development of the digestive tract and accessory glands of sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) larvae during endogenous feeding. *Rev. in Fish Biol. and Fisheries*, 19(4), 431–444. <https://doi.org/10.1007/s11160-009-9111-8>
- Zhang Z.; Xu X.; Wang Y.; Zhang X. **2020**. Effects of environmental enrichment on growth performance, aggressive behavior and stress-induced changes in cortisol release and neurogenesis of black rockfish *Sebastes schlegelii*. *Aquaculture*, 528, 735483. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735483>
- Zhao L.; He K.; Luo J.; Sun J.; Liao L.; Tang X.; Liu Q.; Yang S. **2020**. Co-modulation of Liver Genes and Intestinal Microbiome of Largemouth Bass Larvae (*Micropterus salmoides*) During Weaning. *Front. in Microbiol.*, 11, 1332. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01332>

## **A TAKARMÁNYFELVÉTEL HŐMÉRSÉKLETI MINIMUMÁNAK MEGHATÁROZÁSA PONTY ESETÉN**

**TERHES Attila<sup>1</sup>, WÉBER Csaba<sup>1</sup>, NAGY Zoltán<sup>1</sup>, JAKABNÉ Sándor Zsuzsanna<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Halászati Kutatóközpont, 5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.  
email: terhes.attila.1@phd.uni-mate.hu*

### **Kivonat**

A kísérlet során alacsony vízhőmérsékleten (4°C, 6°C, 8°C), akváriumokban vizsgáltuk egynyaras pontyok takarmányfelvételét és testtömeg változását. A vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy az egynyaras pontyok 4°C-on teljesen inaktívak voltak minimális táplálékfelvétel mellett. A vízhőmérséklet 6°C-ra történő emelésével a testtömeghez viszonyított takarmányfelvétel 0,03%-ról 0,16% értékre emelkedett és már 0,43%-ot is elérte 8°C-on. A takarmányfelvétel és a hőmérséklet között erős pozitív korrelációt állapítottunk meg, ami szignifikáns eltérést mutatott az egyes hőmérsékleti zónák között is. Az etetett halak átlagos testtömege a kísérlet végére kismértékben növekedett. Ezzel szemben a nem etetett kontrollcsoportnál súlycsökkenést tapasztaltunk. Az eredmények azt mutatják, hogy a téli időszak enyhébb periódusaiban célzott etetéssel lehetőség van az állomány kondíciójának megőrzésére, a súlyvesztés minimalizálására, így javítva az átteleltetés sikerességét.

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, téli takarmányozás, takarmányfelvétel, testtömegváltozás

### **Abstract**

During the experiment, we examined the feed intake of one yearling common carp at three different temperatures (4°C, 6°C, and 8°C) to determine how temperature affects feeding behaviour in cold water. At 4°C, the carp were inactive, with minimal feed intake. As the water temperature increased to 6°C, feed intake rose to 0.16%, and at 8°C it reached 0.43%. There was a strong positive correlation between feed intake and temperature level, with significant differences observed between the temperature zones. The average body weight of the fed fish increased in all temperature ranges. However, weight loss was recorded in the unfed control group. The results indicate that during milder periods of the winter season, targeted feeding can help maintain the condition of the stock and minimize weight loss, thereby improving the success of overwintering.

**Keywords:** climate change, out of season feeding, feed intake, body weight

## **Bevezetés és a téma kitékintése**

Az egybehangzó tudományos vélemények szerint, bolygónk klímája gyors melegedési szakaszban van, amely a légkör és a felszíni vizek hőmérsékletének tartós emelkedését jelenti, (Hansen és mtsai., 2010; IPCC 2023; Lenssen és mtsai., 2024). Az elmúlt száz évben (1906-2005) a Föld átlaghőmérséklete  $+0,74^{\circ}\text{C}$  mértékű melegedést mutat. A felmelegedés üteme egyre gyorsul, a második 50 évben  $0,13^{\circ}\text{C}/\text{évtized}$  változást mértek. (Országos Meteorológiai Szolgálat, 2025). Az éves középhőmérséklet hazánkban is folyamatosan emelkedik. (Lakatos et. al. 2021), melynek hatására a hazai vizek felszíni hőmérséklete az elmúlt négy évtizedben  $0,32^{\circ}\text{C} / \text{évtized}$  ütemben emelkedett (Li Huan és mtsai., 2024). A melegedés leginkább a sekély tavakban jelentős. A Velencei-tó  $0,7^{\circ}\text{C}$ , a Balaton és a Fertő-tó  $0,46^{\circ}\text{C}$ , a Duna és a Tisza vízhőmérséklete  $0,27^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett évtizedenként. A téli hónapok vízhőmérsékletének változása közel kétszer gyorsabb ütemet mutatott, mint a nyári időszakoké (Li Huan és mtsai., 2024).

A klíma vízi ökoszisztémákra gyakorolt hatása erősen szezonális. A felmelegedés következtében az alacsonyabb biológiai aktivitással rendelkező téli hónapok változásaira is figyelemmel kell lenni, amelyek a mérsékelt övi tavakban különös jelentőséggel bírnak. A klímaváltozás a tógazdasági akvakultúra ágazatot is egyre jobban befolyásolja, úgymint a víz hőmérsékletének növekedése és ingadozása, magas légköri párolgás és ezzel együtt járó vízszint-ingadozás, hőstressz és oxigénhiány (McBryan, és mtsai., 2013). Ezen kívül új kockázati tényezőnek tekinthetők a jéggel borított időszakok csökkenése, a teletelési időszak magasabb vízhőmérséklete és az abból eredő metabolikus hatások, valamint a különböző fertőzések megjelenése (Geadke és mtsai., 1998; Adrian, 1999). Ezek a közvetlen és közvetett stressz tényezők negatívan hatnak a hagyományosan tenyésztett fajok jólétére és immunrendszerére, melyek befolyásolják a halak életképességét, a tenyésztés eredményeit, növelve a termelés kockázatait és csökkentve a jövedelmezőségét (Ficke és mtsai., 2007).

A magasabb hőmérséklet fokozza minden vízi élőlény metabolizmusának sebességét (Weber 2015). A téli időszakban a halak energiaigénye és emésztési kapacitása alacsonyabb. (Horváth és mtsai., 1992). Legjelentősebb tenyésztett halfajunk, a ponty emésztésének sebessége és étvágya is elsősorban a hőmérséklettől függ (Tasnádi 1983). A téli időszakban a tavak természetes táplálékkal való ellátottsága megszűnik, ugyanakkor az időjárás változásait követve a halak viselkedésében aktív és kevésbé aktív időszakok figyelhetők meg.

A közép-európai akvakultúra körülményei között a ponty télen általában veszít a testsúlyából. A sikeres áttelelés alatt 5–10%-os súlycsökkenés elfogadott, de a csökkenés mértéke nem haladhatja meg a 15–20%-ot (Lukowicz és Gerstner, 1998). Korábbi megfigyelések alapján a ponty mozgása  $4-6^{\circ}\text{C}$  alatt leáll (Schmeller, 1988; Reichle, 1998), azonban az újabb mozgásaktivitás mérések alapján még  $4^{\circ}\text{C}$  alatti vízhőmérséklet esetén is van megfigyelhető aktivitás (Bauer és Schlott, 2004). Egyes vizsgálatok szerint a ponty  $6^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten nem csak mozog, hanem aktívan táplálkozik is és a hőmérséklet emelkedésével a táplálékfelvétel mértéke is növekszik (Chen Song-bo et. al., 2012). Az aktív táplálék keresés és felvétel a kevésbé hideg téli periódusokban jellemző, ilyenkor a halak tápanyag ellátása takarmányozás útján oldható meg. Ebben az időszakban az elsődleges cél a kondíció fenntartása és a

súlyvesztés minimalizálása, amely elengedhetetlen feltétele az egészséges tavaszi állomány megtartásának. A vizsgálataink során arra a kérdésre keressük a választ, hogy alacsony hőmérsékleti tartományban mennyi takarmányt vesz magához a ponty, és milyen hőfokon szűnik meg a takarmányfelvétel, illetve, a víz hőmérsékletének emelkedésekor mikor kezd el újból táplálkozni. A kísérletünk a tavi pontytenyésztési technológia külső sokkhatásokkal szembeni sebezhetőségének csökkentésére összpontosít.

### Anyag és módszer

A kísérlethez 4 darab (3 teszt + 1 kontroll), egyenként 160 L-es akváriumot állítottunk be, melybe 5-5 darab egynyaras pontyot helyeztünk (átlagsúly:  $89,5 \pm 23,9$ g). A feltöltéshez kilevegőztetett csapvizet használtunk, melyhez 4mg/l koncentrációban konyhasót adagoltunk a darakór (*Ichthyophthirius multifiliis*) elterjedésének megakadályozásának érdekében. Az akváriumok szűrésére beépített fűtéssel ellátott OASE FiltoSmart Thermo 100 kompakt külső szűrőt alkalmaztunk. A megfelelő O<sub>2</sub> szintet légpumpával biztosítottuk.

A halak kihelyezése 2024.12.09-én történt, a HAKI saját egynyaras ponty állományából. A szoktatási idő 17 nap volt, melynek során a víz átlaghőmérséklete 6-7 °C között ingadozott. Az akklimatizálódást követően a halak testméreteit egyenként rögzítettük, (standard és teljes testhossz, testtömeg). A kísérletet 4 °C -ról indítottuk, és 10 napon keresztül tartottuk (3,4-4,4°C) természetes légköri hűtéssel. A következő hőmérsékleti tartományok (6°C és 8°C) biztosításához a szűrőbe épített fűtőelemmel biztosítottuk a kívánt hőmérsékletet. A terem melegedésekor az akváriumok vizének visszahűtésére jeget használtunk. A hőmérséklet és O<sub>2</sub> mérése naponta történt WTW Multi 3510 IDS multiméterrel.

A halak etetésére Aller Master (Aller Aqua A/S Denmark) 4,5mm tápot használtunk (1. táblázat), melyet napi egyszeri alkalommal kézzel juttattunk ki. Az el nem fogyasztott takarmány meghatározása a szemcsék visszaszámolásával történt 24 órát követően, melyre a tápszemcsék jó vízállósága nyújtott lehetőséget. A tápszemcsék alakja és mérete kellő mértékben eltért a halak ürülékétől, amely segítette azok megszámlálását.

1. táblázat A használt takarmány beltartalmi értékei

Összetevő	Aller Aqua 4,5mm pellet
nyers fehérje	35 %
nyers zsír	9 %
nitrogén mentes kivonat	37%
nyers hamu	6,9%
nyers rost	4,6%
foszfor (%)	1,2%
Energia	18,9 (MJ)
Emészthető energia (DE)	14,9 (MJ)

A takarmányfelvétel a következő számolással történt:

Kiadott takarmány (db) – megmaradt takarmány (db) = elfogyasztott takarmány (db)

Elfogyasztott takarmány (db) \* takarmány fajlagos tömege (g) = elfogyasztott takarmány (g)

Elfogyasztott takarmány (g) / halak össztömege (g) = felvett takarmány %

A különböző hőmérsékleteken mért takarmányfogyasztások statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist (ANOVA), valamint Pearson korrelációs analízist alkalmaztunk (SPSS 29).

2. táblázat Az akváriumokban mért hőmérsékleti adatok

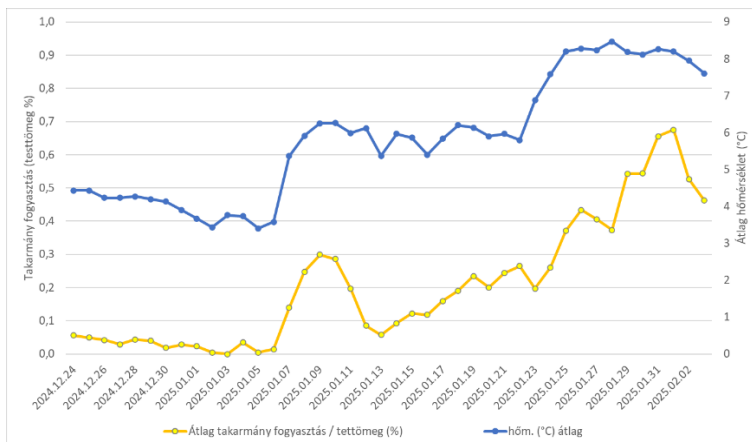
Hőmérséklet tartomány (°C)	1. Akvárium			2. Akvárium		
	MIN	MAX	Átlag	MIN	MAX	Átlag
4	3,4	4,4	3,9	3,4	4,2	3,8
6	5,3	6,3	6,0	5,4	6,3	5,9
8	7,7	8,3	8,1	7,5	8,6	8,2
Hőmérséklet tartomány (°C)	3. Akvárium			4. Akvárium		
	MIN	MAX	Átlag	MIN	MAX	Átlag
4	3,3	4,4	3,9	N/A	N/A	N/A
6	5,4	6,3	6,0	4,8	6,8	5,9
8	8,1	8,7	8,3	7,5	8,7	8,1

A kísérlet alatt mért átlagos O<sub>2</sub> szint 89,7 ± 9,3% volt.

## Eredmények és következtetések

### Takarmányhasznosítás

Az 1. ábrán a halak által felvett napi takarmány, testtömegre vonatkozó %-a látható az egyes hőmérsékleti tartományokban. Ahogy az 1. ábra mutatja, a halak 4°C-on inaktívak voltak és alig volt takarmányfelvétel. A hőmérséklet emelkedésével a takarmányfelvétel mindhárom akváriumban 0,3 %-ra emelkedett. Két nap után a halak takarmányfogyasztása visszaesett feltételezhetően a jóllakottság következtében. Ezután a táplálkozás lassabb, egyenletesebb fokozódása figyelhető meg. Az egyes hőmérsékleti tartományokban (4-6-8°C) mért takarmányfogyasztás mindhárom akvárium esetében külön-külön is szignifikáns különbséget mutatott (3. táblázat).



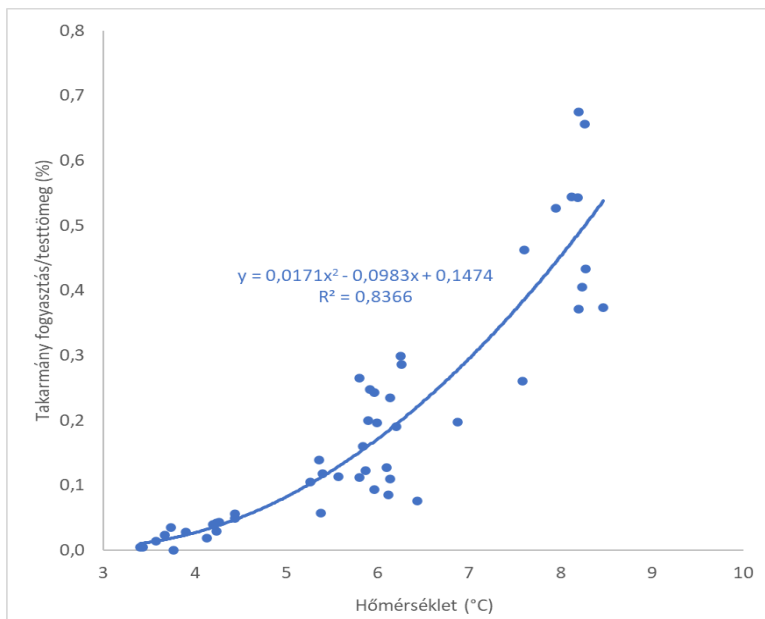
1. ábra Takarmányfogyasztás testtömegre vonatkoztatva (%) az egyes hőmérsékleti értékeken a teljes kísérleti időszak alatt

3. táblázat Az egyes hőmérsékleteken mért takarmányfelvétel testtömegre vonatkoztatva

Hőmérséklet	Takarmányfelvétel/testtömeg (%)
4 C°	0,031±0,041 <sup>a</sup>
6 C°	0,160±0,096 <sup>b</sup>
8 C°	0,431±0,193 <sup>c</sup>

a,b,c szignifikancia jelek az egyes hőmérsékleti értékek közötti szignifikáns eltérést jelölik p<0,05 szinten

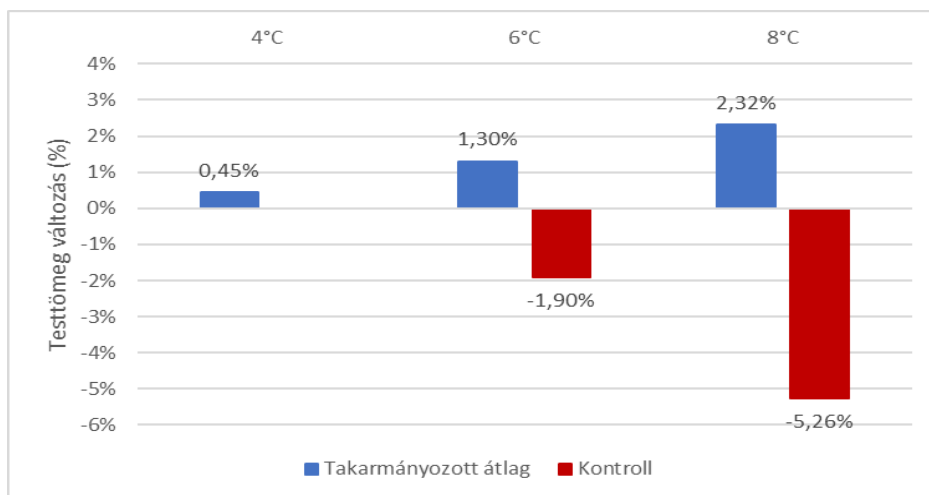
A hőmérséklet és a takarmányfelvétel mértéke között erős korreláció figyelhető meg, a hőmérséklet emelkedésével a takarmány felvétel is emelkedik (2. ábra). A Pearson-féle korrelációs együttható alapján erős pozitív kapcsolat látható a hőmérséklet és a felvett takarmány mennyiség között:  $R = 0,886$  ( $p < 0.01$  szignifikancia mellett). Az R-négyzet, azaz meghatározottsági együttható polinomális függvény esetén  $R^2 = 0,8366$ , lineáris függvénykapcsolatnál:  $R^2 = 0,789$



2. ábra A hőmérséklet és takarmány felvétele közötti kapcsolat

### A halak testtömeg változása

A takarmányozott halak esetében a különböző hőmérsékleti tartományokban testtömeg kismértékű növekedését figyeltük meg. Az induló  $81,4 \pm 23,5$ g testtömegről nyolc hét (56 nap) kísérleti idő után  $82,5 \pm 25,4$  g-ra emelkedett a kezelt akváriumokban, míg a nem etetett akváriumban a kontroll csoport testsúlya lecsökkent  $100,0 \pm 28,7$ g-ról  $94,7 \pm 27,4$ g-ra. A testtömeg változások mértékét az egyes hőmérsékleti időpontokban a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra Az átlagos testtömeg változás mértéke a kiindulási tömeghez képest (%)

### Összefoglalás

A kísérlet során a 6 és 8 C°-os hőmérséklettartományban táplálékfelvétel volt megfigyelhető, szemben a 4 C°-os vízhőmérséklettel, ahol a halak nem, vagy csak minimális mértékben táplálkoztak. A táplálék-felvétel mértéke szoros pozitív korrelációt mutatott a víz hőmérsékletének növekedésével. Az eredményekből megállapítható, hogy okszerű téli takarmányozással a teletetés során fellépő testtömegveszteség csökkenthető, így a halak kedvezőbb kondíciójának következtében ellenállóbbak lehetnek a megbetegedésekkel szemben, valamint a termelés eredményessége is javítható.

### Köszönetnyilvánítás

A kísérleti munkát a MATE Kutatói Kiválósági Program támogatta.

### Irodalom

- Adrian, R., Walz, N., Hintze, T., Hoeg, S., Rusche, R. **1999**. Effects of ice duration on plankton succession during spring in a shallow polymictic lake. *Freshw. Biol.*, 41, 621–634.
- Bauer, C., Schlott G. **2004**. Overwintering of farmed common carp (*Cyprinus carpio* L.) in the ponds of a central European aquaculture facility—measurement of activity by radio telemetry. *Aquaculture* 241,1-4, 301-317.
- Ficke, A.D., Myrick, C.A., Hansen, L.J. **2007**. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev Fish Biol Fisheries* 17, 581–613.
- Geadke, U., Straile, D., Pahl-Wostl, C. **1998**. Trophic structure and carbon flow dynamics in the pelagic community of a large lake. In: Polis, G.A., Winemiller, K.O. (eds), *Food Webs Integration of Pattern and Dynamics*. Chapman and Hall, 60-71.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Lo, K. **2010**. Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, 48.
- Lensen, N., Schmidt, G.A., Hendrickson, M., Jacobs, P., Menne, M., Ruedy R. **2024**. A GISTEMPv4 observational uncertainty ensemble. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 129, 17.
- Horváth, L., Tamás G., Seagrave, C. **1992**. Carp and pond fish culture including Chinese herbivorous species, pike, tench, zander, wels catfish and goldfish.
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Szentes, O. **2021**. Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas*, 2(2), 164-171.
- IPCC, **2023**. Sections. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115,
- Li, H., Sun, J., Zhou, Q., Sojka, M., Ptak, M., Luo, Y., Wu, S., Zhu, S., Tóth, V. R. **2024**. 150-year daily data (1870–2021) in lakes and rivers reveals intensifying surface water warming and heatwaves in the Pannonian Ecoregion (Hungary). *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 56, 101985.
- Lukowicz, M., P. Gerstner. (1998) *Hältern und Wintern Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Berlin: Parey 495-503.
- Lukowicz, M., Gerstner, P. **1998**. "Hältern und Wintern." *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Berlin: Parey 495-503.
- McBryan, T. L., Anttila, K., Healy, T. M., & Schulte, P. M. **2013**. Responses to

temperature and hypoxia as interacting stressors in fish: implications for adaptation to environmental change. *Integrative and comparative biology*, 53(4), 648-659.

Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja  
([https://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_hazai\\_valtozasok/homerseklet\\_es\\_csapadektrendek/kozephomerseklet/](https://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/homerseklet_es_csapadektrendek/kozephomerseklet/))

Reichle, G. **1998**. Die karfenwinterung. *Fisch. Teichwirt* 49, 439-440.

Schmeller, H.B. **1988**. Die Überwinterung des Karpfens. *Fischer Teichwirt*. 39, 66-75.

Song-bo, Ch., Chen W., Fan, Z. **2012**. Effect of water temperature on feeding rhythm in common carp (*Cyprinus carpio haematopterus* Temminck et Schlegel). *J. of Northeast Agr. Univ.* 19,1, 57-61.

Tasnádi, R., **1983**. Haltakarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Hungary

Weber, M. J., Brown, M. L., Wahl, D. H., Shoup, D. E. **2015**. Metabolic theory explains latitudinal variation in common carp populations and predicts responses to climate change. *Ecosphere*, 6(4), 1-16.

## ALGÁVAL DÚSÍTOTT TAKARMÁNY HATÁSA A PONTY (*CYPRINUS CARPIO*) HÍMIVARSEJT MINŐSÉGÉRE

NAGY Borbála<sup>1</sup>, BOKOR Zoltán<sup>2</sup>, SOLYMOSI Enikő<sup>3</sup>, ZSÁKY Tamás<sup>4</sup>, KOÓS Ákos<sup>4</sup>,  
PÁSZTOR Vilmos<sup>5</sup>, SZTANÓ János<sup>3</sup>, LADÁNYI János<sup>3</sup>, LÓDI György<sup>3</sup>, ANTAL  
Péter<sup>3</sup>, SZABÓ Tamás<sup>1</sup>, BAJÁRI Zsolt<sup>1</sup>, URBÁNYI Béla<sup>2</sup>, BERNÁTH Gergely<sup>1</sup>

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

e-mail: nagy.borbala@uni-mate.hu

<sup>2</sup>Akvakultúra és Halászati Elemző Osztály, Agrárközgazdasági Intézet Nonprofit Kft.,  
1093 Budapest, Zsil u. 3-5.

<sup>3</sup>Szegedfish Kft., 6728 Szeged, Nádvágó út 2.

<sup>4</sup>Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., 1116 Budapest, Kondorfa u. 1.

<sup>5</sup>Zöldségcentrum Kft., 6900 Makó, Járandó tanya 2.

### Kivonat

Az akvakultúra globális élelmezésbiztonságban betöltött kulcsszerepe ellenére fenntarthatósági kihívásokkal küzd. A közönséges ponty (*Cyprinus carpio*) termelésében az anyaállomány felkészítése meghatározó a szaporodási eredmények szempontjából. Munkánk célja a mikroalgával dúsított takarmány (1% és 3%) hatásának vizsgálata volt hímivarú pontyok sperma minőségi és mennyiségi paramétereire. A vizsgálatok során alap spermatológiai paramétereket, a sperma ion- és cukortartalmát, valamint zsírsavprofilját elemeztük különböző vízhőmérsékleteken. Az eredmények alapján az 1%-os alga kiegészítés nem okozott jelentős változást, míg a 3%-os kiegészítés több szaporodásbiológiai mutatóban is pozitív hatást gyakorolt a sperma minőségére. A vízhőmérséklet önmagában is jelentős befolyással volt a mért paraméterekre, a legkedvezőbb eredmények jellemzően 20,5 °C-on születtek. A jövőbeni kutatások során zárt rendszerű, szaporításra kiterjedő vizsgálatok elvégzését javasoljuk több csoportos kialakítása mellett.

**Kulcsszavak:** ponty, takarmányozás, mikroalga, sperma minőség

### Abstract

Despite its pivotal role in global food security, aquaculture faces sustainability challenges. In common carp (*Cyprinus carpio*) production, the preparation of the broodstock is a key factor influencing reproductive outcomes. The aim of our study was to investigate the effects of microalgae-supplemented feed (1% and 3%) on the qualitative and quantitative parameters of carp sperm. Basic spermatological parameters, sperm ion and sugar content, and fatty acid profiles at different water temperatures were analyzed. Based on the results, the 1% algae supplementation did not cause significant changes, while the 3% supplementation had a positive impact on several reproductive indicators related to sperm quality. Water temperature alone also had a substantial effect on the measured parameters, with the most favorable results

generally observed at 20.5 °C. For future research, we recommend conducting closed-system, multi-group studies extending to fertilization trials.

**Keywords:** carp, feeding, microalgae, sperm quality

## Bevezetés

Az akvakultúra, azaz a vízi szervezetek emberi fogyasztásra történő termelése a globális élelmezésbiztonság alapvető tényezőjévé vált. Azonban számos olyan kihívással kell szembenéznie, amelyek veszélyeztetik fenntarthatóságát és az állati fehérje iránti növekvő kereslet kielégítésének képességét (Ruben és mtsai., 2025). A közönséges ponty (*Cyprinus carpio*) az egyik legjelentősebb édesvízi faj Európában és világszinten (FAO 2024). A tenyészállatok táplálkozási igényeinek kielégítése kulcsfontosságú tényező az egészséges tenyészállomány, a sikeres szaporodás és végső soron az egészséges utódok biztosítása szempontjából (Fernández-Palacios és mtsai., 2011). Alternatív takarmány-kiegészítők és alapanyagok, mint a mikroalgák (Ansari és mtsai., 2021), növelhetik az ivarsejtek minőségét és stabilizálhatják a szaporítás sikerét. A teljesértékű takarmánnyal etetett anyaállományok szaporodásbiológiai paraméterei esetében kevés irodalmi adat áll rendelkezésre, az algával történő kiegészítése vonatkozásában. Abdel-Moez és mtsai., (2022) 0,5 (0,5%), 1 (1%) és 1,5 g/100g-os (1,5%) kiegészítést (*Cyclotella* spp.) alkalmaztak nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) esetében. A 1,5%-os csoportban magasabb pH-t és sperma motilitást mértek a kontroll csoporthoz viszonyítva. Munkánk célja az alga, mint takarmánykiegészítő, két (1% és 3%) koncentrációban történő vizsgálata a ponty sperma minőségére és mennyiségére.

## Anyag és módszer

A kísérletek végrehajtásának helyszíne, a Szegedfish Mezőgazdasági Termelő és Szolgáltató Kft. volt. A sperma minőségi vizsgálatok elvégzéséhez két évben két-két csoport kerül kialakításra. A kontroll csoport takarmányozása hagyományos táppal, míg a kísérleti csoport anyahalai 1%, valamint 3% algával (*Chlorella* spp, *Scenedesmus* spp, *Coelastrella* spp, *Acutodesmus* spp) dúsított táppal történt, melyhez az algát a Zöldségcentrum Kft. állította elő. A ponty tejesek fejését 3 időpontban végeztük el (N=6 egyed/mintavétel). A fejést megelőzően meghatározásra került az átlagos testtömeg (kg), valamint a standard testhossz (cm). A fejés során az alábbi adatok kerültek felvételre és kiszámításra: az átlagos lefejt sperma mennyiség (TVM), a testsúllyal arányos sperma mennyiség (VOM), a mililiterenkénti spermiumszám (SPZ), a teljes sperma mennyiségre vonatkoztatott spermiumszám (TSP), a testtömeg kilogrammra vonatkoztatott spermiumszám (TNS), a szeminális plazma ozmolalitása és pH értéke, a sperma motilitási és kinetikai paraméterei (Cejko és mtsai., 2011). A Bay Zoltán Kutatóintézet munkatársai által meghatározásra került a sperma minták cukor és ion összetétele, valamint a zsírsav profilja. A mért mutatók a következők: glükóz (GLU), fruktóz (FRU), kalcium (Ca), kálium (K), nátrium (Na), magnézium (Mg). Továbbá rögzítésre került az összes zsírsav (TFA), a telített zsírsav (SFA), a

telítetlen zsírsav (UFA), a többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA), az omega-3 zsírsav (OM3), valamint az omega-6 zsírsav (OM6) értéke.

### Eredmények és következtetések

A mért értékek két irányból lettek elemezve kétszemponos varianciaanalízissel (two-way ANOVA), az egyik esetben összehasonlításra került a két csoport (kontroll és alga kiegészítés) adott hőmérsékleten. Míg a másik elemzés során csoporton belül hasonlítottuk össze a különböző hőmérsékleten mért értékeket.

#### 1. Kísérlet: 1% algakiegészítés

##### Alap spermatológiai paraméterek

Az első vizsgálat során, 20,5 °C-on szignifikánsan magasabb átlagos pH értéket rögzítettünk a kontrollban (7,99±0,04), mint az alga csoport esetén (7,89±0,06). A kinetikai paraméterek közül 22 °C-on szignifikánsan magasabb VCL átlag értéket mértünk a kontroll csoportban (147±7 µm/s), mint az alga csoportban (125±13 µm/s).

A vízhőmérsékletek összehasonlítása során a kontroll csoportban SPZ, pH, MOT, pMOT, DAP, VCL, ALH paraméterek esetén 22 °C-on szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, mint 16 °C-on. Míg az algatakarmány kiegészítést kapott csoportban a MOT, a pMOT, a VCL, valamint az ALH esetén, rögzítettünk magasabb értéket 22 °C-on a 16 °C-on mért értékekhez képest. Ezzel ellentétben a LIN és az OSM mindkét csoportba 16 °C-on volt szignifikánsan magasabb a 22 °C-on mért értékhez képest (1. táblázat).

*1. táblázat* A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és az alga csoport (1% alga) alap spermatológiai paramétereire (N = 6-6). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. Az eltérő betűk és a félkövér betűtípus a csoporton belüli statisztikailag szignifikáns különbséget jelölik (P<0,05).

2023	Kontroll			Alga		
	16	20,5	22	16	20,5	22
Tó vízhőmérséklet (°C)						
TVM (ml)	97±28	86±13	56±22	91±27	74±28	67±64
VOM (ml/ttkg)	10±4	9±2	6±2	10±3	7±3	7±7
SPZ (spermium/ml)	<b>1,8x10<sup>10</sup>±6,2x 10<sup>9b</sup></b>	<b>3,1x10<sup>10</sup>±6,4x10<sup>9a</sup></b>	<b>3,3x10<sup>10</sup>±9,5x 10<sup>9a</sup></b>	<b>2,1x10<sup>10</sup>±5,8x10<sup>9b</sup></b>	<b>2,9x10<sup>10</sup>±2,8x10<sup>9a</sup></b>	<b>2,5x10<sup>10</sup>±2,9x10<sup>9ab</sup></b>
TSP (SPZxTVM)	1,8x10 <sup>12</sup> ±9,8x 10 <sup>11</sup>	2,7x10 <sup>12</sup> ±6,1x10 <sup>11</sup>	1,9x10 <sup>12</sup> ±10 <sup>12</sup>	1,8x10 <sup>12</sup> ±2,9x10 <sup>11</sup>	2,1x10 <sup>12</sup> ±6,6x10 <sup>11</sup>	1,5x10 <sup>12</sup> ±1,3x10 <sup>12</sup>
TNS (TSP/ttkg)	1,9x10 <sup>11</sup> ±8,9x 10 <sup>10</sup>	2,8x10 <sup>11</sup> ±8,9x10 <sup>10</sup>	2,1x10 <sup>11</sup> ±1,2x 10 <sup>11</sup>	2x10 <sup>11</sup> ±3,9x10 <sup>10</sup>	2,1x10 <sup>11</sup> ±6,8x10 <sup>10</sup>	1,6x10 <sup>11</sup> ±1,4x10 <sup>11</sup>
OSM (mmol/kg)	<b>322±14<sup>a</sup></b>	<b>257±5<sup>c</sup></b>	<b>285±15<sup>b</sup></b>	<b>313±10<sup>a</sup></b>	<b>267±16<sup>b</sup></b>	<b>275±7<sup>b</sup></b>
pH	<b>7,91±0,09<sup>b</sup></b>	<b>7,99±0,04<sup>ab</sup></b>	<b>8,06±0,07<sup>a</sup></b>	<b>7,99±0,04<sup>a</sup></b>	<b>7,89±0,06<sup>b</sup></b>	<b>8,03±0,07<sup>a</sup></b>
MOT (%)	<b>96±4<sup>b</sup></b>	<b>98±1<sup>ab</sup></b>	<b>100±0,2<sup>a</sup></b>	<b>97±2<sup>b</sup></b>	<b>98±1<sup>ab</sup></b>	<b>99±1<sup>a</sup></b>
pMOT (%)	<b>89±5<sup>b</sup></b>	<b>95±1<sup>a</sup></b>	<b>96±1<sup>a</sup></b>	<b>88±4<sup>b</sup></b>	<b>95±2<sup>a</sup></b>	<b>94±1<sup>a</sup></b>

DAP (µm)	41±4 <sup>b</sup>	49±2 <sup>a</sup>	48±2 <sup>a</sup>	39±7 <sup>b</sup>	51±2 <sup>a</sup>	44±5 <sup>b</sup>
VCL (µm/s)	107±7 <sup>c</sup>	130±6 <sup>b</sup>	147±7 <sup>a</sup>	99±17 <sup>b</sup>	137±11 <sup>a</sup>	125±13 <sup>a</sup>
VSL (µm/s)	76±12	86±10	76±8	72±13 <sup>b</sup>	90±11 <sup>a</sup>	74±11 <sup>ab</sup>
LIN (%)	71±10 <sup>a</sup>	66±10 <sup>a</sup>	52±8 <sup>b</sup>	73±6 <sup>a</sup>	66±12 <sup>ab</sup>	59±8 <sup>b</sup>
ALH (µm)	2±0,3 <sup>b</sup>	2,6±0,5 <sup>ab</sup>	3,3±0,4 <sup>a</sup>	1,9±0,3 <sup>b</sup>	2,7±0,7 <sup>a</sup>	2,8±0,5 <sup>a</sup>
BCF (Hz)	30±2	31±1	32±1	29±2	31±1	31±1

### Cukor- és iontartalom

A kontroll és az alga csoport sperma mintáinak cukor és ion koncentrációi között nem volt szignifikáns különbség azonos hőmérsékleten.

A csoporton belüli összehasonlítás során a kontroll csoportban, a K, a Na és a Mg, míg az alga csoportban, a Ca és a Na ion koncentrációja volt szignifikánsan magasabb 20,5 °C-on a 16 °C-on mért értékekhez képest. Az említett ionok koncentrációi, a Ca kivételével, nem tértek el szignifikánsan 20,5, illetve 22 °C-on. A FRU szintje mindkét csoport esetében csökkent a hőmérséklet növekedésével (2. táblázat).

2. táblázat A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és az alga csoport (1% alga) sperma ion- és cukortartalmára (N = 6-6). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. Az eltérő betűk és a félkövér betűtípus a csoporton belüli statisztikailag szignifikáns különbséget jelölik (P<0,05).

2023	Kontroll			Alga		
	16	20,5	22	16	20,5	22
Tó vízhőmérséklet (°C)						
GLU (mg/g)	0,0045±0,00245	0,0050±0,00282	0,0028±0,00072	0,0048±0,00084	0,0062±0,00146	0,00677±0,00591
FRU mg/g)	<b>0,0018±0,0007<sup>a</sup></b>	<b>0,00064±0,00038<sup>b</sup></b>	<b>0,00032±0,0001<sup>b</sup></b>	<b>0,0018±0,0005<sup>a</sup></b>	<b>0,00075±0,00014<sup>b</sup></b>	<b>0,00049±0,0002<sup>b</sup></b>
Ca (mg/g)	0,0455±0,0069	0,0541±0,0083	0,0526±0,0058	<b>0,0470±0,0074<sup>b</sup></b>	<b>0,0634±0,0104<sup>a</sup></b>	<b>0,0510±0,0057<sup>b</sup></b>
K (mg/g)	<b>3,94±0,18<sup>b</sup></b>	<b>4,60±0,16<sup>a</sup></b>	<b>4,39±0,33<sup>ab</sup></b>	4,35±0,26	4,52±0,72	4,66±0,19
Na (mg/g)	<b>0,99±0,13<sup>b</sup></b>	<b>1,22±0,07<sup>a</sup></b>	<b>1,13±0,08<sup>ab</sup></b>	<b>0,92±0,05<sup>b</sup></b>	<b>1,14±0,17<sup>a</sup></b>	<b>1,11±0,12<sup>a</sup></b>
Mg (mg/g)	<b>0,1198±0,0107<sup>b</sup></b>	<b>0,1453±0,0064<sup>a</sup></b>	<b>0,1397±0,0115<sup>a</sup></b>	0,1290±0,0134	0,1477±0,0308	0,1473±0,0082

### Zsírsvartartalom

A zsírsavak koncentrációiban sem a kezelések, sem a hőmérsékletek között nem volt statisztikailag igazolható különbség (3. táblázat).

3. táblázat A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és alga csoport (1% alga) sperma zsírsav összetételére (N = 6-6). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók (P<0,05).

2023	Kontroll			Alga		
	16	20,5	22	16	20,5	22
Tó vízhőmérséklet (°C)						
TFA (mg/g)	6,12±3,42	4,77±0,48	5,04±0,68	5,51±1,90	4,79±0,18	5,22±0,44
SFA (mg/g)	2,23±1,29	1,73±0,22	1,87±0,32	1,96±0,69	1,74±0,08	2,01±0,26
UFA (mg/g)	3,88±2,13	3,04±0,26	3,16±0,39	3,55±1,21	3,05±0,11	3,21±0,21
PUFA (mg/g)	2,96±1,65	2,32±0,23	2,41±0,29	2,64±0,98	2,28±0,12	2,43±0,17

OM3 (mg/g)	2,57±1,44	2,01±0,23	2,09±0,28	2,29±0,88	1,97±0,10	2,12±0,15
OM6 (mg/g)	0,39±0,21	0,31±0,02	0,31±0,05	0,35±0,10	0,31±0,02	0,31±0,05

Az anyahalak felkészítése során alkalmazott 1%-os algakiegészítés jelentős mértékben nem befolyásolta a tejesek spermaminőségét a kontroll csoporttal összehasonlítva. Ezzel ellentétben, a hőmérsékletnek egyértelmű hatása volt mind a minőségi, mind a mennyiségi mutatókra. A hőmérséklet emelkedésére a legtöbb paraméter esetében hasonló változás volt megfigyelhető a kontroll és az algával kezelt csoporton belül.

## 2. Kísérlet: 3% algakiegészítés

Alap spermatológiai paraméterek

A két csoport összehasonlítása során a VOM paraméter esetében 20,5 °C-os hőmérsékleten a kontroll mintákban (6,30±1,90 ml/ttkg) szignifikánsan alacsonyabb átlagos értéket számítottunk, mint az alga csoportban (12,46±4,66 ml/ttkg). Hasonlóan az előző paraméterhez, a TNS esetén is 20,5 °C-on határoztunk meg statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb értéket a kontroll csoportban (2,52x10<sup>11</sup>±1,33x10<sup>11</sup> TSP/ttkg), mint az algásban (5,87x10<sup>11</sup>±1,43x10<sup>11</sup> TSP/ttkg). Az OSM (mmol/kg) vizsgálat eredményei, mind a három mintavételi időpontban szignifikánsan különböztek egymástól [(18,5 °C: Kontroll: 257,58±11,80; Alga: 282,33±5,3), (20,5 °C: Kontroll: 288,2±13,49; Alga: 268,17±11,05), (21,8 °C: Kontroll: 245,83±11,86; Alga: 277,5±7,66)]. Az átlagos pH érték 21,8 °C-on szignifikánsan alacsonyabb volt a kontrollban (8,08±0,08), mint az alga csoportban (8,19±0,07).

A második kísérlet során a kontroll csoportban az SPZ szignifikánsan megemelkedett a vízhőmérséklet növekedésével. A minták OSM értékei átlagosan 20,5 °C-on, míg a pH értékek 18,5 °C-on voltak a legmagasabbak. A sperma kinetikai paraméterei közül a BCF esetén szignifikánsan magasabb értéket rögzítettünk a legalacsonyabb hőmérsékleten. Az alga csoport vizsgálata során az SPZ, a TSP és a TNS esetében 18,5 °C-nál figyeltük meg a legalacsonyabb, 20,5 °C-nál pedig a legmagasabb értékeket. A pH érték ennél a csoportnál is 18,5 °C-on voltak a legmagasabb, azonban szignifikánsan csak a 20,5 °C-os értéktől különbözött (4. táblázat).

4. táblázat A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és az alga csoport (3% alga) alap spermatológiai paramétereire (N = 6-6). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. Az eltérő betűk és a félkövér betűtípus a csoporton belüli statisztikailag szignifikáns különbséget jelölik (P<0,05).

2024	Kontroll			Alga		
Tó vízhőmérséklet (°C)	18,5	20,5	21,8	18,5	20,5	21,8
TVM (ml)	61±26	63±19	50±59	75±26	119±49	79±49
VOM (ml/ttkg)	6±2	6±2	6±5	7±3	12±5	9±4
SPZ (spermium/ml)	<b>2,66x10<sup>12</sup>± 6,44x10<sup>9b</sup></b>	<b>4,06x10<sup>10</sup>± 1,17x10<sup>10ab</sup></b>	<b>5,05x10<sup>10</sup>± 1,70x10<sup>10a</sup></b>	<b>2,93x10<sup>10</sup>± 4,20x10<sup>9b</sup></b>	<b>4,97x10<sup>10</sup>± 1,29x10<sup>10a</sup></b>	<b>4,30x10<sup>10</sup>± 9,70x10<sup>9ab</sup></b>
TSP (SPZxTVM)	1,65x10 <sup>12</sup> ± 9,97x10 <sup>11</sup>	2,55x10 <sup>12</sup> ± 1,37x10 <sup>12</sup>	2,21x10 <sup>12</sup> ± 2,30x10 <sup>12</sup>	<b>2,18x10<sup>12</sup>± 8,28x10<sup>11b</sup></b>	<b>5,72x10<sup>12</sup>± 1,89x10<sup>12a</sup></b>	<b>3,60x10<sup>12</sup>± 2,89x10<sup>12ab</sup></b>
TNS (TSP/ttkg)	1,51x10 <sup>11</sup> ± 8,16x10 <sup>10</sup>	2,52x10 <sup>11</sup> ± 1,33x10 <sup>11</sup>	2,74x10 <sup>11</sup> ± 1,74x10 <sup>11</sup>	<b>2,18x10<sup>11</sup>± 9,23x10<sup>10b</sup></b>	<b>5,87x10<sup>11</sup>± 1,43x10<sup>11a</sup></b>	<b>3,89x10<sup>11</sup>± 2,59x10<sup>11ab</sup></b>

OSM (mmol/kg)	<b>258±12<sup>b</sup></b>	<b>288±14<sup>a</sup></b>	<b>246±12<sup>b</sup></b>	282±5	268±11	278±8
pH	<b>8,23±0,04<sup>a</sup></b>	<b>8,05±0,06<sup>b</sup></b>	<b>8,08±0,08<sup>b</sup></b>	<b>8,23±0,06<sup>a</sup></b>	<b>7,96±0,05<sup>b</sup></b>	<b>8,19±0,07<sup>a</sup></b>
MOT (%)	99±0,8	99,49±0,3	99,30±0,6	99,41±0,4	99,26±0,5	99,56±0,3
pMOT (%)	97±3	99±0,7	98±2	98±1	98±1	98±1
DAP (µm)	38±6	41±4	42±9	42±8	43±8	42±5
VCL (µm/s)	119±16	143±19	143±33	125±22	134±24	138±15
VSL (µm/s)	87±12	99±8	102±23	97±17	102±15	100±11
LIN (%)	74±9	70±9	72±3	78±4	77±6	73±4
ALH (µm)	0,7±0,16	0,86±0,21	0,82±0,16	0,66±0,09	0,71±0,16	0,79±0,11
BCF (Hz)	<b>14±0,6<sup>a</sup></b>	<b>13±0,4<sup>ab</sup></b>	<b>13±0,6<sup>b</sup></b>	14±0,7	13±0,5	13±0,3

### Cukor- és iontartalom

A két csoport összehasonlítása során a K esetén a kontroll csoportban 20,5 °C-on (6,8±0,48 mg/g) szignifikánsan magasabb koncentrációt mértünk, mint az alga csoportban (5,8±0,75 mg/g), míg 21,8 °C-on a kontroll csoport koncentrációja (4,6±0,4 mg/g) mutatkozott alacsonyabbnak az algához képest (5,4±0,4 mg/g). A Mg koncentrációja, a K-hoz hasonlóan, 20,5 °C-on szignifikánsan magasabb volt a kontrollban (0,2273±0,0195 mg/g), az alga csoportban (0,1893±0,0295 mg/g) mért értékhez képest.

A hőmérsékletek összehasonlítása során a kontroll csoport Ca, K, Na és Mg koncentrációja szignifikánsan magasabb volt 20,5 °C-on, mint 18,5, valamint 21,8 °C-on. Az alga csoport K koncentrációja 18,5 °C-on szignifikánsan alacsonyabb, míg a Na koncentrációja 20,5 °C-on szignifikánsan magasabb volt a többi hőmérséklethez képest. A Mg esetén 18,5 és 20,5 °C-os vízhőmérséklet között mértünk jelentős koncentráció különbséget (5. táblázat).

5. táblázat A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és az alga csoport (3% alga) sperma ion- és cukortartalmára (N = 6-6). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. Az eltérő betűk és a félkövér betűtípus a csoporton belüli statisztikailag szignifikáns különbséget jelölik (P<0,05).

2024	Kontroll			Alga		
	18,5	20,5	21,8	18,5	20,5	21,8
Tó vízhőmérséklet (°C)						
GLU (mg/g)	0,00375± 0,00221	0,0056± 0,00238	0,00433± 0,00164	0,0035± 0,00098	0,00445± 0,00318	0,00355± 0,00145
FRU mg/g)	0,00047± 0,00027	0,0006± 0,00021	0,00048± 0,00019	0,00052± 0,00015	0,00075± 0,00024	0,00065± 0,00023
Ca (mg/g)	<b>0,0591± 0,0081<sup>b</sup></b>	<b>0,0756± 0,0083<sup>a</sup></b>	<b>0,0538± 0,0121<sup>b</sup></b>	0,0537± 0,070	0,0636± 0,0073	0,0607± 0,0053
K (mg/g)	<b>5,05±0,19<sup>b</sup></b>	<b>6,82±0,48<sup>a</sup></b>	<b>4,62±0,40<sup>b</sup></b>	<b>4,75±0,28<sup>b</sup></b>	<b>5,80±0,75<sup>a</sup></b>	<b>5,35±0,40<sup>a</sup></b>
Na (mg/g)	<b>1,14±0,14<sup>b</sup></b>	<b>1,79±0,18<sup>a</sup></b>	<b>1,27±0,07<sup>b</sup></b>	<b>1,12±0,08<sup>b</sup></b>	<b>1,57±0,24<sup>a</sup></b>	<b>1,22±0,23<sup>b</sup></b>
Mg (mg/g)	<b>0,1717± 0,0172<sup>b</sup></b>	<b>0,2273± 0,0195<sup>a</sup></b>	<b>0,1567± 0,0132<sup>b</sup></b>	<b>0,1580± 0,0041<sup>b</sup></b>	<b>0,1893± 0,0295<sup>a</sup></b>	<b>0,1785± 0,0136<sup>ab</sup></b>

### Zsírsavtartalom

A két csoport összehasonlítása során a zsírsavösszetétel eredményeinél volt megfigyelhető a legtöbb szignifikáns eltérés. A kontroll csoport (6,91±0,60 mg/g) TFA értéke 20,5 °C-on szignifikánsan magasabb (Alga: 6,04±0,46 mg/g), míg 21,8 °C-on

alacsonyabb (Kontroll:  $4,76 \pm 0,53$  mg/g) volt az alga csoportnál ( $5,33 \pm 0,52$  mg/g). Emellett az OM6 kivételével a többi paraméter kontrollban mért értéke  $18,5$  °C-os (SFA:  $2,19 \pm 0,18$  mg/g; UFA:  $3,77 \pm 0,25$  mg/g; PUFA:  $2,69 \pm 0,17$  mg/g; OM3:  $2,25 \pm 0,17$  mg/g), valamint  $20,5$  °C-os (SFA:  $2,58 \pm 0,20$  mg/g; UFA:  $4,33 \pm 0,41$  mg/g; PUFA:  $3,2 \pm 0,29$  mg/g; OM3:  $2,68 \pm 0,26$  mg/g) vízhőmérsékleten is szignifikánsan magasabb volt az alga csoportban [ $18,5$  °C: (SFA:  $1,9 \pm 0,18$  mg/g; UFA:  $3,03 \pm 0,26$  mg/g; PUFA:  $2,22 \pm 0,21$  mg/g; OM3:  $1,82 \pm 0,19$  mg/g),  $20,5$  °C: (SFA:  $2,27 \pm 0,19$  mg/g; UFA:  $3,77 \pm 0,29$  mg/g; PUFA:  $2,74 \pm 0,18$  mg/g; OM3:  $2,3 \pm 0,12$  mg/g)] mérthez képest.

A csoporton belüli összehasonlítás során a kontroll csoportnál az OM6 paramétert leszámítva, minden esetben szignifikáns különbség mutatkozik az eltérő vízhőmérsékleteken mért értékek között. A legmagasabb értékeket  $20,5$  °C-on, míg a legalacsonyabbakat  $21,8$  °C-on mértük. Az OM6 kivételével az alga csoport zsírsav paramétereiben  $20,5$  °C-on szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, mint  $18,5$  °C-on, ebben a csoportban nem volt különbség a legalacsonyabb és a legmagasabb hőmérséklet között (6. táblázat).

6. táblázat A hőmérséklet hatásának vizsgálata a kontroll- és alga csoport (3% alga) sperma zsírsav összetételére ( $N = 6-6$ ). A táblázatban átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. Az eltérő betűk és a félkövér betűtípus a csoporton belüli statisztikailag szignifikáns különbséget jelölik ( $P < 0,05$ ).

2024	Kontroll			Alga			
	Tó vízhőmérséklet (°C)	18,5	20,5	21,8	18,5	20,5	21,8
TFA (mg/g)		<b>5,96±0,44<sup>b</sup></b>	<b>6,91±0,60<sup>a</sup></b>	<b>4,76±0,53<sup>c</sup></b>	<b>4,93±0,39<sup>b</sup></b>	<b>6,04±0,46<sup>a</sup></b>	<b>5,33±0,52<sup>b</sup></b>
SFA (mg/g)		<b>2,19±0,18<sup>b</sup></b>	<b>2,58±0,20<sup>a</sup></b>	<b>1,81±0,18<sup>c</sup></b>	<b>1,9±0,18<sup>a</sup></b>	<b>2,27±0,19<sup>b</sup></b>	<b>2,02±0,2<sup>ab</sup></b>
UFA (mg/g)		<b>3,77±0,25<sup>b</sup></b>	<b>4,33±0,41<sup>a</sup></b>	<b>2,94±0,35<sup>c</sup></b>	<b>3,03±0,26<sup>b</sup></b>	<b>3,77±0,29<sup>a</sup></b>	<b>3,31±0,33<sup>b</sup></b>
PUFA (mg/g)		<b>2,69±0,17<sup>b</sup></b>	<b>3,2±0,29<sup>a</sup></b>	<b>2,16±0,3<sup>c</sup></b>	<b>2,22±0,21<sup>b</sup></b>	<b>2,74±0,18<sup>a</sup></b>	<b>2,44±0,27<sup>ab</sup></b>
OM3 (mg/g)		<b>2,25±0,17<sup>b</sup></b>	<b>2,68±0,26<sup>a</sup></b>	<b>1,79±0,28<sup>c</sup></b>	<b>1,82±0,19<sup>b</sup></b>	<b>2,3±0,12<sup>a</sup></b>	<b>2,05±0,23<sup>ab</sup></b>
OM6 (mg/g)		<b>0,45±0,06<sup>ab</sup></b>	<b>0,52±0,08<sup>a</sup></b>	<b>0,37±0,04<sup>b</sup></b>	0,4±0,06	0,44±0,07	0,39±0,06

A 3%-os algakiegészítés több mennyiségi paraméter esetén is jelentős mértékben pozitív irányba befolyásolta a tejesek spermaminőségét a kontroll csoporttal összehasonlítva. A sperma fiziológiai értékeit (cukor, ion, zsírsav) a kezelés, valamint a hőmérséklet együttesen befolyásolták, a legtöbb esetben  $20,5$  °C-on volt mérhető a legmagasabb érték. Az alga csoportban több mennyiségi paraméter esetén volt megfigyelhető növekedés a hőmérséklet emelkedésével.

## Összefoglalás

Vizsgálatunk információt nyújt arról, hogy milyen hatása van az ivási időszakot megelőző, a szaporodásbiológiai mutatók javítása érdekében alkalmazott algakiegészítés a ponty tejes állománya esetén. Eredményeink alapján elmondható, hogy optimális hőmérséklet mellett a 3%-os algakiegészítésnek pozitív hatása van a sperma mennyiségi és minőségi paramétereire. Munkánk megerősítése érdekében javasoljuk az alga takarmánykiegészítés, valamint a vízhőmérséklet hatásának zárt rendszerben történő vizsgálatát a tóhatás elkerülése érdekében több csoport kialakításával. E mellett javasoljuk a vizsgálatok elvégzését több tó felhasználásával, kivéve az esetleges tóhatásokat, valamint egy átfogó, termékenyítésre is kiterjedő kísérlet sorozat elvégzését, a szaporítás eredményességének vizsgálatával.

## Köszönetnyilvánítás

Munkánk a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-V/MATE-6 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program és 2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR-2022-00002 számú „A magyar-török alkalmazott kutatás-fejlesztési együttműködési programban való magyar részvétel támogatása” Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Kutatásunkat az Innovációs és Technológiai Minisztérium által kiírt Tématerületi Kiválósági Program (TKP2021), Nemzetvédelem és Nemzetbiztonság alprogram pályázata (TKP2021-NVA-22) pályázat segítette elő. A kutatás továbbá, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának és a Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

## Irodalom

- Abdel-Moez, A. M., Ali, M. M., Ali, S. A., Hassaan, M. S., Soltan, M. A., El-Gendi, G. M. **2022**. Effects of Algal Diets Supplementation on Reproductive Performance Parameters of Nile Tilapia Broodstock. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 60, 779–786. p.
- Ansari, F. A., Guldhe, A., Gupta, S. K., Rawat, I., Bux, F. **2021**. Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. *Environmental Science and Pollution Research Int.* 2021 28(32):43234-43257.
- Cejko, B. I., Krejszeff, S., Zarski, D., Targonska, K., Kucharczyk, D., Glogowski, J. **2011**. The effectiveness of selected hormonal preparations in stimulating the spermatation of the chub *Leuciscus cephalus* (L.). In: *Polish Journal of Natural Sciences*, 26 (3), 235–245. p.
- FAO. **2024**. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome.
- Fernández-Palacios, H., Norberg, B., Izquierdo, M., Hamre, K. **2011**. Effects of broodstock diet on eggs and larvae. *Larval fish nutrition*, 151-181.
- Ruben, M. O., Akinsanola, A. B., Okon, M. E., Shitu, T., Jagunna, I. I. **2025**. Emerging -challenges in aquaculture: Current perspectives and human health implications. *Veterinary World*, 18(1).

**AZ APRÓ BÉKALENCSE (*LEMNA MINOR*), TÁPANYAGELTÁVOLÍTÓ  
KÉPESSÉGÉNEK ÉS NÖVEKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA ELTÉRŐ  
BETAKARÍTÁSI PROTOKOLLOK ALAPJÁN, AKVAPÓNIAK KÖRÜLMÉNYEK  
KÖZÖTT**

**MOLNÁR Péter István<sup>1</sup>, BÉNYI Benedek Csaba<sup>2</sup>, LELESZ Judit Éva<sup>2</sup>,  
BÁRSONY Péter<sup>2</sup>, FEHÉR Milán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola,  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138. email: molnar.peter.istvan@agr.unideb.hu

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet,  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

### **Kivonat**

Az intenzív halnevelő rendszerekben a kulcsfontosságú elemek közé tartozik a vízminőség és a víztakarékosság. A biológiai szűrés hatékonyságának növelése érdekében egyes vízinövények integrálása az akvakultúrás rendszerekbe, azok tápanyagfelvevő képessége miatt, csökkentheti a haltermelés környezetterhelő hatását. A békalencse (*Lemnaceae*) fajok számos tulajdonságuk miatt potenciális megoldásként szolgálhatnak, mint szennyvíztisztító növények. Az apró békalencse tápanyagfelvevő képességének vizsgálata érdekében kilenc víztérfogatában és felépítésében megegyező akvapóniás rendszert alakítottunk ki, ahol három különböző betakarítási protokollt hajtottunk végre egy 8 hetes kísérlet során. A vizsgálataink alapján elmondható, hogy a békalencse rendszeres betakarítása növelte a növény hozamokat, valamint csökkentette a víz ammónia koncentrációját. A halak (ponty ivadékok) termelési paramétereire a békalencse betakarítása nem volt hatással.

**Kulcsszavak:** Ponty, *Cyprinus carpio*, *Lemna minor*, akvapónia, biológiai szűrés

### **Abstract**

Water quality and water conservation are key elements in intensive fish farming systems. The integration of certain aquatic plants into aquaculture systems to increase the efficiency of biological filtration can reduce the environmental impact of fish production due to their nutrient uptake capacity. Duckweed (*Lemnaceae*) species have a number of properties that make them potential solutions as wastewater treatment plants. To investigate the nutrient uptake capacity of common duckweed, nine aquaponic systems with identical water volume and structure were established, where three different harvesting protocols were implemented during an 8-week experiment. Our results indicate that regular harvesting of duckweed increased plant yields and reduced ammonia concentrations in the water. Production parameters of fish (carp fry) were not affected by duckweed harvesting.

**Keywords:** Common carp, *Cyprinus carpio*, *Lemna minor*, aquaponics, biological filtration

## Bevezetés

Az akvakultúra ágazat egyre gyorsabban növekszik, és fontos szerepet tölt be az emberi táplálkozásban, élelmezés- és élelmiszerbiztonságban (Safari és mtsai., 2025; Alam és mtsai., 2025). A ponty (*Cyprinus carpio*) a globális haltermelés 3,4%-át, valamint az akvakultúrás termelés 8,3%-át teszi ki (Karnai és Szűcs, 2018). A ponty az egyik legnagyobb mennyiségben előállított halfaj a közép-európai térségben. 2022-ben Lengyelország 18.000 tonna, Csehország 16.437 tonna, Magyarország 11.057 tonna pontyot állított elő (FAO, 2024). Ezen három ország együtt az EU-s termelés 71,2%-át adja (MA-HAL, 2023). Ezek alapján elmondható, hogy a ponty Európában és Magyarországon fontos helyet foglal el az akvakultúrás termelésben. Jó környezeti tűrőképessége, nagy növekedési erélye (Mutethya és Yongo, 2021) alkalmas halfajjává teszi az akvapóniás termelésben is.

Az intenzív rendszerekben a magas fehérje tartalmú takarmánnyal bevitt nitrogén körülbelül 60%-a a halak anyagcsere folyamatain keresztül a vízbe ürül (Skjolstrup és mtsai., 1998), amelyet fizikai és biológiai szűrők segítségével szükséges eltávolítani. A biológiai szűrés hatékonyságának növelése érdekében egyes vízinövények integrálása az akvakultúrás rendszerekbe, azok tápanyagfelvevő képessége miatt, csökkentheti az akvakultúrás termelés környezetterhelő hatását. A békalencse (*Lemnaceae*) fajokat széles körben alkalmazzák a különböző eredetű szennyvizek ártalmatlanításában, mivel széles ökológiai tűrőképességgel, nagy tápanyageltávolító kapacitással és rendkívül gyors növekedéssel jellemezhetők (Oron 1994; Körner és mtsai., 2003; Ozengin és Elmaci 2007; Sun és mtsai., 2020; Yahaya et al. 2022).

A *Lemnaceae* családba tartozó növények a világ legkisebb makrofitái közé tartoznak. A világ szinte minden pontján megtalálhatóak, álló- és folyóvizekben egyaránt. Ezek az úszó vízi növények szőnyeget képeznek a víz felszínén (Kreider és mtsai., 2019), elsősorban vegetatív módon szaporodnak (Adhikari és mtsai., 2015). A békalencse fajokat a legigéretesebb vízi növények között tartjuk számon a szennyvíztisztítási potenciáljuk miatt (Cheng és Stomp, 2009), mivel képesek nagy mennyiségű tápanyagot felvenni (Iqbal és Baig, 2016), valamint hatékonyak a nehézfémek, szerves vegyszerek eltávolításában, és csökkentik a biológiai, valamint a kémiai oxigén igényt (Körner és mtsai., 2003; Ozengin és Elmaci, 2007). Ezek a békalencse alapú rendszerek egyidejűleg tisztítják a szennyvizet, és nyerik vissza a tápanyagokat, költséghatékony és fenntartható megoldást biztosítva a víztisztításban (Pazos-Panqueva és mtsai., 2024). Rövid idő alatt nagy mennyiségű, fehérjében gazdag (akár 41,74%) biomasszát állítanak elő (Akyüz és Ersus, 2024), amely takarmányozásban és humán táplálkozásban egyaránt felhasználható (Goopy és Murray, 2003; Landesman és mtsai., 2010; Appenroth és mtsai., 2018).

Kísérletünk célja az apró békalencse (*Lemna minor*) biológiai szűrőként való alkalmazási lehetőségeinek, illetve tápanyag-eltávolító képességének feltárása volt akvapóniás körülmények között. Ennek érdekében kilenc, víztérfogatában és felépítésében azonos kísérleti akvapóniás rendszert alakítottunk ki, amelyek mindegyikében apró békalencsét neveltünk. A vizsgálat során különböző békalencse

betakarítási protokollokat alkalmaztunk, valamint nyomon követtük a nitrogén- és foszforformák koncentrációját, illetve a kísérlet végén meghatároztuk a halak termelési paramétereit.

### Anyag és módszer

A kísérlet a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumának fóliasátrában zajlott, ahol 9 db kisméretű, egyenként 200 liter víztérfogattal rendelkező akvapóniás rendszert alakítottunk ki. Egy rendszer három egységből állt: egy halas medencéből, egy növényes medencéből és egy szűrőegységből. A hidropóniás egység 0,4 m<sup>2</sup> felületet biztosított a békalencse számára. A rendszerekhez szivattyú (Tetra WP 600), fűtőberendezés (Tetra HT 150W), szűrőegység (10 liter LECA agyaggyóval töltve) és membrános kompresszorhoz (150 liter/perc) csatlakoztatott porlasztókövek (A962) tartoztak. A kísérlet során a növényeket LED lámpákkal (100 W, 6000K) világítottuk meg, napi 12 órában. A kísérlet időtartama 8 hét volt (2024.09.30 - 2024.11.25).

A kísérlet során 3 kezelést alkalmaztunk, 3-3 ismétléssel. A kontroll kezelés esetében nem volt betakarítás, a 25%-os kezelés esetében a békalencse 25, míg az 50%-os kezelés esetében a növényállomány 50%-át takarítottuk be, hetente egy alkalommal.

A kísérletben használt apró békalencse (*Lemna minor*), valamint ponty (*Cyprinus carpio*) a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának saját állományából származott. Minden növényes medencébe 120 gramm békalencsét, valamint 10-10 ponty egyedeket helyeztünk ki, melyek átlagsúlya 38,24±0,67 gramm volt.

A halak takarmányozása kereskedelmi forgalomban kapható, 1 mm-es szemcseméretű táppal történt. A kísérlet során napi 1%-os takarmányozás intenzitást alkalmaztunk. A takarmány adagok kijuttatása napi 4 részben történt, 08:00 és 20:00 óra között automata etető (JBL AutoFood) segítségével.

A vizsgálat során a víz hőmérsékletét (T: 19,57°C ± 0,2°C) és az oldott oxigéntartalmat (DO: 8,46 mg/l ± 0,16mg/l) naponta ellenőriztük, HACH HQ30d hordozható mérőműszer segítségével. Hetente 2 alkalommal, minden rendszer esetében meghatároztuk a nitrogénformák (NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N) és az ortofoszfát (PO<sub>4</sub>-P) koncentrációját (HACH Lange DR/3900 spektrofotométer) a békalencse betakarítása előtt és után, a rendszerek 3 különböző pontján.

A kísérlet végén meghatároztuk a halak megmaradását (%), egyedi nedves testtömegét (g), a biomassa növekményt (g), a növekedési ütemet (SGR, %/nap), a takarmányértékesítést (FCR, g/g), a szétnövést (CV%), valamint a békalencse termelési paramétereit. Az eredményeink statisztikai értékelése egytényezős varianciaanalízissel történt (p<0,05).

A vízminőségi paramétereket többtényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk, ahol a faktorok a mintavételi hely, a betakarítás, az idő és a kezelés voltak. A szignifikáns eltérések megállapítása érdekében Tukey-tesztet alkalmaztunk. A statisztika analízisekhez a SPSS 26 szoftver csomagot használtuk.

## Eredmények és következtetések

A kísérlet végén a halak termelési paramétereinek vonatkozásában nem találtunk statisztikai eltérést a különböző betakarítási protokollok alapján (1. táblázat). A békalencse biomassa termelésére pozitív hatással volt a rendszeres betakarítás, vagyis adott felületen több biomasszát tudtunk termelni, mint a kontroll kezelés esetén.

1. táblázat A halak és a békalencse termelési paramétereit

	Kontroll	25%	50%
<b>Ponty</b>			
Kihelyezési átlagtömeg (g)	38,39±0,68	37,97±0,66	38,37±0,67
Befejező átlagsúly (g)	64,63±13,75	63,31±14,01	64,70±11,44
Megmaradás (%)	90,00±10,00	96,67±5,77	86,67±15,27
SGR <sub>Fish</sub> (%/nap)	0,40±0,045	0,39±0,078	0,40±0,08
FCR (g)	0,83±0,13	0,89±0,23	0,85±0,22
Növekmény (g)	26,24±4,02	25,35±7,22	26,33±6,69
Biomassa (g)	601,67±13,20	594,00±114,64	554,33±48,81
CV%	21,36±5,72	22,58±6,59	17,81±2,09
<b>Békalencse</b>			
Befejező biomassa (g)	715,66±34,42 <sup>b</sup>	934,03±52,82 <sup>a</sup>	961,12±57,87 <sup>a</sup>
Növekmény (g)	595,66±34,42 <sup>b</sup>	814,03±52,82 <sup>a</sup>	841,12±57,87 <sup>a</sup>
SGR <sub>plant</sub> (%/nap)	138,33±0,038 <sup>b</sup>	159,33±0,046 <sup>a</sup>	161,33±0,049 <sup>a</sup>

p < 0,05

A vízminőségi paraméterek közül az ammónia (NH<sub>4</sub>-N) eredményei minden vizsgált tényező vonatkozásában különbséget mutattak. Az ammónia koncentrációra hatással volt a mintavétel ideje, a mintavételi hely, a betakarítás, illetve a kezelés is. A nitrit (NO<sub>2</sub>-N), a nitrát (NO<sub>3</sub>-N), illetve az ortofoszfát (PO<sub>4</sub>-P) koncentrációt az idő, illetve a mintavételi hely befolyásolta.

## Összefoglalás

A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy az apró békalencse biológiai szűrőként való alkalmazása javítja az akvapóniás rendszerek vízminőségét, elsősorban a rendszervíz ammónia koncentrációjának vonatkozásában. A kedvezőbb vízminőség következményeként a csökkent szervesanyag terhelést, valamint tápanyagvisszatartást említhetjük meg fontos tényezőként. A vizsgálat során jelentős mennyiségű növényi biomassa keletkezett, amely tovább növelhető a rendszeres betakarítással.

A halak termelési paramétereit vonatkozásában nem volt eltérés a beállítások között. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a ponty és az apró békalencse, mit hal-növény társítás integrálható az akvapónikus rendszerekbe.

## Irodalomjegyzék

Adhikari, U., Harrigan, T., Reinhold, D. M. **2015**. Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater. Ecological Engineering, 78, 6-14.

- Akyüz, A., Ersus, S. **2024**. Optimization of Hoagland solution macro-elements as a culture media, for increasing protein content of duckweeds (*Lemna minor*). Food Chemistry, 453, 139647.
- Alam, L., Mokhtar, M. B., Sumaila, U. R. **2025**. Climate change impacts on the fisheries and aquaculture sectors with a focus on Malaysia. Navigating Our Way to Solutions in Marine Conservation (pp. 75–92)
- Appenroth, K. J., Sree, K. S., Bog, M., Ecker, J., Seeliger, C., Böhm, V., Lorkowski, S., Sommer, K., Vetter, W., Tolzin-Banasch, K., Kirmse, R., Leiterer, M., Dawczynski, C., Liebisch, G., Jahreis, G. **2018**. Nutritional value of the duckweed species of the genus *Wolffia* (Lemnaceae) as human food. Frontiers in chemistry, 6, 483.
- Cheng, J. J., Stomp, A. M. **2009**. Growing duckweed to recover nutrients from wastewaters and for production of fuel ethanol and animal feed. Clean–Soil, Air, Water, 37(1), 17-26.
- FAO, **2024**. FishStat: Global aquaculture production 1950-2022 [Accessed on 29 March 2024], In: FishstatJ, Available at [www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj](http://www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj), Liccence: CC-BY-4.0.
- Goopy, J. P., Murray, P. J. **2003**. A review on the role of duckweed in nutrient reclamation and as a source of animal feed. Asian-australasian journal of animal sciences, 16(2), 297-305.
- Iqbal, J., Baig, M. A. **2016**. Effect of nutrient concentration and pH on growth and nutrient removal efficiency of duckweed (*Lemna minor*) from natural solid waste leachate. International Journal of Health and Medicine, 1(3), 1-7.
- Karnai, L., Szűcs, I. **2018**. Outlooks and perspectives of the common carp production. Roczniki (Annals), 2018(1).
- Körner S., Vermaat J.E., Veenstra S. **2003**. The capacity of duckweed to treat wastewater: ecological considerations for a sound design. Journal of environmental quality- 32(5), 1583-1590.
- Kreider, A. N., Fernandez Pulido, C. R., Bruns, M. A., Brennan, R. A. **2019**. Duckweed as an agricultural amendment: nitrogen mineralization, leaching, and sorghum uptake. Journal of environmental quality, 48(2), 469-475.
- Landesman, L., Fedler, C., Duan, R. **2011**. Plant nutrient phytoremediation using duckweed. Eutrophication: causes, consequences and control, 341-354.
- MAHAL **2023**. Jelentés a Szervezet működésének 2022. évi eredményeiről. 15-18
- Mutethya, E., Yongo, E. **2021**. A comprehensive review of invasion and ecological impacts of introduced common carp (*Cyprinus carpio*) in Lake Naivasha, Kenya. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 26(4), e12386.
- Oron G. **1994**. Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production. Agricultural water management, 26 (1-2), 27-40.
- Ozengin N. and Elmaci A. **2007**. Performance of Duckweed (*Lemna minor* L.) on different types of wastewater treatment. Journal of Environmental Biology, 28 (2), 307-314.
- Pasos-Panqueva, J., Baker, A., Camargo-Valero, M. A. **2024**. Unravelling the impact of light, temperature and nutrient dynamics on duckweed growth: A meta-analysis study. Journal of Environmental Management, 366, 121721.

- Safari, R., Hoseinifar, S. H., Shabani, A., Ghafarifarsani, H., Raissy, M., Khaleghi, S. R., Van Doan, H., Yazici, M., Rahbar, M., Nouri, M. **2025**. Dietary Administration of Green Macroalgae (*Ulva intestinalis*) on Growth Performance, Serum Immune Parameters, and Gene Expression in Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Annals of Animal Science*, 25(1), 317-327.
- Skjølstrup, J., Nielsen, P. H., Frier, J. O., McLean, E. **1998**. Performance characteristics of fluidised bed biofilters in a novel laboratory-scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. *Aquacult. Eng.*, 18. 265–276. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00037-5)
- Sun Z., Guo W., Yang J., Zhao X., Chen Y., Yao L., Hou H. **2020**. Enhanced biomass production and pollutant removal by duckweed in mixotrophic conditions. *Bioresource Technology*, 317, 124029.
- Yahaya, N., Hamdan, N.H., Zabidi, A.R., Mohamad, A.M., Suhaimi, M.L.H., Johari, M.A.A.M., Yahja, H.N.; Yahya, H. **2022**. Duckweed as a future food: Evidence from metabolite profile- nutritional and microbial analyses. *Future Foods*, 5, 100128.



## **Halegészségügy**



## ACIPENSERID HERPESVIRUS 2 (ACIHV-2) KÁRTÉTELE A HAZAI AKVAKULTÚRÁBAN

HOITSY Márton<sup>1,2,3</sup>, ZISZISZ Árisz<sup>1</sup>, GÁL János<sup>1</sup>, MITRÓ Gergő<sup>4</sup>,  
DOSZPOLY Andor<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Állatorvostudományi Egyetem, Egzotikusállat-, Vad-, Hal- és Méhegészségügyi Tanszék,  
1078 Budapest, István u. 2., email: hoitsy.marton.gyorgy@univet.hu

<sup>2</sup>Fővárosi Állat-és Növénykert, 1146 Budapest, Állatkerti krt. 6-12.

<sup>3</sup>Vet4Fish Kft. 2111 Szada, Boncsoki u. 21.

<sup>4</sup>HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, 1143 Budapest, Hungária krt. 21.

### Kivonat

A tokfélék tenyésztésének fő célja a kaviár előállítás, míg a húruk felhasználása csak másodlagos. A tenyésztett tokfélék mennyisége hazánkban meghaladja a 232 tonnát, míg világ teljes toktermelése eléri a 123 476 tonnát is (1). Összehasonlításképp az Európai Unió országok között Magyarország a 10. legnagyobb tokhal előállító volt 2023-ban, világviszonylatban pedig egy 2017-es adat alapján (2,3,4) a 14. legnagyobb termelőnek számított. A hazai telepek intenzív recirkulációs rendszerekben nevelik a vágó- és szibériai tokokat, illetve vizákat. Az ilyen rendszerekbe bekerülő betegségek kártétele igen jelentős lehet. Ez igaz az *Acipenserid herpesvirus 2*-re (AciHV-2) is, amely esetében a fiatal állatoknál a mortalitás akár a 100%-ot is elérheti. Vizsgálataink során hazai állományból mutattuk ki a AciHV-2-t. Az érintett ivadék vágótokok kezdetben idegrendszeri tüneteket mutattak, étvágytalanná váltak. A kültakarón opálos felrakódások és vérzések voltak megfigyelhetőek. Az állatok diagnosztikai boncolása után virológiai és bakteriológiai vizsgálatra küldött minták levétele történt. A minták egy széles spektrumú PCR-rel lettek vizsgálva (nagy méretű dsDNS-vírusok kimutatására alkalmas). A PCR-fragmentum szekvenálása kimutatta, hogy a vírus azonos egy korábban leírt, Oroszországból származó AciHV-2 törzssel. Fontos kiemelni, hogy jelenleg sem gyógymód, sem pedig hatékony kereskedelmi forgalomban elérhető vakcina nem áll rendelkezésre. A hangsúlyt ezért a prevencióra, és az állategészségügyi protokollok betartására kell fektetni.

**Kulcsszavak:** Vágótok, *Acipenser gueldenstaedti*, Herpeszvírus, AciHV-2

### Abstract

The main purpose of the sturgeon farming is caviar production, while meat consumption is only secondary. The quantity of farmed sturgeon in Hungary exceeds 232 tons, while global sturgeon production reaches 123,476 tons (1). For comparison, Hungary was the 10th largest sturgeon producer among EU countries in 2023 and the 14th largest producer worldwide according to 2017 data (2,3,4). Hungarian farms use RAS to rear Danube sturgeon and Siberian sturgeon, as well as beluga. Diseases introduced into RAS systems may result in significant losses. This is also true for *Acipenserid herpesvirus 2* (AciHV-2), which can cause mortality rates up to 100% in young animals.

During our investigations, AcHV-2 was detected in Hungarian farms. The affected fingerlings initially showed neurological symptoms and lost their appetite. Opaque deposits and hemorrhages were observed on the skin. After necropsy, samples were taken for virological and bacteriological investigation. A broad spectrum PCR, for the detection of large dsDNA viruses, was applied. The sequence analysis of the PCR fragment showed that the virus is identical to a formerly described AcHV-2 strain originating from Russia. There is currently neither cure nor effective vaccine available on the market against this disease. Therefore, prevention and strict biosecurity protocols are the most important ways to keep the animals healthy.

**Keywords:** Danube sturgeon, *Acipenser gueldenstaedti*, Herpesvirus, AcHV-2

### **Köszönetnyilvánítás**

A 2024-2.1.2-EKÖP-2024-00018 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2024-2.1.2-EKÖP pályázati program finanszírozásában valósult meg.

### **Irodalom**

- NAIK-AKI, 2023. Lehalászás jelentés 2022. év
- Bronzi P, Chebanov M, Michaels JT, Wei Q, Rosenthal H, Gessner J. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *J Appl Ichthyol.* 2019; 35: 257–266. <https://doi.org/10.1111/jai.13870>
- FAO. 2023. In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0463en>
- European Commission: Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries and EUMOFA, Sturgeon meat and other by-products of caviar – Production, trade, and consumption in and outside the EU, Publications Office of the European Union, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2771/18974>

**A FOKOZOTTAN VESZÉLYEZTETETT HÉVÍZI TÖRPENÖVÉSŰ MAGYAR VADPONTYON (*CYPRINUS CARPIO CARPIO MORPHA HUNGARICUS*) ÉLŐSKÖDŐ KOPOLTYÚFÉREG MOLEKULÁRIS ÉS SZÖVETTANI VIZSGÁLATA (ELŐZETES EREDMÉNYEK)**

**VARGA Ádám<sup>1</sup>, CECH Gábor<sup>4</sup>, TURUC Tamás<sup>1</sup>, LEFLER Kinga<sup>2</sup>, HORVÁTH József<sup>1</sup>, TÓTH András<sup>1</sup>, HEGEDŰS Anna<sup>1</sup>, FERINCZ Árpád<sup>1</sup>, IVÁNOVICS Bence<sup>3</sup>, SELLYEI Boglárka<sup>4</sup>, SAMU Zoltán Tamás<sup>5</sup>, MÜLLER Tamás<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
email: varga.adam@uni-mate.hu

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

<sup>3</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

<sup>4</sup> HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, Halkórtan és parazitológia témacsoport, 1143 Budapest, Hungária krt. 21.

<sup>5</sup> Hévízi Szent András Reumakórház és Gyógyfürdő, 8380 Hévíz, Dr. Schulhof Vilmos sétány 1.

## **Kivonat**

A parazitológiai vizsgálataink során előzetesen megtörtént a hévízi törpenövésű ponty (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) változaton élősködő kopoltyúféreg faji azonosítása morfológiai és határozó bélyegek alapján. Jelen kutatásban azonosítottuk a szezonálisan gyűjtött hévízi törpenövésű pontyon élősködő kopoltyúféreg fajt molekuláris módszerekkel (ITS régió, 28S rDNS szekvenálása), valamint szövettani vizsgálatokat végeztünk a kifejlett férgek lokációjának és az esetleges légzőhám elváltozások meghatározásához a fertőzöttség és a környezeti paraméterek vizsgálata mellett.

**Kulcsszavak:** kopoltyúféreg, ITS, 28S rDNS, törpenövésű vadponty, szövetten

## **Abstract**

During our parasitological investigations, preliminary species identification of the gill parasite infecting the Hévíz dwarf carp (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) was performed based on morphological characteristics and morphological traits.

In the present study, we conducted molecular identification of the gill parasite species collected seasonally from the Hévíz dwarf carp by sequencing the ITS and 28S rDNA markers. Additionally, histological analyses were carried out to determine the localization of the adult parasites and to assess potential alterations in the respiratory epithelium, in parallel with the continued monitoring of parasitic infestation and environmental parameters.

**Keywords:** gill fluke, ITS, 28S rDNA, dwarf carp, histology

## Bevezetés

A fokozottan veszélyeztetett hévízi törpenövésű magyar vadponty (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) morfológiai szempontból eltérő ponty változat kizárólag a Hévízi-tóban fordul elő a világon és sajátos környezeti toleranciával rendelkezik. A hévízi vadponty genotípus egy elszigetelt, önfenntartó állományt alkot a tóban, mely a szélsőséges hőmérsékleti és kémiai viszonyokhoz alkalmazkodott (Specziár és mtsai. 2013). A MATE (korábban Szent István Egyetem) kutatói közel 18 éve foglalkoznak ennek az egyedülálló halfaj változatnak a kutatásával.

Varga és mtsai 2023-ban elkezdték vizsgálni a hévízi törpenövésű vadponty parazitafaunáját. A vizsgálatok során egy ritka és érdekes kopoltyúféreg faj morfológiai meghatározása történt meg. Ez a faj a *Dactylogyryus minutus*, amely az 1962-es első magyarországi leírása óta a halastavakban és természetes vizekben élő pontyokon nem fordult elő (Molnár és Németh 1962; Molnár 2012). Ezzel párhuzamosan szezonális vizsgálatok indultak meg a kopoltyúféreg fertőzöttség felmérésére, amely eddig azt mutatja, hogy folyamatos a parazita faj jelenléte magas prevalencia mellett (Varga és mtsai. 2024).

Az előzetes eredményekből kifolyólag indokolt volt a kopoltyúféreg faj molekuláris azonosítása genetikai markerek segítségével (Trujillo-González és mtsai. 2018; Tripathi és mtsai. 2022). Továbbá érdemesnek mutatkozott a szezonális vizsgálatok folytatása és a mintaelemszám növelése mellett szövettani vizsgálattal (Molnár 1972, 1980) meghatározni a kifejlett férgek megtelepedési helyét a kopoltyún, illetve megfigyelni az esetleges légzőhám károsodásokat.

## Anyag és módszer

A hévízi pontyok befogása varsával történt a Hévízi-tavon. A halak begyűjtése után történt a testparaméterek felvétele (testtömeg, testhossz). A boncolás során a kopoltyúveket kivettük és mikroszkóp alatt történt rögtönzött szemrevételezés után fotókat készítettünk.

A fertőzött kopoltyúról történt a parazita egyedek gyűjtése, majd tárgylemez lenyomat segítségével egy nagyobb nagyításon (20× és 40×) a faj azonosítása morfológiai bélyegek alapján.

Emellett további kifejlett férgek egyedek kerültek gyűjtésre genetikai vizsgálat (80 % alkohol) és szövettani vizsgálat (8 % formalin) céljából. A parazitológiai vizsgálatokkal párhuzamosan a mintázások alkalmával vízminőséget vizsgáltunk – DO, pH, ORP (Hanna multiparaméteres eszköz).

Az alkoholba, egyesével gyűjtött mintákból történt a DNS kivonás (Geneaid Tissue DNA Isolation Kit). A minták 28S rDNS-t és ITS régióját PCR reakcióban amplifikáltuk a 28SF1 és 28SR1 (Tripathi és mtsai. 2022), valamint a BD1 és BD2 (Galazzo és mtsai. 2002) primerekkel, DNS polimerázként pedig Dreamtaq PCR Master Mix-et használtunk. A PCR termék tisztítást Invisorb Fragment CleanUp 250-nel végeztük el. A PCR-termékeket agaróz gélen futtattuk és UV-megvilágítással tettük láthatóvá, majd az eredményeket rögzítettük. A szekvenálás a PCR primerek segítségével történt BigDyeTerminator v3.1 Cycle Sequencing Kit-et alkalmazva. A szekvenálás termék tisztításánál etanolos precipitációt alkalmaztunk. A filogenetikai analízis elkészítéséhez a Geneious Prime v.11.1 és MEGA 11 programokat használtuk.

A szövettani vizsgálatra kioperált kopolytúkat 8%-os formaldehid oldatba helyeztük. A fixálás után a kopolytú mintákat csapvíz alatt mostuk 1 órán keresztül, folyamatosan nagyobb töménységű etanolban (70-90%) dehidratáltuk. Ezt követően xilolos oldattal átmostuk és folyékony paraffinba áztattuk be automata szövetelőkészítőben (Shandon; Citadel 2000 LE11 5RG). Majd következett a minták paraffinos beágyazása Leica HistoCore Arcadia szövettani készülék segítségével. A kész, beágyazott blokkokból rotációs mikrotom (Leica RM 2245) alkalmazásával metszeteket (4-5 µm) készítettünk. Az elkészült lemezeket festettük meg. A lemezek festéséhez hematoxilin-eozin (Shandon Varistain 24-4) festést alkalmaztunk. Az elkészült mintákat kutató mikroszkóppal (Nikon Eclipse 600) elemeztük és a hozzá csatlakoztatott fényképezőgép (QImaging Micro Publisher 3.3) segítségével fotókat készítettünk.

### Eredmények és következtetések

Az előzetesen morfológiai és határozó bélyegek alapján történő meghatározás után a molekuláris (ITS régió, 28S rDNS) vizsgálatok folyamán megerősítettük, hogy a hévízi törpenövésű pontyon (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) élősködő kopolytúféreg a *Dactylogyrus minutus* fajhoz tartozik. Továbbá a prevalencia magas (96 %) az eddigi vizsgált mintákban alacsony oldott oxigén tartalom (2-3,5 mg/l) mellett.



1. ábra. A kopolytú lemezkéhez kapaszkodó kifejlett féreg (nyíl) 20 X nagyítás alatt szövettani metszetén.

### Összefoglalás

Vizsgálataink során azonosítottuk a hévízi törpenövésű pontyon (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) élősködő kopolytúféreg fajt molekuláris módszerekkel (ITS régió, 28S rDNS), továbbá szövettani vizsgálatokat végeztünk. A környezeti paraméterek és a szezonálisan gyűjtött halak fertőzöttségének felmérését folytattuk párhuzamosan.

## Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-VI/MATE-18, EKÖP-24-IV/MATE-57, EKÖP-24-IV/MATE-60, EKÖP-24-III/MATE-20 kódszámú Egyetemi kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## Irodalom

- Galazzo D. E.; Dayanandan S.; Marcogliese D. J.; McLaughlin J. 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.* 2002;80(12):2207-2217.
- Molnár K.; Németh I. **1962**. Beiträge zur Kenntnis der Fischparasiten in Ungarn. *Acta Veterinaria Scienciorum Hungariae.* 1962;12: 249-255.
- Molnár K. **1972**. Studies on gill parasitosis of the grasscarp (*Ctenopharyngodon idella*) caused by *Dactylogyrus lamellatus* Achmerov, 1952. IV. Histopathological changes. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 1972;22, 9–24.
- Molnár K. **1980**. A histological study on ancylo-discoidosis in the sheatfish (*Silurus glanis*). *Helminthologia* 1980;17, 117–126.
- Molnár K. **2012**. Ötvenéves megfigyelések a halak kopolyúférgességét okozó *Dactylogyrus*-fajoknak az európai ponty (*Cyprinus carpio carpio* L.) kopolyúján való előfordulásáról. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 2012;134 (2):111-118.
- Specziár A.; Staszny Á.; Horváth Á.; Urbányi B.; Müller T. **2013**. A hévízi törpenövésű magyar vadponty populációbiológiai és morfológiai vizsgálata (2007-2013). XXXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI Szarvas. 2013;22-23:57.
- Tripathi A.; Matey C.; Agarwal N. **2022**. Monogonoidea on exotic Indian freshwater fish. 4. *Dactylogyrus minutus* from Platinum ogon, an ornamental variety of the common carp *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae). *BioInvasions Rec.* 2022;11: 510–523.
- Trujillo-González A.; Becker J. A.; Vaughan D. B.; Hutson H. S. **2018**. Monogenean parasites infect ornamental fish imported to Australia. *Parasitol. Res.* 2018;117, 995-1011.
- Varga Á.; Horváth J.; Tóth A.; Hegedűs A.; Ferincz Á.; Lefler K.; Cech G.; Specziár A.; Urbányi B.; Müller, T. **2024**. A fokozottan veszélyeztetett hévízi törpenövésű magyar vadpontynál (*Cyprinus carpio carpio* morpha *hungaricus*) észlelt sajtószerű gazda-parazita kapcsolat vizsgálata (előzetes eredmények). XLVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI Szarvas. 2024;153-156:4.

**INFECTION OF THE GIBEL CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* BERG, 1932)  
WITH MYXOZOAN PARASITES IN A POND FARM OF HUNGARY**

**SUHAIMI Nadhirah Syafiqah<sup>1,2</sup>, CECH Gábor<sup>2</sup>, MOLNÁR Kálmán<sup>2</sup>,  
SZÉKELY Csaba<sup>2</sup>, SELLYEI Boglárka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> HUN-REN Veterinary Medical Research Institute, Budapest, Hungary.  
e-mail: nadhirah.syafiqah@vmri.hun-ren.hu

<sup>2</sup> Hungarian University of Agricultural and Life Sciences,  
Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science (Agricultural Science),  
Gödöllő, Hungary,

**Abstract**

Previously, only two myxozoan species have been reported from gibel carp in Hungary, compared to over 40 myxozoan parasites described in China. Due to its invasive nature and limited economic importance in Hungary, parasitological examinations of this fish species have often been overlooked. In this study, a comprehensive parasitology survey was conducted, revealing six myxozoan parasites, including three different *Myxobolus* spp., one *Thelohanellus* sp., one *Sphaerospora* sp., and one *Zschokkella* sp. infected various organs and tissues. Based on the morphological and molecular data, we described four new species: *Myxobolus ocsardiensis* n. sp., found in the kidney and liver; *Myxobolus peccensis* n. sp., found in the gill cartilage; *Thelohanellus imrei* n. sp. found in the connective tissues of the gill arch and pharynx; and *Zschokkella chezhachei* n. sp. found in the bile duct. Additionally, we identified spores resembling those of *Myxobolus diversus*, a parasite of goldfish fins, and *Sphaerospora molnari* known from the gills of crucian carp and common carp. Here, we redescribed *M. diversus* and *S. molnari* based on spore measurements, molecular data and histological comparisons, marking their first report in gibel carp. Phylogenetic analyses indicated the six species clustered into distinct monophyletic clades consisting of *Myxobolus*, *Thelohanellus*, *Sphaerospora* and *Zschokkella* clades.

**Keywords:** *Myxobolus*; *Thelohanellus*; *Sphaerospora*; *Zschokkella*; Gibel carp; Fish farm; Hungary

**Introduction**

Gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932) is a native and economically important freshwater species in China. Conversely, gibel carp is considered a highly invasive species in Europe, where its wide-range habitat use causes significant declines in native fish populations, such as the crucian carp (Molnár et al. 2018). The species was incidentally introduced to Europe from the Amur Basin along with other cyprinids, such as common carp stocks for aquaculture activities (Hensel 1971; Kalous et al. 2012). Nowadays, gibel carp can be found in most European waters and fish farm ponds. Although fish farmers in Hungary generally dislike this species, it remains popular among anglers. The (unwanted) abundance of gibel carp in fish farms has

contributed to the emergence of various parasites due to high stocking densities and intensive farming practices, posing a risk to the health and productivity of economically important fish.

Myxosporeans are classified within the phylum Myxozoa Grassé, 1970, which contains over 2400 parasites reported globally (Bartošová-Sojková et al. 2014). Among them, more than 40 species have been identified in gibel carp in China (Yuan et al. 2015), with some causing severe harm to their fish hosts. For example, *Myxobolus honghuensis* Liu, Whipps, Gu, Zeng et Huang, 2011 infects the pharynx and can lead to mass mortalities of up to 100% (Liu et al. 2012). Additionally, *Thelohanellus wuhanensis* Xiao et Chen, 1993 produces numerous expanded plasmodia in the skin of juvenile fish (Liu et al. 2014), while *Thelohanellus wangi* Yuan, Xi, Wang, Xie et Zhang, 2015 forms several cysts in the gill filaments (Yuan et al. 2015). In Hungary, only two myxosporean species have been earlier reported, including *Myxobolus diversus* Nie et Li, 1973, which infects the fin rays of goldfish, *Carassius auratus auratus* (Molnár and Székely 2003; Molnár et al. 2018) and gibel carp (unpublished data), and the recently identified *Myxobolus lentisuturalis* Dyková, Fiala et Nie, 2002, which infects muscle tissue (Suhaimi et al. 2023). Considering the limited number of myxosporean species detected in gibel carp from Hungary, a comprehensive survey was conducted on this species. In this study, we describe four novel myxosporean species: *Myxobolus ocsardiensis* n. sp., *Myxobolus pecsensis* n. sp., *Thelohanellus imrei* n. sp., and *Zschokkella chezhachei* n. sp. Additionally, we report the occurrence of two previously known species, *Myxobolus diversus* and *Sphaerospora molnari* Lom, Dyková, Pavlásková et Grupcheva, 1983 in Hungary (Figure 1).

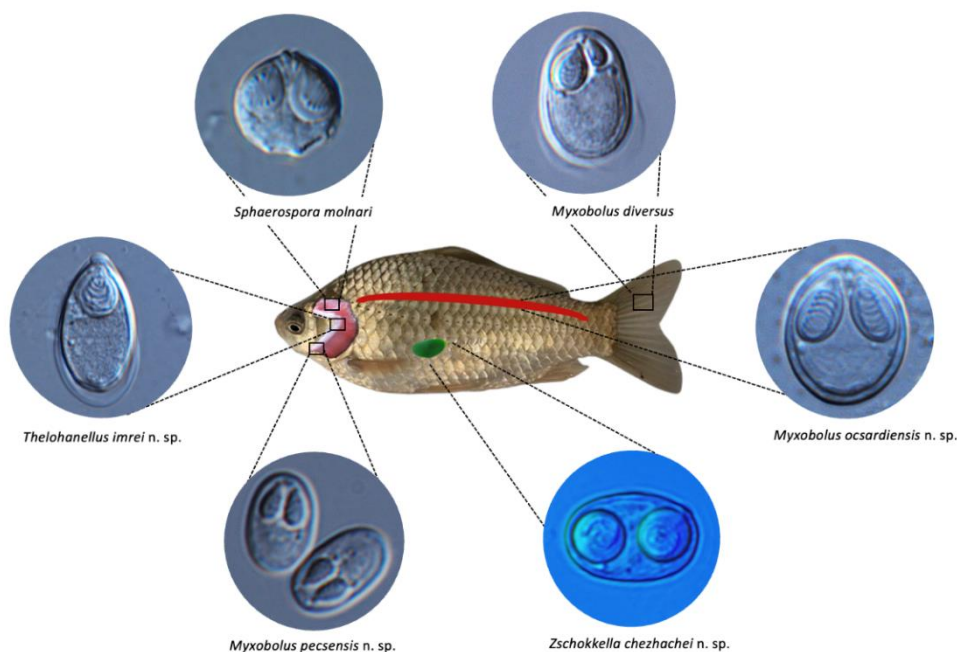


Figure 1. Six myxosporean species identified in gibel carp from a fish farm in Hungary.



## Materials and methods

### Sample collection and spore morphology

Ninety-four gibel carps (with a total length of 7.0–23.0 cm) were caught by gillnet from earth ponds at a fish farm in Ócsárd near Pécs, in the county of Baranya, Hungary, between November 2023 and June 2024. The fish were dissected, and all organs were thoroughly examined for myxozoan infections under stereo and light microscopes at the Fish Pathology and Parasitology Laboratory of the HUN-REN Veterinary Medical Research Institute in Budapest, Hungary. Fresh plasmodia containing spores were isolated from infected organs and tissues, and after rupture the spores were examined under a light microscope for morphological studies. Some spores were collected in 1.5 ml Eppendorf tubes containing 80% ethanol for molecular analysis. Spore measurements were conducted following the guideline of Lom and Arthur (1989). For histological analysis, infected organ and tissues were fixed in either 5% neutral buffered formalin (NBF) or Bouin's solution, embedded in paraffin, sectioned into 3–4 µm thin, stained with hematoxylin and eosin (H&E), and examined and photographed using a light microscope mounted with a digital camera.

### Molecular and phylogenetic analyses

DNA was extracted from the pelleted spores after ethanol removal, using the Geneaid Genomic DNA Mini Kit (Geneaid Biotech Ltd., Taipei, Taiwan) according to the manufacturer's protocol for animal tissue. The 18S rDNA gene of the myxospores was amplified using direct PCR or nested PCR with various primer combinations. Amplifications with MyxospecF-18R primers or 18E-MyxospecR primers followed the protocol by Liu et al. (2016), with modification by shortening the elongation period to 90 s. For *Sphaerospora* species, nested PCR was performed using universal primers ERIB1 and ERIB10 in the first round, as described by Eszterbauer et al. (2013). In the second round, overlapping sequences were generated using primer pairs MC5-MC3 and MyxospecF-18R following protocols by Bittencourt et al. (2021) and Liu et al. (2016), respectively. Amplified products were visualized by electrophoresis in a 1% agarose gel. The specific bands were excised from the gel and purified using DNA Fragment Purification kit (InViTek GmbH, Berlin, Germany). Sequencing was performed bidirectionally using the PCR primers and additional sequencing primers, including Myxgen4R, Myxgen4F, SphR, ACT1F, ACT1fr, ACT1R, Smol1900R, Smol1200F, Smol2500R, Smol1800F, Sphaero10R and Sph9R using the BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Life Technologies) with an ABI PRISMÒ 3100 Genetic Analyser (Life Technologies).

The obtained sequence fragments were visualized, edited and assembled using Geneious Prime v.11.1 (Kearse et al. 2012). Six newly obtained sequences from our samples, along with 55 closely related species retrieved from GenBank database were used to construct a phylogenetic tree, with *Ceratonova shasta* (AF001579) chosen as the outgroup. Sequences were aligned using the ClustalW algorithm (Thompson et al. 1994) in MEGA X (Kumar et al. 2018). Phylogenetic trees were generated using both Maximum Likelihood (ML) in MEGA X with 1000 bootstrap replications and Bayesian Inference (BI) in MrBayes 3.2.4 (Ronquist et al. 2012). The analyses

employed the GTR + G model based on the Akaike information criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC) executed in jModelTest 2.1.10 v20160303 (Darriba et al. 2012). For Bayesian analysis, Markov Chain Monte Carlo (MCMC) chains were run for 1,000,000 generations, and discarding the first 25% as burn-in to generate a consensus tree from the remaining topologies. Clades with bootstrap values (BS)  $\geq 70\%$  for ML and posterior probabilities (PP)  $\geq 0.90$  for BI analyses were considered well-supported. The resulting tree topologies were visualized in MEGA X and FigTree v. 1.4.4 (Rambaut 2018), and graphically edited with Inkscape (Free Software Foundation, Inc., MA, USA). The genetic distances were calculated using the *p*-distance model for transitions and transversions in MEGA X.

## Results and Discussion

Forty out of ninety-four gibel carp were infected by myxozoan plasmodia in various body regions, including kidney, liver, gill cartilage, gill lamellae, connective tissues of the gill arch, pharynx, fin, and bile duct. Only mature spores were observed in the examined plasmodia. Overall, the prevalence of infection was moderate at 43% (40/94), with *Zschokkella chezhachei* n. sp. showing the highest prevalence at 36.2% (34/94), while *S. molnari* showed the lowest prevalence at 2.1% (2/94). Furthermore, no clinical symptoms were observed in the infected fish collected from the fish farm at Ócsárd close to Pécs, Hungary.

Plasmodia of *Myxobolus ocsardiensis* n. sp. were found in the kidney and liver of gibel carp. This species was compared with eight closely related *Myxobolus* spp. and showed the greatest morphological similarity to *Myxobolus hearti*, which infects the cardiac muscles of *C. auratus gibelio*. Pairwise distance analysis of the 18S rDNA sequences revealed a 97.6% similarity to *M. hearti* (GU574808). Phylogenetic analyses placed *M. ocsardiensis* n. sp. in a well-supported clade with *M. hearti*, *M. pronini*, *M. oralis*, *M. nielli* and *Henneguya doneci*. *Myxobolus ocsardiensis* n. sp. is distinguished by its unique morphological and morphometric characteristics, as well as its position in the phylogenetic tree.

Additionally, plasmodia of *Myxobolus pecsensis* n. sp. were found in the gill cartilage of gibel carp. Although *M. pecsensis* n. sp. shares morphological similarities with *M. intrachondrealis*, which infects the cartilage of common carp (*Cyprinus carpio*) gill arches, it is distinguished by its specific host and differing morphometric measurements. While no molecular data are available for *M. intrachondrealis*, the confirmation of *M. pecsensis* n. sp. as a new species is pending. Remarkably, phylogenetic analyses have revealed that *M. pecsensis* n. sp. was closely related to Hungactinomyxon types from Hungary and China, which suggests that the actinospore stage of *M. pecsensis* n. sp. may correspond to the Hungactinomyxon type released from *Branchiura sowerbyi*.

*Thelohanellus imrei* n. sp. showed morphometrical similarities to *T. wangi* and *T. nanhaiensis*, but differs in tissue tropism. Plasmodia of *T. imrei* n. sp. were located in the connective tissue of the gill arch and pharynx of gibel carp, while plasmodia of *T. wangi* were found in the gill filaments of gibel carp. *Thelohanellus nanhaiensis* was found in the gills of goldfish, although the exact location of plasmodia within the gills was not specified. However, *T. nanhaiensis* can be distinguished by its S-shaped

sutural line, in contrast to the straight sutural line of *T. imrei* n. sp. Phylogenetic analysis supported these dissimilarities, placing *T. wangi* far from *T. imrei* n. sp. on the phylogenetic tree. Unfortunately, no molecular data for *T. nanhaiensis* were available for comparison. Notably, phylogenetic analyses revealed that *T. imrei* n. sp. forms a group with the *Neoactinomyxum* type, suggesting that its actinospore stage may correspond to the *Neoactinomyxum* type released from *Branchiura sowerbyi*.

Based on the nucleotide basic local alignment search (BLASTn), the *Zschokkella* samples from our study exhibited 99.9% and 100.0% similarity to the previously submitted sequences of *Z. chongqingense* found in the gallbladder of goldfish. However, morphological and morphometric data for this species are currently unavailable for comparison due to the lack of a valid species description under this name (at the time of publication). It is important to note that there is a species with a different generic identity but a similar specific name in its binomen, *Myxidium chongqingense* which infects the gallbladder of common carp (Eiras et al. 2011). The morphological differences between spores of *M. chongqingense* and our *Zschokkella* are significant enough to rule out any possibility of synonymy, leading us to classify it as a new species, *Zschokkella chezhachei* n. sp. Phylogenetic analysis revealed that *Z. chezhachei* n. sp. clustered together with *Z. chongqingense* and formed a well-supported monophyletic group with other *Zschokkella* species. Notably, our sequence was identical to the *Aurantiactinomyxon* type (KY475591), therefore, it can be considered the actinospore stage of *Z. chezhachei* n. sp.

The redescription of *Myxobolus diversus* and *Sphaerospora molnari* has been essential because of the alternative fish host-specificity, the lack of spore morphometrics, and molecular data. The morphology and morphometric data of *M. diversus* in this study align with previous descriptions from goldfish in Hungary and China (Chen and Ma 1998; Molnár and Székely 2003), though slight size variations were noted. A main distinction was the mucus envelope surrounding the spores in our specimens, which had not been reported in earlier studies. Histopathological analysis confirmed plasmodia developed in the intrasegmental region between the two cartilaginous hemisegments of the fin rays, consistent with findings by Molnár and Székely (2003). Based on predilection site, fish host, and spore morphology, we identify this species as *M. diversus*.

Additionally, *Sphaerospora* species was detected in the gills of gibel carp. Currently, there are only two known gill-infecting *Sphaerospora* spp. such as *Sphaerospora molnari* and *Sphaerospora carassii*. Our specimens morphologically matched *S. molnari* from common carp in Hungary and the Czech Republic, with slight size differences. While *S. molnari* was previously thought to exclusively infect common carp, phylogenetic analysis revealed sequence identity between our gibel carp isolates and common carp from Hungary and the Czech Republic. Further studies involving extensive sampling of *Sphaerospora*-infected gibel carp are needed to confirm this expanded host specificity.

## Conclusion

Here, we identified six myxozoan parasites in gibel carp collected from a fish farm in Hungary. Through morphological, morphometric, and molecular analyses, we describe four new species, proposing the names *Myxobolus ocsardiensis* n. sp., *Myxobolus pecsensis* n. sp., *Thelohanellus imrei* n. sp. and *Zschokkella chezhachei* n. sp. In addition, our results expanded the host list of *Myxobolus diversus* and *Sphaerospora molnari* with a new species. This study contributes valuable insights into the myxozoan biodiversity affecting gibel carp in Hungary.

## Acknowledgements

We thank Dr. Zoltán Horváth, the owner of the fish farm, for granting permission to collect fish samples from his facility. We also thank Ms. Györgyi Pataki for the histological slides.

**Funding:** Stipendium Hungaricum Program

**Note:** This proceeding is the summary of our paper published online on 25<sup>th</sup> April 2025 in Aquaculture Reports

## References

- Bartošová-Sojtková P., Hrabcová M., Pecková H., Patra S., Kodádková A., Jurajda P., Týmľ T., Holzer A.S. **2014**. Hidden diversity and evolutionary trends in malacosporean parasites (Cnidaria: Myxozoa) identified using molecular phylogenetics. *Int J Parasitol.* 2014;44:565–577.
- Berg L.S. **1932**. Über *Carassius carassius* und *C. gibelio*. *Zool. Anz.* 1932;98:15–18.
- Bittencourt L.S., Ferreira R.L.D.S., Videira M.N., Silva M.F.D., Silva D.T.D., Hamoy, I., Carvalho J.C.T., Matos E. **2021**. *Sphaerospora festivus* n. sp., a parasite of the flag cichlid, *Mesonauta festivus* (Teleostei: Cichlidae) from eastern Amazon, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2021;30:e004621.
- Chen Q.L. and Ma C.L. **1998**. *Myxozoa: Myxosporea*. Beijing: Science. Press. (In Chinese), 1998.
- Darriba D., Taboada G.L., Doallo R., Posada D. **2012**. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods.* 2012;9:772.
- Eiras J.C., Saraiva A., Cruz C.F., Santos M.J., Fiala I. **2011**. Synopsis of the species of *Myxidium* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). *Syst Parasitol.* 2011;80:81–116.
- Eszterbauer E., Sipos D., Forró B., Holzer A.S. **2013**. Molecular characterization of *Sphaerospora molnari* (Myxozoa), the agent of gill sphaerosporosis in common carp *Cyprinus carpio carpio*. *Dis Aquat Org.* 2013;104:59–67.
- Grassé, P.P. **1970**. Embranchement des Myxozoaires. In *Précis de zoologie 1, invertébrés*, 2nd ed., Grassé P.P; Poisson R.A.; Tuzet O. (eds.). Masson et Cie, Paris, France. 1970;107–112.

- Hensel K. **1971**. Some notes on the systematic status of *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) with further record of this fish from the Danube River in Czechoslovakia. *Věstn Českoslov Spol Zool.* 1971;3:186–198.
- Kalous L., Bohlen J., Rylková K., Petrtý M. **2012**. Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyol Explor Freshw.* 2012;23:11–18.
- 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.
- Kumar K., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. **2018**. Mega X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol.* 2018;35:1547–1549.
- Liu Y., Whipps C.M., Gu Z.M., Zeng C., Huang M.J. **2012**. *Myxobolus honghuensis* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida) parasitizing the pharynx of allogynogenetic gibel carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) from Honghu Lake, China. *Parasitol Res.* 2012;110:1331–1336.
- Liu Y., Yuan J., Jia L., Huang M., Zhou Z., Gu Z. **2014**. Supplemental description of *Thelohanellus wuhanensis* Xiao & Chen, 1993 (Myxozoa: Myxosporea) infecting the skin of *Carassius auratus gibelio* (Bloch): ultrastructural and histological data. *Parasitol Int.* 2014;63:489–491.
- Liu X.H., Batueva M.D., Zhao Y.L., Zhang J.Y., Zhang Q.Q., Li T.T., Li A.H. **2016**. Morphological and molecular characterisation of *Myxobolus pronini* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) from the abdominal cavity and visceral serous membranes of the gibel carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) in Russia and China. *Parasites Vectors.* 2016;9:1–11.
- Lom J. and Arthur J.R. **1989**. A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. *J Fish Dis.* 1989;12:151–156.
- Molnár K. and 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) Parazitológiai bizonyítékok az ezüstkárász (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932) eredetéről. *Pisces Hungarici.* 2018;12:87–94.
- Rambaut A. **2018**. FigTree V. 1.4.4: Tree Figure Drawing Tool. 2018. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. Accessed 10 October 2024.
- Ronquist F., Teslenko M., van Der Mark P., Ayres D.L., Darling A., Höhna S., Larget B., Liu L., Suchard M.A., Huelsenbeck J.P. **2012**. MrBayes 3.2: efficient bayesian phylogenetic inference and model choice across large model space. *Syst Biol.* 2012;61:539–542.
- Suhaimi N.S., Colunga-Ramírez G., Sellyei B., Cech G., Molnár K., Székely C. **2023**. The first detection of *Myxobolus lentisuturalis* Dyková, Fiala et Nie, 2002, a highly pathogenic muscle-infecting parasite of gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932) in Hungary. *J Fish Dis.* 2023;46:1367–1376.

- Thompson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J. **1994**. Clustal W: 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.
- Yuan S., 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.

**MORPHOLOGICAL AND PHYLOGENETIC COMPARISON OF TWO MYXOZOAN PARASITES, *HENNEGUYA GIGANTEA* AND *HENNEGUYA CREPLINI*, INFECTING THE GILLS OF PIKEPERCH (*SANDER LUCIOPERCA* L. 1758)**

**Graciela Colunga-Ramírez<sup>1,2\*</sup>, Boglárka Sellyei<sup>1</sup>, Kálmán Molnár<sup>1</sup>, Csaba Székely<sup>1</sup>, Gábor Cech<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>HUN-REN Veterinary Medical Research Institute, Hungarian Research Network Budapest, Hungary, graciela.colunga@vmri.hun-ren.hu

<sup>2</sup>Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary,

**Abstract**

The parasite fauna of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) has been the subject of extensive research (Molnár, 1998; Molnár and Székely, 2014; Székely et al., 2018; Colunga-Ramírez et al., 2024); the reports included the myxozoan parasites *Henneguya creplini*, Gurley, 1893, and *Henneguya gigantea*, Nemeček, 1911. *Henneguya creplini* has been documented to have a broader host range, whereas the exclusive host of *H. gigantea* is the pikeperch. Both species form spore-filled plasmodia in the gills. *Henneguya gigantea* is characterised by two markedly elongated caudal appendages (Molnár, 1998; Nemeček, 1911; Donec and Shulman, 1984). However, reports on it date back to the last century and were based solely on line drawings, without photomicrographs or molecular records. In contrast, for *H. creplini*, photomicrographs, histology, and 18S rDNA data are available for taxonomic classification.

After several decades, in February of 2024, a sport angler (Máté Író), caught a pikeperch on the Hungarian tributary of the Danube, the Rába River. He presented a picture of the specimen with heavily infected gills in the online section “What did I catch?” of the Hungarian Ichthyological Society. Later, at our request, he sent us alcohol-fixed infected gills containing spore-filled myxosporean cysts bearing elongated caudal appendages, similar to those previous reported in *H. gigantea*.

This study includes a detailed description of *H. gigantea* based on the morphology of the myxospores, the histology of the infected gills, and molecular analysis. Furthermore, comparative morphological and molecular analyses were conducted to clarify the relationship between *H. gigantea* and *H. creplini*. In parallel, cysts of *H. creplini* from infected gills of pikeperch collected in Lake Balaton (Siófok) in 2000 were also studied. Fresh and Lugol-stained myxospores were mounted on glass slides and measured according to the guidelines of Lom and Arthur (1989). For histological analysis, infected gills were preserved in a 10% neutral formalin solution. Finally, genomic DNA was extracted from myxospores and the 18S rDNA and 28S rDNA gene sequences were amplified by PCR.

The histological findings indicated that the extensive cysts on the gills of the fish infected with *H. gigantea* from Rába river contained numerous compacted plasmodia in a single unit, compared with the small cyst with a single plasmodium of the fish infected with *H. creplini* from Balaton in previous reports. Morphological analysis of the spores revealed that the two species could be distinguished only by the length of

their caudal appendages, which were longer in *H. gigantea* than in *H. creplini* (77–100 µm vs 14.4–40.1 µm). The remaining spore characters exhibited high levels of similarity across both species: spore length (12.7 vs 12.59 µm), width (6.3 vs 5.9 µm), and thickness (4.9 vs 4.5 µm). Two polar capsules of approximately equal in size, length (7.1 vs 6.5 µm), and width (2.0 vs 1.9 µm). The polar filament coiled 10–12 times in both. The sequence distance was no greater than 0.76% for the 18S rDNA sequence, and 0.97% for the 28S rDNA sequence. Phylogenetic analysis revealed that *H. creplini* and *H. gigantea* are positioned in the same clade.

The data presented in this study, in agreement with those collected from previous literature, suggests that the length of caudal appendages and the size of the cysts may be evidences of the intraspecific phenotypic plasticity.

This is a key aspect that should be considered before establishing new members of the *Henneguya* genus. Furthermore, ribosomal DNA sequences showed that serve as an essential tool for referring the taxonomic classification of myxozoans that exhibit phenotypic plasticity. In light of the observations presented above, we propose that *H. gigantea* be reclassified as *H. creplini*.

### Acknowledgements/Funding

This study was funded by the Stipendium Hungaricum Program. We thank Mr. Máté Író for fish collection, and Györgyi Pataki for the histological works. Graciela Colunga-Ramírez is supported by SECIHTI, Mexico (CVU 769732).

### References

- Colunga-Ramírez G.E.; Syafiqah N.S.; Cech G.; Molnár K.; Székely C.; Sellyei B. **2024**. Morphological and molecular characterisation of two closely related species: *Myxobolus tihanyensis* n. sp. and *Myxobolus sandrae* Reuss, 1906. Int. J. Parasitol. Parasites Wildl. 23, 100909.
- Donec Z.S. and Shulman S.S. **1984**. Knidosporidii (Cnidosporidia). In: Bauer, O. N. (ed.) Key to the Parasites of Freshwater Fishes of the USSR, Vol 1. Nauka, Leningrad. pp. 88–251.
- Lom J. and Arthur J.R. **1989**. A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. J Fish Dis. 1989;12:151–156.
- Molnár K. **1998**. Taxonomic problems, seasonality and histopathology of *Henneguya creplini* (Myxosporea) infection of the pikeperch *Stizostedion lucioperca* in Lake Balaton. Folia parasitol. 45, 261–269.
- Molnár K. and Székely C. **2014**. Tissue preference of some myxobolids (Myxozoa: Myxosporea) from the musculature of European freshwater fishes. Dis. Aquat. Organ. 3, 191–198.
- Nemeczek A. **1911**. Beiträge zur Kenntnis der Myxo- und Microsporidien der Fische. Arch. Protist 22, 143–169.
- Székely, C., Borzák, R., Molnár K., **2018**. Description of *Henneguya jaczoi* sp n. (Myxosporea, Myxobolidae) from *Perca fluviatilis* (L.) (Pisces, Percidae) with some remarks on the systematics of *Henneguya* spp. of European fishes. Acta Vet. Hung. 66:426–443.

# **Szaporodásbiológia**



## A SZAPORODÁSBIOLOGIAI MUTATÓK ÉS AZ AZT BEFOLYÁSOLÓ MIKROBIÁLIS KÖZÖSSÉG KAPCSOLATÁNAK FELTÁRÁSA PONTY (*CYPRINUS CARPIO*) FAJBAN

VÁRKONYI Dávid<sup>1</sup>, KASZAB Edit<sup>2</sup>, CSORBAI Balázs<sup>1</sup>, FARKAS Milán<sup>3</sup>,  
NAGY Borbála<sup>1</sup>, BOKOR Zoltán<sup>1,4</sup>, URBÁNYI Béla<sup>1,4</sup>, HARKAI Péter<sup>2</sup>,  
BARTUCZ Tamás<sup>1</sup>, KIRCHNER Márton<sup>1</sup>, KATHI László<sup>1</sup>, BARTOS István<sup>1</sup>,  
ifj. RADÓCZI János<sup>5</sup>, BERNÁTH Gergely<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Halgazdálkodási Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.,  
email: varkonyid99@gmail.com

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

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

<sup>4</sup>Agrárközgazdasági Intézet, Budapest, 1093 Zsil u. 3.

<sup>5</sup>Szabolcsi Halászati Kft. 4400 Nyíregyháza, Csillag u. 16.

### Kivonat

Tudományos munkánk során a ponty szaporodásbiológiai mutatói és az egyedek szervezetében (bél, sperma, ikra) megtalálható mikrobiális közösségek hatása közti összefüggéseket vizsgáltuk. A minták feldolgozása során 17 baktérium nemzetség számos képviselőjét identifikáltuk. Több sperma és ikra minőségi paramétert eredményesen vetettünk össze az ivartermékekből és a bélmintákból izolált és azonosított baktérium fajokkal (korrelációs mátrix, Pearson-féle korrelációs együttható ( $p < 0,05$ )). Számos azonosított baktériumfaj potenciálisan patogén, fakultatív patogén kockázattal, vagy probiotikus potenciállal bírhat.

**Kulcsszavak:** ponty, szaporodásbiológia, mikrobiológia, tógazdaság

### Abstract

Our scientific work investigated the relationship between the reproductive biology of common carp and the effect of microbial communities in the gut, sperm and eggs of individuals. Samples were processed and several representatives of 17 bacterial genera were identified. Multiple semen and egg quality parameters were successfully correlated with bacterial species isolated and identified from reproductive and gut samples (correlation matrix, Pearson's correlation coefficient ( $p < 0.05$ )). The identified bacterial species may have potential pathogenicity, facultative pathogenic risk and probiotic potential.

**Keywords:** common carp, reproductive biology, microbiology, pond aquaculture

## Bevezetés

Magyarország haltermelésében a ponty (*Cyprinus carpio*) kiemelkedően fontos szerepet játszik. Ez a faj adja az éves étkezési hal 82%-át (MAHAL 2023). A sikeres haltermelés a tenyészállomány általános, jó egészségi állapotán és kedvező szaporodásbiológiai mutatóin nyugszik. Az ágazat rendkívül kitett a szélsőséges időjárásnak. Ezen faktor mellett az egyedek válogatása, szállítása és a szaporítás körüli teendők tovább növelhetik a halakat érő stressz mértékét, mely fertőzések kapuját nyithatja meg. Napjaink egyre növekvő jelentőségű kutatási irányzata a halak felületén és szervezetében élő mikrobaközösségek, valamint azok egészségügyi állapotra, növekedésre és reprodukív mutatókra kifejtett hatásának vizsgálata. A humán és emlős kutatást követően a halak esetében is leírták, hogy felületi és testen belüli patogén és szimbióta mikrobák komplex mechanizmusok által befolyásolják a belső környezetet (Bernáth és mtsai., 2023). Az egyensúly eltolódásával romolhat az egyedek általános egészségügyi állapota, csökkenhet azok növekedése és ezáltal a szaporító képessége. A halak fejlődésének és kondíciójának vizsgálata során több hasznos és ártalmas mikroorganizmus került azonosításra. Számos kutatásban leírták, hogy különböző probiotikum tartalmú készítményekkel történő kezelések jótékonyan képesek befolyásolni a növekedést és egészségügyi mutatókat a ponty esetében. A mikrobák szaporodásra kifejtett hatásáról azonban csekély számú ismeret áll rendelkezésünkre.

## Anyag és módszer

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottsága kijelenti, hogy a 2010/63/EU irányelv nem foglalja magába ezen kísérleteket, de végrehajtásuk a tudtával és engedélyével történt (Iktató szám: MATE-SZIC/1742-1/2022 és MATE-SZIC/1745-1/2022). A kísérleti szaporítást és mintavételt a Szabolcsi Halászati Kft. keltetőházában végeztük Kemeccsén. A szaporítás során, a gazdaság munkatársai segítségével lehalásztunk két telelőtavat (egyikben ikrások, másokban tejesek voltak), majd ivaronként 15-15 egyedet kiválasztottunk és átszállítottunk a keltetőházba, ahol nemenként külön medencékbe helyeztük őket. A szaporítás további munkafolyamatai a keltetőházi gyakorlat szerint történtek. Először az ikrás, majd a tejes egyedeket fejtük. Az ivarterméket ( $N=10$  ikrás és 10 tejes egyedtől) vételeztük és steril mintatároló centrifuga csövekbe (15 és 50 ml) gyűjtöttük.

A bélmintákat a szaporítást követően gyűjtöttük be. Az egyedeket túlaltattuk, a hasfalat 70%-os etanollal fertőtlenítettük és szikével egy hosszanti vágást ejtettünk rajta. Ollóval kimetszettünk egy 10 cm-es bélszakaszt, majd feldolgozásig 4°C-on tároltuk. A fejest követően meghatároztuk a sperma teljes mennyiségét (TVM, ml) és a testsúllyal arányos sperma mennyiségét (VOM, ml/testtömeg kg) (Cejko és mtsai., 2011). A spermához kevertük az aktiváló oldatot (45 mM NaCl, 5 mM KCl és 30 mM Tris, pH 8,0; Saad et al 1988), majd motilitását egy számítógépes spermavizsgáló rendszerrel (Computer-assisted sperm analysis, AndroVision, Minitube GmbH, Tiefenbach, Németország) rögzítettük. Ahhoz, hogy meg tudjuk vizsgálni a szemínális plazma pH-ját pH szenzor (Halo™ HI10832, HANNA Instruments Inc., Woonsocket, Amerikai Egyesült Államok) és ozmolalitását, ozmométer (Wescor Vapro 5600, Wescor Inc., South Logan, Amerikai Egyesült Államok) segítségével először egy centrifugával elválasztottuk a spermiumokat a szemínális folyadéktól. Ezen felül

felvételeztünk 14 motilitásra vonatkozó paramétert. A sejt koncentrációt a CASA berendezés határozta meg a motilitás mérés folyamata során. Az egyedek testtömegéből, a sejtsűrűségéből és az átlagos lefejt sperma mennyiségéből került megállapításra: a teljes spermatermelés (TSP, sperma koncentráció\*teljes sperma mennyiség, SPZ\*TVM) illetve a teljes sperma szám (TNS, teljes spermatermelés/testtömeg kg, TSP/ttkg; Cejko és mtsai., 2011).

A keltetőházban vett minták a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézetének mikrobiológiai laboratóriumában kerültek feldolgozásra. A kimetszett bélszakaszokat lamináris boksztalatt egy olló segítségével feltártuk, kaparékot vettünk a bélfalról, melyet PBS (foszfát puffer) oldatba mostunk és homogenizálást követően tízes alapú hígítási sort készítettünk  $10^0$ - $10^{-4}$  hígítási szintig. Az elkészült hígítási sor tagjait szelektív De Man- Rogosa- Sharpe (MRS) agar táptalajra (főleg *Lactobacillusok* és hasonló igényű baktériumok tenyésztésére, csíraszám becslésére alkalmas) szélesztettük, majd  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 120 órán át inkubáltuk. A folyamat végeztével a telepképző egységeket (TKE) leszámoltuk, majd morfológiailag szeparáltuk azokat. Az elválasztott telepeket tripton-szója agar (TSA) lemezekre (kevésbé szelektív, a teljes bakteriális közösség csíraszám becslésére alkalmas) oltottuk tisztító szélesztéssel. Ezt addig ismételtük, ameddig létre tudtunk hozni tiszta tenyészeteket. A sperma és ikra (ovariális folyadék) mintákkal elvégzett munkafolyamatok a hígítási sor elkészítéséig azonosak voltak, viszont ebben az esetben  $10^8$  hígítási szintig dolgoztunk, majd a keletkezett szuszpenziókat nem szelektív TSA táptalajra oltottuk. Az izolált mikrobák faj szintű azonosításához MALDI-TOF MS módszert alkalmaztunk az Eurofins Analytical Services Hungary Kft. szolgáltatásának igénybevételével.

A kapott eredményeket Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Amerikai Egyesült Államok) programmal rögzítettük. A statisztikai értékeléshez az: R: A Language and Environment for Statistical Computing (R version 4.4.1, R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Bécs, Ausztria) programot használtuk. Az elemzés során összehasonlítottuk a különböző ivartermékek (sperma és ikra), valamint a kapott baktérium telepképző egységek száma közötti lehetséges összefüggéseket. Az alkalmazott statisztikai módszer a korrelációs mátrix, valamint a Pearson-féle korrelációs együttható tesztelése volt ( $p < 0,05$ ).

### **Eredmények és következtetések**

Negatív korreláció volt megfigyelhető a sperma telepképző egységeinek száma és a teljes spermaszám között (magas csíraszám- alacsony spermaszám,  $p = 0,0226$ ) megfigyelhető. Szintén negatív korreláció volt látható a sperma telepképző egység száma és a testsúllyal arányos sperma mennyisége között (magas csíraszám alacsony a sperma mennyiség,  $p = 0,0132$ ).

Negatív korreláció a sperma MRSA táptalajon képződött telepek és a megtett egyenes útvonal hossza (DSL) között (magas a csíraszám, de alacsony a megtett egyenes útvonal hossza,  $p = 0,0481$ ). Negatív korreláció a sperma MRSA táptalajon képződött telepek és a teljes mozgási útvonalának az átlagolt mozgási útvonaltól számított eltérése (WOB) között (magas a csíraszám, de alacsony a teljes mozgási útvonalának az átlagolt mozgási útvonaltól számított eltérése,  $p=0,0268$ ).

Negatív korreláció volt megfigyelhető az ikra MRSA táptalajon képződött telepek és az ovariális folyadék ozmolalitása között (magas csíraszám-alacsony ozmolalitás,  $p = 0,0394$ ).

A bélből és az ivartermékekből sikeresen izoláltuk, majd identifikáltuk 17 baktérium nemzetség számos képviselőjét (1-2. táblázat). Az eredmények azt mutatják, hogy egy nemzetségen belül több faj is található egy egyed szervezetében. Az ikrából kétszer annyi fajt izoláltunk, mint a spermából. Ez a különbség a *Pseudomonas* nemzetségnek is betudható, mely a spermából nem volt kimutatható. A tejes és ikrás egyedek bél mikrobiomját hasonló baktériumok építik fel.

1. táblázat A tejes bélből és a spermából izolált fajok

Sperma	Tejes bél
<i>Acinetobacter johnsonii</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i>
<i>Aeromonas bestiarum</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Lactococcus chungangensis</i>
<i>Aeromonas veronii</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Lactococcus raffinolactis</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Micrococcus luteus</i>
<i>Leuconostoc citreum</i>	
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	
<i>Shewanella xiamenensis</i>	

2. táblázat Az ikrából és az ikrás bélből izolált baktérium fajok

Ikra	Ikrás bél
<i>Acinetobacter johnsonii</i>	<i>Citrobacter braakii</i>
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i>
<i>Aeromonas bestiarum</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Aeromonas veronii</i>	<i>Lactococcus chungangensis</i>
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Comamonas testosteroni</i>	<i>Lactococcus raffinolactis</i>
<i>Kosakonia cowanii</i>	<i>Liquorilactobacillus hordei</i>
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Micrococcus luteus</i>
<i>Lactococcus raffinolactis</i>	<i>Raoultella ornithinolytica</i>
<i>Liquorilactobacillus hordei</i>	<i>Streptococcus parauberis</i>
<i>Pantoea agglomerans</i>	
<i>Pseudomonas anguilliseptica</i>	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	
<i>Pseudomonas fulva</i>	
<i>Pseudomonas monteilii</i>	

<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	
<i>Pseudomonas putida</i>	
<i>Shewanella xiamenensis</i>	

Kutatásunk során számos sperma és ikra minőségi paramétert eredményesen vetettünk össze az ivartermékekből és a bélmintákból izolált és azonosított baktérium fajokkal. Igazolást nyert, hogy már a telepképző egységek száma is összefüggést mutathat különböző paraméterek megváltozott értékeivel. A vizsgálatok során továbbá megfigyeltük, hogy eltérő baktérium faj abundancia van jelen az egyedek ivartermékében és emésztőrendszerében. A minták számos patogén, fakultatív patogén és potenciálisan probiotikus hatású fajt tartalmaztak. A jövőben javasoljuk ponty ikra, sperma és bél széleskörű közösségi mikrobiológiai vizsgálatát (újgenerációs metagenom analízis). A vizsgálatok elvégzésénél továbbá javasoljuk a baktérium fajok termékenyítési és kelési aránnyal történő összevetését.

### Összefoglalás

Tudományos munkánk során a ponty szaporodásbiológiai mutatói és az egyedek szervezetében (bél, sperma, ikra) megtalálható mikrobiális közösségek hatása közti kapcsolat feltárását tűztük ki célul. Kísérleti szaporítás során vizsgáltuk a tenyészállomány ikra és spermaminőségi paramétereit. Az ivartermék minták minősítésén túlmenően klasszikus tenyésztéses és molekuláris biológiai módszerekkel az egyedek bélrendszeréből és ivartermékéből izoláltunk és identifikáltuk 17 baktérium nemzetség számos képviselőjét.

Az eredmények azt mutatják, hogy egy nemzetségen belül több faj is található egy egyed szervezetében. A bélben nagy számban fordultak elő a *Lactococcus* és a *Lactobacillus* nemzetség tagjai, míg az ivartermékekben az *Aeromonas spp.* és a *Pseudomonas spp.* fordult elő nagyobb hányadban. A baktériumok telepképző egységeinek száma összefüggésbe hozható egyes ivarsejt minőségi paraméterek negatív változásával. Számos azonosított baktériumfaj potenciálisan patogén és fakultatív patogén kockázattal, vagy probiotikus potenciállal bírhat.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium (KIM) Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatói okirat alapján valósult meg (2022-1.2.6-TÉT-IPARI-TR- 2022-00002). Munkánkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap keretében az EKÖP-24-V/MATE-6 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program 2024 (2024-2.1.1- EKÖP) támogatta, az Innovációs és Technológiai Minisztérium által kiírt Tématerületi Kiválósági Program (TKP2021), Nemzetvédelem és Nemzetbiztonság alprogram pályázata (TKP2021-NVA-22), valamint a KIM megbízásából a Nemzeti Kulturális Támogatáskezelő által meghirdetett, „Szakkollégiumok tehetséggondozó programjainak támogatása” (NTP-SZKOLL-24-0055) pályázat segítette elő. A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kutatási Kiválósági Programjának és Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

### **Irodalom**

- Bernáth, G., Csorbai, B., Nagy, B., Kaszab, E., Suhajda, Á., Farkas, M., ... & Bokor, Z. (2023). A mikrobiom kutatás szerepe az akvakultúrában. *ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS*, 64 (Különs), 164-178.
- Bojtorné Lukácsik M., Kiss G., György Á. I., Radócné Kocsis T., Timmel E., Szabó K. (2023): Jelentés a szervezet működésének 2022. évi eredményeiről. Magyar Akvakultúra és Halászati Szakmaközi Szervezet, Budapest. 23.
- Cejko B.I., Krejszeff S., Zarski D., Targonska K., Kucharczyk, D., Glogowski J. (2011): The effectiveness of selected hormonal preparations in stimulating the spermatation of the chub *Leuciscus cephalus* (L.). In: *Polish Journal of Natural Sciences*, 26 (3), 235–245. p.
- Saad A., Billard R., Thero, M. C., Hollebecq M. G. (1988): Short-term preservation of carp(*Cyprinus carpio*) semen. *Aquaculture*, 71(1-2), pp. 133-150.

## AFRIKAI HARCSA (*CLARIAS GARIEPINUS*) SZAPORÍTÁSA ALTERNATÍV HORMONKEZELÉSELLEL (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

HORVÁTH József<sup>1</sup>, TÓTH András<sup>1</sup>, VARGA Ádám<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc QUYÊN<sup>2</sup>,  
Türker BODUR<sup>3</sup>, Hüseyin SEVGİLİ<sup>4</sup>, CSORBAI Balázs<sup>5</sup>, BARTUCZ Tamás<sup>5</sup>,  
MÜLLER Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Természetesvízi Halökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

e-mail: Horvath.Jozsef.Istvan@uni-mate.hu

<sup>2</sup>Nong Lam University, Faculty of Fisheries, Block 6, Linh Trung Ward,  
Thu Duc City, Vietnam

<sup>3</sup>Akdeniz University, Department of Aquaculture

<sup>4</sup>Isparta University of Applied Sciences, Department of Aquaculture

<sup>5</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

### Kivonat

Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) esetében vizsgáltuk a frissen gyűjtött hipofiziskivonaton alapuló hormonkezelés hatását a szaporodási paraméterekre, különböző hormonvivőanyagok alkalmazásával (sperma, mint hormonvivőanyag *versus* sóoldat) és eltérő bejuttatási módokon (inszemináció *versus* intramuszkuláris kezelés). Kísérleteink alapján akár csak egy tejestől származó hipofízis és sperma keverékével végzett inszemináció alkalmas az ovuláció kiváltására és termékeny ikratételek létrehozására több ikrás esetben. Azonban ebben a csoportban ismétlésben vizsgálva a mért termékenyülési értékek statisztikailag igazolható módon elmaradt ( $p < 0,05$ ) a hagyományos Ovopel (mGnRHa + metoklopramid) intramuszkuláris kezelésű csoport eredményeitől, ahol a termékenyítés *in vitro* fertilizációs módszerrel történt.

**Kulcsszavak:** indukált szaporítás, inszemináció, hipofiziskivonat

### Abstract

The effects of hormone treatments based on freshly collected pituitary extract on reproductive parameters were investigated in African catfish (*Clarias gariepinus*), applying different hormone carriers (sperm as a hormone carrier *versus* saline solution) and different administration methods (insemination *versus* intramuscular injection). Based on our experiments, it was demonstrated that insemination using a mixture of pituitary homogenate and sperm obtained from a single male donor was sufficient to induce ovulation and produce fertilised egg batches in multiple females. However, when evaluated in repeated trials, the fertilisation rates measured in this group were found to be significantly lower ( $p < 0.05$ ) compared to the results obtained in the group treated with the conventional intramuscular administration of Ovopel (mGnRHa +

metoclopramide), where fertilisation was performed using an *in vitro* fertilisation method.

**Keywords:** artificial propagation, insemination, pituitary extract

## Bevezetés

A Clariidae fajok és hibridjeik előállítása globális szinten is jelentős, az édesvízi akvakultúra-termelés 2,5%-át teszik ki (FAO, 2022). Az afrikai harcsa a magyarországi intenzív rendszerű haltermelés legfontosabb halfaja (Kiss, 2023). Hazánk piacvezető pozíciót foglal el az Európai Unióban a Clariidae fajok és hibridjeik termelésében (Lukácsik, 2021).

A halfaj termeléstehnológiája a különböző hormonkészítményekkel végzett indukált szaporítással előállított ivadékon alapszik (Péteri és mtsai., 2015). A szerényebb infrastruktúrával rendelkező országokban a különböző szintetikus készítmények relatíve magas ára és beszerzési problémája miatt a faj szaporítása a mai napig döntő többségében a hipofizáláson alapul. Az afrikai harcsa szaporításánál a hímekből a szeminalis vezikulum jelenléte miatt a sperma csak műtéti úton nyerhető ki, ami jelentős gyakorlati kihívást jelent. Kísérletek igazolták, hogy a hűtőben tárolt sperma termékenyítőképessége megegyezik a frissen gyűjtöttével, sőt az ikrások petefészkebe katéterrel juttatott sperma 10-12 órás beérési idő alatt nem veszít termékenyítőképességéből (Okomoda és mtsai., 2023). Okomoda és mtsai., (2017) korábbi kísérleteikben leírták, hogy az acetonnal hipofizissuszpenzió-kezeléssel hasonló szaporítási hatékonyságot értek el (beérés, termékenyülési és kelési értékek), mint a frissen gyűjtött és azonnal felhasznált hipofizissal végzett kezeléssel. Ebből kiindulva célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy ugyanabból a tejesből származó hipofiziskivonat és heréből gyűjtött sperma keverékének inszeminációs módszerű alkalmazása milyen szaporodási paramétereket eredményez a hagyományos (intramuszkuláris) hormonkezeléssel és az *in vitro* fertilizációval szemben.

## Anyag és módszer

A munka során két kísérletet (előkísérlet, főkísérlet) folytattunk le. Az előkísérlet során két tejes egyedtől (155 és 169 g) származó frissen gyűjtött hipofiziseket homogenizáltuk, elegyítettük a spermával, majd katéter segítségével ezt injektáltuk két ikrás (144 és 156 g) egyed petefészkebe. A beérési időt követően a kezelt ikrásokat lefejtük, a kevert gamét adagokat víz hozzáadásával aktiváltuk, majd reprodukciós paramétereket mértünk.

A főkísérlet során 3 csoportot hoztunk létre: IVF csoport: 1 Ovopel pellet (mGnRHa + metoklopramid) /testtömeg kg intramuszkuláris hormonkezelés és *in vitro* fertilizáció (kontroll, n=7 ikrás,  $256,96 \pm 31,06$  g), ISZP csoport spermába kevert friss hipofizissal végzett inszeminációs kezelés (n=7 ikrás,  $252,3 \pm 24,31$  g), ISZI csoport: friss hipofizis-hormonsuszpenzióval történő intramuszkuláris hormonkezelés és inszemináció (n=7 ikrás,  $255,1 \pm 19,56$  g). A kontroll csoport ikrásainak programozott ovulációja előtt a termékenyítési tesztekhez használt spermát és az ISZP csoport hormonindukációjához szükséges hipofizist biztosító nagyobb

méretű tejes egyed (3535 g) elöltük, majd a spermát a here műtéti úton végzett eltávolítása során nyertük ki. A sperma minőségellenőrzését számítógépes spermavizsgáló rendszer (Computer-Assisted Sperm Analysis, CASA) segítségével végeztük, és a kísérletben a termékenyítési tesztekhez kizárólag az ettől a tejestől származó spermamintát alkalmaztuk. Az IVF csoport ikrásainak fejését követően a fejt ikratételekből anyahalanként 3 Petri-csészébe 0,1 ml térfogatú ikrát helyeztünk, amelyeket 1 csepp (kb. 2  $\mu$ l) spermával termékenyítettünk. Ezt követően az ISZI csoport hormonkezeléséhez használt kisebb méretű tejeseket (n=4, min.-max.: 519-660g) szintén elöltük, majd ezt követően gyűjtöttük a hátizomba történő hormonkezeléshez szükséges hipofíziseket. Az egy nagyobb méretű hímtől származó hipofízis homogenizálását és spermával történő elegyítését követően az ISZP csoport egyedét 1 ml sperma/testtömeg kg inszemináltuk. Az ISZI csoport ikrásait a kisebb méretű tejesektől nyert hipofízisekből készített szuszpenzióval intramuszkulárisan hormonkezeltek, és 1 ml sperma/testtömeg kg inszemináltuk. A beérési időket követően a halakat lefejtük (kevert gamétaadagok). Hasonlóan a kontroll csoporthoz, a kevert gamétaadagokból anyahalanként 3 normál méretű Petri-csészébe 0,1 ml térfogatú ivarterméket helyeztünk, majd víz hozzáadásával termékenyítettünk. A kísérlet során minden csoport esetében meghatároztuk a pseudo-gonado-szomatikus indexet (PGSI), valamint a 12. órában vizsgált termékenyülési értékeket az alábbi képletek segítségével:

- PGSI (%):  $[\text{fejt ikratételek tömege (g)} / \text{ikrás testtömege (g)}] \times 100$
- termékenyülési arány (%):  $(\text{termékenyült ikraszemek száma} / \text{összes ikraszem}) \times 100$



1. ábra. Balra fent: A hipofízis anatómiai elhelyezkedése, jobbra fent: frissen gyűjtött agyalapi mirigyek dörzsmoszársában, balra lent: frissen gyűjtött hipofízishomogenizátum elegyítése spermával, jobbra lent: katéter segítségével végzett inszemináció petefészekbe.

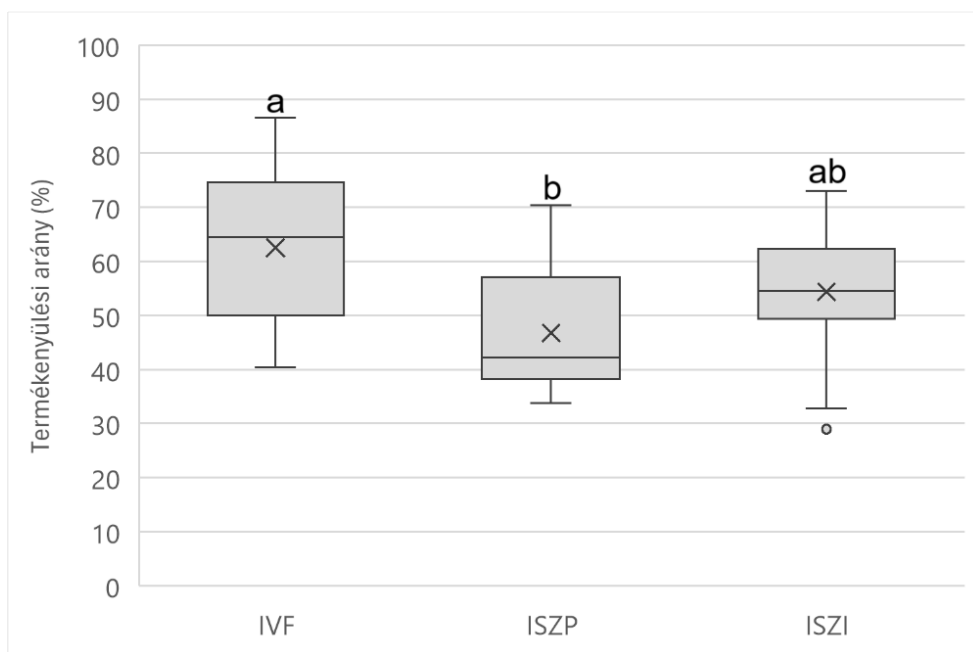
### Eredmények és következtetések

Az előkísérlet során a spermába kevert friss hipofízishomogenizátum a petefészekből felszívódva mindkét kezelt hal esetében sikeresen indukálta az ovulációt, a spermiumok 12 órás petefészekbeli tárolást (inkubációs hőmérséklet: 27 °C) követően is termékenyítőképesek maradtak. A termékenyülést mindkét ikrástól származó ikratételek esetében 60-70%-ra becsültük.

A főkísérlet során a kontroll (IVF) csoport esetében 11 óra, az ISZP csoport esetében 12,5 óra, míg az ISZI csoport esetében 13 óra volt az átlagos beérési idő 27 °C-os vízhőmérséklet mellett. A kontroll csoport esetében 1 kezelt ikrás jelentős mértékben túlélte a beérési idő alatt, az ISZP csoport esetében a 7 kezelt hal közül 3 esetben figyeltünk meg ovulációt, ezek közül 2 egyed parciális ovulációt mutatott. Ennek a feltehető oka az ovulációhoz szükséges hormonküszöb részleges elérése volt (relatív alacsony LH tartalom a felhasznált hipofízisben) Az ISZI csoport esetében minden egyes kezelt egyedet sikeresen tudtunk fejni, a fejt ikratételek termékenyültek. Az ehhez a csoporthoz felhasznált több egyedtől származó hipofízisekből készített szuszpenzió hormontartalma minden hal esetében elegendőnek bizonyult az oociták végső érésének indukálásához. A kísérleti csoportok PGSI értékei (IVF: 12,91 ± 2,38%, ISZI: 13,12 ± 2,67%) között nem volt statisztikailag igazolható különbség ( $p > 0,05$ , kétmintás t-próba), az ISZP csoport az alacsony elemszám ( $n=3$ ) miatt

kizárásra került a testtömeg és a fejt ikratétel összefüggéseinek a vizsgálatából. A kontroll csoport termékenyülési értékei szignifikánsan magasabbak voltak, mint az ISZP csoportból származó mintáké ( $p < 0,05$ , ANOVA). A kontroll csoport és az ISZI csoport, valamint az ISZI és ISZP csoportok termékenyülési arányai között nem mutatkozott különbség ( $p > 0,05$ , ANOVA). A kísérleti csoportok termékenyülési értékeit a 2. ábra mutatja.

A munka során a frissen gyűjtött hipofiziskivonat hormonkezelés indukálta az oociták végső érését, a termékenyülési tesztekben az ikratételek termékenyültek. Kísérletünk rávilágított arra, hogy a donorként alkalmazott tejes egyed aktuális szaporodásbiológiai állapota – feltehetően a hipofízisben található LH mennyisége – alapvetően meghatározza az általunk kidolgozott módszertan sikerességét.



2. ábra. Az egyes csoportok összesített termékenyülési értékei. (IVF: kontroll, *in vitro* fertilizáció, ISZP: spermába kevert friss hipofizishomogenizátummal inszeminált csoport, ISZI: friss hipofízis-hormonszuszpenzióval intramuszkulárisan hormonkezelt és inszemináció csoport).

## Összefoglalás

Munkánk során összehasonlítottuk a friss hipofizissel végzett hormonkezelés különböző bejuttatási módokon végtehajtott bejuttatásának és az inszeminációs módszer együttes alkalmazásának a kezelt ikrások ovulációjára és a nyert ikratételek termékenyülőképességére gyakorolt hatásait egy, a hagyományos keltetőházi gyakorlatban is alkalmazott szintetikus készítmény, az Ovopel (mGnRH $\alpha$  + metoklopramid) hormonális indukcióval szemben. A friss hipofízis és sperma keverékének alkalmazása több ikrás egyed inszeminációja során több esetben sikeresen indukálta az ovulációt a kezelt egyedeknél. Eredményeink alapján a termékenyülési

értékekben nem volt szignifikáns különbség az intramuszkulárisan Ovopellel, majd *in vitro* fertilizációval kezelt kontroll és a szintén hátizomba injektált friss hipofízis szuszpenzióval és inszeminációval kezelt csoport között ( $p > 0,05$ ). A spermába kevert hipofízissel kezelt csoport termékenyülési arányai szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint a kontroll csoport esetében tapasztaltak ( $p < 0,05$ ).

### Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a következő pályázatok támogatták: NKFI\_K – 135824 és NKFI-1 Advanced – 150916), 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015). A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú (EKÖP-24-IV/MATE-60, EKÖP-24-IV/MATE-57, EKÖP-24-III/MATE-20) Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

### Irodalom

- FAO **2022**. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. FAO, Rome.
- Hogendoorn, H.; Vismans, M. M. **1980**. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.): II. Artificial reproduction. *Aquaculture* 21(1), 39-53.
- Kiss, G. **2023**. Statisztikai jelentések – Lehalászás jelentés. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Budapest.
- Lukácsik, B. M.; Kiss, G.; György, Á. I.; Lengyel, P.; Csörgits, G. **2021**. Magyarország tógazdasági és intenzív üzemi haltermelése 2020-ban. *Halászat* 114, 87–96.
- Okomoda, V. T.; Amighty, R. O.; Bem, T. M.; Amaantimin, J.; Nurizzati, I.; Koh, I. C. C.; Abol-Munafi, A. B.; Ikhwanuddin, M. **2023**. Ovarian lavage method as an alternative route for hormonal administration and short-term sperm storage in *Clarias gariepinus*. *Theriogenology* 198, 203-209.
- Okomoda, V. T.; Tiamiyu, L. O.; Kwaghger, D. **2017**. Spawning performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) induced with ethanol preserved and fresh catfish pituitary extract. *Zygote*, 25(3), 376-382.
- Péteri, A.; Mouth-Poulsen, T.; Kovács, É.; Tóth, I.; Woynarovich, A. **2015**. African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones, FAO, Budapest.
- Viveiros, A. T. M.; Fessehaye, Y.; Ter Veld, M.; Schulz, R. W.; Komen, J. **2002**. Hand-stripping of semen and semen quality after maturational hormone treatments, in African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 213(1-4), 373-386.

## KÉT AKVAKULTÚRÁBAN JELENTŐS FÉSZKELŐ FAJ ÍVÁSI VISELKEDÉSÉNEK ÉRTÉKELÉSE MESTERSÉGES KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

VASS Norbert<sup>1</sup>, FAZEKAS Georgina<sup>1</sup>, NAGY Zoltán<sup>1</sup>, STANIVUK Jelena<sup>1</sup>,  
GÉCZI Aliz<sup>1</sup>, LJUBOBRATOVIĆ Uroš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Halászati Kutató Központ, 5540 Szarvas Anna-liget utca 35,  
e-mail: vass.norbert@uni-mate.hu

### Kivonat

A pisztrángsügér (*Micropterus salmoides*) Európában leginkább sporthorgászati célból jelentős. Alacsony zsírtartalmú, kiváló minőségű húsa azonban egyre keresettebb teszi az egészségtudatos fogyasztók körében. Ugyanakkor a fogyasztók minőségbeli elvárásainak emelkedésével a ponty keresete csökken. Kínában az éves termelés már közelíti az egymillió tonnát. A termelés többsége azonban szezonális, fészken ívatos módszereken alapul, mely csekély irányíthatósággal és biológiai változatossággal járhat. A magas szintű termelés ellenére nincs publikálva jól kidolgozott indukált szaporítási eljárás, valamint a faj pontos ívási viselkedése sem leírt. A süllő (*Sander lucioperca*) Európában már jól ismert faj. Indukált szaporítása ma már jól kidolgozott protokollokon alapul. Ez a protokoll azonban igen munkaerőigényes, és az anyahalak akár naponta többszöri kézbevitelével jár, mely stressznek hatása az utódokban is megmutatkozhat, és az anyahalak későbbi elhullásával is járhat. Az előzőek tükrében, célunk egy olyan szaporítási módszer kialakítása, amely során kamerán keresztül megfigyeléssel észlelni tudjuk az ívás indikátorait és egy állatkímélőbb, kevesebb stresszel járó protokollt állítunk föl mindkét faj esetében. 2025. januárjában indítottunk kísérletet a süllő ívási etológiai megfigyelésére. Ez alkalommal 6 pár anyát ívattunk műfészkekre, melyeket kamerákkal figyeltünk meg, eredményül megkaptuk az ívás indikátorait. Az ikrával teli fészkeket egyesével hengerkúpos ballonokba helyeztük inkubálódni, majd a kikelt lárvákat megszámloltuk. 2025 áprilisában kísérletet végeztünk a pisztrángsügér ívási viselkedésére vonatkozóan, amikor 6 pár pisztrángsügér anya ívási viselkedését figyeltük meg. Három kádban három kísérleti beállítást alkalmaztunk. A kísérlet alkalmával a háromból két beállítás összesen három ívást eredményezett. Beállításaink közül a félrekesztőkkel ellátott kád bizonyult a legeredményesebbnek, ahol az ikrások takarásba tudtak úszni a tejesek elől. A petesejt minták elemzése és a videófelvételek alapján a pontos ívási viselkedés kiértékelése még folyamatban van a két faj esetében.

**Kulcsszavak:** fészkek, ívási viselkedés, ovuláció, ívás

### Abstract

The largemouth bass (*Micropterus salmoides*) is primarily significant in Europe for recreational fishing. However, its low fat content and high-quality flesh have made it

increasingly popular among health-conscious consumers. At the same time, rising expectations regarding product quality have led to a decline in demand for common carp (*Cyprinus carpio*). On the other hand, China's annual production of largemouth bass for human consumption is approaching one million tons. However, most of the production is seasonal and based on nest spawning, which may involve limited controllability and low biological diversity. Despite the high production volume, no well-developed artificial reproduction protocol has been published to date, and the precise spawning behavior of the species remains undescribed. The pikeperch (*Sander lucioperca*) is already a well-known species in Europe, and its induced reproduction is based on well-established protocols. However, these protocols are labor-intensive and often require multiple handlings of the broodstock females each day, which can cause stress that may negatively affect the offspring and lead to increased mortality of the broodstock. In light of these challenges, our goal was to develop a spawning method in which ovulation indicators can be detected through video monitoring, enabling the establishment of a less stressful and more welfare-friendly protocol for both species. In January 2025, we initiated an experiment to observe the spawning behavior of pikeperch. During this trial, six breeding pairs were spawned on artificial nests monitored by cameras. As a result, we successfully identified spawning indicators. The nests containing fertilized eggs were placed individually into conical incubators for incubation, and the hatched larvae were subsequently counted. In April 2025, we conducted an experiment on the spawning behavior of largemouth bass, observing six spawning pairs. Three tanks were used, each with a different experimental setup and each stocked with two pairs. Two of the three setups resulted in a total of three successful spawnings. Among our setups, the tub equipped with half partitions proved to be the most effective, as it allowed the females to swim into hiding from the males. Based on the analysis of the egg samples and the video recordings, the precise evaluation of spawning behavior is still in progress for both species."

## Bevezetés

Az Észak-Amerikából származó, Európában elsősorban sporthorgászati jelentőségű pisztrángsügér (*Micropterus salmoides*) betelepítése után egyes helyeken sikeresen alkalmazkodott az új környezeti feltételekhez. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztályának sügéralakúak (Perciformes) rendjébe, azon belül a dízsügérfélék (Centrarchidae) családjába tartozik. Ragadozóként változatos táplálékon él: gerinctelenek, ebihalak, békák és kisebb halak mellett a vízbe hullott szárazföldi állatokat is elfogyasztja, kannibalizmus is előfordulhat (Drake, 2009; Lorenzoni, 2002). Alacsony zsírtartalmú, ízletes, magas omega-3 zsírtartalmú húsa miatt igen keresett az egészségtudatos piacokon (Parmar és mtsai. 2022). Az emelkedő fogyasztói igények miatt a ponty keresete visszaesően van (Hu és mtsai. 2023). A pisztrángsügér fenntartható alternatívát jelenthet, mivel tápláló, ízletes húsa alkalmas a piac igényeinek kielégítésére. A 2020-as FAO adatok alapján a világ pisztrángsügér termelése elérte a 700 ezer tonnát, amelyből Ázsia a legnagyobb termelő (Hussein és mtsai. 2020). A 2023-as kínai halászati statisztikai évkönyv szerint 2022-ben a pisztrángsügér éves hozama Kínában meghaladta a 800 ezer tonnát (Liu és mtsai. 2022). Bizonyítottan ellenálló faj, amely elfogadható tápanyagigénnyel és növekedési ütemmel rendelkezik.

Ezért alkalmas intenzív tavakba történő telepítésre, illetve különböző tókapcsolt kombinált termelési rendszerekben történő tenyésztésre (Gui és mtsai. 2018). Emellett a faj genetikai fejlesztése számos tanulmány tárgyát képezte, és jelenleg kifejezetten akvakultúra-célokra tenyésztett vonalak is rendelkezésre állnak (Yu és mtsai. 2024). Egy ilyen fejlett iparágban a nagyszámú ivadék előállítása rendkívül fontos feladat, különös tekintettel a faj viszonylag kis fogyasztási méretére. Ennek ellenére a termelés túlnyomó többsége szezonális fészken ívásos módszeren alapul, amely kis hatékonysággal, irányíthatósággal és biológiai biztonsággal jellemezhető technológia (Hussein és mtsai. 2020). Ezért a mesterséges szaporítási módszerek kifejlesztése kulcsfontosságú feladat a tenyésztési eljárások további finomításához. Tekintettel arra, hogy Magyarország éghajlati viszonyai és rendelkezésre álló infrastruktúrája hasonlít a Kínában tapasztaltakhoz, ahol a pisztrángsügéret széles körben tenyésztik, valószínű, hogy a magyar gazdálkodók jövőbeni irányzatai is egyre inkább erre a fajra összpontosíthatnak.

A fogassüllőt (*Sander lucioperca*) Európában már széles körben ismerik és tenyésztik kiváló minőségű húsa miatt. A folyamatban lévő kutatások lehetővé tették számos hazai telepen, hogy a fészkes ívatásos technológiát mesterséges szaporítás és *in vitro* termékenyítésű módszere váltsák. A süllő azonban közismerten stresszérzékeny faj, amely meglehetősen érzékenyen reagál a kezelésekre, kézbevételekre (Pourhosein-Sarameh és Falahatkar, 2024). A faj esetében ugyan már rendelkezésre áll jól kidolgozott protokoll a mesterséges szaporítást illetően, ez azonban gyakran az anyahalak egy részének későbbi elpusztulásával járhat (Rónyai, 2007, Policar és mtsai. 2019). A fejlesztések ellenére a legtöbb magyarországi keltető számára túl nagy a szaporítás munkaerőigénye, ezzel párhuzamosan azonban a mesterséges intelligencia egyre nagyobb teret nyer az akvakultúra különböző területein, és már több termelési folyamatban, például az etetés irányításában és az egészségügyi állapot megfigyelésében is sikerrel alkalmazzák (Mandal és Ghosh, 2024). Az állatjólét kérdése is egyre nagyobb hangsúlyt kap, különösen a viselkedésen alapuló indikátorok tekintetében, amelyek az utóbbi időben fokozottan a figyelem középpontjába kerültek (Barreto és mtsai. 2022). Az új protokoll eredményeként nem csak az anyaállomány nagyobb túlélési arányáról beszélhetünk, de hatással lehet az ikra, majd a lárvák minőségére is. A korábbi kutatások szerint a szülőket érintő problémák molekuláris szinten is hatással lehetnek az utódokra, és befolyásolhatják azok későbbi teljesítményét. Ez különösen jellemző a szülőket érő stresszhatások esetén (Rasal és mtsai. 2024).

Munkánk célja a süllő és a pisztrángsügér pontos ívási viselkedésének és az ívási indikátorok leírása. Későbbi kutatásainkban az etológiai mutatók alkalmazásával szeretnénk új mesterséges szaporítási módszereket felállítani.

## **Anyag és módszer**

### **Az ovulációs viselkedési mutató meghatározása süllő estében**

A kísérletet a MATE Halászati Kutató Központ harmadik generációs háziastított süllőivel végeztük az ívási szezon előtt, januárban. A tó a tóban rendszerből a karantén rendszerbe szállítást követően minden egyedet 5 µg/ttkg sGnRHa hormonálisan indukáltuk, majd párosával helyeztük el őket kettő, hálóval három egyenlő részre

osztott műfészkekkel ellátott kádba (Rónyai, 2007). A fészkek mérete 50x50 cm-es, anyaga négyzet alakú fémkerethez rögzített műfü szőnyeg. Minden ivató egységet vízfelszín alatti világítással láttunk el és följük kamerákat helyeztünk.

A kísérletet 2025. január 28-án indítottuk. A tóban a víz hőmérséklete 5,1 °C volt a beszállításkor. A halakat élőhalszállító tartályban szállítottuk be, melyben a víz hőmérséklete 5,5 °C, a karantén rendszerben 5,7 °C volt. Oltás előtt minden egyed 0.4 ml/l sűrűségű fenoxietanol oldatában altattunk. A hormonális indukációkor a tút a hátizomba lépcsőzetesen szűrtük be. Az ikrások tömege 1,75 és 2,50 kg, a tejeseké 1,30 és 2,50 kg között volt. A fotoperiódust az első 8 nap során 12 óra sötét- 12 óra világosra programoztuk. A hőmérsékletet naponta 1 fokkal emeltük 10 °C-ig.

Az oociták érési stádiumának értékelésére az első napon petesejt mintát vettünk az ikrásokból katéterrel, a petesejtek tisztítására Serra oldatot (96% alkohol, 35% formalin és jégcet, 6:3:1 arányban) használtunk. Minden hal esetében I. stádiumot figyeltünk meg (Zarski és mtsai., 2012). A következő mintázást az oltást követő 6. és 7. napon végeztük, alkalmanként 30-40 db petesejtet nyertünk ki a halakból. A 7. napi mintázáskor 4 halat találtunk VI. stádiumban. A 6. napon a hőmérsékletet 11 °C, a 7. napon 12 °C-re emeltük, valamint a VI. stádium észlelése után a világítást 24:0 fényt- sötét arányra állítottuk, a kamerák jobb képminősége és ezáltal a megfigyelés pontossága céljából. Ívársra az oltást követő 8. és 9. napon került sor. A viselkedés alapján meghatároztuk az ikrarakás és a termékenyítés pontos etológiai mutatóit. Az ívás befejezését követően az ikrásokat eltávolítottuk az ivató egységekből, a tejes fészkek őrző agresszív viselkedése miatt. A fészkeket egyesével 1-1 hengerkúpos lárvatartó ballonba helyeztük lógotva. Kelés után megszámoltuk mennyi lárva kelt a fészkekből.

### **Ívási viselkedés leírása pisztrángsügér esetében**

A kísérlethez a MATE Halászati Kutató Központ ivarérett, tóban nevelt pisztrángsügér anyáit használtuk fel. A kísérlet kezdetére 2025.04.17-én került sor, ekkor 6 ikrás és 6 tejes egyed 1 szállítottunk be, a tó hőmérséklete 14,7 °C, a karantén rendszer vize 16 °C volt. A hőmérséklet kiegyenlítést egy külön kádban végeztük. Altatás után az ikrásokból petesejt mintát vettünk hisztológiai vizsgálatokhoz és az érettségi stádiumok értékelésére, majd a párokat elosztottuk a kádakban. Minden kádba 2-2 ívópárt helyeztünk, melyeket nemenként 1-től 6-ig számokkal láttunk el. A három kádban három kísérleti beállítást alkalmaztunk, melyek a következők; Egyes, ketté osztott kád: a kád közepén rekesztő hálóval elválasztva, két oldalon 1-1 fészkek, 1-1 pár anya. Kettes, fészkekamrás kád: a kád 1/3 és 2/3 részén egy-egy félrekesztő, a kád két végében 1-1 fészkek a félrekesztők takarásában, 2 pár anya, melyek szabadon közlekedhetnek az egész kádban, ezért 1 tejest és 1 ikrást jelölőcérnával láttunk el. Ezesetben az ikrások a félrekesztők takarásában a tejesek látóteréből kiestek. Hármass, rekesztő nélküli kád: a kád két végében 1-1 fészkek, 2 pár anya, melyek szabadon közlekedhetnek az egész kádban, ezért 1 tejest és 1 ikrást jelölőcérnával láttunk el. A világítás és a kamerarendszer megegyezett a süllők esetében használtakkal. A hőmérsékleti kezelés a következőképpen alakult: behozatal napján és a következő nap 16 °C-ot tartottunk, majd naponta 1°C-ot emeltünk. A párok oltását 04.21-én végeztük, ekkor a víz hőmérséklete elérte a 21 °C-ot. Oltásra hCG hormonkészítményt használtunk, melyet a

hasúszó tövénél a hasüregbe injektáltunk. Ismét vettünk petesejtmintát hisztológiai elemzésre és érési stádium vizsgálatra. Az ivási viselkedés megfigyelését az oltást követő 72 órában figyeltük meg és rögzítettük. 72 óra leteltével ismét elvégeztük a petesejtminták begyűjtését. A fészkekre rakott ikrákat leráztuk és Zuger-üvegekben inkubáltuk. Fészkenként 100-100 ikraszemet kelési arány vizsgálatra elkülönítettünk.

## Eredmények és következtetések

### Pisztrángsügér ivási viselkedés

Az első kísérlet alkalmával a Kettes, fészekkamrás kádban és a Hármas, rekesztő nélküli kádban tapasztaltunk ivást. Az első ivás a Kettes kádban zajlott, oltás után 45 órával kezdődött és több órán keresztül húzódott. Az ivás a 4-es fészken, a 4-es tejes és a 3-as ikrás között történt. A második ivás a Hármas kádban, az 5-ös fészken az 5-ös tejessel és 6-os ikrással, oltás után 46 órával kezdődött. A harmadik ivás oltás után 56 órával szintén a 4-es fészken a 4-es tejessel, de a 4-es ikrással történt. Oltás után 72 órával zártuk a kísérletet. A tejesek a kísérlet kezdetekor és zárásakor fejhető spermát produkáltak. Az ikrával rakott fészkeket leráztuk, majd térfogatmérés után külön-külön Zuger-üvegekbe helyeztük. A 4-es fészkekről 285 ml ikrát kaptunk, ami 80655 ikraszemet jelentett. Az 5-ös fészkekről 155 ml ikrát ráztunk le, a 38181 ikraszemet jelentett. A kelési arány mindkét fészke esetében 100-100 % volt.

A petesejtminták és a videofelvételek kiértékelése később fog megtörténni.

### Eredmények a süllő esetében

A süllő ivási kísérlet alkalmával mind a hat pár esetében tapasztaltunk ivást az oltás utáni 8. és 9. napon. A műfészkek ballonba helyezése után, amikor a kelés befejeződött térfogatarányosan megszámoltuk a kikelt lárvákat. Az eredmények az alábbi táblázatban szerepelnek (1. táblázat).

1. táblázat Az egyes fészkekről kikelt lárvák száma, valamint a hozzájuk tartozó ikrások tömege

fészkek száma	lárva db	ikrás tömege kg
1	28899	1,75
2	16500	2,5
3	26949	2
4	19650	2,45
5	18333	2,25
6	15200	2,5

Az ivási viselkedés részletes kiértékelése a videofelvételek alapján még nem valósult meg.

## Összefoglalás

Jelen munkánkban két fészken ívó halfaj ívási viselkedését figyeltük meg és rögzítettük videókamerák segítségével. A felvételek részletes kiértékelése még folyamatban van, azonban azt már látjuk, hogy a süllő esetében hat ismétlésben megkaptuk az ívás indikátorait. Pisztrángsügér esetében három kísérleti beállítás közül kettőben történt ívás, így a későbbiekben tovább tudjuk finomítani a kísérleti beállításokat. Feltételezéseink szerint a tejesek agresszív territoriális viselkedése gátolja az ívást, amennyiben az ikrás nem tud elég távol kerülni tőlük, ezért eredményezhetett több ívást a félrekesztőkkel ellátott kád, ahol a tejesek látóteréből az ikrások ki tudtak úszni. A továbbiakban az ívási viselkedésre alapozva új szaporítási protokollt tudunk felállítani, melyben akár a mesterséges intelligencia alapú felismerési és figyelmeztetési rendszerek is segítségünkre lehetnek.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok és Kiváló Kutatói Programok támogatásával készült.

## Irodalom

- Barreto M. O.; Rey Planellas S.; Yang Y.; Phillips C.; Descovich K. **2022**. Emerging indicators of fish welfare in aquaculture. *Rev. in Aquacult.* 14(1), 343-361.
- Drake A. **2009**. *Micropterus salmoides* (Largemouth Bass). CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendum.74846>
- Gui J.F.; Tang Q.; Li Z.; Liu J.; De Silva S.S. eds., **2018**. *Aquaculture in China: success stories and modern trends*. John Wiley & Sons.
- Hu C. H.; Bie H. Q.; Lu Z. Y.; Ding Y.; Guan H. H.; Geng L. H., & Shen, Z. G. **2023** Out-of-season spawning of largemouth bass in a controllable recirculating system. *Front. in Physiol.* 14, 656.
- Hussein G. H. G.; Chen M.; Qi P. P.; Cui Q. K.; Yu Y.; Hu W. H.; & Shen, Z. G. **(2020)**. Aquaculture industry development, annual price analysis and out-of-season spawning in largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*, 519, 734901.
- Liu X. Z.; Cui L. F.; Li S. M.; Han X.; Jiang K. Y.; Yuan X. C.; Yu X. J.; Wang, D.; Wu F. X.; Song D. D. **2022**. "China fishery statistical yearbook." National Bureau of Statistics of China: Beijing, China 2022: 22.
- Lorenzoni M.; DoÈrr A. M.; Erra R.; Giovinazzo G.; Mearelli M.; Selvi S. **2002**. Growth and reproduction of largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lacépède, 1802) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Fish. Res.* 56(1), 89-95.
- Mandal A. és Ghosh, A. R. **2024**. Role of artificial intelligence (AI) in fish growth and health status monitoring: A review on sustainable aquaculture. *Aquacult. Int.* 32(3), 2791-2820.
- Parmar T. P.; Kindinger A. L.; Mathieu-Resuge M.; Twining C. W.; Shipley J. R.; Kainz M. J.; Martin-Creuzburg D. **2022**. Fatty acid composition differs between emergent aquatic and terrestrial insects—A detailed single system approach. *Front. in Ecol. Evol.* 10, 952292.

- Policar T.; Malinovskyi O.; Kristan J.; Stejskal V.; Samarin A. M. **2019**. Post-spawning bath treatments to reduce morbidity and mortality of pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) broodstock. *Aquacult. Int.* 27, 1065-1078.
- Pourhosein-Sarameh S. and Falahatkar B. **2024**. Pikeperch (*Sander lucioperca*) adaptive or maladaptive reactions to environmental stressors? a review. *Aquacult. Int.* 1-35.
- Rasal K. D.; Asgolkar P.; Shinde S.; Dey D.; Sundaray J. K. **2024**. Role of Epigenetics in Fisheries and Aquaculture. In *Current Trends in Fish. Biotechnol.* (pp. 27-44). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Rónyai A. **2007**. Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquacult. Res.* 38(11), 1144-1151.
- Yu P.; Chen H.; Liu M.; Zhong H.; Wang X.; Wu Y.; & Liu, S. **2024**. Current status and application of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) germplasm resources. *Reprod. Breeding*, 4(2), 73-82.
- Žarski D.; Horváth Á.; Bernáth G.; Krejszeff S.; Radóczy J.; Palińska-Žarska K.; Urbányi B. **2017**. Collection of gametes. *Controlled Reproduction of Wild Eurasian Perch: A hatchery manual*, 41-51. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-49376-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49376-3_6)



## **Társadalom**



## **HALFAJOK ISMERTSÉGÉNEK ÉS KEDVELTSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA 2014 ÉS 2021 KÖZÖTT**

**LÁMFALUSY Tamás<sup>1,2\*</sup>, KASZA Gyula<sup>2</sup>, SZAKOS Dávid<sup>2</sup>,  
ÓZSVÁRI László<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> *Állatorvostudományi Egyetem Törvényszéki Állatorvostani és  
Gazdaságtudományi Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2.,  
e-mail: lamfalusy.tamas@univet.hu*

<sup>2</sup> *Állatorvostudományi Egyetem Alkalmazott Élelmiszertudományi Tanszék,  
Élelmiszerlánc-tudományi Intézet, 1078 Budapest, István utca 2.*

<sup>3</sup> *Fertőző Állatbetegségek, Antimikrobiális Rezisztencia,  
Állatorvosi Közegészségügy és Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti Laboratóriuma,  
Állatorvostudományi Egyetem, Budapest*

### **Kivonat**

Kutatásunk célja a hazai halfogyasztók halfajismeretének felmérése, valamint az egyes halfajok kedveltségének 2014 és 2021 közötti változásának vizsgálata volt. Kutatásunk két Magyarország lakosságára reprezentatív felmérésen alapul. Az első személyes megkérdezés 2014 szeptemberében és októberében, míg a második 2021 májusa és júniusa között zajlott, különböző magyarországi településeken. Eredményeink alapján a legismertebb halfajok ismertsége alapvetően stabil maradt, miközben a kevésbé ismert fajok közül több jelentős növekedést mutatott. A halfajok élőhelyének besorolásával kapcsolatos tájékozottság vegyes képet mutat: a tengeri fajok esetében nőtt a pontosság, míg az édesvízi fajoknál csökkenő helyes besorolási arány figyelhető meg. A kedveltségi rangsorban a tradicionálisan népszerű fajok továbbra is meghatározóak, azonban néhány korábban kevésbé kedvelt faj, különösen a harcsa és a tőkehal, jelentős előrelépést ért el a fogyasztói preferenciákban.

**Kulcsszavak:** halfogyasztás, édesvízi akvakultúra, tengeri akvakultúra, fogyasztói felmérés

### **Abstract**

The aim of our study was to assess domestic fish consumers' species recognition and to examine changes in the popularity of individual fish species between 2014 and 2021. The investigation was based on two surveys representative of the Hungarian population. The first data collection was conducted via face-to-face interviews in September–October 2014, and the second in May–June 2021, across various municipalities throughout Hungary. Our findings indicate that awareness of the most well-known fish species remained largely stable, whereas several previously less familiar species showed notable increases in recognition. Consumers' understanding of habitat classifications (freshwater vs. marine) presents a mixed picture: while identification accuracy improved for marine species, a decline was observed for freshwater species. In terms of consumer preference, traditionally popular species continued to dominate,

though some previously less favoured fish – particularly catfish and cod – made significant gains in popularity.

**Keywords:** fish consumption, freshwater aquaculture, saltwater aquaculture, consumer survey

## **Bevezetés**

A túlhalászat és a vele járó természeti erőforrás-kimerülés következtében a fenntartható akvakultúra fejlesztése egyre inkább előtérbe kerül mind itthon, mind nemzetközileg (FAO, 2024; Popp és mtsai., 2018; Popp és mtsai., 2019; Urbányi és mtsai., 2022; Urbányi és mtsai., 2023; Váradai és mtsai., 2012). Ezekkel a folyamatokkal párhuzamosan megjelent a fogyasztók részéről fenntartható halfogyasztás iránti igény és a fogyasztók önmaguk is tudatosabban választják meg az általuk vásárolt akvakultúra termékeket (Lu és mtsai., 2024; Risius és mtsai., 2017; Tunca és mtsai., 2024).

A lakosság tájékozottsága nem csupán arról árulkodik, mely halfajokat részesítik előnyben, hanem arról is, mennyire ismerik az egyes fajok élőhelyét (édesvíz vagy tenger), élőhelyük veszélyeztetettségét és a fogyasztás környezeti hatásait. A fogyasztói attitűdök és ismeretek alakulása így közvetlenül befolyásolhatja a fenntarthatósági stratégiák sikerét.

Bár több korábbi fogyasztói kutatás vizsgálta a halfogyasztási preferenciákat, kevesebb figyelem irányult a fajspecifikus ismertség és kedveltség alakulására, valamint arra, hogy a fogyasztók felismerik-e, mely halfajok édesvíziek vagy tengeri eredetűek (Lámfalusy és mtsai., 2025; Temesi, 2016; Temesi és mtsai., 2017; Temesi és mtsai. 2020; Töröcsik, 2014). Különösen hiányzik a hosszabb időtávú, ismételt felmérésekre épülő elemzés, amely ismertség és kedveltség változását vizsgálná.

Jelen vizsgálat célja annak feltárása, hogyan változott a magyar fogyasztók körében tizennégy népszerű halfaj ismertsége és kedveltsége 2014 és 2021 között, 1–5-ös Likert-skála alkalmazásával. Emellett kvantitatív módon mérjük az élőhely-ismeretet is: a válaszadók tudatosságát abban, hogy az adott halfaj édesvízi vagy tengeri származású.

## **Anyag és módszer**

A kutatás alapjául szolgáló két országos adatfelvétel Magyarországon zajlott: az első 2014 szeptemberében és októberében, a második pedig 2021 május–júniusában. A kérdőíves vizsgálat során kvótás mintavételt alkalmaztunk, amelynek paraméterei – életkor, nem és lakóhely (NUTS-2 régiók) – alapján biztosítottuk a minta reprezentativitását. Ezeket az adatokat az adott időszak legfrissebb népszámlálási adataival vetettük össze. Az adatgyűjtés személyesen, kérdezőbiztosok által történt, különböző magyarországi településeken, köztük Budapesten, Dombóváron, Füzesabonyban, Győrben, Kecskeméten, Sárbogárdon, Székesfehérváron és Szolnokon. A 2014-es adatfelvétel során összesen 1026, míg a 2021-es felmérés alkalmával 1001, 18 évnél idősebb válaszadó véleményét gyűjtöttük össze és elemeztük. A kérdőív nyílt és zárt kérdéseket egyaránt tartalmazott. A zárt kérdések értékelése 5 fokozatú Likert-skálán történt (Lakner és mtsai., 2007; Preedy és Watson,

2010). Az adatok statisztikai elemzése az IBM SPSS Statistics 25.0 és 30.0 verziójával történt.

## Eredmények és következtetések

### A halfajismeret változása

A 2021-es felmérésben a legmagasabb ismertséggel a ponty (97,3%), tonhal (87,5%), hekk (86,7%) és lazac (81,7%) rendelkezett, amelyek az előző, 2014-es eredményekhez képest mindössze minimális mértékben változtak. Ezzel szemben jelentős elmozdulásokat láthatunk a középső és alsó mezőnyben: a makréla 47,6%-ról 60,3%-ra emelkedett (+12,7 %), míg a fogassüllő is (+5,1 %) átlépte a 60%-os küszöböt, az afrikai harcsa pedig 62,2%-ról 65,9%-ra nőtt (+3,7%), megőrizve korábbi magas ismertségét. A harcsa ismertsége nagyon nagy mértékben, 45,7%-ról 86,2 %-ra nőtt (+40,6%), ez feltehetően annak köszönhető, hogy míg a 2014-es felmérésben szürkeharcsa szerepelt, addig a 2021-es felmérésben harcsa, ezáltal a kitöltők nem csak a szürkeharcsát, hanem az általuk ismert összes ismert harcsafajt figyelembe vették a kérdés megválaszolása során. Ezzel párhuzamosan a szardínia ismertsége 78,8%-ról 73,8%-ra csökkent (-5,0%), a hekké pedig 89,2 %-ról 86,7%-ra (-2,6%), jelezve, hogy ezek a fajok némileg veszthettek a láthatóságukból (1. táblázat).

5. táblázat A vizsgált halfajok ismeretségének változása 2014 és 2021 között

Halfaj	2014	2021	Változás (2021-2014)
Ponty	97,61%	97,25%	-0,36%
Tonhal	89,25%	87,51%	-1,74%
Hekk	89,24%	86,65%	-2,59%
Lazac	83,03%	81,74%	-1,29%
Keszeg	82,73%	81,06%	-1,67%
Pisztráng	79,11%	78,47%	-0,64%
Szardínia	78,80%	73,78%	-5,02%
Csuka	74,34%	72,43%	-1,91%
Afrikai harcsa	62,18%	65,85%	+3,67%
Tőkehal	61,87%	62,74%	+0,87%
Fogassüllő	55,25%	60,30%	+5,05%
Pangáziusz	52,00%	51,91%	-0,09%
Makréla	47,61%	60,26%	+12,65%
Szürkeharcsa/ Harcsa	45,66%	86,23%	+40,57%

### Édesvízi vagy tengeri

Tanulmányunk halfajismereti komponensében vizsgáltuk a fogyasztók tájékozottságát a halfajok élőhelyének besorolásában (édesvízi vs. tengeri). A 2. táblázat a „Édesvízi vagy tengeri halról van-e szó?” kérdésre helyesen válaszolók százalékos arányát

mutatja. Az édesvízi fajok körében (ponty, keszeg, csuka, harcsa, fogassüllő, pisztráng, afrikai harcsa, pangáziusz) 2014 és 2021 között mindenütt jelentős – 4,2–28,6 százalékpontos – visszaesést tapasztalunk abban, hogy a megkérdezettek felismerik: valóban édesvízi halfajokról van szó, ami különösen a fogassüllő (–28,6 %) és az afrikai harcsa (–27,4%), illetve a pangáziusz (–13,0%) esetében csökkent a lakosság tudásszintje. Ezzel szemben a tengeri halfajoknál (lazac, hekk, tőkehal, makréla, tonhal, szardínia) a 2014-es viszonylag alacsony édesvízinek vélt arányok további mérséklődése (+1,6%–+18,1%) figyelhető meg: a hekk esetében például a „Balatoni hekk” tévhit 30,8%-ról 20,1%-ra csökkent, ami arra utal, hogy a fogyasztók – médiából, hírekből és internetes forrásokból – fokozatosan pontosabb tájékozottságra tesznek szert. Mindazonáltal a tengeri fajok körüli megmaradt bizonytalanság, valamint egyes édesvízi fajoknál tapasztalható erősödő téves besorolás továbbra is célzott ismeretterjesztő és oktatási beavatkozásokat indokol.

6. táblázat Halfajok élőhelyének ismerete (a helyes válaszok százalékos aránya)

Édesvízi vagy tengeri?	Halfaj	2014	2021	Változás (2021-2014)
Édesvízi	Ponty	99,17	94,99	-4,18
Édesvízi	Keszeg	94,62	78,87	-15,75
Édesvízi	Csuka	93,21	71,78	-21,43
Édesvízi	Szürkeharcsa/ Harcsa	88,13	83,05	-5,08
Édesvízi	Fogassüllő	87,20	58,60	-28,60
Édesvízi	Pisztráng	81,78	67,12	-14,66
Édesvízi	Afrikai harcsa	65,46	38,05	-27,41
Édesvízi	Pangáziusz	25,53	12,55	-12,98
Tengeri	Szardínia	94,62	96,2	+1,58
Tengeri	Tonhal	92,27	95,21	+2,94
Tengeri	Makréla	84,88	96,2	+11,32
Tengeri	Tőkehal	74,55	92,63	+18,08
Tengeri	Hekk	69,20	79,88	+10,68
Tengeri	Lazac	66,74	82,51	+15,77

### A halfajok kedveltségének változása

2021-ben a legmagasabb átlagos kedveltséget a lazac (4,01), tonhal (3,95), pisztráng (3,82) és ponty (3,77) érte el, amelyek átlagai 2014-hez viszonyítva csupán 0,06–0,17 ponttal módosultak. Ezzel szemben a középső mezőnyben a harcsa kedveltsége kiemelkedően megugrott 2,97-ről 3,73-ra (+0,76), a tőkehal pedig 2,89-ről 3,22-re emelkedett (+0,33), míg a makréla és tonhal értékei 0,18 ponttal javultak, jelezve növekvő népszerűségüket. Mérsékelt, de kedvező elmozdulást tapasztaltunk a fogassüllőnél (+0,09) és az afrikai harcsánál (+0,12), miközben a csuka kedveltsége változatlan maradt. A legnagyobb visszaesést a pangáziusz szenvedte el (–0,17), de enyhe csökkenés mutatkozott a szardínia (–0,13), ponty (–0,06) és keszeg (–0,02)

esetében is (3. táblázat). Ezek az eredmények rávilágítanak arra, hogy míg a tradicionális kedvencek stabilan tartják pozíciójukat, bizonyos fajok – különösen a harcsa és a tőkehal – jelentős előrelépést könyvelhetnek el a fogyasztói preferenciákban.

7. táblázat Halfajok kedveltségének változása 2014 és 2021 között

<b>Halfaj</b>	<b>2014 átlag ± STD</b>	<b>2021 átlag ± STD</b>	<b>Változás (2021- 2014)</b>
Lazac	3,84 ± 1,48	4,01 ± 1,33	+0,17
Ponty	3,83 ± 1,22	3,77 ± 1,31	-0,06
Tonhal	3,77 ± 1,29	3,95 ± 1,24	+0,18
Pisztráng	3,76 ± 1,45	3,82 ± 1,40	+0,06
Hekk	3,69 ± 1,31	3,71 ± 1,30	+0,02
Fogassüllő	3,29 ± 1,61	3,38 ± 1,54	+0,09
Szardínia	3,28 ± 1,39	3,15 ± 1,35	-0,13
Keszeg	3,25 ± 1,34	3,23 ± 1,39	-0,02
Afrikai harcsa	3,09 ± 1,56	3,21 ± 1,49	+0,12
Csuka	3,05 ± 1,44	3,05 ± 1,49	0
Szürkeharcsa/ Harcsa	2,97 ± 1,62	3,73 ± 1,40	+0,76
Tőkehal	2,89 ± 1,43	3,22 ± 1,41	+0,33
Makréla	2,70 ± 2,70	2,88 ± 1,45	+0,18
Pangáziusz	2,41 ± 1,44	2,24 ± 1,37	-0,17

## Összefoglalás

A 2021-es felmérés eredményei alapján a legismertebb halfajok ismertsége alig változott az előző évekhez képest, azonban a kevésbé ismert fajok esetében látványos elmozdulások történtek. A makréla ismertsége nőtt, a harcsa ismertsége pedig jelentősen változott, és más, korábban kevésbé ismert fajok is egyre nagyobb láthatóságot nyertek. Ezzel párhuzamosan néhány hagyományosan népszerű faj ismertsége enyhén csökkent, ami arra utal, hogy a halfajok közötti ismertségi arányok kiegyenlítettebbé váltak.

A halfajok élőhelyének besorolásával kapcsolatos ismeretek ugyanakkor vegyes képet mutatnak. Míg a tengeri fajok esetében egyre pontosabb a fogyasztók tájékozottsága – csökken a tévesen édesvízinek gondolt fajok aránya –, addig az édesvízi fajoknál éppen ellenkező tendencia figyelhető meg. Több esetben jelentős mértékben visszaesett a helyes besorolás aránya, ami félrevezető információk terjedésére utal, és célzott edukációs lépések szükségességére hívja fel a figyelmet.

A kedveltségi adatok azt mutatják, hogy a hagyományosan népszerű fajok továbbra is előkelő helyen szerepelnek, ugyanakkor egyes korábban kevésbé kedvelt halak – különösen a harcsa és a tőkehal – érezhetően javítottak pozíciójukon.

## **Köszönetnyilvánítás**

Az RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból nyújtott támogatásával, az RRF-2.3.1-21 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## **Irodalom**

- FAO. **2024**. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. FAO, Rome.
- Lakner, Z., Hajdu, I., Bánáti, D., Szabó, E., Kasza, Gy. **2007**. The application of multivariate statistical methods for understanding food consumer behaviour. *Studies in Agricultural Economics*, 105, 59-70.
- Lámfalussy, T., Ozsvári L., Szakos D., Kasza Gy. **2025**. Freshwater compared to marine fish - A quantitative study on consumer perspectives. *Aquaculture*. 603. 742382.
- Lu, J., Xiao, Y., Zhang, W. **2024**. Taste, sustainability, and nutrition: Consumers' attitude toward innovations in aquaculture products. *Aquaculture*, 587, 740834.
- Popp, J., Békefi, E., Duleba, S., Oláh, J. **2019**. Multifunctionality of pond fish farms in the opinion of the farm managers: the case of Hungary. *Reviews in Aquaculture*. 11: 830-847.
- Popp, J., Váradi, L., Békefi, E., Péteri, A., Gyalog, G., Lakner, Z., Oláh, J. **2018**. Evolution of Integrated Open Aquaculture Systems in Hungary: Results from a Case Study. *Sustainability*. 10, 177.
- Preedy, V.R., Watson, R.R. (Eds.) **2010**. 5-Point Likert Scale, in: *Handbook of Disease Burdens and Quality of Life Measures*. Springer New York, New York, NY, 4288–4288.
- Risius, A., Janssen, M., Hamm, U. **2017**. Consumer preferences for sustainable aquaculture products: Evidence from in-depth interviews, think aloud protocols and choice experiments. *Appetite*, 113, 246–254.
- Temesi, Á. **2016**. Miért nem eszik több halat a magyar? – Egyes halfogyasztást befolyásoló tényezők vizsgálata. *Gazdálkodás*. 60:(3)210–224.
- Temesi, Á., Palotás, P., Plasek, B. **2017**. Kik a fogyasztói a különféle halfajoknak Magyarországon? *Gazdálkodás*. 61:(6)524-541.
- Temesi, Á., Birch, D., Plasek, B., Eren, B.A., Lakner, Z. **2020**. Perceived Risk of Fish Consumption in a Low Fish Consumption Country. *Foods*. 9(9), 1284.
- Törőcsik, M. **2014**. A magyar lakosság halfogyasztási szokásai. (online) [https://halaszat.kormany.hu/download/1/d9/90000/honlapra0220\\_halfogyasztasi%20szokasok\\_kutatas\\_prezi.pdf](https://halaszat.kormany.hu/download/1/d9/90000/honlapra0220_halfogyasztasi%20szokasok_kutatas_prezi.pdf)
- Tunca, S., Budhathoki, M., Brunso, K. **2024**. European consumers' intention to buy sustainable aquaculture products: An exploratory study. *Sustainable Production and Consumption*, 50, 20–34.
- Urbányi, B., Bokor, Z., Jelen, T., Rigó-Ditzendy, O., Kovács, Ö., Rákóczi, K., Szűcs I., Békefi, E., Makó, Cs., Tárnai-Király, Zs. **2022**. A magyar akvakultúra ágazat innovációs képességének jelene és jövője. *HALÁSZAT*, 115(1), 29–36.

- Urbányi, B., Bokor, Z., Kobilák, J., Bozánne Békefi, E., Lengyel, S., Tarnai-Király, Z., Rákóczi, K., & Fekete, R. **2023**. Innovation in Hungarian aquaculture. Review on Agriculture and Rural Development, 12(1-2), 74–79.
- Váradi, L., Lane, A., Harache, Y., Gyalog, G., Békefi, E., Lengyel, P., **2012**. Regional review on status and trends in aquaculture development in Europe, 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1061/1.

**AZ INNOVÁCIÓ, FORRÁSFELHASZNÁLÁS ÉS  
PROJEKTMENEDZSMENT-KULTÚRA VIZSGÁLATA A MAGYAR  
AKVAKULTÚRA ÁGAZATBAN**

**BERNÁTH GERGELY<sup>1</sup>, URBÁNYI BÉLA<sup>2</sup>, BOKOR ZOLTÁN<sup>2</sup>,  
NAGY BORBÁLA<sup>1</sup>, JELEN TIBOR<sup>3</sup>**

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

*email: Bernath.Gergely@uni-mate.hu*

<sup>2</sup> *Akvakultúra és Halászati Elemző Osztály, Agrárközgazdasági Intézet Nonprofit Kft.,  
1093 Budapest, Zsil u. 3-5.*

<sup>3</sup> *Projektmenedzsment Tanszék, Vezetéstudományi Intézet,  
Budapesti Corvinus Egyetem, 1093 Budapest, Fővám tér 8.*

## **Kivonat**

Az akvakultúra a világ egyik legdinamikusabban fejlődő mezőgazdasági ágazata. A módszertani fejlesztések, az új technológiák kidolgozása, a termékfejlesztés, digitalizáció és biodiverzitás megőrzése egyaránt az Európai Unió által megfogalmazott Európai Zöld Megállapodás alappillérei. E folyamatok mozgató rugója az innováció és kutatás-fejlesztés. Vizsgálatainkban három fő témakör keretében (innováció, forrásfelhasználás és projektmenedzsment) kívántuk felmérni a magyar akvakultúra ágazat pályázati tevékenységét.

A kérdőív összeállítása során 17 stratégiai kérdést fogalmaztunk meg melyek több nagyobb, a kutatás fő kérdéseit vizsgáló témakört öleltek fel. Az első csoportban a vállalkozások általános tulajdonságait vizsgáltuk úgy, mint azok: jellege, aktív működésének időtartama, mérete. A következő témakörben a vállalkozások pályázati múltját, jelenét, céljait (pl. energetikai beruházás, innováció, digitalizáció, ökoszisztéma szolgáltatás kutatás-fejlesztés stb.), és a pályázatok kapcsán felmerülő nehézségekről alkotott véleményét analizáltuk. Az utolsó témacsoport esetében a kérdések a cégek projektekkal kapcsolatos információszerzési lehetőségire, valamint projektmenedzsmenttel kapcsolatos tapasztalataikra irányultak.

Felméréseink alapján, a magyar akvakultúra ágazat nyitott a kutatás-fejlesztési és innovatív beruházások kivitelezésére, valamint felismerte az egyetemekkel és kutatóintézetekkel történő együttműködés jelentőségét. Hangsúlyozni kell azonban a digitalizáció, szervezet és humán erőforrás fejlesztés fontosságát. A főbb korlátokat a pályázati aktivitás szempontjából az adminisztrációs terhek, és a kritériumokban fellelhető magas önerő aránya jelentik. Jelen problémákra az Európai Unió új irányelvei (törekvései) és a társadalmi egyeztetések kínálhatnak megoldást. A pályázati kiírások elérhetőségének innovációja nem kerülhető meg, fontos új platformok bevonása. Az ágazat empirikus és elméleti projektmenedzsment tapasztalattal is rendelkezik. A pályázatok kezelése egyaránt történik vállalkozásokon belül és külső szakértő (vállalkozás) bevonásával. A feltáró jellegű kérdőív témakörei

bővíthetők, mélyebb átfogóbb kutatás elvégzése céljából. Fontos továbbá az akvakultúra ágazat további szegmenseinek megszólítása (kereskedők, takarmánygyártók).

**Kulcsszavak:** innováció, kutatás-fejlesztés, pályázatmenedzsment, akvakultúra

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a MAHOP\_PLUSZ-1.2.1-24-2024-00001 pályázat támogatta.

## **KIHÍVÁSOK A HAZAI PONTYKÖZPONTÚ TAVI AKVAKULTÚRÁBAN**

**URBÁNYI Béla, FERENCZ-HAVEL Alexandra, BOJTÁRNÉ LUKÁCSIK Mónika,  
KISS Gabriella, TEMESVÁRY Kriszta, SZABÓ Krisztián, GYÖRGY Ágnes Irma,  
BOKOR Zoltán, RÁCZ Katalin, GODA Pál**

*Agrárközgazdasági Intézet Nonprofit Kft., 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.  
e-mail: urbanyi.bela@aki.gov.hu*

### **Kivonat**

A közép-kelet-európai akvakultúra jellegzetessége, hogy az előállított és kereskedelmi forgalomba kerülő hal jelentős része földmedrű tavakban termelődik. Ez a tradíció több százéves hagyományokban gyökeredzik, a termelés technológia egyes elemei is tradicionális múltra tekintenek vissza. Viszont érzékelhető, hogy a termelés ezen formájának is komoly kihívásokkal kell szembesülni a jelenkorban: a fenntarthatóság és a körforgásos gazdaság elvárásaihoz illeszteni szükséges a technológia egyes lépéseit, de a fejlesztés és fejlődés alapja, hogy a jelen lehetőségekkel és helyzettel tisztában legyünk.

A tógazdasági akvakultúra szektor fenntarthatósága az emberi táplálkozás egyik kulcsfontosságú területe, mivel a világ lakossága folyamatosan nő, és a tengeri erőforrások természetes kimerülése miatt egyre fontosabb szerepet játszik a szektor az élelmiszerellátásban. Azonban ahhoz, hogy hosszú távon fenntartható legyen, számos tényezőt kell figyelembe venni és megfelelő intézkedéseket és cselekvéseket szükséges tenni.

Az agrárium részeként az akvakultúra ágazatra is érvényes a FAO által 1999-ben meghatározott fenntartható mezőgazdasági célok összegzése: hozzájárulás az élelmiszerellátás biztonságához; foglalkoztatás, jövedelemtermelés vidéki régiókban különös tekintettel a szegénység csökkentésére; a természeti erőforrások megőrzése, továbbá a környezet védelme.

Az ENSZ 2015 évi őszi közgyűlésen konszenzussal elfogadott Fenntartható Fejlődési Célok (Sustainable Development Goals - SDGs) hivatottak a világ fejlődési pályáját fenntartható irányba állítani. Ehhez a felosztáshoz kapcsolható a SDGs-ben megfogalmazott tizenhét fenntarthatósági cél, amelyek 5 fő területre (5P) fókuszálnak: emberek (people), Föld bolygó (planet), jólét (prosperity), béke (peace), partnerség (partnership).

Érzékelhető, hogy 2015. óta a fenntarthatóság fogalmát egyre szélesebb körben használják a különböző gazdálkodási formák, ill. tevékenységek megítélése kapcsán, annak ellenére, hogy jelenleg sok esetben még nincs definiálva, paraméterezve annak az adott ágazatra vagy szektorra vonatkoztatható fogalma. Ráadásul az esetek többségében a fenntarthatóságot csak szűken vett környezeti szempontból közelítik meg, holott az ágazatot specifikusan, komplex módon kell értelmezni.

A fenntarthatóság meghatározásakor 3 szempontból kell értékelni a tógazdasági haltermelés fenntarthatóságához illeszkedését, melyek az alábbiak: környezeti, gazdasági és társadalmi aspektus.

A tógazdasági haltermelés illeszkedik az EU által preferált fenntarthatósági kritériumokhoz. Az ágazat által megtermelt hal az egyik legegészségesebb élelmiszer, amely környezetbarát módon kerül előállításra, és a haltermelési rendszer input és output elemei alapján a körforgásos gazdaság kritériumainak is megfelel.

A tógazdasági haltermelés a főbb jellemzőit tekintve egy klasszikus agrárágazat, a tógazdaságok a vidék részét képezik, és meghatározó szerepet is betölthetnek a vidék fejlődésében, azonban mégis egy különálló, specializált ágazatként kezelendő, amely technológiai, ökológiai és piaci szempontból is egyedi.

Az ágazat teljeskörű megközelítése alapján látható, hogy a modernizáció és a fejlesztések elengedhetetlenül fontosak és nem odázhatóak el, viszont az ágazatban rejlő potenciál arra predesztinálja a tógazdasági haltermelőket, hogy a jövőben kiemelt figyelmet kapjanak a komplex értékteremtő és fenntartható tevékenységük elismeréséért és támogatásáért.

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a MAHOP\_PLUSZ-1.2.1-24-2024-00001 projekt támogatta.

## **A HAZAI TÓGAZDASÁGI HALTERMELÉS FENNTARTHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA AZ ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS MÓDSZERÉVEL: A CÉLOK ÉS A RENDSZERHATÁROK KIJELÖLÉSE**

**BARDÓCZ T.,<sup>1</sup> SHARMA P.,<sup>2</sup> GYALOG G.,<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *HUNATiP Egyesület, bardocz@hunatip.hu*

<sup>2</sup> *MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ (HAKI)*

### **Kivonat**

A számszerűsíthető fenntarthatósági mutatók jelentőségének növekedésével a fogyasztók és a szabályozás részéről, egyre nagyobb az érdeklődés a haltenyésztés globális környezeti hatásainak mérése iránt. Míg a környezeti hatásvizsgálati (KHV) módszerek a helyspecifikus hatásokra összpontosítanak, az életciklus-értékelés (LCA) az akvakultúra teljes életciklusát értékeli - a takarmánytermeléstől és a termelésen át a feldolgozásig, a szállításig és a hulladékártalmatlanításig (Henriksson és mtsai., 2013). Az LCA-módszertant az ISO 140405 és az ISO 140446 szabványok határozzák meg, amelyek leírják az alapelveket, az alkalmazást, az LCA-vizsgálat fázisait, a követelményeket, a kritikai felülvizsgálat és az értékelés módszertanát.

Ez a megközelítés átfogó képet ad az ágazat fenntarthatóságáról és környezeti hatásairól. Ezek a hatások széles körűek, globális kiterjedésűek és idővel felhalmozódnak. Az LCA-módszertan különböző hatáskategóriák - például az üvegházhatású gázok kibocsátása, a vízfelhasználás, az energiafogyasztás és az eutrofizáció - környezeti hatásait értékeli, holisztikus képet nyújtva egy termék vagy rendszer teljes környezeti terheléséről. Az e módszert alkalmazó tanulmányok azt mutatják, hogy az akvakultúra viszonylag erőforrás-hatékony állati élelmiszertermelés, amely kisebb környezeti hatással jár, mint a legtöbb állattenyésztési ágazat (Gephart és mtsai., 2021). Számos nemzeti akvakultúra szervezet is alkalmazta ezt a módszertant, annak széleskörű bemutatására, hogy a helyi akvakultúra termelés, milyen hatással van a környezetre (Cooney és mtsai., 2025).

Míg számos LCA-tanulmány vizsgálja a tengeri és édesvízi akvakultúra termelés környezeti hatásait (Bohnes és Laurent, 2019; Samuel-Fitwi és mtsai., 2013), az édesvízi halak európai, tavi termeléséről csak nagyon korlátozott eredmények állnak rendelkezésre (Biermann és Geist, 2019).

Előadásunk célja, hogy javaslatot tegyünk a magyarországi tavi akvakultúra LCA értékelésének célkitűzéseire és a rendszerhatárok kijelölésére. A vonatkozó szakirodalom áttekintése alapján, funkcionális egységként az 1 kg étkezési méretű, lehalászott pontyot javasoljuk alkalmazni. A rendszerhatárokat, folyamatokat, köztes és elemi áramlásokat úgy határoztuk meg, hogy minden releváns inputot bevontunk. Az LCA-vizsgálat javasolt célja a különböző tavi akvakultúra termelési módszerek összehasonlítása és a környezeti hatások értékelése a tavi akvakultúra által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások (De Luca Peña és mtsai., 2024; Taelman és mtsai., 2024) integrálásával és anélkül.

**Kulcsszavak:** életciklus-elemzés, akvakultúra, fenntarthatóság, ökoszisztéma szolgáltatások

## **Abstract**

**SUSTAINABILITY EVALUATION OF the Hungarian pond aquaculture BY USING Life Cycle Assessment (LCA): goal and scope definition**

As sustainability standards become increasingly important in the markets and from a regulatory perspective, there is a growing interest in measuring the global environmental impact of fish farming. While Environmental Impact Assessment (EIA) methods focus on site-specific impacts, Life Cycle Assessment (LCA) evaluates the entire life cycle of production - from feed production and farming to processing, transport, and waste disposal (Henriksson et al., 2013). It is standardised by ISO 140405 and ISO 140446 which describe the principles, application, phases of the LCA study, requirements, critical review, and reporting. The LCA methodology assesses environmental impacts across different categories, such as greenhouse gas emissions, water use, energy consumption, and eutrophication, providing a holistic understanding of the overall environmental impact of a product or system. Studies using this method show, that aquaculture is a relatively resource-efficient type of animal food production with lower environmental impact than most livestock production (Gephart et al., 2021) and some aquaculture organisation also published LCA studies about the environmental impacts of national aquaculture production sectors (Cooney és mtsai., 2025)

There are several LCA studies which focus on marine and freshwater aquaculture products (Bohnes and Laurent, 2019; Samuel-Fitwi et al., 2013), however among these very limited draw focus on pond aquaculture. (Biermann and Geist, 2019).

Therefore, the aim of our presentation to propose the goal and scope definition for the LCA evaluation of the Hungarian pond aquaculture. Based on our literature review, we suggest to use 1 kg table size carp at farmgate as the functional unit. The system boundaries, processes, intermediary and elementary flows has been defined by including all relevant inputs. The proposed goal of the LCA study is to compare various pond aquaculture production methods and evaluate the environmental footprints with and without the integration of ecosystem services (De Luca Peña et al., 2024; Taelman et al., 2024) provided by the pond aquaculture.

**Keywords:** LCA; Aquaculture; Sustainability; Ecosystem Eervices; Fishponds

## **References**

- Biermann, G., Geist, J., 2019. Life cycle assessment of common carp (*Cyprinus carpio* L.) – A comparison of the environmental impacts of conventional and organic carp aquaculture in Germany. *Aquaculture* 501, 404–415. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.019>
- Bohnes, F.A., Laurent, A., 2019. LCA of aquaculture systems: methodological issues and potential improvements. *Int J Life Cycle Assess* 24, 324–337. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1517-x>

- Cooney, R., Dennis, J., Jackson, E., Morrison, C., 2025. BIM Seafood Sustainability Progress Report Aquaculture. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25960.99844>
- De Luca Peña, L.V., Dewulf, J., Staes, J., Moulaert, I., Vandamme, S., Heymans, J.J., Taelman, S.E., 2024. Assessing the sustainability of Blue Economy activities using an ecosystem and life cycle-based approach: Possibilities, challenges and implications for an informed policy making. *Ocean & Coastal Management* 257, 107360. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107360>
- Gephart, J.A., Henriksson, P.J.G., Parker, R.W.R., Shepon, A., Gorospe, K.D., Bergman, K., Eshel, G., Golden, C.D., Halpern, B.S., Hornborg, S., Jonell, M., Metian, M., Mifflin, K., Newton, R., Tyedmers, P., Zhang, W., Ziegler, F., Troell, M., 2021. Environmental performance of blue foods. *Nature* 597, 360–365. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03889-2>
- Henriksson, P.J.G., Pelletier, N.L., Troell, M., Tyedmers, P.H., 2013. Life Cycle Assessments and Their Applications to Aquaculture Production Systems life cycle assessment (LCA) aquaculture production systems, in: Christou, P., Savin, R., Costa-Pierce, B.A., Misztal, I., Whitelaw, C.B.A. (Eds.), *Sustainable Food Production*. Springer, New York, NY, pp. 1050–1066. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5797-8\\_191](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5797-8_191)
- Samuel-Fitwi, B., Schroeder, J., Schulz, C., 2013. System delimitation in life cycle assessment (LCA) of aquaculture: Striving for valid and comprehensive environmental assessment using rainbow trout farming as a case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18, 577–589. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0510-z>
- Taelman, S.E., De Luca Peña, L.V., Pr at, N., Bachmann, T.M., Van der Biest, K., Maes, J., Dewulf, J., 2024. Integrating ecosystem services and life cycle assessment: a framework accounting for local and global (socio-)environmental impacts. *Int J Life Cycle Assess* 29, 99–115. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02216-3>

# **Hidrobiológia**



## A LÁPI PÓC (*UMBRA KRAMERI*) POPULÁCIÓINAK HELYZETE ÉS VÉDELME A TISZA VÍZGYŰJTŐ TERÜLETÉN

NYESTE Krisztián<sup>1,2</sup>, NAGY László<sup>1,3</sup>, LENYHÁRT Dávid<sup>1</sup>, GÁL István<sup>4</sup>,  
HANKÓ Kata<sup>1</sup>, HUTTMAN Máté<sup>1</sup>, ANTAL László<sup>1,2</sup>, SZABÓ Gyula<sup>5</sup>, TÓTH Pál<sup>5</sup>,  
FILEP Attila<sup>5</sup>, TATÁR Sándor<sup>6</sup>, KISS Balázs<sup>7</sup>, SOMOGYI Dóra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.,  
e-mail: nyeste.krisztian@science.unideb.hu

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium,  
4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen Egyetem tér 1

<sup>4</sup> Vadászok és Vadgazdálkodók Észak-Magyarországi Területi Szövetsége,  
3526 Miskolc, Tas u. 18.

<sup>5</sup> Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, 4024 Debrecen, Sumen utca 2.

<sup>6</sup> Tavirózsa Környezet- és Természetvédő Egyesület, 2112 Veresegyház, Pázmány u. 36.

<sup>7</sup> Magyar Környezetgazdálkodási és Vidékfejlesztési Társaság, 5350 Tiszafüred, Sarló u. 3.

### Kivonat

A XIX. században végrehajtott vízszabályozási munkálatok, az élőhelyek eltűnése, az idegenhonos halfajok térhódítása és az éghajlati szélsőségek a Tisza vízgyűjtő területének jellegzetes lápi halfajai, köztük a lápi póc (*Umbra krameri*) drasztikus állománycsökkenéséhez vezettek. 2019-től kezdődően folyamatosan monitorozzuk a Tisza mente hét régiójának potenciális élőhelyeit, melynek keretében jelen vizsgálatunkban 2024 őszén 39 mintavételi helyen végeztünk felmérést. A vizsgálatok során a lápi póc mindössze 13 helyszínen került elő, míg az inváziós amurgéb (*Perccottus glenii*) jelenlétét 19 helyszínen mutattuk ki. Vizsgálatunk során nemcsak az állományok helyzetét tártuk fel, hanem természetvédelmi beavatkozásokat is megvalósítottunk (pl. halmentések, ex situ szaporítás, visszatelepítések, idegenhonos halfajok gyérítése), illetve javaslatokat dolgoztunk ki a populációk hosszú távú megőrzése érdekében.

**Kulcsszavak:** monitorozás, endemikus halfajok, inváziós halfajok, kockázatkezelés, élőhelydegradáció, élőhelyrekonstrukció, konzervációbiológia

### Abstract

The nineteenth-century river regulations, habitat loss, the spread of invasive fish species, and increasing climatic extremes have led to a dramatic decline of typical fen fish species in the Tisza River Basin, including the European mudminnow (*Umbra krameri*). Since 2019, we have been continuously monitoring the potential habitats of the Tisza region, and in autumn 2024, surveys were conducted at 39 sampling sites. During the investigations, the European mudminnow was detected at only 13 locations, while the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii*) was present at 19 sites. Our study not only assessed the current status of the populations but also implemented

conservation interventions (e.g., fish rescue operations, ex-situ propagation, reintroductions, control of non-native fish species) and formulated proposals to ensure the long-term conservation of the species.

**Keywords:** monitoring, endemic fish, invasive fish species, risk management, habitat degradation, habitat restoration, conservation biology

## Bevezetés

A XIX. században végrehajtott vízszabályozási munkálatokat megelőzően a Tisza vízgyűjtő területe rendkívül gazdag volt vizes élőhelyekben és az ezekhez kötődő jellegzetes lápi halfajokban, köztük lápi pócban (*Umbra krameri*), réticsíkban (*Misgurnus fossilis*), kurta baingban (*Leucaspis delineatus*) és széles kárászban (*Carassius carassius*). Az élőhelyek eltűnése, az idegenhonos halfajok terjedése, valamint az éghajlati szélsőségek következtében ezen fajok állományai a XX–XXI. század folyamán drasztikus visszaesést szenvedtek el (Sallai 2005, Takács és mtsai., 2015, Somogyi 2020, Bănăduc és mtsai., 2022).

Kiemelten súlyos a helyzet a lápi póc esetében, amely a Kárpát-medencében is elsősorban a Tisza vízgyűjtőjének alacsonyabban fekvő régióiban él nagyobb állományokkal (Sallai és mtsai., 2005, Takács és mtsai., 2015, Somogyi, 2020, Bănăduc és mtsai., 2022). Ezeknek a populációknak a helyzetét 2019 óta folyamatosan monitorozzuk (Nyeste és mtsai., 2020, 2021a, 2021b, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2024; Polyák és mtsai., 2020; Somogyi 2020; Sereg 2023). A lápi póc állományok vizsgálata és megőrzése során nemcsak a populációk aktuális helyzetét mértük fel, hanem a természetvédelmi beavatkozások lehetőségeit is feltártuk.

A jelen vizsgálat célja a lápi póc jelenlegi Tisza menti elterjedésének feltérképezése, az élőhelyek ökológiai állapotának értékelése, a veszélyeztető tényezők azonosítása, az élőhelyi változások nyomon követése, valamint konkrét állományvédelmi beavatkozások – például halmentések, ex situ pócivadék-visszatelepítések, vízutánpótlási lehetőségek feltárása és inváziós halfajok (pl. amurgéb) elleni védekezési stratégiák kidolgozása – megvalósítása volt.

## Anyag és módszer

A mintavételeket 9 terepnap során, 2024 szeptembere és novembere között végeztük a Tisza-mente 7 régiójának 28 vízterén kijelölt 39 mintavételi helyen (*I. táblázat*). A mintavételi helyeket a térségben valaha ismert (Sallai 2005, Takács és mtsai., 2015), illetve néhány potenciálisnak vélt „lápi pócos” vízterén jelöltük ki.

A mintavételeket a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer halak élőlénycsoportra vonatkozó protokollja alapján (Sallai és mtsai., 2019), egy ukrán gyártmányú SAMUS 725MP akkumulátorral üzemelő elektromos mintavételi eszköz segítségével végeztük el.

A halközösségek diverzitásának értékeléséhez Shannon–Wiener-, Simpson- és Berger–Parker-indexeket alkalmaztunk a PAST 3.03 szoftver segítségével (Hammer és mtsai., 2001, Tóthmérész 2011). Az élőhelyek halközösség-alapú ökológiai állapotértékelését a Magyar Multimetrikus Halindex (HMMFI) módszerével végeztük

el (Sály és Erős 2016). Emellett a fauna abszolút és relatív természeti értékének meghatározása során Guti és mtsai., (2014) módszertanát követtük, a számításokat a TAR szoftver segítségével végeztük el (Antal és mtsai., 2015).

Az ex situ szaporításból származó lápi pócok visszatelepítéséhez kapcsolódóan az élőhelyek vizsgálatát és értékelését a Tavirózsa Környezet- és Természetvédő Egyesület által 2008 óta vezetett Lápi Póc Fajvédelmi Mintaprogramban (Tatár 2010, 2017a, 2017b) foglaltak szerint hajtottuk végre.

1. táblázat. A vizsgált mintavételi helyek és azok lokalitása

Régió	Víztér neve	Mintavételi hely kódja	Település	EOV X	EOV Y
Szatmár-Beregi-sík	Zsid-tó	ZSID	Gelénes	905317	323011
	Öreg-Túr	TÚR	Nagyar	909298	305066
	Gögő-Szenke	GÖG-1	Nagyszekeres	909298	305066
	Gögő-Szenke	GÖG-2	Jánkmajtis	917144	295522
Bodroghöz	Bélyi-csatorna	BÉLY	Lácacséke	869126	340685
	Ricsei-főcsatorna	RICS-1	Ricse	867328	337472
	Ricsei-főcsatorna	RICS-2	Lácacséke	867439	337556
Tápió-mente	Hajta	HAJ-1	Tóalmás	697549	241364
	Hajta	HAJ-2	Nagykátá	706681	235830
	Hajta	HAJ-3	Farmos	709491	222669
	Tápió	TÁP	Tápiószele	712684	220296
Taktaköz	Takta	TAK-1	Taktaharkány	803907	304160
	Takta	TAK-2	Taktaszada	808740	309266
	Takta	TAK-3	Szerencs	812013	312201
	Taktaközi öntöző főcsatorna	TÖF	Tarcal	818982	310442
	Bocs-ér	BOCS	Mezőzombor	815692	312774
Borsodi-Mezőség	Hejő-főcsatorna	HEJ	Hejőkürt	796030	282275
	Rígós	RIG	Mezőcsát	791261	277685
Bihari-sík	Csente-szakáli alsó csatorna	CSEN-SZ	Magyarhomorog	840292	190187
	Ködomb-szigeti-főcsatorna	KÖD	Komádi	835801	189977
	Kutas-főcsatorna	KUT-1	Komádi	833436	193582
	Kutas-főcsatorna	KUT-2	Darvas	825206	194518
	Kutas-főcsatorna	KUT-3	Csökmő	820534	194014
	Kutas-főcsatorna	KUT-4	Csökmő	817819	191175
	Ölyvös-ér	ÖLY	Darvas	825011	194805
	Móricz-földi (II.)-csatorna	MÓR	Komádi	829156	186068
	Csente-ér	CSEN-ÉR	Magyarhomorog	840695	192905
	Körmödsdi-víztározó	KÖR	Körösszegapáti	840364	194795
	Biharkeresztes-tó	BIH	Biharkeresztes	853904	203115
	Kis-Kőrös	KIS	Váncsod	846766	210751
	Pocsaji-láp	POCS-1	Pocsaj	862032	220864
	Pocsaji-láp	POCS-2	Pocsaj	862392	221015
Pocsaji-láp	POCS-3	Pocsaj	861941	221690	
Ér-főcsatorna	ÉR	Pocsaj	861860	220078	
Hortobágy	Magdolna-ér	MAG	Balmazújváros	819730	251617
	Hortobágy mocsár	HOR	Hortobágy-Máta	808553	251762
	Csattag	CSAT	Egyek	788130	251110
	Fekete-rét	FEK	Tiszafüred	791998	248543
	Kadarc–Karácsonyfoki-főcsatorna	KAD	Hortobágy	817094	254660

## Eredmények és következtetések

A Tisza-menti élőhelyek monitorozása során összesen 9 terepnap alatt, 39 mintavételi helyen végeztünk vizsgálatokat, melyek során 28 halfajt és 1 hibridet, összesen 6171 egyedet azonosítottunk. A vizsgált 39 helyszín közül 7 helyszín kiszáradt (GÖG-1, GÖG-2, HAJ-2, HAJ-3, CSEN-ÉR, POCS-1, POCS-2), további 1 helyszínen ugyan vízborítás jelen volt, de halat nem sikerült kimutatnunk (KUT-1).

Vizsgálatunk célfaja, a fokozottan védett lápi póc mindössze 13 helyszínről került elő:

- **Szatmár-Beregi-sík:** Zsid-tó
- **Taktaköz:** Takta (TAK-1, TAK-3), Taktaközi öntöző főcsatorna, Bocs-ér
- **Borsodi-Mezőség:** Hejő-főcsatorna, Rigós
- **Bihari-sík:** Csente-szakáli alsó csatorna, Kódomb-szigeti-főcsatorna, Móriczföldi (II.)-csatorna, Biharkeresztesi-tó
- **Hortobágy:** Magdolna-ér, Kadarcs–Karácsonyfoki-főcsatorna.

Ezzel szemben az inváziós amurgéb 19 helyszínről került elő:

- **Szatmár-Beregi-sík:** Zsid-tó, Öreg-Túr
- **Bodrogköz:** Bélyi-csatorna, Ricsei-főcsatorna (RICS-1, RICS-2)
- **Tápió-mente:** Tápió
- **Taktaköz:** Takta (TAK-1, TAK-2, TAK-3), Taktaközi öntöző főcsatorna, Bocs-ér
- **Borsodi-Mezőség:** Hejő-főcsatorna
- **Bihari-sík:** Csente-szakáli alsó csatorna, Kódomb-szigeti-főcsatorna, Kutas-főcsatorna (KUT-2, KUT-4), Ölyvös-ér
- **Hortobágy:** Magdolna-ér, Csattag.

Az egyes mintavételi helyek halközösségeinek abszolút ( $T_A$ ) és relatív ( $T_R$ ) természeti értékét, diverzitási indexeit, valamint a halközösség-alapú ökológiai állapotminősítést (HMMFI) régiónkénti bontásban a 2–8. táblázatok foglalják össze.

2. táblázat. A Szatmár-Beregi-sík víztereiből fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	ZSID	TÚR	GÖG-1	GÖG-2
Összes fajsza	2	17	0	0
Összes egyedsza	31	1005	0	0
$T_A$	4	18	–	–
$T_R$	2	1,059	–	–
HMMFI	21	42	–	–
EQR	0,10	0,83	–	–
EQC	rossz	kiváló	–	–
Shannon	0,628 8	1,442	–	–

Simpson	0,437	0,629	–	–
Berger-Parker	0,677 4	0,568 2	–	–

3. táblázat. A Bodrogek vízteréből fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	BÉL Y	RIC S-1	RICS -2
Összes fajszám	3	3	3
Összes egyedszám	19	4	14
$T_A$	1	0	0
$T_R$	0,333	0	0
HMMFI	21	22	22
EQR	0,10	0,14	0,14
EQC	rossz	rossz	rossz
Shannon	0,915 5	1,29	0,580 6
Simpson	0,578 9	0,833 3	0,274 7
Berger-Parker	0,473 7	0,500 0	0,857 1

4. táblázat. A Tápió-mente vízteréből fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	HAJ- 1	HAJ- 2	HAJ- 3	TÁP
Összes fajszám	2	0	0	11
Összes egyedszám	8	0	0	681
$T_A$	5	–	–	11
$T_R$	2,5	–	–	1
HMMFI	29	–	–	28
EQR	0,38	–	–	0,34
EQC	gyenge	–	–	gyenge
Shannon	0,62	–	–	1,34
Simpson	0,43	–	–	0,62
Berger-Parker	0,75	–	–	0,56

5. táblázat. A Taktaköz vizeitől fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	TAK-1	TAK-2	TAK-3	TÖF	BOCS
Összes fajszám	8	13	12	8	2
Összes egyedszám	154	315	151	154	14
$T_A$	13	13	13	13	4
$T_R$	1,63	1	1,42	1,63	2
HMMFI	31	36	39	31	24
EQR	0,45	0,62	0,72	0,45	0,21
EQC	mérsékelt	jó	jó	mérsékelt	gyenge
Shannon	1,02	1,72	1,46	1,02	0,634
Simpson	0,43	0,75	0,59	0,43	0,4396
Berger-Parker	0,70	0,36	0,62	0,37	0,71

6. táblázat. A Borsodi-Mezőség vizeitől fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	HEJ	RIG
Összes fajszám	6	1
Összes egyedszám	80	5
$T_A$	8	4
$T_R$	1,333	4
HMMFI	24	29
EQR	0,21	0,38
EQC	gyenge	gyenge
Shannon	1,485	0
Simpson	0,7231	0
Berger-Parker	0,72	1

7. táblázat. A Bihari-sík vizeitől fogott halközösség abszolút ( $T_A$ ) és relatív természeti ( $T_R$ ), a halalapú ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	CSEN-SZ	KÓD	KUT-1	KUT-2	KUT-3	KUT-4	ÖLY	MÓR
Összes fajszám	15	8	0	1	1	8	4	10
Összes egyedszám	183	430	0	1	1	97	9	321
$T_A$	19	11	–	0	3	2	5	12
$T_R$	1,267	1,375	–	0	3	0,286	1,25	1,2
HMMFI	37	30	–	22	29	21	25	31
EQR	0,66	0,41	–	0,14	0,38	0,10	0,24	0,45

EQC	jó	mérsékelt	–	rossz	gyenge	rossz	gyenge	mérsékelt
Shannon	2,020	0,7817	–	0	0	1,439	1,149	1,753
Simpson	0,8299	0,3504	–	0	0	0,6885	0,6173	0,7906
Berger-Parker	0,2787	0,7977	–	1	1	0,4742	0,5556	0,2960

Közösségökológiai mutatók	CSEN-ÉR	KÖR	BIH	KIS	POCS-1	POCS-2	POCS-3	ÉR
Összes fajszám	0	3	2	6	0	0	1	4
Összes egyedszám	0	152	28	844	0	0	32	113
T <sub>A</sub>	–	2	4	7	–	–	0	6
T <sub>R</sub>	–	0,667	2	1	–	–	0	1,5
HMMFI	–	22	24	21	–	–	22	35
EQR	–	0,14	0,21	0,10	–	–	0,14	0,59
EQC	–	rossz	gyenge	rossz	–	–	rossz	mérsékelt
Shannon	–	0,2056	0,6906	1,014	–	–	0	0,2612
Simpson	–	0,08838	0,4974	0,5466	–	–	0	0,1023
Berger-Parker	–	0,9539	0,5357	0,6102	–	–	1	0,9469

8. táblázat. A Hortobágy víztereiből fogott halközösség abszolút (T<sub>A</sub>) és relatív természeti (T<sub>R</sub>), a halalapé ökológiai állapotminősítés (HMMFI), valamint a diverzitási indexek értékei

Közösségökológiai mutatók	MAG	HO R	CSA T	FEK	KAD
Összes fajszám	4	1	2	13	10
Összes egyedszám	20	8	7	1210	215
T <sub>A</sub>	4	0	3	10	11
T <sub>R</sub>	1	0	1,5	0,769	1,1
HMMFI	24	22	21	25	35
EQR	0,21	0,14	0,10	0,24	0,59
EQC	gyenge	rossz	rossz	gyenge	mérsékelt
Shannon	0,7999	0	0,410 1	2,02	1,357
Simpson	0,41	0	0,244 9	0,8373	0,6567
Berger-Parker	0,75	1	0,857 1	0,2777	0,5256

### *A lápi póc megőrzését szolgáló megvalósított és tervezett természetvédelmi tevékenységek és állományvédelmi beavatkozások a Tisza vízgyűjtőjén*

**1.) Szatmár-Beregi sík:** A Szatmár-Beregi-síkon a Zsid-tó környezetében 2021 óta minden nagyvizes időszakot követően rendszeres halmentéseket végeztünk a láp melletti árokrendszerben, ahol a víz visszahúzódása után jelentős számú hal reked. Eddig több mint 300 lápi pócot és 80 réticsíkot mentettünk meg a kiszáradástól. 2024-ben öt darab mélyebb „halágyat” alakítottunk ki az árokban, amelyek a jövőbeni halmentést segíthetik.

2021-ben 30 példány mentett lápi pócot adtunk át a Tavirózsa Egyesület részére ex situ génmegőrzés és szaporítás céljából a Szadai Mintaterületre (Nyeste és mtsai., 2022b).

Emellett 2024 novemberében a Magyar Környezetgazdálkodási és Vidékfejlesztési Társaság szaporítási programjából 176 példányt telepítettünk a védett Navatba, míg 157 példányt a fokozottan védett Nyíres-tóba. Ezzel várhatóan két öfenntartó állomány jöhet újra létre az egykor mesés lápi póc állományokkal büszkélkedő Beregi-sík, illetve a Szernye-mocsár környékének szívében.

A Gógő-Szenke esetében fontos lenne a Szamossályi-árapasztó torkolata alatti zsilip működésének felülvizsgálata, a folyamatos vízborítás biztosítása, valamint hosszabb távon élőhelyrekonstrukció és a lápi póc visszatelepítésének előkészítése.

**2.) Bodrogköz:** A Bodrogköz víztereinek vizsgálata során megállapítottuk, hogy a víztestek rendszeresen kiszáradnak, ami a korábban itt élő pócállományok eltűnéséhez vezethetett. A jövőben a régió rendszeres és alapos monitorozása szükséges, beleértve környezeti DNS (eDNS) alapú felméréseket is, az esetleges rejtett állományok feltárására.

**3.) Tápió-mente:** A Tápió-mente vízfolyásai, különösen a Hajta, erősen ingadozó vízjárásúak, mintavételeink során a legtöbb szakasz szárazon állt. Bár 2019-ben még előkerült két példány lápi póc a Tápióból (Somogyi 2020), azóta nem sikerült újabb előfordulást igazolni.

A térségben revitalizációs munkák (vízviaszartatás javítása), valamint rendszeres, kiterjedt monitorozás és eDNS-alapú vizsgálatok szükségesek a potenciális pócállományok feltárása érdekében.

**4.) Taktaköz:** A Taktaköz térségében a Takta, a Taktaközi öntöző főcsatorna és a Bocs-ér vizsgálata során több helyszínen is sikerült lápi pócot kimutatni. Különösen örvendetes, hogy 2024-ben a Bocs-érben új populációt fedeztünk fel (Nyeste és mtsai., 2024).

A térségben az élőhelyek további monitorozása, valamint az inváziós fajok, különösen az amurgéb gyérítése lenne szükséges a pócállomány hosszú távú fenntartása érdekében.

**5.) Borsodi-Mezőség:** A Borsodi-Mezőségben a Hejő-főcsatornából 2022-ben 20 példány lápi pócot mentettünk ki egy korábbi kotrási és betonozási beruházás után, amely víztelenítette az élőhelyet. A kimentett halakat a Tavirózsa Egyesület részére adtuk át ex situ génmegőrzés és szaporítás céljából (Nyeste és mtsai., 2022d).

A fennmaradó populációk védelméhez szükséges a további beavatkozások természetvédelmi szempontú felülvizsgálata, a megfelelő vízszint biztosítása és az inváziós fajok visszaszorítása.

**6.) Bihari-sík:** A Bihari-síkon még több víztestből is sikerült lápi pócot kimutatni (pl. Csente-szakáli alsó csatorna, Kődomb-szigeti-főcsatorna, Móricz-földi (II.)-csatorna, Biharkeresztesi-tó). Ugyanakkor az amurgéb a Bihari-síkon is megjelent 2019-ben, és azóta folyamatosan terjed, elsősorban a nyugati és déli víztereken. Ezzel szemben a keleti régiókban (pl. Barát-ér, Ölyvös-ér, Kutas-ér, Kutas-főcsatorna felső és középső szakasza, Kis-Körös, Pocsaji-láp) az élőhelyek kiszáradása rendkívül súlyosan érinti a faj fennmaradását. A Csente-szakáli alsó csatornán 2024 tavaszán és nyarán

amurgébgyéritési akciót hajtottunk végre a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósággal. A további rendszeres monitorozás, az inváziós fajok gyéritése és az állandó vízborítás biztosítása kulcsfontosságú a populációk megórzése érdekében, valamint a kiszáradt vízterek (pl. Pocsaji-láp) rehabilitációját követően a lápi póc visszatelepítése is indokolt lenne.

**7.) Hortobágy:** A Hortobágy térségében újonnan több víztérből is előkerült a lápi póc. 2024 tavaszán a Magyar Környezetgazdálkodási és Vidékfejlesztési Társaság 47 példány lápi pócot mentett meg a Hortobágy-Máta mocsár menti kiszáradó foltból, melyek ex situ génmegórzése és szaporítása Hortobágy-Szászteleken zajlik. Az ott nevelt utódok közül 310 példányt 2024 őszén sikeresen visszatelepítettünk a mátai mocsár egy állandó vízü területére.

A faj további előfordulásainak feltérképezése céljából szükséges lenne a teljes Hortobágy területén az állandó vízterek átfogó felmérése, valamint eDNS-alapú vizsgálatok alkalmazása.

## **Összefoglalás**

A lápi póc Tisza-menti populációinak helyzete az utóbbi években tovább romlott, amit az élőhelyek kiszáradása, az inváziós halfajok (elsősorban az amurgéb) terjedése, valamint az antropogén beavatkozások egyaránt súlyosbítottak. Vizsgálataink során 39 helyszínen mértük fel az állományokat, de a fokozottan védett lápi póc mindössze 13 helyszínről került elő. A megvalósított természetvédelmi tevékenységek (pl. halmentések, ex situ szaporítás, visszatelepítések, idegenhonos halfajok gyéritése) és a javasolt intézkedések (pl. vízvisszatartás, inváziós fajok visszaszorítása, eDNS-alapú monitorozás) reményt adhatnak arra, hogy a faj állományai hosszabb távon megőrizhetők legyenek a Tisza vízgyűjtő területén. A lápi póc számára potenciálisan alkalmas élőhelyek minősítésére, illetve a telepítési kockázatok csökkentése érdekében a Tavirózsa Egyesület 2025-ben tervezi az általa kidolgozott élőhely-minősítési rendszer („PRO UMBRA”) validálását.

## **Köszönetnyilvánítás**

Munkánk a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-4-I-DE-457 és EKÖP-24-4-II-DE-458 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával valósult meg. Nyeste Krisztián és Antal László munkáját a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta. A TKP2021-NKTA-32 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapjának támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program keretében valósult meg. A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával készült. Somogyi Dóra munkáját a Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány PhD Kiválósági Ösztöndíja támogatta. Ezt a munkát továbbá az Európai Unió – NextGenerationEU program támogatta Bulgária nemzeti helyreállítási és alkalmazkodóképességi tervén keresztül (BG-RRP-2.004-0001-C01, DUECOS projekt). A Tavirózsa Egyesület munkáját az Agrárminisztérium 2022. évi „Zöld Forrás” programja támogatta (PTKF/379/2022).

Köszönetünket fejezzük ki mindazoknak, akik munkánk során nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak: Arlett Péter, Bereczki Csaba, Dávid Jenő, Gál Lajos, Gebei Lóránt, Habarics Béla, Dr. Halasi-Kovács Béla, Hunyadvári Péter, Huber Attila, Mazsu István, Metzker Krisztina, Moldován Orsolya, Nagy Zoltán, Orcsik Tibor, Nick Thorpe és Dr. Müller Tamás, Sallai Zoltán, valamint Dr. Takács Péter részére.

## Irodalom

- Antal L., Harka Á., Sallai Z., Guti G. **2015**. TAR: A halfauna természetvédelmi értékelésére használható szoftver. *Pisces Hungarici* 9: 71–72.
- Bănăduc D., Marić S., Cianfaglione K., Afanasyev S., Somogyi D., Nyeste K., Antal L., Kosco J., Čaleta M., Wanzenböck J., Curtean-Bănăduc A. **2022**. The importance of stepping stones wetland habitats for conservation of Community interest fish European mudminnow, and risks in the context of human impact and climate change, in its Danube Basin area of distribution. *Sustainability* 14: 13493.
- Guti G., Sallai Z., Harka Á. **2014**. A magyarországi halfajok természetvédelmi státusza és a halfauna természetvédelmi értékelése. *Pisces Hungarici* 8: 19–28.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. **2001**. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- Müller T., Balovan B., Tatár S., Müllerné-Trenovszki M., Urbányi B., Demény F. **2011**. Lápi póc (*Umbra krameri*) szaporítása és nevelése a természetesvízi állományok fenntartása és megerősítése érdekében. *Pisces Hungarici* 5, 15-20.
- Nyeste K., Antal L., Abonyi T., Somogyi D. **2021b**. A lápi póc (*Umbra krameri*) újabb adata az Öreg-Túrból. *Halászat* 114(4): 141.
- Nyeste K., Somogyi D., Bereczki Cs., Antal L. **2022b**. Halmentés a beregi Zsid-tónál. *Halászat* 115(1): 14.
- Nyeste K., Sallai Z., Halasi-Kovács B. **2020**. Az amurgéb (*Perccottus glenii*) megjelenése a Berettyó bal oldali mellékvízeiben. *Halászat* 113(2): 14.
- Nyeste K., Antal L. **2021a**. Kis-Morotva-tó–Kis-Pap-tó összekötő csatorna, Kállai (VII.)-főfolyás, Barát-ér, Kis-Körös, Ér-főcsatorna, Kutas-főcsatorna, Ölyvös-ér, Csente-szakáli alsó csatorna, Nagy-Fok-csatorna, Széksóstói-főcsatorna. Kutatási jelentés, Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer, 56 pp.
- Nyeste K., Somogyi D., Antal L. **2022a**. Újabb lápi pócok (*Umbra krameri*) az Öreg-Túrból. *Halászat* 115(4): 20.
- Nyeste K., Somogyi D., Berecki Cs., Orcsik T., Tatár S., Antal L. **2022c**. Halfaunisztikai vizsgálatok a lápi póc (*Umbra krameri*) történeti és potenciális Szatmár-Beregi élőhelyein. *Halászatfejlesztés* 39: 82–86.
- Nyeste K., Tatár S., Uzochukwu I., Antal L., Tóth B., Somogyi D. **2022d**. Lápi pócok (*Umbra krameri*) mentése a Hejő-főcsatornából. *Halászat* 115(4): 21.
- Nyeste K., Gál I., Lenyhárt D., Nagy L. **2024**. A lápi póc (*Umbra krameri*) új lelőhelye a Taktaközből. *Halászat* 117(4): 19.
- Nyeste K., Tóth P. **2024**. Nyúldomolykó (*Leuciscus leuciscus*) a Csente-szakáli alsó csatornából. *Halászat* 117(4): 20.
- Polyák L., Somogyi D., Antal L., Nyeste K. **2020**. A lápi póc (*Umbra krameri*) utolsó ismert populációja a Felső-Tisza-vidéken. *Halászat* 124(4): 124.

- Sallai Z. **2005**. A lápi póc (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) magyarországi elterjedése, élőhelyi körülményeinek és növekedési ütemének vizsgálata a kiskunsági Kolontóban. A puszta 22: 113-172.
- Sallai Z., Varga I., Erős T. **2019**. Halközösségek monitorozása Magyarország különböző típusú állóvizeiben és vízfolyásokban (2001-2018). In: Váczi O., Varga I., Bakó B. (szerk.) A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer eredményei II. – Gerinces állatok. Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, Szarvas, p. 157-179.
- Sály P., Erős T. **2016**. Vízfolyások ökológiai állapotminősítése halakkal: minősítési indexek kidolgozása. Pisces Hungarici 10: 15–45.
- Sereg K. **2023**. A lápi póc populációinak felmérése és halközösség-alapú ökológiai állapotminősítése a Bihari-síkon. Szakdolgozat, Debreceni Egyetem, 24 pp.
- Somogyi D. **2020**. A lápi póc (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) populációinak vizsgálata és élőhelyeinek ökológiai állapotértékelése a Tisza vízgyűjtőjén. Diplomadolgozat, Debreceni Egyetem, 61 pp.
- Somogyi D., Erős T., Mozsár A., Czeglédi I., Szeles J., Tóth R., Zulkipli N., Antal L., Nyeste K. **2023**. Intraguild predation as a potential explanation for the population decline of the threatened native fish, the European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) by the invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877). NeoBiota 83: 91–107.
- Takács P., Erős T., Specziár A., Sály P., Vitál Z., Ferincz Á. **2015**. Population Genetic Patterns of Threatened European Mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) in a Fragmented Landscape: Implications for Conservation Management. PLoS ONE 10(9): e0138640. doi:10.1371/journal.pone.0138640.
- Tatár S., Sallai Z., Demény F., Urbányi B., Tóth B., Müller T. **2010**. Lápi póc Fajvédelmi Mintaprogram. Halászat 103(2): 70–75.
- Tatár S. **2017a**. Mintaprogram a lápi póc (*Umbra krameri* WALBAUM, 1792) in situ és ex situ védelmének megalapozására. SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola, Gödöllő.
- Tatár S., Bajomi B., Specziár A., Tóth B., Müllerné Trenovszki M., Urbányi B., Müller T. **2017b**. Habitat establishment, captive breeding and conservation translocation to save threatened populations of the Vulnerable European mudminnow *Umbra krameri*. Oryx 51(4): 718-729. doi:10.1017/S0030605316000533.
- Tóthmérész B. **2011**. Diverzitás és mérése. Debreceni Egyetemi Kiadó, 131 pp.

## **A BUSÁK HORGÁSZATÁNAK HELYZETE MAGYARORSZÁGON**

**VITÁL Zoltán<sup>1</sup>, JUHÁSZ István<sup>2</sup>, MOZSÁR Attila<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, 5540 Szarvas, Anna-liget utca 35. email: vital.zoltan@uni-mate.hu

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Gödöllő, 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1. (egykori hallgató)

<sup>3</sup> HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, 8234 Tihany, Klebelsberg K. utca 3.

### **Kivonat**

Jelen vizsgálatban dokumentáltuk az elmúlt évek horgászati fogásainak változását a busák tekintetében, valamint kérdőíves vizsgálatban felmértük, hogy milyen a busák horgászatának helyzete Magyarországon. A busák fogása az elmúlt években tovább emelkedett, 2023-ra meghaladta a 115 tonnát országosan. A fiatalabb horgászok általában nagyobb arányban horgásznak busára a horgászhelyükön, mint az idősebbek, ők általában jobban ismerik a módszereket, és a busákból készült ételeket is kisebb arányban utasítják el, mint az idősebb horgászok. A busára horgászók fő motivációit a megfogásuk sportértéke és a busából készült ételek szeretete adja. Eredményeink alapján további jelentős potenciál van a busák horgászatán keresztül a gyérlésében, hiszen a kérdőívet kitöltő válaszadók jelentős része nem ismeri a busák horgászatának módszereit, aki viszont ismeri, és horgászik busákra, az általában jó sporthalnak tartja.

**Kulcsszavak:** busa, horgászat, kérdőív

### **Abstract**

In the present study, we documented the changes in catches of bigheaded carps (*Hypophthalmichthys* spp.) in recent years, and conducted a questionnaire survey to assess the status of bigheaded carp fishing in Hungary. Catches of bigheaded carps have continued to rise in recent years, surpassing 115 tons nationwide by 2023. Younger anglers generally fish for these species more frequently at their fishing locations compared to older anglers. They also tend to be more familiar with the appropriate fishing techniques and are less likely to reject dishes prepared from bigheaded carps than older anglers. The primary motivations for targeting bigheaded carps are the sport value of catching them and the appreciation of meals made from their meat. Based on our results, there remains significant potential for reducing their population through recreational fishing. A considerable proportion of respondents are unfamiliar with the techniques for catching bigheaded carps; however, those who do know them and fish for them generally consider them good sport fish.

**Keywords:** bigheaded carp, recreational fisheries, questionnaire

## Bevezetés

A horgászat Magyarországon rendkívül népszerű szabadidős kültéri tevékenység. A regisztrált horgászok száma 2024-ben átlépte az 1 millió főt, bár az aktív horgászok száma ennek nagyjából a fele (URL1). Ez a nagyjából 5%-os lakosság arány jól illeszkedik a környező fejlett országok statisztikáiba (Arlinghaus és mtsai., 2015). A magyar horgászok célfaja elsősorban a ponty, a fogások kétharmadát általában ez a halfaj teszi ki (URL2).

A busa fajok (fehér busa *Hypophthalmichthys molitrix*, pettyes busa *H. nobilis* és hibridjeik) Magyarországon minden közepes vagy annál nagyobb folyóban, csatornában, tavakban előfordulnak (Vitál és mtsai., 2024). Idegenhonos halfajok, melyek eredeti élőhelye a kelet-ázsiai nagy folyókban van (Kolar és mtsai., 2007). Elsősorban a táplálkozásukkal hatnak negatívan az őshonos halfajok állományaira, ugyanis mindkét faj nagy mennyiségben fogyaszt zooplankton, mely minden őshonos halfajunk ivadékának fő tápláléka (Vitál és mtsai., 2015, Mozsár és mtsai., 2017). Egy észak-amerikai hosszútávú kutatás során megállapítást nyert, hogy a fehér busák mennyisége egyértelmű negatív kapcsolatban volt a horgászattal hasznosítható halfajok felnőtt állományának méretével, melyért az ivadékkori túlélés csökkenése felelős (Chick és mtsai., 2020). Már csak emiatt is, a fenntartható horgász célú halgazdálkodás elérése érdekében nélkülözhetetlen a busák mennyiségének csökkentése. A busák gyérítését természetvédelmi kezelések, kereskedelmi halászatok és horgászfogások tudják csökkenteni. Magyarországon a természetvédelmi kezelések alacsony foka és a kereskedelmi halászat 2016-os megszüntetése miatt a horgászfogás lett a fő eltávolító. Szelektív busahalászat jellemzően zárt tavakban, holtágakban fordul elő jelentős mennyiségben, ahol természetes utánpótlás esélye kicsi, szemben a folyóvizekkel, ahol rendszeresen detektálnak nagy mennyiségben busaivadékokat (pl.: Sallai és Sallai 2019, 2020, Nyeste és Kiss 2021)

A busák horgászata az elmúlt közel két évtizedben látványos változáson ment keresztül. Vitál és mtsai (2022) az Országos Halgazdálkodási Adattár (OHA) adataira hivatkozva megfigyelték, hogy a busák fogásában 2007 és 2012 között egy folyamatos emelkedés volt megfigyelhető, melynek csúcán 25,3 tonnát tett ki a horgászok által rögzített busafogás. Ebből az emelkedésből az adatok hiánya miatt nem látható dinamikával csökkenés következett be. Az ezt követően újra részletesen gyűjtött adatok 2016-2018 között 10-12 tonna éves fogás környéki stagnálást mutattak, ami 2019-ben 30 tonnára, 2020-ban 36,5 tonnára emelkedett (Vitál és mtsai., 2022). Ez időszak során a természetes víztesteken történő kereskedelmi halászat megszűnésével a halászati gyérítés mennyisége is jelentősen visszaesett (Vitál és mtsai., 2022).

Ezért jelen vizsgálatban célul tűztük ki, hogy dokumentáljuk a 2021 óta elmúlt években bekövetkezett busa horgászati fogásváltozásokat, valamint kérdőíves vizsgálatban felmérjük a busahorgászati szokásokat Magyarországon. A kérdőíves vizsgálatban a következő kérdésekre kerestük a válaszokat: Kikre jellemző a busahorgászat? Miért vagy miért nem horgásznak célzottan busára? Mennyi halat visznek el? Mit gondolnak a gyérítési lehetőségekről?

## Anyag és módszer

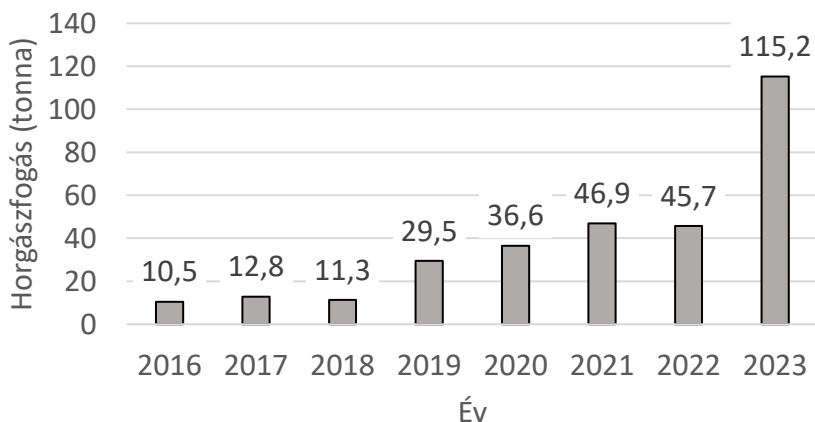
A busák fogásának változását az Országos Halgazdálkodási Adattárban (NÉBIH) található fogási adatok segítségével mértük fel.

A kérőíves vizsgálatot 2020-2021 között végeztük 29 különböző horgászat tematikus Facebook csoportban. A Google Forms-ban elkészített kérdőíveket négy különböző alkalommal osztottuk meg a csoportokban (2020.11.25, 2020.12.02, 2021.04.04, 2021.09.07).

## Eredmények és következtetések

### *Busa horgászfogás változás*

A busák fogása 2021 és 2023 között tovább emelkedett. Bár 2022-ben minimális visszaesés volt megfigyelhető (46,9 tonnáról 45,7 tonnára), viszont a 2023-as adatok ennek 2,5-szeresére emelkedtek, amivel meghaladta az összfogás a 115 tonnát (1. ábra). Összességében elmondható, hogy a fogásnaplókba bekerülő busa fogások össz mennyisége 2023-ban a 2016-2018-as évi adatoknak (10,5-12,8 tonna) a tízszeresére emelkedett (1. ábra). Jól látható, hogy a busák horgászata évről évre egyre népszerűbb, és az eltávolított mennyiség ezáltal folyamatosan emelkedik. Az eltávolítás további jelentős fokozása viszont fontos feladat, ezért az busa horgászok alapvető megismerésének, és a további népszerűsödés lehetséges irányának felmérését a kérdőíves vizsgálatunkban végeztük el.



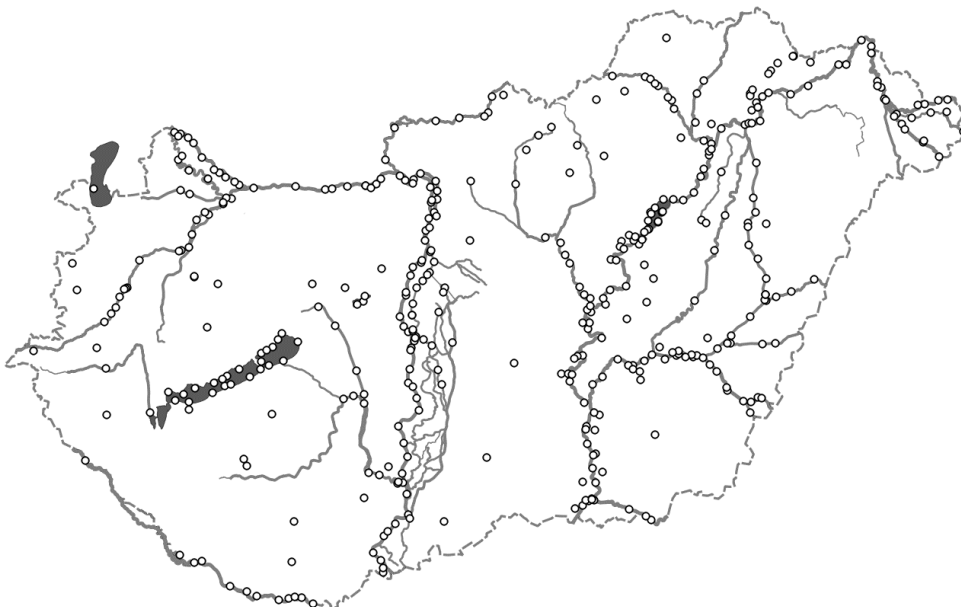
1. ábra. A busa fajok horgászfogásainak változása éves bontásban.

### *Kérdőív*

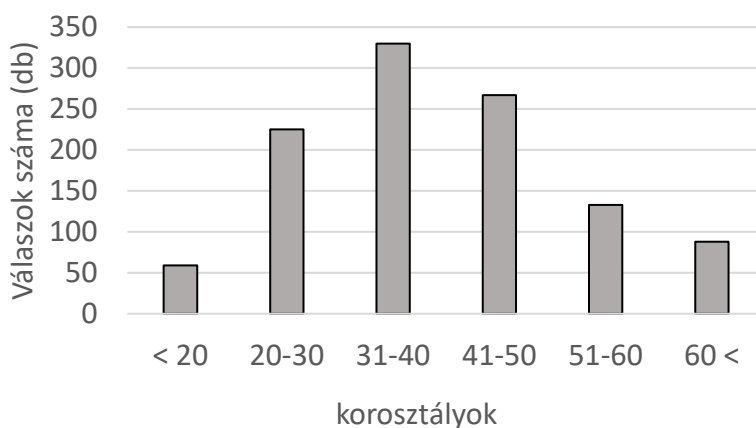
#### A kitöltők általános jellemzése

A kérdőív kitöltési időszakában 1234 kitöltés érkezett, a válaszok lefedték az ország jelentős részét (2. ábra). A kérdőívet kitöltők mindössze 2%-a volt nő. A kitöltők legnagyobb részben 31-40 éves korcsoportba tartoztak, mely a fiatalabb és idősebb korcsoportok felé egyenletesen csökkent (3. ábra). A válaszadók helyismeretére

jellemző, hogy közel 50%-uk (611 kitöltő) több mint 10 éve horgászik az adott horgászhelyen, 23%-uk (289) 3-10 éve, és 20%-uk (252) 1-3 éve, 82 fő pedig kevesebb, mint 1 éve. A legtöbben 31-80 alkalommal horgásznak az adott helyen (414 kitöltő, 34%), ezt a 11-30 alkalom követi (383, 31%), majd a 80 alkalmat meghaladó horgásznapiok száma (282, 23%). Százötvenöt fő válaszolta azt, hogy 1-10 alkalommal horgászik az adott helyen (13%). Ezek alapján elmondható, hogy a horgászok az általuk jelzett víztesteket általában jól ismerik.



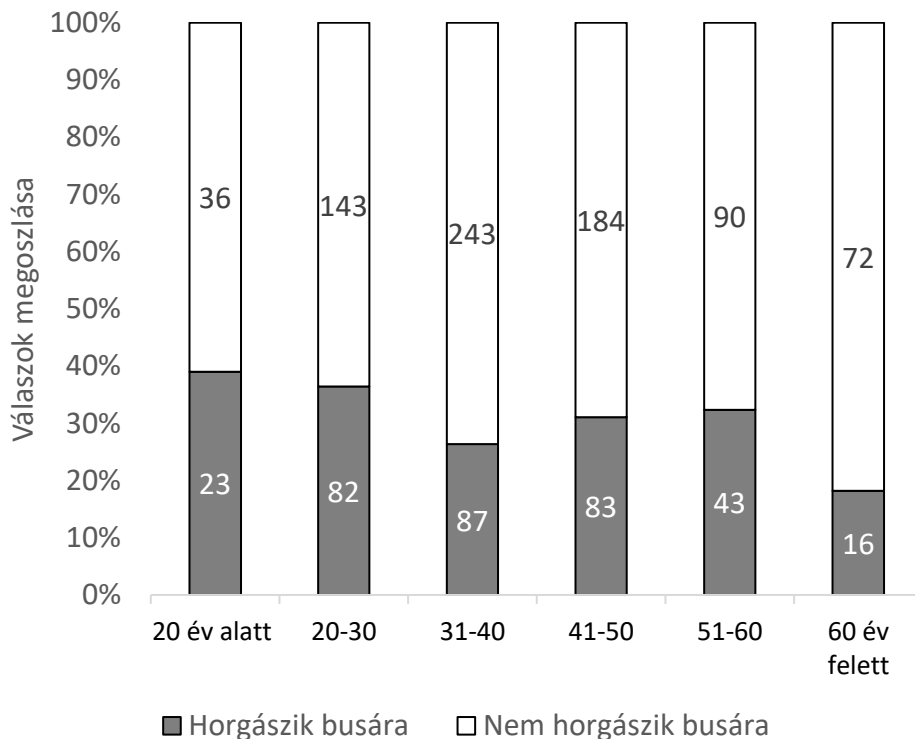
2. ábra. A kérdőívben jelentett horgászhelyek területi eloszlása Magyarországon. Minden kör egy-egy kitöltési helyszínt jelent. Egy helyszín több kitöltésben is szerepelhet.



3. ábra. A kérdőívet kitöltők korcsoportos megoszlása.

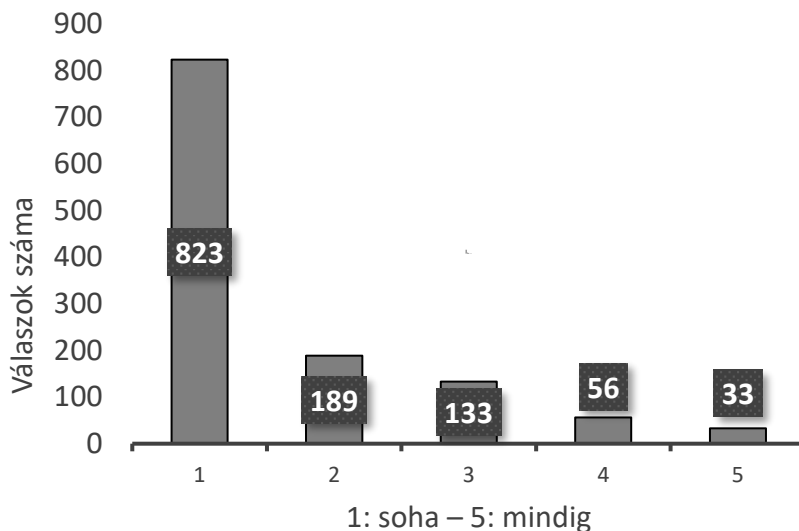
## Busahorgászati szokások

A kitöltők 31%-a válaszolta azt, hogy horgászik busákra. Ennek korcsoporti megoszlását tekintve elmondható, hogy a fiatalabb horgászok általában nagyobb arányban horgásznak busára a horgászhelyükön, mint az idősebbek (4. ábra). A legkisebb arányban a 60 év felettek horgásznak busára. Ez adódhat abból, hogy az idősebb horgászok már nehezebben nyitnak új módszerek felé, míg a fiatalok gyakrabban.



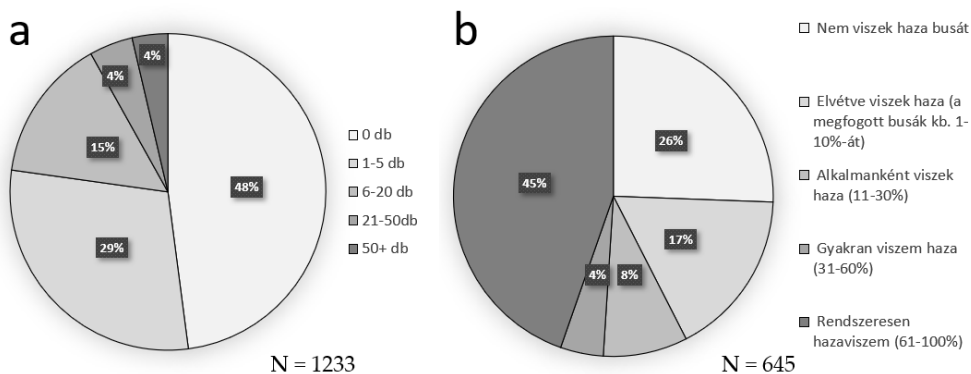
4. ábra. A busa horgászatának korcsoporti eloszlása. Az oszlopokban látható számok a válaszok számát jelölik.

Arra a kérdésre, hogy milyen gyakran horgásznak busára, a kitöltők 67%-a (823 válaszadó) úgy válaszolt, hogy soha, míg 33 kitöltő (3%) nyilatkozott úgy, hogy mindig busára horgászik. A három köztes értéknél a busahorgászat gyakoriságával csökken az adott választ választók száma (5. ábra).



5. ábra. A válaszadók busahorgászati szokásai gyakoriság szerint.

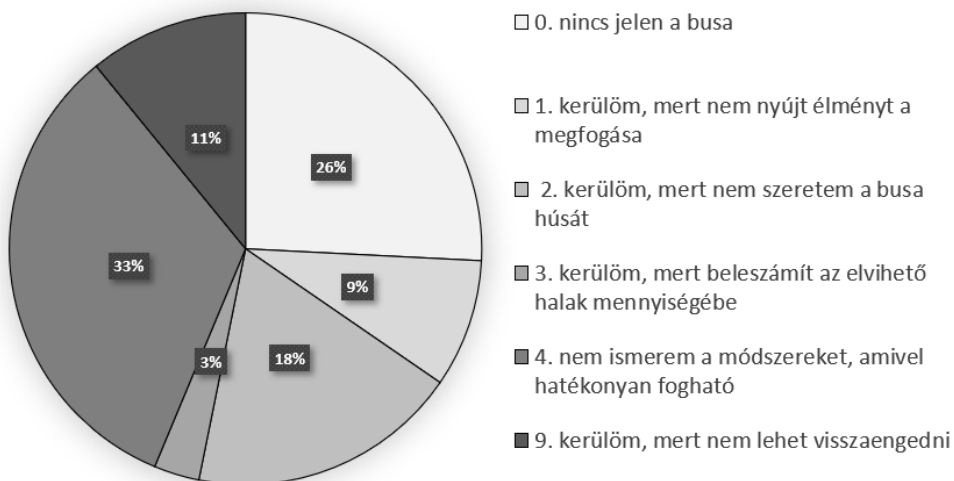
Az évente átlagosan kifogott busák mennyiségére vonatkozó kérdésre a horgászok 48%-a azt a választ adta, hogy egyáltalán nem fog busát, 29%-uk évente átlagosan néhányat fog (1-5 db), 15%-uk 6-20 darab busát, míg 21-50 és 50-nél több busát 4-4%-uk fog ki (6a. ábra.). A busát fogók között a horgászok 45%-a rendszeresen haza is viszi a kifogott busákat (61-100%-a a kifogott busáknak), míg 26%-uk egyáltalán nem visz haza busát, 17%-uk elvétele (1-10%), 8%-uk alkalmanként (11-30%) és 4%-uk gyakran (31-60%) viszi haza a kifogott busát (6b. ábra). Mivel a busák inváziós fajok, ezért visszaengedésüket törvény tiltja, viszont a külső akadás esetén a halat megtartani nem lehet, függetlenül attól, hogy inváziós-e vagy sem 133/2013. (XII. 29. VM rendelet). Ezét lehetséges, hogy sokan a véletlenül, például pergetés közben megfogott busát visszaengedik, de vélhetően jelentős szerepe van a „catch and release” horgászat egyre nagyobb térnyerésének abban, hogy a második leggyakrabban jelölt válasz a „nem viszek haza busát” válasz volt. Emiatt érdemes lenne felülvizsgálni a jelenlegi törvényt, hogy semmiképpen se lehessen visszaereszthető az inváziós halfaj, emellett pedig a jelenlegi szabályozás fokozott betartatása is fontos feladat a halgazdálkodók felé.



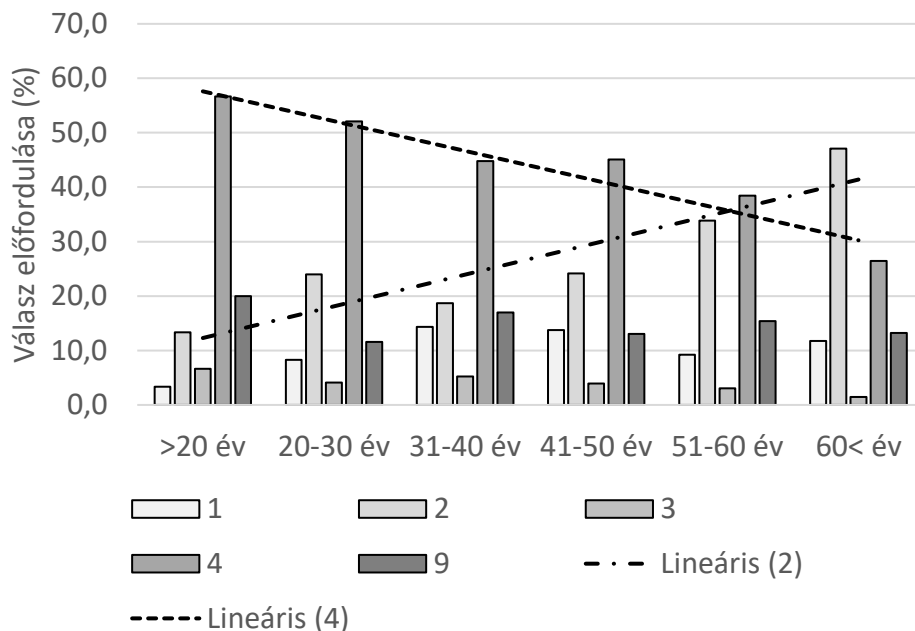
6. ábra. a kérdőívet kitöltő horgászok busa fogásának mennyiségi jellemzői (a), valamint a kifogott busák hazavitelének szokásai a busát fogó kitöltők között (b).

### Busa horgászat motivációi

A busára nem horgászók közül a legtöbben (33%) a saját bevallásuk szerint azért nem horgásznak busákra, mert nem ismerik a módszereket, amivel hatékonyan fogható (7. ábra). Ezt követte a „nincs jelen a busa” válasz, ezt a válaszadók 26%-a adta válaszul. Egyesek kerülnek, mert nem szeretik a busa húsát (18%), mások kerülnek, mert nem lehet visszaengedni (11%), és olyanok is vannak, akik azért kerülnek, mert beleszámít az elvihető halak mennyiségébe (3%) (7. ábra). Ha ezt megvizsgáljuk korcsoportonként, akkor látható, hogy kifejezett trend a horgász módszerek ismeretében, és a busának, mint ételnek az elutasításában található (8. ábra). A válaszok alapján általánosan elmondható, hogy minél idősebb a horgász, annál valószínűbb, hogy úgy ítéli meg, hogy nem ismeri a megfelelő módszereket ahhoz, hogy busát fogjon. Ugyanígy, minél idősebb a kitöltő, annál inkább választotta azt a választ, hogy nem horgász rá, mert nem szereti a belőle készült ételeket (8. ábra).

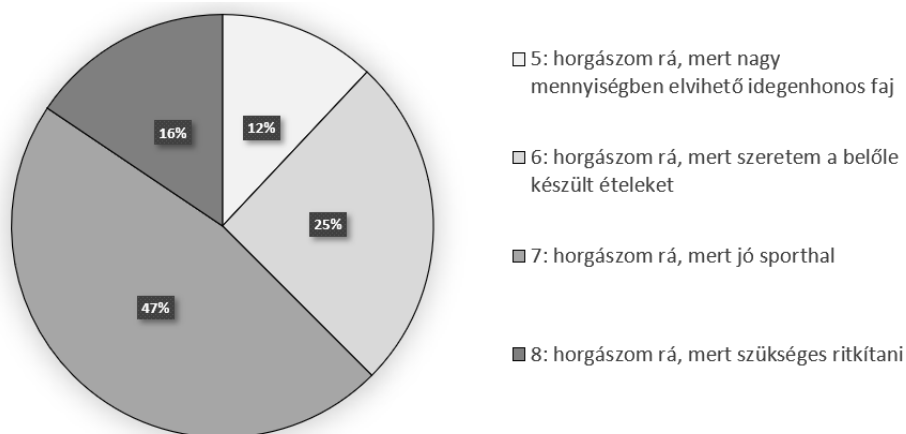


7. ábra. A célzottan busára nem horgászók okai.

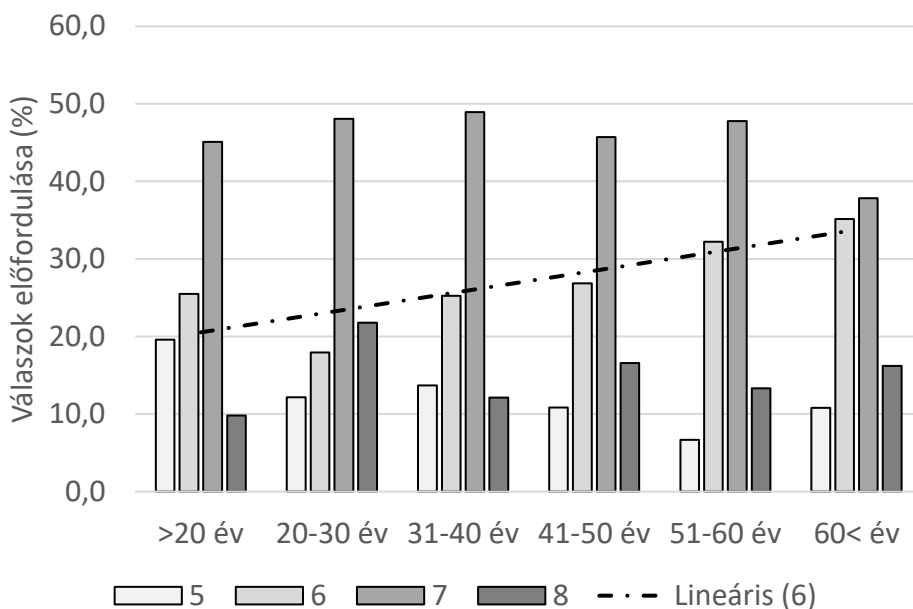


8. ábra. A célzottan busára nem horgászók okai és korcsoporti eloszlása. Az x tengelyen az adott válasz sorszámja látható: 1: kerülöm, mert nem nyújt élményt a megfogása, 2: kerülöm, mert nem szeretem a busa húsát, 3: kerülöm, mert beleszámít az elvihető halak mennyiségébe, 4: nem ismerem a módszereket, amivel hatékonyan fogható, 9: kerülöm, mert nem lehet visszaengedni

A busára horgászók között az elsődleges motiváció a busa horgászatának sportértéke (47%), de sokan szeretik a busából készült ételeket (25%), a kitöltők 16%-a azért is horgász rájuk, mert szükséges a ritkításuk, 12%-uk pedig azért, mert nagy mennyiségben elvihető idegenhonos halfaj (9. ábra). A korcsoportokat tekintve egy válaszban láthatunk egyértelmű trendet: minél idősebb a horgász, annál inkább szereti a busából készült ételeket (10. ábra). Ez látszólag ellentétben áll az előző kérdésben felfedezett trenddel. A 60 év feletti horgászok 47%-a nem szereti a busából készült ételeket, míg a 35%-uk igen. Ezzel szemben a 20 év alattiak 13%-a nem szereti a busából készült ételeket, és 26%-uk szereti. Vagyis míg a 60 év felettek 82%-a a válaszában megjelölt valamilyen étkezéssel kapcsolatos állítást, addig a 20 alatti korosztály esetén mindössze 39% ugyanez. Vagyis minél idősebb a horgász, annál fontosabb neki a horgászhal gasztronómiai értéke.



9. ábra. A busára célzottan horgászók okai.



10. ábra. A célzottan busára horgászók okai és korcsoporti eloszlása. Az x tengelyen az adott válasz sorszáma látható: 5: horgászom rá, mert nagy mennyiségben elvihető idegenhonos faj, 6: horgászom rá, mert szeretem a belőle készült ételeket, 7: horgászom rá, mert jó sporthal. 8: horgászom rá, mert szükséges ritkítani

### Gyérítés

A kérdőívet kitöltők 46%-a csak a horgászatban látja a busa fajok gyérítésének megoldását. Kizárólag a halászatot a kitöltők 33%-a választotta, míg azt a választ, hogy a horgászat és a halászat együtt jelenti a gyérítés lehetőségét, 21% választotta. Ebben a kérdésben azt szerettük volna felmérni, hogy az általánosnak hitt horgász-halász ellentét mennyire élő ellentét. A válaszok alapján a kitöltők 54%-a nem utasítja el az

ökológiai célú halászatot, közülük pedig 33% kizárólag ezt tartja megoldásnak. A horgászok jelentős része tart a halászatától, az „egyéb” válaszlehetőségben megadott válaszok ezt jól példázzák, általában a rossz tapasztalatok, előítéletek, de sokszor a „zsákamányféléts” jelenik meg itt. Ebben a válaszlehetőségben sok egyéb ötletet is írtak a busák mennyiségének csökkentésére. A következőket említették a leggyakrabban: A busák halastavi termelésének teljes tiltása; ragadozók betelepítése; étkezési felhasználás növelése, pl.: közétkeztetés; kedvezményes célzott busa horgászjegy bevezetése; busa fogó versenyek szervezése; különféle jutalmak adása, melyek meghatározott mennyiségű busa fogások után járnának.

## Összefoglalás

Magyarországon 2019 óta jelentősen megnövekedett a kifogott busák mennyisége, és ez az emelkedés folyamatos. A busára horgászók kifejezetten fontosnak tartják a jó sportélményt, és a busából készült ételeket is szeretik. A busára nem horgászó válaszadók egy harmada nem ismeri a módszereket, melyekkel a busák könnyen megfoghatóak. Amennyiben ez a jelentős tömeg megismeri a busák horgászatát, akkor a sportélmény, és a busából készült ételek megtarthatják őket a busahorgászok között, mely jelentős hozzájárulás lehet a busák gyérítésében.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Tóth Flórián, Mozsár János és Halasi-Kovács Béla felé, akik véleményeikkel javították a kérdőívet.

## Irodalomjegyzék

- Arlinghaus R, Tillner R, Bork M **2015**. Explaining participation rates in recreational fishing across industrialised countries. *Fisheries Management and Ecology* 22: 45–55. <https://doi.org/10.1111/fme.12075>
- Chick JH, Gibson-Reinemer DK, Soeken-Gittinger L, Casper AF **2020**. Invasive silver carp is empirically linked to declines of native sport fish in the Upper Mississippi River System. *Biological Invasions* 22: 723–734. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02124-4>
- Kolar CS, Chapman DC, Courtenay WR, Housel CM, Williams JD, Jennings D. **2007**. American Fisheries Society Special Publication Bigheaded Carps— A Biological Synopsis and Environmental Risk Assessment: 208 pp. <https://doi.org/10.1643/OT-09-041>
- Mozsár A, Specziár A, Battonyai I, Borics G, Görgényi J, Horváth H, Présing M, G.-Tóth L, Vítál Z, Boros G **2017**. Influence of environmental factors and individual traits on the diet of non-native hybrid bigheaded carp (*Hypophthalmichthys molitrix* × *H. nobilis*) in Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia* 794: 317–332. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3137-z>
- Nyeste K, Kiss B **2021**. A fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) ívása és ivadé -kainak tömeges jelenléte a Hortobágy folyó vízrendszerén. *Halászat* 114: 13.
- Sallai Z, Sallai M **2019**. A fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) és az amur (*Ctenopharyngodon idella*) ívása a Körös alsó szakaszán. *Halászat* 112: 108.

- Sallai Z, Sallai M **2020**. Változások a halközösség összetételében a Körös békésszentandrás duzzasztó alatti szakaszán ( 2009 , 2019 ) Changes in the fish communities on the lower reach of the River Körös under the riverdam of Békésszentandrás ( 2009 and 2019 ). *Pisces Hungarici* 14: 15–32.
- Vital Z, Halasi-Kovács B, Mozsár A **2022**. A busák gyérítésének helyzete Magyarországon - Horgászat vagy Ökológiai halászat? / Control of bigheaded carps in Hungary. *Halászatfejlesztés* 39: 92–97.
- Vital Z, Chapman DC, Sallai M, Mozsár A **2024**. Themed Social Networking Groups as Effective Sources of Data: A Country-wide Survey on Invasive Bigheaded Carp (*Hipophthalmichthys molitrix* and *H. nobilis*) Detection and Distribution. *Citizen Science: Theory and Practice* 9: 1–14. <https://doi.org/10.5334/cstp.780>
- Vital Z, Specziár A, Mozsár A, Takács P, Borics G, Görgényi J, G.-Tóth L, Nagy SA, Boros G **2015**. Applicability of gill raker filtrates and foregut contents in the diet assessment of filter-feeding Asian carps. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 187: 79–86. <https://doi.org/10.1127/fal/2015/0698>
- URL1:<https://pecaverzum.hu/aktualis/atlepte-az-egymilliot-a-regisztralt-horgaszok-szama-magyarorszagon>
- URL2:[https://www.agroinform.hu/erdo\\_vadgazdalkodas/a-balaton-vezeti-az-allovizek-2023-as-halelviteli-statisztikajat-74571-001?utm](https://www.agroinform.hu/erdo_vadgazdalkodas/a-balaton-vezeti-az-allovizek-2023-as-halelviteli-statisztikajat-74571-001?utm)

## A MENYHAL (*LOTA LOTA*) MIKROMŰANYAG-SZENNYEZETTSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A FELSŐ-TISZÁN

NAGY László<sup>1,2</sup>, UZOCHUKWU Ifeanyi Emmanuel<sup>1,2</sup>, SOMOGYI Dóra<sup>1</sup>,  
PÁSZTOR Angéla<sup>1</sup>, ANTAL László<sup>1,3</sup>, YANCHEVA Vesela<sup>4</sup>, CSARNOVICS István<sup>5</sup>,  
NYESTE Krisztián<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.,  
e-mail: nagy.laszlo@science.unideb.hu

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium,  
4032 Debrecen Egyetem tér 1.

<sup>4</sup> Plovdivi Egyetem, Ökológiai és Környezetvédelmi Tanszék, Bulgária,  
4000 Plovdiv, Tsar Assen u. 24

<sup>5</sup> Debreceni Egyetem, TTK, Kísérleti Fizikai Tanszék 4026 Debrecen, Bem tér 18.

### Kivonat

2022 augusztusában a Felső-Tiszából gyűjtött menyhalak (*Lota lota*) szerveiben (tápcsatorna, kopoltyú, máj, izom) vizsgáltuk a mikroműanyag-szennyezettséget. A minták emésztését 10 w/v%-os KOH-oldattal végeztük, majd vákuumszűréssel izoláltuk a mikroműanyag-részecskéket. A részecskék morfológiai jellemzését sztereomikroszkópos vizsgálattal, kémiai összetételüket RAMAN-spektroszkópiával határoztuk meg. Tíz egyedből összesen 246 mikroműanyag-részecskét azonosítottunk. Az egységnyi tömegre számított mikroműanyag-szennyezettség a kopoltyúban ( $1,88 \pm 1,28$  MPs/g) és a tápcsatornában ( $1,68 \pm 0,69$  MPs/g) volt a legmagasabb, míg a májban és izomszövetben szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk. A szálas részecskék domináltak (83,3%), a leggyakoribb színek a kék (37,4%), zöld (19,5%) és átlátszó (15,4%) voltak. Méret szerint a kisebb (<500  $\mu$ m) részecskék aránya volt a legnagyobb (41,9%). Előzetes RAMAN-analízis alapján a mikroműanyagok döntő része textilszármazék (pamut, festett cellulóz, poliuretán) volt, de polipropilén (PP), polietilén-tereftalát (PET) és polivinil-klorid (PVC) eredetű részecskéket is kimutattunk. Eredményeink rámutatnak, hogy a kopoltyú és tápcsatorna közvetlen felvételi területként játszik szerepet a mikroműanyagok bejutásában, és bár a máj és izom szennyezettsége alacsonyabb, jelenlétük így is élelmiszerbiztonsági kockázatot jelenthet. További vizsgálatok szükségesek eltérő táplálkozású és habitatpreferenciájú halfajok bevonásával.

**Kulcsszavak:** bioakkumuláció, bioindikátor, mikroműanyag, RAMAN-spektroszkópia

### Abstract

In August 2022, we investigated microplastic contamination in the organs (gastrointestinal tract, gills, liver, muscle) of burbot (*Lota lota*) specimens collected from the Upper Tisza River. Samples were digested using a 10 w/v% KOH solution,

and microplastic particles were isolated by vacuum filtration. Morphological characterization was performed under a stereomicroscope, and chemical composition was determined using RAMAN spectroscopy. A total of 246 microplastic particles were identified from ten individuals. The highest microplastic burden per unit tissue mass was detected in the gills ( $1.88 \pm 1.28$  MPs/g) and gastrointestinal tract ( $1.68 \pm 0.69$  MPs/g), while significantly lower amounts were found in the liver and muscle. Fiber-shaped particles dominated (83.3%), with blue (37.4%), green (19.5%), and transparent (15.4%) colors being the most common. The majority of particles were smaller than 500  $\mu\text{m}$  (41.9%). Preliminary RAMAN analysis indicated that most microplastics originated from textile sources (cotton, dyed cellulose, polyurethane), but polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), and polyvinyl chloride (PVC) were also detected. Our findings highlight that the gills and gastrointestinal tract act as primary entry points for microplastics, and although contamination levels in the liver and muscle were lower, their presence still poses a potential food safety risk. Further studies involving fish species with different feeding habits and habitat preferences are recommended.

**Keywords:** bioaccumulation, bioindicator, microplastic, RAMAN spectroscopy

## Bevezetés

A mikroműanyag-szennyezés napjaink egyik legsúlyosabb környezeti kihívása, azonban a mikroműanyagok élőlényekre gyakorolt hatásairól még mindig csak korlátozott mennyiségű információ áll rendelkezésre. A szervezetbe jutva a mikroműanyagok gyulladással járó folyamatokat, enzimaktivitás-változásokat, valamint növekedési és szaporodási rendellenességeket idézhetnek elő, továbbá képesek különböző toxikus anyagokat és mikroorganizmusokat is megkötni (Xi és mtsai., 2022).

Korábbi vizsgálatok (Kiss és mtsai., 2021, 2022, 2024) igazolták, hogy a Felső-Tisza vízének és üledékének mikroműanyag-terheltsége kiemelkedően magas, átlagos értékei a Temze folyóban mért szintek többszörösét is meghaladják. A főbb szennyezésforrások közé a szennyvízbevezetések és az illegális hulladéklerakók tartoznak (Bordós és mtsai., 2019; Kiss és mtsai., 2021, 2022, 2024). A környezeti mintákban tapasztalt magas mikroműanyag-koncentráció ellenére azonban jelenleg kevés információ áll rendelkezésre arról, hogy a vízi élőlények, különösen a halak szervezetébe milyen mértékben épülnek be ezek a szennyeződések.

A halak, mint a táplálékhálózatok magasabb szintjein elhelyezkedő fajok, ideális bioindikátorok a vízi ökoszisztémák szennyezettségi állapotának értékelésére (Nyeste és mtsai., 2019, 2024). Emellett Magyarországon több mint 1 millió regisztrált horgász van, akik közül sokan rendszeresen fogyasztanak természetes vizekből származó halakat, ezért a halak mikroműanyag-szennyezettsége élelmiszerbiztonsági és közegészségügyi szempontból is kiemelt jelentőségű.

Kutatásunk célja a Felső-Tiszából származó menyhal [*Lota lota* (Linnaeus, 1758)] szerveiben (tápcsatorna, kopoltyú, máj, izom) felhalmozódó mikroműanyagok mennyiségi, morfológiai és kémiai jellemzése volt.



## Anyag és módszer

2022. augusztus 3-án tíz darab, 22,0 és 26,6 cm közötti standard testhosszú menyhalat gyűjtöttünk a Felső-Tiszából, Tiszabecs közelében. A mintavételt csónakból végeztük Hans Grassl EL64 II GI típusú, aggregátoros, egyenárammal működő kutatói halászgép segítségével. A halakat a laboratóriumi vizsgálatok megkezdéséig  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, mélyhűtőben tároltuk.

A feltárás előtt minden egyednél meghatároztuk a testtömeget és a standard testhosszt. A boncolás során kizárólag steril fémeszközöket használtunk. A tápcsatorna, a máj, az izomzat és a kopoltyú kireparálása után a szervek nedves tömegét precíziós mérleggel mértük meg.

A szövetmintákat 10 w/v%-os KOH-oldattal emésztettük  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, 24 órán keresztül, majd a mikroműanyag-részecskéket vákuumszűréssel szeparáltuk. A szűrőpapíron visszamaradt részecskéket sztereomikroszkóp alatt morfológiai vizsgálatnak vetettük alá, szín, forma és méret szerint csoportosítva őket. Az egyes morfológiai típusokból kiválasztott mikroműanyagok kémiai összetételét RAMAN-spektroszkópiával határoztuk meg (Saad et al. 2022).

Az adatsoportok normalitását Shapiro–Wilk-tesztel ellenőriztük, a varianciahomogenitást pedig Levene-tesztel vizsgáltuk. Mivel az adatok nem követték a normáeloszlást (Shapiro–Wilk-teszt,  $p < 0,05$ ), az egyes mintacsoportok mikroműanyag-tartalmának összehasonlítására a nemparaméteres Kruskal–Wallis-tesztet, valamint Mann–Whitney-féle többszörös összehasonlító próbát alkalmaztunk.

## Eredmények és következtetések

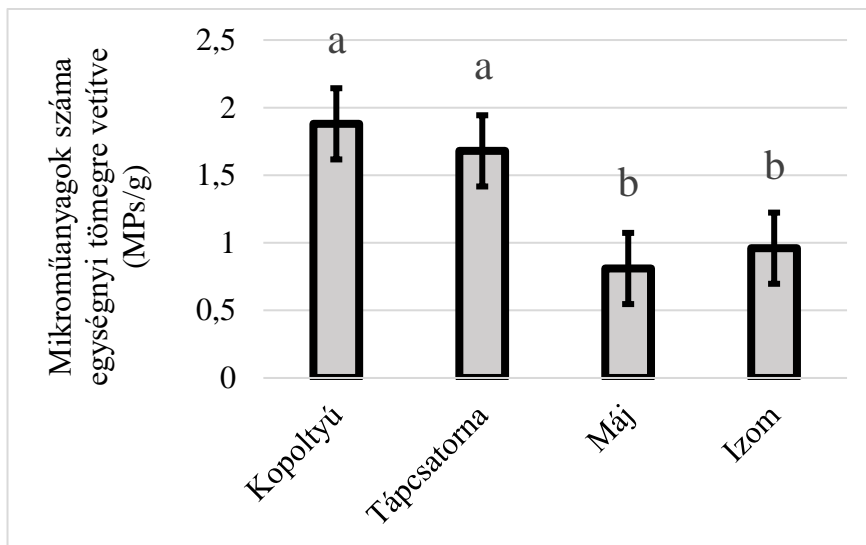
### Mikroműanyagok mennyiségi viszonyai

A feltárt halak morfometriai adatait, valamint az egyes szervek és szövetek tömegét az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A vizsgált menyhalak átlagos standard testhossza (SL, mm), testtömege (g), valamint a mintázott szervek tömege (g). Az adatok átlag  $\pm$  szórás (min–max) formátumban szerepelnek.

Egyedszám	Standard testhossz	Testtömeg	Tápcsatorna tömege	Kopoltyú tömege	Máj tömege	Izom tömege
10	$237 \pm 15,29$ (220–266)	$132,49 \pm 20,77$ (103–173)	$4,08 \pm 0,42$ (3,39–4,92)	$2,41 \pm 0,23$ (2,09–2,89)	$9,43 \pm 0,80$ (6,4–10,1)	$6,02 \pm 0,81$ (4,50–7,13)

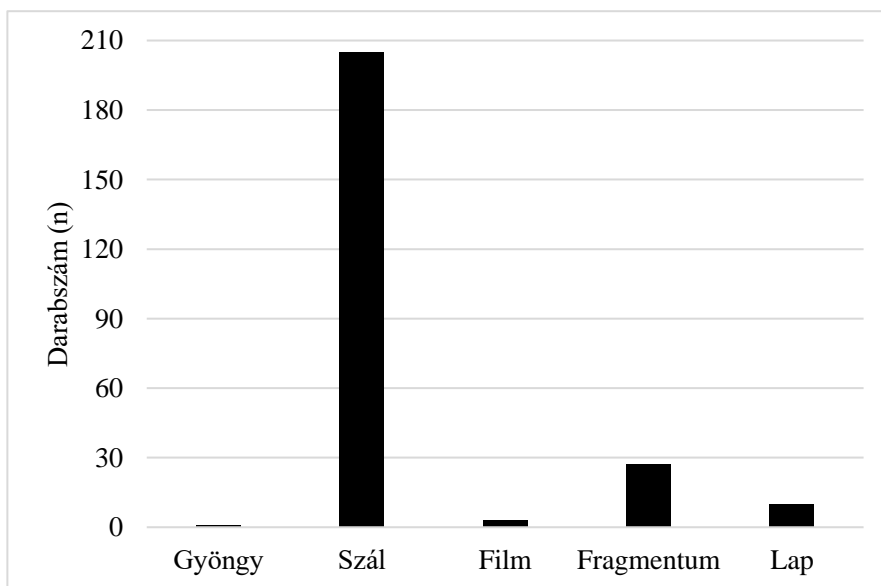
A vizsgálat során összesen 246 mikroműanyag-részecskét azonosítottunk. Az egységnyi tömegre számított mikroműanyag-részecskeszám a kopoltyúban volt a legmagasabb, ezt követte a tápcsatorna, majd az izom és a máj (1. ábra). A Kruskal–Wallis-teszt eredményei alapján a kopoltyú és a tápcsatorna mikroműanyag-tartalma nem különbözött szignifikánsan egymástól ( $p \geq 0,05$ ), hasonlóan a máj és az izom mikroműanyag-tartalmához ( $p \geq 0,05$ ). Ugyanakkor a kopoltyúban és a tápcsatornában mért mikroműanyag-mennyiség szignifikánsan magasabb volt ( $p < 0,05$ ), mint a májban és az izomban detektált értékek (1. ábra).



1. ábra Az egyes szervek mikroműanyag-szennyezettsége egységnyi tömegre számított mikroműanyag-részecskeszám (átlag ± szórás) alapján.  
Megjegyzés: a, b – Az eltérő betűkkel jelölt értékek között szignifikáns különbség mutatkozott (Mann–Whitney-féle többszörös összehasonlító próba,  $p < 0,05$ ).

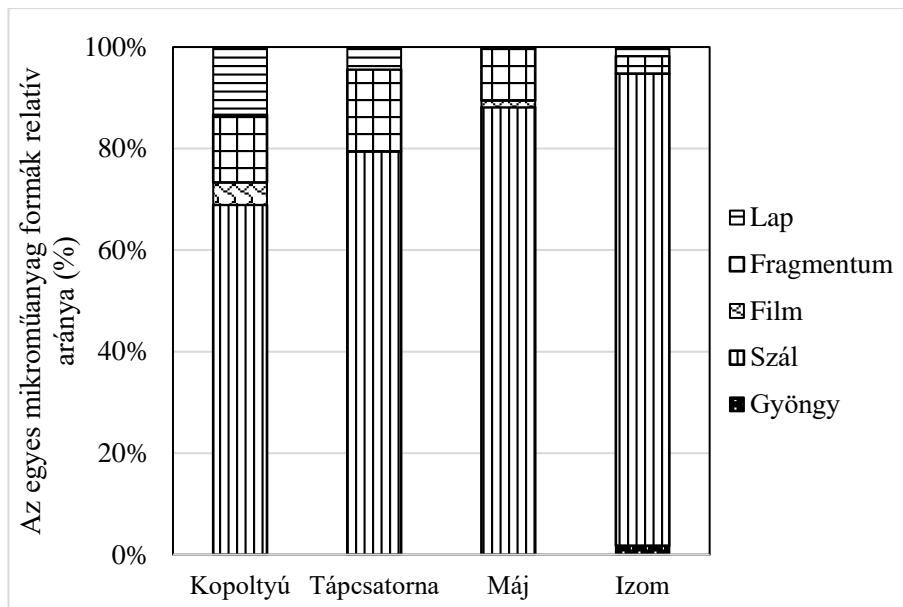
### Mikroműanyagok alak szerinti megoszlása

Az általunk vizsgált mikroműanyagok 83,3%-át ( $n = 205$ ) szálal részecskék alkották, míg a fragmentumok az összes részecske 11%-át ( $n = 27$ ) tették ki. Emellett kisebb arányban gyöngyök, filmek és mikroműanyag-lapok is előfordultak (2. ábra).



2. ábra. A különböző mikroműanyag formák aránya

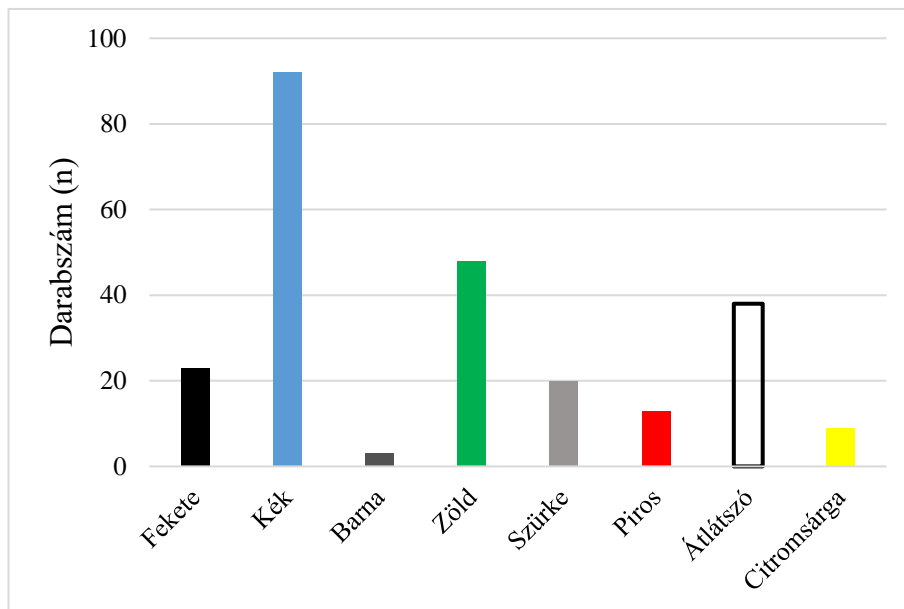
Az összes vizsgált szervben a szálás részecskék domináltak, legnagyobb arányban az izomszövetben (93,0%), míg legkisebb mértékben a kopoltyúban (68,9%) fordultak elő. A második leggyakoribb megjelenési forma a fragmentumoké volt, amelyek legnagyobb arányban a tápcsatornában jelentek meg (16,2%). A lapok és filmek lényegesen kisebb arányban kerültek kimutatásra. Egyetlen gyöngyöt sikerült azonosítani, amely az izomszövetből származott (3. ábra).



3. ábra. A különböző mikroműanyag-formák megoszlása az egyes szervekben

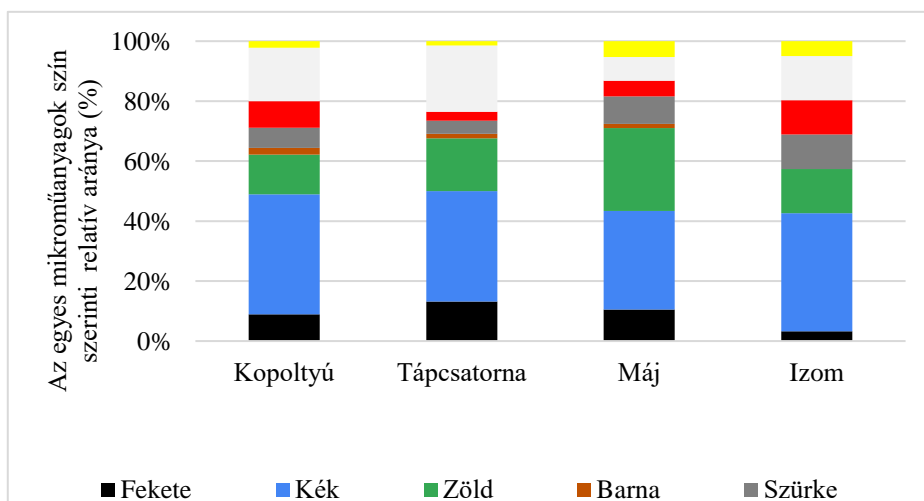
### **Mikroműanyagok szín szerinti megoszlása**

A vizsgált menyhalakból származó mikroműanyag-részecskék közül a kék színűek fordultak elő legnagyobb arányban, az összes azonosított részecske 37,4%-át ( $n = 92$ ) alkotva. Ezt követte a zöld szín (19,5%,  $n = 48$ ) és az átlátszó részecskék (15,4%,  $n = 38$ ) előfordulása (4. ábra). Emellett kisebb arányban fekete (9,3%,  $n = 23$ ), szürke (8,1%,  $n = 20$ ), piros (5,3%,  $n = 13$ ), sárga (3,7%,  $n = 9$ ) és barna (1,2%,  $n = 3$ ) színű mikroműanyag-részecskéket is detektáltunk (4. ábra).



4. ábra. A különböző mikroműanyagok szín szerinti megoszlása

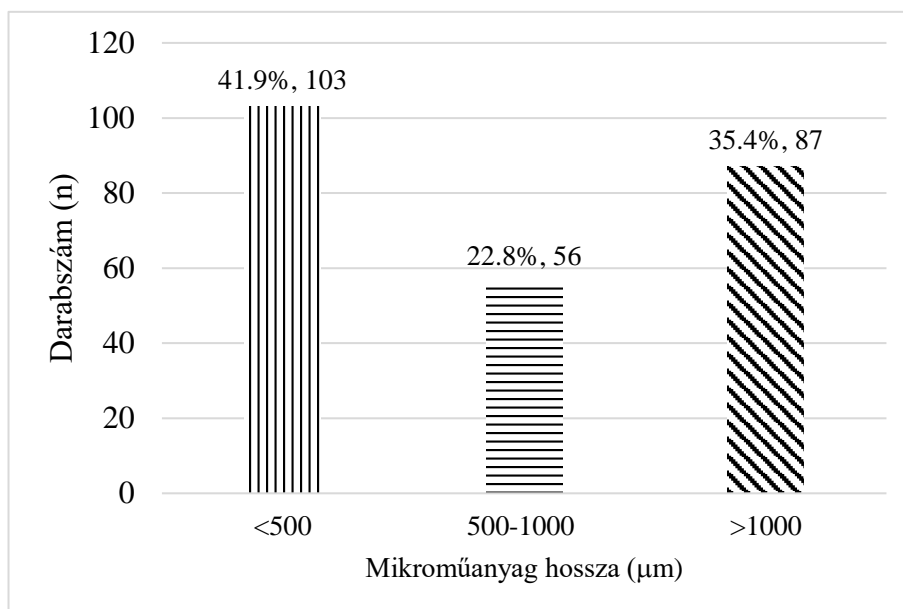
A kék színű mikroműanyagok voltak a leggyakoribbak valamennyi vizsgált szervben, az összes mikroműanyag 32,9–40,0%-át alkotva. A zöld színű részecskék aránya 13,3–27,6% között változott: legkisebb arányban a kopolytúban, legnagyobb arányban a májban detektáltuk őket. Az átlátszó mikroműanyagok a tápcsatornában voltak jelen legnagyobb arányban (22,1%), míg a májban fordultak elő legkisebb mértékben (7,9%). A barna, szürke, piros és sárga színű részecskék minden szervben alacsony arányban voltak jelen; a barna színű mikroműanyagok az izomszövetből teljesen hiányoztak (5. ábra).



5. ábra A mikroműanyag-részecskék szín szerinti megoszlása az egyes szerveken belül

**Mikroműanyagok méret szerinti megoszlása**

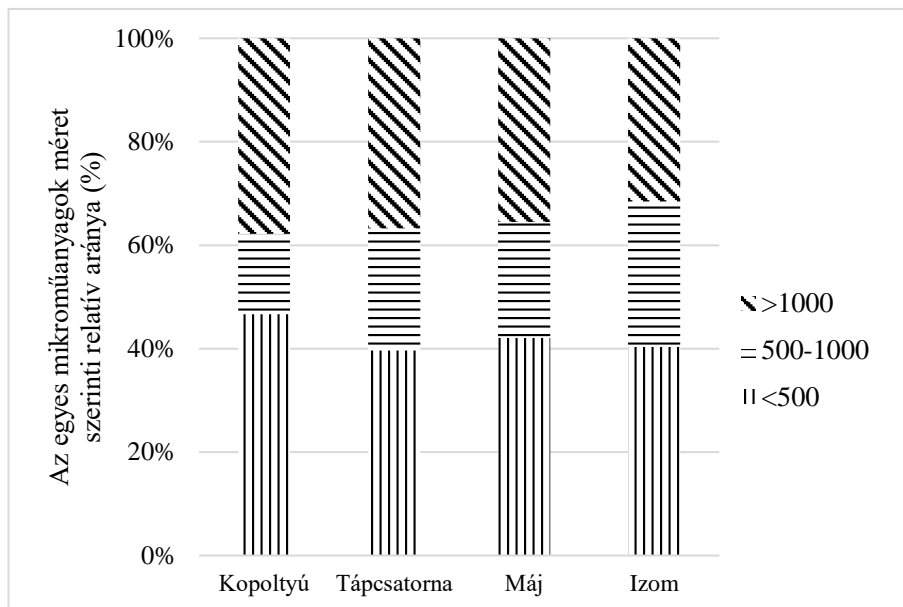
A kisebb méretű (<500 µm) részecskék fordultak elő a legnagyobb arányban, az összes azonosított részecske 41,9%-át (n = 103) alkotva. A közepes méretű (500–1000 µm) és a nagyobb méretű (>1000 µm) részecskék aránya 22,8% (n = 56) és 35,4% (n = 87) volt (6. ábra).



6. ábra. A mikroműanyagok méret szerinti megoszlása

Valamennyi vizsgált szervben a kisebb méretű (<500 µm) részecskék fordultak elő legnagyobb arányban, legmagasabb előfordulási értéket a kopoltyúban (46,7%, n = 17), a legalacsonyabbat pedig a tápcsatornában (39,7%, n = 27) mértük (7. ábra).

A nagyobb méretű (>1000 µm) részecskék mutatták a második legnagyobb arányt: a kopoltyúban 37,8% (n = 17), míg az izomban 31,6% (n = 18) volt az előfordulásuk. A közepes méretű (500–1000 µm) részecskék fordultak elő a legritkábban valamennyi szervben (7. ábra).



7. ábra A mikroműanyagok méret ( $\mu\text{m}$ ) szerinti megoszlása az egyes szervekben

### Raman-spektroszkópia

A mérések és az adatelemzés jelenleg is folyamatban van. Előzetes eredményeink alapján az általunk vizsgált fragmentumok kémiai összetétele alapján a legtöbb részecske pamutot ( $n = 48$ ) vagy festett cellulózt ( $n = 11$ ) tartalmazott. Emellett gyakori volt a poliuretán ( $n = 17$ ) jelenléte is. Továbbá sikerült detektálnunk polipropilén (PP,  $n = 4$ ), polietilén-tereftalát (PET,  $n = 2$ ) és polivinil-klorid (PVC,  $n = 2$ ) alapú mikroműanyagokat is.

### Összefoglalás

A Felső-Tiszából gyűjtött menyhalak mikroműanyag-szennyezettségének vizsgálata során tíz egyedben összesen 246 mikroműanyag-részecskét azonosítottunk. A legszennyezettebb szervek a kopoltyú ( $1,88 \pm 1,28$  MPs/g) és a tápcsatorna ( $1,68 \pm 0,69$  MPs/g) voltak, amelyek mikroműanyag-szennyezettsége között nem találtunk szignifikáns különbséget. A májban és az izomszövetben ezzel szemben szignifikánsan alacsonyabb mikroműanyag-mennyiséget mértünk.

Fontos eredményünk, hogy a mikroműanyagok elsődlegesen a fő felvételi területeken, azaz a kopoltyúban és a tápcsatornában halmozódtak fel nagyobb arányban. A májba és az izomba vélhetően csak másodlagosan, a kopoltyún vagy a tápcsatorna falán történő felszívódást követően, a vérkeringés útján jutottak el. Aggodalomra ad okot, hogy ennek ellenére a májban és különösen az emberi fogyasztás szempontjából kiemelt jelentőségű izomszövetben is kimutatható mennyiségben voltak jelen mikroműanyagok, amely potenciális élelmiszerbiztonsági kockázatot jelenthet.

A morfológiai vizsgálatok alapján a mikroműanyag-részecskék döntő többségét szálas szerkezetű részecskék alkották. Ennek oka részben az lehet, hogy korábbi

vizsgálatok (Kiss és mtsai., 2021, 2022, 2024) alapján a Felső-Tisza vízében és üledékében is ez a leggyakoribb típus, másrészt a szálak morfológiai sajátosságaik (hosszúkás, rugalmas szerkezet) miatt könnyebben képesek a vérkeringésbe jutni és a szövetekbe beépülni.

Szín szerinti megoszlásban a kék szín dominált (37,4%), ezt követte a zöld (19,5%) és az átlátszó (15,4%) színű részecskék. Méret szerint a kisebb méretű (<500 µm) részecskék fordultak elő legnagyobb arányban (41,9%), ezt követték a nagyobb (>1000 µm) és a közepes méretű (500–1000 µm) mikroműanyagok.

A RAMAN-spektroszkópiás előzetes eredmények alapján a leggyakoribb fragmentumok pamutot, festett cellulózt és poliuretánt tartalmaztak, de kisebb arányban polipropilén (PP), polietilén-tereftalát (PET) és polivinil-klorid (PVC) eredetű mikroműanyagokat is sikerült azonosítani. Ez azt valószínűsíti, hogy a Felső-Tisza mikroműanyag-terhelésének fő forrásai a kezeletlen vagy nem megfelelően tisztított szennyvizekben jelenlévő, textilszálakból származó szennyeződések, valamint az illegális hulladéklerakókból származó, lebomló műanyagpalackok és egyéb másodlagos mikroműanyagok lehetnek.

Összességében eredményeink rávilágítanak arra, hogy a mikroműanyag-szennyezés nemcsak a környezeti elemekben, hanem a halak szerveiben is kimutatható, beleértve az emberi fogyasztás szempontjából fontos izomszövetet is. A továbbiakban szükségesnek látjuk eltérő táplálkozású és habitatpreferenciájú halfajok bevonását a vizsgálatokba, hogy pontosabb képet kapjunk a mikroműanyagok vízi táplálékhálózatban való megjelenéséről és bioakkumulációs, biomagnifikációs folyamatáról.

## **Köszönetnyilvánítás**

Munkánk a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-4-I-DE-457 és EKÖP-24-4-II-DE-458 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával valósult meg. Nyeste Krisztián és Antal László munkáját a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta. A TKP2021-NKTA-32 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapjának támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program keretében valósult meg. A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával készült. Somogyi Dóra munkáját a Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány PhD Kiválósági Ösztöndíja támogatta. Ezt a munkát továbbá az Európai Unió – NextGenerationEU program támogatta Bulgária nemzeti helyreállítási és alkalmazkodóképességi tervén keresztül (BG-RRP-2.004-0001-C01, DUECOS projekt).

Külön köszönetünket fejezzük ki a Sporthorgász Egyesületek Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Közhasznú Szövetsége részére, hogy hozzájárultak a halak begyűjtéséhez.

## **Irodalom**

Bordós G., Urbányi B., Micsinai A., Kriszt B., Palotai Z., Szabó I., Hantosi Zs., Szoboszlai S. **2019**. Identification of microplastics in fish ponds and natural

- freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere* 216: 110–116.
- Kiss T., Fórián S., Szatmári G., Sipos G. **2021**. Spatial distribution of microplastics in the fluvial sediments of a transboundary river \u2013 A case study of the Tisza River in Central Europe. *Science of the Total Environment* 785: 147306.
- Kiss T., Fórián S., Szatmári G., Sipos G. **2022**. Tributary impacts on microplastic pollution dynamics in transboundary river systems. *Environmental Science and Pollution Research* 29: 47726–47739.
- Kiss T., Balla A., Mohsen A. **2024**. Microplastic contamination of fine-grained sediments and its longitudinal variation in the Tisza River Basin. *Hydrology* 11(1): 11.
- Nyeste K., Dobrocsi P., Czeglédi I., Czédli H., Harangi S., Baranyai E. F., Simon E., Nagy S. A., Antal L. **2019**. Age- and diet-specific trace element accumulation patterns in different tissues of chub (*Squalius cephalus*): juveniles are useful bioindicators of recent pollution. *Ecological Indicators* 101: 1–10.
- Nyeste K., Zulkipli N., Uzochukwu I. E., Somogyi D., Nagy L., Czeglédi I., Harangi S., Baranyai E., Simon E., Nagy S. A., Velcheva I., Yancheva V., Antal L. **2024**. Assessment of trace and macroelement accumulation in cyprinid juveniles as bioindicators of aquatic pollution: effects of diets and habitat preferences. *Scientific Reports* 14(1): 11288.
- Saad D., Chauke P., Cukrowska E., Richards H., Nikiema J., Chimuka L., Tutu H. **2022**. First biomonitoring of microplastic pollution in the Vaal river using Carp fish (*Cyprinus carpio*) as a bio-indicator. *Science of the Total Environment* 836: 155623. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155623.
- Xi B., Wang B., Chen M., Lee X., Zhang X., Wang S., Yu Z., Wu P. **2022**. Environmental behaviors and degradation methods of microplastics in different environmental media. *Chemosphere* 299: 134354.

## **Innovatív gyakorlat**



**EGY TÖBBFUNKCIÓS AKVAKULTÚRA-ESZKÖZ FEJLESZTÉSÉNEK  
EVOLÚCIÓJA (2014–2025): TECHNOLÓGIA HALIKRÁK GYŰJTÉSÉRE,  
SZÁLLÍTÁSÁRA, KELTETÉSÉRE, LÁRVANEVELÉSÉRE ÉS TELEPÍTÉSÉRE  
EGYETLEN BERELENDEZÉSBEN**

**Müller Tamás**

*<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő,  
Páter Károly utca 1, 2100., email: muller.tamas@uni-mate.hu*

**Kivonat**

Kutatócsoportunk három fázisban fejlesztett ki egy olyan prototípus eszközt, amelynek elsődleges célja a megtermékenyített ikraszemek gyűjtésének megkönnyítése természetes élőhelyekről és/vagy akvakultúra rendszerekből, valamint az ikrák szállításának, fertőtlenítésének, tárolásának és inkubációjának biztosítása. Az eszköz emellett lehetővé teszi a lárvák – különösen az első két-három hét során, amely a legérzékenyebb életszakasz – optimális környezeti feltételek melletti nevelését is. Végül az eszköznek alkalmasnak kellett lennie a lárvák szállítására a kitelepítés helyszínéig

**Kulcsszavak:** ivási szubsztrát, ivatófészek, indukált szaporítás, inszemináció

**Abstract**

Our research group developed a prototype device in three phases, whose primary purpose is to facilitate the collection of fertilized eggs from natural habitats and/or aquaculture systems, as well as to ensure the transportation, disinfection, storage, and incubation of the eggs. In addition, the device enables the rearing of larvae-especially during the first two to three weeks, which is the most sensitive life stage-under optimal environmental conditions. Finally, the device had to be suitable for transporting the larvae to the site of release.

**Keywords:** spawning substrate, spawning nest, induced reproduction, insemination

**Bevezetés**

Az emberi tevékenységek során a természetes vízfolyásokba jutó szennyező anyagok a vízfolyások teljes élővilágának részleges vagy teljes pusztulását okozhatják, lásd vörös iszap katasztrófa (2010. november), amely a Marcal főágának Karakótól torkolatig tartó 72 km-es szakaszának teljes élővilágát kiirtotta. A gerinctelen fauna visszatelepedése természetes úton megkezdődik ilyen esetekben. A halfajok telepítésére több elképzelés is született, azonban tógazdaságaink tenyésztett és termelt halfajspektruma szűk, így abból telepítésre felhasznált állományok nem a természetes állapotokat tükröznék. Különösen hiányzik a másodlagos fogyasztói szint (például kistermetű keszegfélék) állomány megsegítése, ami a következő lépcsők (ragadozók elsősorban; sügér, süllő,

balin, kősüllő, illetve a csuka és harcsa fiatal egyedei) megtelepedését és állományaik megerősödését elősegítené. A keszegfélék és különösen a küsz nagy mennyiségű sérülésmentes szállítása rendkívül nehéz a kifejlett egyedek nagymérvű érzékenysége miatt. Problémaként jelentkezhet a természetes vízfolyásokból való spontán benépesülés során, hogy legtöbb esetben a szélsőséges környezeti tényezőkre tág tűrésű, invazív (idegenhonos) halfajok (törpeharcsa, ezüstkárász, kínai razbóra) pionír fajként törnek be, és rövid időn belül túlszaporodnak. Az invazív halak nemcsak gyakran elsőként népesítik be a halnélküli vagy gyengén benépesült vizeket, hanem az őshonos fajokkal részben átfedő ökológiai fülkékük betöltésével, valamint erőforráskonkurenciával megakadályozzák az őshonos halfajok megtelepedését és visszaszorítják azok állományát.

Kutatásunk célja olyan eszköz kifejlesztése, amely megkönnyíti a gazdaságilag kevésbé jelentős és természetvédelmileg fontos halfajok ikráinak gyűjtését, szállítását, fertőtlenítését, tárolását és inkubációját. Az eszköz biztosítja a lárvák első, legérzékenyebb heteiben az optimális nevelési feltételeket, és alkalmas a lárvák kitelepítési helyükre történő szállítására is. Ezzel lehetővé válik új típusú termelési rendszerek, például ragadozó-táplálékhal bikultúra kialakítása olyan helyeken, ahol eddig ez technológiai okokból nem volt lehetséges. Továbbá a szerkezet felhasználható természetvédelmi célú állomány-megsegítő programokban és új élőhelyek halasítására. A fejlesztés során kiemelten ügyeltünk a fenntarthatóságra, valamint a környezet- és erőforráskímélő megoldások alkalmazására.

### **Anyag és módszer**

A kifejlesztendő eszközünk három lépésben került megvalósításra.

1. „*Hengerpalástú ivatófészek*” (1. ábra); az általunk kifejlesztett mobil fészek ívási szubsztrátja végein nyitott támasztott henger, melynek belső és külső palástja is ikragyűjtésre szolgál. A szállításra szolgáló tokban az ikrák védelmére szolgáló preventív, vagy gyógyfürösztésre (elsősorban penészgombák ellen), valamint különböző vizek között mikro- és makrogerinctelen betelepítése ellen lehet kezelni.



1. ábra. Ikrázófészek: balra: tervrajz. Jobbra; a) zárható szállító tok, b) szállító tok és a végein nyitott hengerpalást alapú ívási szubsztrát, c-d) ívási szubsztrát oldalról és felülről, belül a merevítő egységekkel, kívül az ikrák sérülését a szállítótokban megakadályozandó gumibakok. Tervrajzot és a prototípust készítette id. Müller Ferenc.

2. „Háromszög alakú többfunkciós eszköz” (2. ábra): A további célkitűzésünk az volt, hogy az „ívatófészek” egyes elemeit megtartsuk, de jelentősen továbbfejlesszük, és új funkciókkal bővítsük azt. A kutatás során egy háromszög keresztmetszetű, fonalhalmazzal borított ikragyűjtő eszközt fejlesztettünk ki, amely a keszegfélék vízfelszíni és vízközi ivásának hatékonyabb begyűjtését szolgálta. Részei:

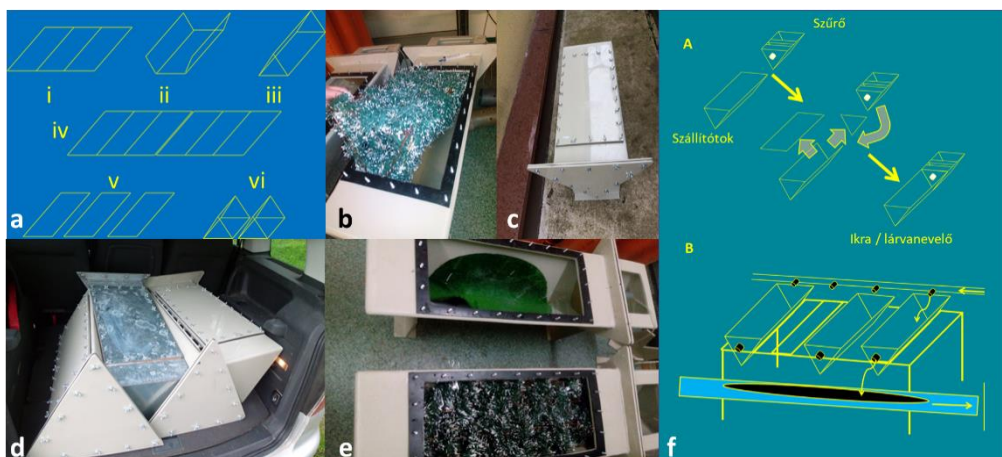
(1) Ikragyűjtő fészek: három téglalap alakú, csuklópánttal egymáshoz csatolható ikragyűjtő alrészből áll, melyeket újrahasznosított mesterséges és/vagy természetes anyagból készült ívási szubsztrát borít. A különböző formák és kialakítások elősegítik a különböző halfajok ikragyűjtését (2/a ábra). Előnye, hogy alakja és mérete is változtatható, így alkalmas a hazai fitofil és fitolitofil (vizinövényre, illetve vizinövényre és aljzatra ívó) halfajok többségének ikragyűjtésére.

(2) Szállító/nevelő tok (2/b-d ábrák), amely zárt formában (szintén háromszög alapú hasábra hajtvá) magában foglalja az ikragyűjtő fészket. Feladata:

- i. az ikragyűjtő fészek védelme a kiszáradás ellen (vízzel vagy magas páratartalomban való szállítás),
- ii. az ikrák sérülésmentes szállítás,
- iii. olyan fertőtlenítési eljárások alkalmazása a szállítás során, amelyek nem károsítják a szállító-nevelő tok anyagát, és megakadályozzák az ikrákat veszélyeztető mikroorganizmusok elszaporodását (elsősorban *Saprolegnia* fajok, azaz vízi penészek), valamint a vizek közötti mikro- és makrogerinctelenek áthurcolását,
- iv. az ikrák inkubációja: a fejlődő embriók nyomon követése, beavatkozások biztosítása az inkubáció (fertőtlenítés) és a lárwanevelés (tisztítás, etetés) során,

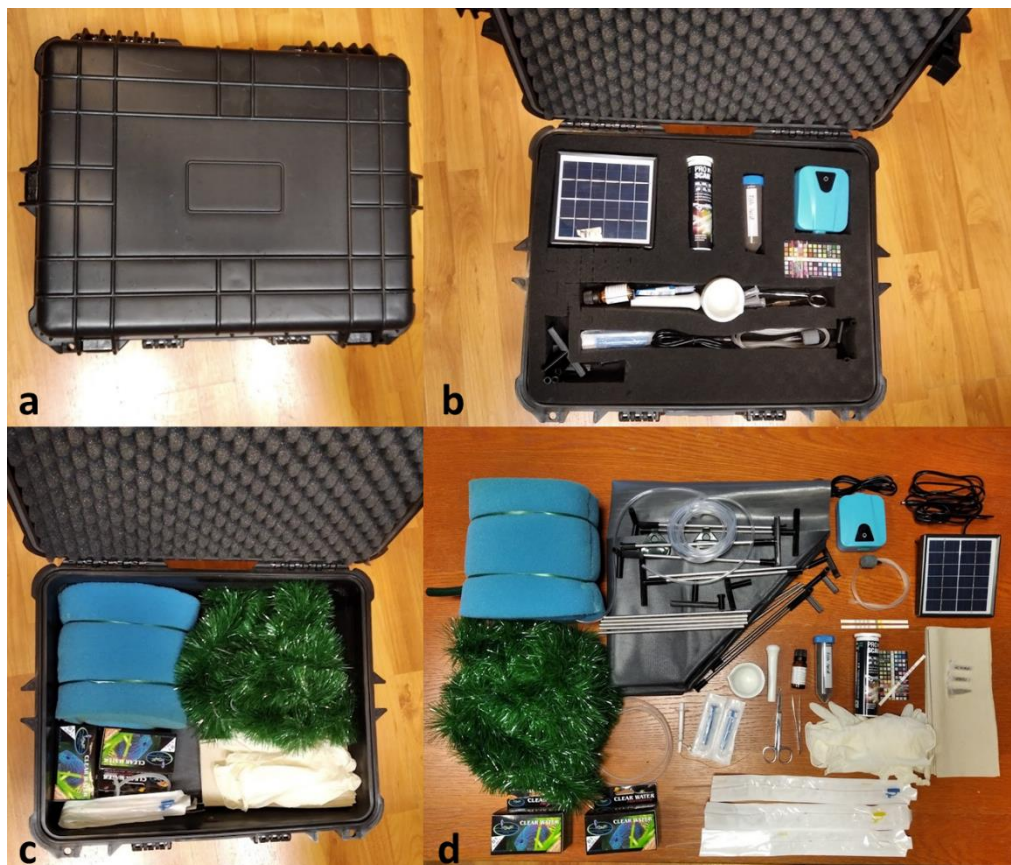
- v. a lárvák sérülésmentes szállítása a kitelepítési helyükig. A szállító/nevelő tok két oldalrésze levehető; az egyik rész szolgál a rászerelhető szűrőegység fogadására, a másik az oldalára döntött szállítótok ikrainkubáló és lárwanevelő egységgé alakíthatóságát teszi lehetővé (2/e-f ábrák).

(3) A szállítótartályra rászerelhető, levegőpumpával támogatott belső szűrőrendszer cserélhető elemként biztosítja a megfelelő vízminőséget az ikrainkubáció és lárwanevelés során. A szűrőrendszer cserélhető szivacs- és szűrőbetét (mügyanta, aktív szén, zeolit, tőzeg) kombinációjából áll. A vízáramlást kompresszoros levegő biztosítja, amely egyrészt fedezi a fejlődő embriók, lárvák és a biológiai szűrőrendszer oxigénigényét, másrészt egyenletes vízáramlást biztosít a hasznos tér és a szűrőbetét között (2/f ábra).



2. ábra. Háromszög alakú többfunkciós halszállító, ikrakeltető és lárwanevelő eszköz 2/a: Különböző fészekformák és kialakítások különböző halfajok ikragyűjtésére: (i) süllő, sügér, csuka; (ii) rajalkotó halfajok nagyobb egyedei (karikakeszeg, dévérkeszeg); (iii) rajalkotó halfajok kisebb egyedei (vörösszárnú keszeg, bodorka, küsz) — ebben az esetben az ivási szubsztrát mindkét oldalát ikrarakásra tudják felhasználni; (iv) kimondottan nagy fajok (harcsa, kapitális süllő, ponty); (v–vi) kistestű, természetvédelmileg fontos halfajok (lápi póc, széles kárász, réticsík stb.). 2/b: Háromszögre hajtott, ikrával telt fészek elhelyezése az eszközben. 2/c: Szállítótok. 2/d: Szállítótokok szállítás közben. 2/e: Belső szűrővel ellátott rendszerben ikrainkubálás. 2/f/A: Szállítótok átalakítása nevelőegységgé, valamint a szűrőrendszer hozzáillesztése. 2/f/B: Nevelőegységek átfolyó vagy recirkulációs rendszerre kötve. A prototípust készítette id. Müller Ferenc.

3. „Téglatest alakú, többfunkciós eszköz” 3. ábra: Az előző két prototípus működtetési tapasztalatai alapján olyan zárható szállítóeszközt fejlesztettünk ki, amely halszaporításra, ikrainkubálásra és lárwanevelésre alkalmas. Az eszköz tartalmaz felállítható medencét és napelemmel támogatott, levegő rendszerre kötött belső szűrőrendszert; a szállítóeszközből kivehető módon elhelyezve lárwaneveléshez, indukált szaporításhoz alkalmazott eszközöket; vízminőségellenőrző eszközt; hallárva kiinduló takarmányait; víztisztító- és ikrafertőtlenítő szereket, továbbá levegőztetőcsövet, ami a szállítóeszközön elhelyezett nyílásba illeszkedik.

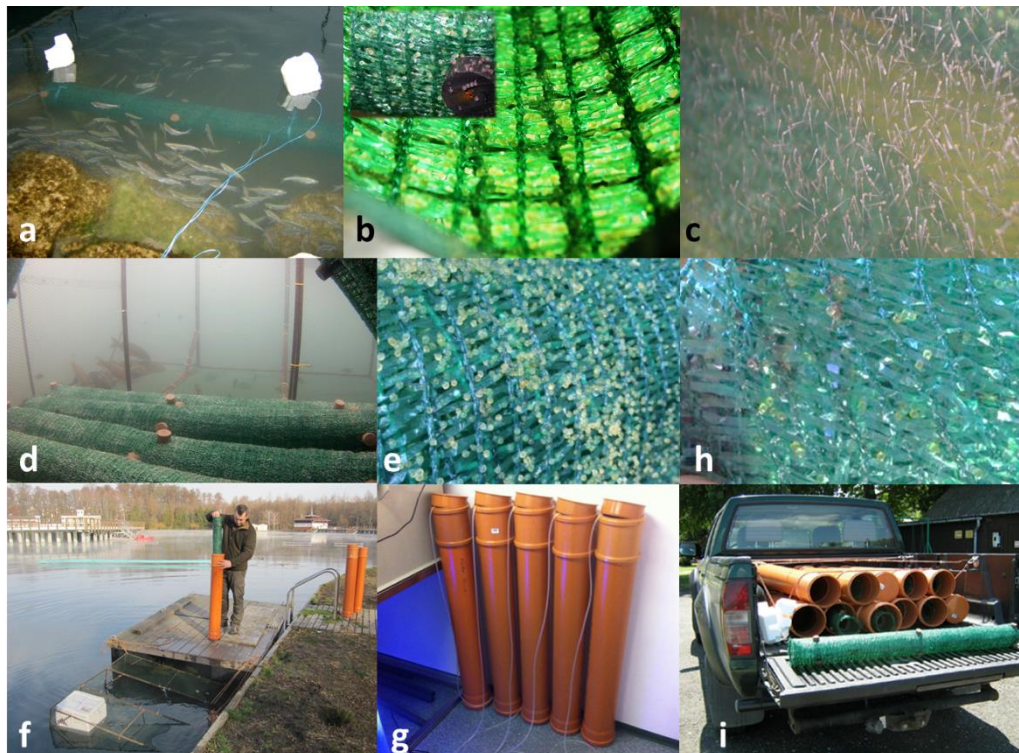


3. ábra. Téglatest alakú többfunkciós eszköz. 3/a: Légmentesen záródó láda. 3/b-d: az indukált szaporításhoz szükséges eszközök (hormonkészítmény, boncoló szett, mozsár, injekciós tű, katéter, kesztyűk, altató, törülközők, ívási szubsztrát stb.). Lárva neveléshez szükséges összeállítható kád, belső szűrőrendszer kiegészítő elemekkel (napelemes levegőztető, nitrátmentesítő műgyanta, enzimek stb.), vízminőség ellenőrző szett, lárva neveléshez takarmányok stb.

### Eredmények és következtetések

1 „Hengerpalástú ikrázófészek” tesztelése során sikerült természetes vízből kűsz ikrát gyűjteni (Balaton, 4/a). Laboratóriumi körülmények között indukált szaporítási eljárással bodorkákat sikerült ívatni (4/b–c ábra). A hengerpalást mindkét oldalát használták ívófelületként. A lekeltetett, négy alkalommal etetett lárvákat (~100 000 db) kitelepítettük az Aranypony Zrt. gödöllői telephelyének egyik tavába. Egy másik alkalommal, felépített ívatóketrecben, indukált ívatási módszerrel sikerült hévízi, törpenövésű vadpontyokat íváásra bírni (4/d ábra). A halak a henger kis átmérője miatt csak a külső palástot használták ikrarakásra (4/e ábra). Az ívófészkeket tokokba helyezve a MATE (volt Szent István Egyetem) gödöllői tanszékére szállítottuk (4/f ábra), ahol a szállítótokokat ikrainkubáló helyként használva a lárvákat lekelgettük (4/g ábra; Várkonyi és mtsai., 2014; Müller és mtsai., 2016). A XXXI. Halászati

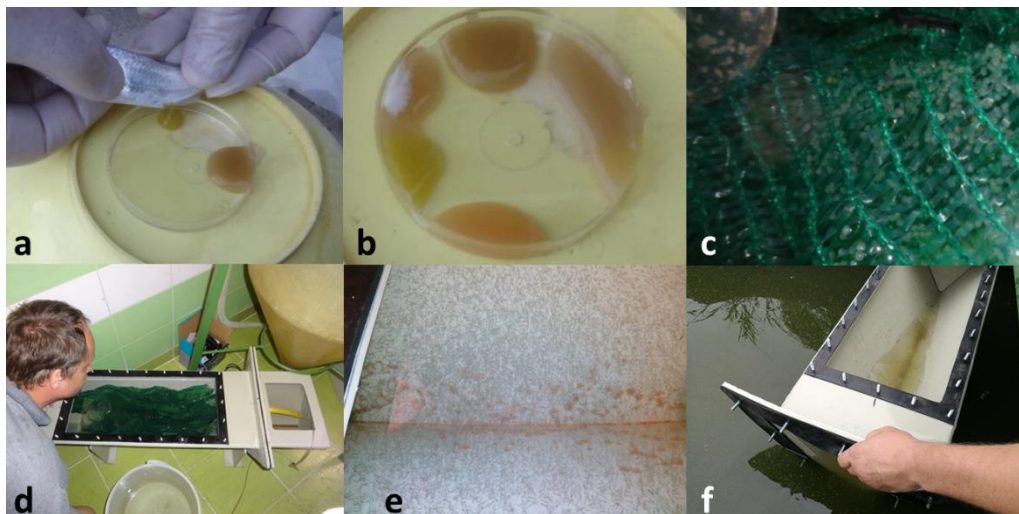
Tudományos Tanácskozáson a résztvevők szavazatai alapján az eszközről szóló bemutatót „legjobb poszter” díjjal tüntették ki (Müller és mtsai., 2015). A kifejlesztett eszköz használati mintaoltalomban részesült (Müller és mtsai., 2012), a mintaoltalmat megvásárló, hasznosító cég a Sentimento Kft volt.



4. ábra. Henger vagy ikrázófészek működtetés közben; 4/a: küszikra gyűjtés Balatonon, 4/b-c: bodorka szaporítás laborkörülmények között. 4/d-g: hévízi törpenövésű vadponty indukált ívatás Hévízen, ikraszállítás és keltetés Gödöllőn. 4/h: lápi póc ívatás során ikragyűjtés 4/i: Szállító tok és ívatófészek szállítása.

2. „Háromszög alakú többfunkciós eszköz” tesztelésekor első ízben a Balatonból (Balatonakarattya, 2018) gyűjtöttünk küszikrákat az ívási időszakban (5/a-b ábrák), és Woynárovich (1971) által már leírt módon szaporítottunk („A petri-csészékben most küszikrát fejünk...”). A 15 ikrából származó termékenyített ikratételeket raschel-hálóra szórtuk (5/c ábra), majd a szállítótokban Gödöllőre szállítottuk. A szállítótokat a belső szűrőegység rászerezésével ikrainkubáló és lárwanevelő egységgé alakítottuk (5/d ábra). A lárvákat másfél hétig ebben a rendszerben neveltük és frissen keltetett Artemiával tápláltuk *ad libitum* (5/e ábra). A kéthetes lárvákat tartalmazó nevelőegységről a belső szűrőrendszert eltávolítva ismét szállítótokká alakítottuk, és a becslés alapján ~ 25 ezer táplálkozó lárvát kitelepítettük egy horgásztóba (Isaszegi horgásztavak, 5/f ábra). Azóta az eszközt használtuk ponty, valamint több alkalommal lápi póc ikrainkubációra és lárwanevelésre (4 hetes korig), majd lárvaszállításra és kitelepítésre is. Az eszköz működtetése során folyamatosan adatot gyűjtöttünk, hogy a

fejlesztési lehetőségeket megvizsgáljuk. Az eszköz elnyerte a Szent István Egyetem Pályázati és Innovációs Központja által alapított, 2014. évi Innovációs Vándordíjat.



5. ábra. Háromszög alakú többfunkciós eszköz tesztelés közben; 5/a: küszikra fejt parton (Balaton) petricsészébe, 5b: Lefejt küszikra tételek spermával vízaktiváció előtt. 5/c: Termékenyített ikratételek raschel hálón közvetlenül a szállítást követően. 4/d: Ikrainkubációs az átalakított nevelő tokban, a hozzáadott belső szűrőegységgel. 5/e: Másfél hetes táplálkozó küsz lárvák a nevelő egységben. 5/f: A küsz lárvák nevelési egységének visszaállítása szállítótokká és a lárvák kitelepítése az egyik isaszegi horgász tóba.

3. „Indukált szaporítás, ivatás, ikrainkubációs és lárwanevelés egy eszközben; „szaporító táská”. Az eszközt afrikai harsa modellhalfaj szaporítása során használtuk. Felhasználtuk kutatócsoportunk gondozásában kifejlesztett, inszeminációs módszerű szaporítási eljárást (külső megtermékenyítésű halaknál a petefészekben a sperma hosszabb ideig eltárolható, így alkalmazható indukált szaporítás vagy ivás előtt – Müller és mtsai., 2018a, b). Ennek során a beérési időszakban (a hormonkezeléstől az ovulációig) egy időben, vagy csak tejes, vagy csak ikrás egyedeket kellett tartani. A táskát a szaporításhoz és az ikra inkubációjához használtuk: a nyert, termékenyített ikratételeket ivási szubsztrátra terítettük. A kikelt, táplálkozásukat megkezdő lárvákat már a táskához tartozó, felállítható lárwanevelő medencében tartottuk és neveltük. A nevelőmedence egy belső szűrőegységet tartalmazott (szivacs-szűrő, nitrogénmegkötő műgyanta, enzimek a biológiai szűrés fokozására), a halakat pedig a táskában elhelyezett lárwanevelő takarmányokkal (dekapszulált Artemia, lárwanevelő keveréktakarmány) etettük. A vízminőséget egy mobilapplikációhoz tartozó egyszerű kittel ellenőriztük, hogy szükség esetén időben elvégezhessek a vízcseréket. A nevelési idő végén a lárvákat visszatelepítettük a szállítótáskába, amelynek kialakítása elősegítette a sérülésmentes szállítást: (i) gumigyűrű a nyitóegységnél, amely teljes vízhatlanságot biztosított, (ii) zárrendszer, amely megakadályozta a véletlen kinyitást, (iii) egyik végén elhelyezett légnyílás, amelyen keresztül akkumulátoros kompresszorral maximum 48 órán át biztosítható volt az oxigénellátás.

Jelenleg egy élőhelyéről kipusztult halfaj a rakoviczai kele *ex situ* konzervációbiológiai munkákat végzünk az eszköz használatával (Horváth és mtsai., 2025).

A kifejlesztett eszköz használati mintaoltalomban részesült (Müller és mtsai., 2024), a The World Intellectual Property Organization (WIPO - Szellemi Tulajdon Világszervezete) nemzetközi irodája a tárgyi nemzetközi szabadalmi bejelentést közzétette.



6. ábra. Kifejlesztett többfunkciós eszközrendszerünk működtetés közben. 6/a: Légmentesen záródó ládában hormonkezelt és inszeminált afrikai harcsa ikrás, 6/b ikrainkubáció ivási szubsztráton. 6/c: felállított medencében lárvanevelés (levegővel működtett belső szűrő rendszer (szivacs, nitrátgyűjtő gyanta, enzimek stb.)). 6/d: szállításra előkészített- medencében nevelt kéthetes afrikai harcsa lárvák. 6/e: zárható láda felkészítése larva szállításra (levegőutánpótlás biztosítása akkumulátoros levegőztetővel, fekete nyilak – zárópántok). 6/f: larvaszállítás levegő biztosítás mellett (sárga nyilak – zárópántok)

## Összefoglalás

Kutatócsoportunk három fázisban fejlesztett ki egy prototípus eszközt, amely megkönnyíti a termékenyült ikraszemek gyűjtését, szállítását, fertőtlenítését, tárolását és inkubációját természetes és akvakultúra rendszerekből. Az eszköz a lárwaneveléshez és a kitelepítés előtti szállításhoz is optimális körülményeket biztosít. A fejlesztés során kiemelten ügyeltünk a fenntarthatóságra, valamint a környezet- és erőforráskímélő megoldások alkalmazására.

## Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönöm Édesapámnak, id. Müller Ferencnek, a folyamatos támogatását az elméleti munkák és elképzelések technológiai megvalósításában. Az első két eszköz prototípusát ő készítette el kutatócsoportunk számára. Ezúton szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet minden kutatónak, aki hozzájárult a módszer fejlesztéséhez, valamint azoknak is, akik a munkafolyamatok egyes részeinek kidolgozásában aktívan részt vettek, és nevük az irodalomjegyzékben szerzőként is szerepel. Munkákat a MATE Proof of Concept Kutatói Alprogram (POC-2024-09), NKFI Alap (NKFI\_K\_135824), NKFI Advanced és 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) projektek támogatták.

## Irodalom

- Horváth J; Tóth A; Weissenbacher A; Gagiú A; Bernáth G; Nagy B; Varga Á; Nagy A; Grigoras G; Pándi I; Müller T. **2025**. Az élőhelyéről kihalt rakovitzakele (*Scardinius racovitzai*) ex situ konzervációbiológiai kutatásai. XLIX. Halászati Tudományos Tanácskozás 2025. június 3-4. Szarvas, absztrakt book x-x (kivonat beküldve)..
- Müller T; Horváth L; Szabó T; Ittész I; Bognár A; Faidt P; Ittész Á; Urbányi B; Kucska B. **2018a**. Novel method for induced propagation of fish: sperm injection in oviducts and ovary / ovarian lavage with sperm. *Aquaculture* 482, 124-129.
- Müller T; Kucska B; Horváth L; Ittész Á; Urbányi B; Blake C; Guti Cs; Csorbai B; Kovács B; Szabó T. **2018b**. Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. *Aquaculture* 485, 197-200.
- Müller T; Specziár A; Müllerné Trenovszki M; Staszny Á; Szalay I; Hegyi Á; Urbányi B. **2015**. Ivafészek kistestű keszegfélék ikragyűjtésére és szállítására. XXXIX. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2015. május 20-21. Szarvas, absztrakt book, 60.
- Müller T; Urbányi B; Ivánovics B; Quyen NN; Horváth J. **2023**. Légmentesen zárható szállítóeszköz halszaporításhoz. *Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő* 128 (22), 134-135. [https://www.sztnh.gov.hu/sites/default/files/kiadv/szkv/202311b-pdf/SZKV\\_22\\_2311.pdf](https://www.sztnh.gov.hu/sites/default/files/kiadv/szkv/202311b-pdf/SZKV_22_2311.pdf)
- Müller T; Urbányi B; Specziár A; Müllerné-Trenovszki M; Staszny Á; Szalay I. **2012**. Ikrázó fészek. *Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő* 117 (12), 68. [https://www.sztnh.gov.hu/kiadv/szkv/201206b-pdf/F\\_02\\_Hami\\_megadas\\_12\\_1206.pdf](https://www.sztnh.gov.hu/kiadv/szkv/201206b-pdf/F_02_Hami_megadas_12_1206.pdf)

- Müller T; Várkonyi L; Kovács B; Lehoczky I; Staszny Á; Müllerné-Trenovszki M; Urbányi B; Specziár A. **2016.** Genotype of endemic thermal resistant minor wild carp: origin, population, genetics, ecology. 12th International Congress on the Biology of Fish (oral presentation). 12-16-06.2016. Texas State University, San Marcos, Texas, USA.
- Várkonyi L; Specziár A; Horváth L; Urbányi B; Müllerné Trenovszki M; Müller T. **2014.** Hévízi törpenövésű vadponty indukált szaporítása az élőhelyén. XXXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2014. május 28-29. Szarvas, absztrakt book, 11.
- Woyanovich E. **1971.** Hogyan is történt? Halászat, 64 (5), 144-145.

## **LÉZERSHOW A TÓPARTON? EGY ALTERNATÍV, MADÁRKÁR ELLENI VÉDEKEZÉSI MÓD LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA – ESETTANULMÁNY**

**BOKOR Zoltán<sup>1</sup>, FERENCZ-HAVEL Alexandra<sup>1</sup>, BOJTÁRNÉ LUKÁCSIK Mónika<sup>1</sup>, KISS Gabriella<sup>1</sup>, TEMESVÁRY Kriszta<sup>1</sup>, SZABÓ Krisztián<sup>1</sup>, GYÖRGY Ágnes Irma<sup>1</sup>, URBÁNYI Béla<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Akvakultúra és Halászati Elemző Osztály, Agrárközgazdasági Intézet Nonprofit Kft., 1093 Budapest, Zsil u. 3-5. e-mail: bokor.zoltan@aki.gov.hu*

### **Kivonat**

A tógazdaságok környezetében élő madárfauna rendkívül fajgazdag és a halfogyasztó fajok alapvetően a termelésből származó halakból igyekeznek táplálékigényük bizonyos hányadát kielégíteni. Az őrspusztai tórendszeren 2002 és 2009 között 119 madárfajt, míg a szegedi Fehér-tó területén csupán 2009-ben végzett madárszámlálások során 179 fajt azonosítottak a szakértők (Gyuricska, 2010). Ez az egyedülálló madárfauna kétségtelenül kiemelt természeti értéket képvisel, melynek fenntartásához elengedhetetlen az extenzív tógazdálkodási tevékenység fenntartása, de a gazdálkodók joggal szeretnék megvédeni termelésüket. Az intenzív haltelepek alapvetően csak néhány madárfaj kártételét kénytelenek elszenvedni, de mind az extenzív, mind pedig az intenzív gazdálkodók évtizedek óta keresik több-kevesebb sikerrel a hatékony védekezési módot-módokat, eközben pedig igyekeznek minden tekintetben megfelelni a különböző természetvédelmi előírásoknak is. A közismert madárriasztási módszerek (gázágyú, fegyverrel történő riasztás, zsinórozás stb.) gyakran nem bizonyulnak hatékonyak vagy nehézségekbe ütközik használatuk. Időközben merült fel a lézeres technológia alkalmazásának lehetősége, amely a madarak viselkedésének manipulálására irányul. A lézerek használata nemcsak hatékonyabb, hanem környezetbarát alternatívát is jelent. E módszer hatékonyságát több országban végzett kutatás támasztja alá, amelyben többek között a különböző kormoránfajok viselkedését figyelték meg lézeres riasztás hatására (Glahn és mtsai., 2001; Bishop és mtsai., 2003). Egyes tanulmányok kimutatták, hogy a lézeres technika nemcsak a kormoránok riasztásában hatékony, hanem más vízimadárfajokra is kiterjeszhető (Gorenzel és mtsai., 2010).

Külföldön nagy hangsúlyt fektettek többek között repterek (Blackwell és mtsai., 2002), gyümölcsösök, ipari területek (Dippold, 2018; Internet1) esetén lézerezés hatásán alapuló eljárások gyakorlatban történő fejlesztésére és használatára. A közismert, rendelkezésre álló madárriasztási módszerek mellett hazánkban újdonságnak számító lézeres eljárás hatékonyságát kívántuk vizsgálni különböző adottságokkal rendelkező halgazdálkodók telephelyein.

Az általunk tesztelt kézi lézeres pointer (100 mW) tudomásunk szerint nem tesz fizikai kárt az egyedekben, nincs hanghatása, de bizonyos madárfajok esetében riasztó hatással bír használata. Vizsgálatainkban a leginkább a szürke gémre és kormoránra koncentráltunk. Három gazdaság előzetes saját eredményét dolgoztuk fel és két gazdaság (3 helyszín) esetében végeztünk saját magunk riasztást. A kapott eredmények figyelemre méltóak, de a saját tapasztalatok összhangban az irodalmi

adatokkal rámutattak a módszer korlátaira is egyaránt, így a vizsgálatok folytatását javasoljuk.

**Kulcsszavak:** lézer, madárriasztás, kormorán, szürke gém

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a MAHOP\_PLUSZ-1.2.1-24-2024-00001 projekt támogatta.

### **Irodalom**

- Bishop J., McKay H., Parrott D., Allan J., **2003**. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives Environmental Science, Medicine 1-53.
- Blackwell B. F., Bernhardt G. E., Cepek J. D., Dolbeer R. A. **2002**. Lasers as non-lethal avian repellents: Potential applications in the airport environment. Federal aviation administration technology transfer conference. 02.02.2002.
- Dippold Á. **2018**. Egyre több amerikai gazda védi lézerrel a gyümölcsösét. Tudomány. qubit.hu
- Glahn J.F., Ellis G., Fioranelli P., Dorr B. S. **2001**. Evaluation of moderate and low-powered lasers for dispersing double-crested cormorants from their night roosts. The Ninth Wildlife Damage Management Conference Proceedings. Oct 5-8, 2000 State College, PA USA
- Gorenzel, W. Paul., Salmon Terrell. P.; Randy I. **2010**. Response of water birds to hazing with a red laser. Univ. of Calif., Proc. 24th Vertebr. Pest Conf. pp. 235-240.
- Gyuricska I. **2010**. Vízimadarak kártételének vizsgálata. Szakdolgozat SZIE KTI Halgazdálkodási Tanszék  
Internet 1: <https://birdcontrolgroup.com/>

## **Poszterszekció**



**XENOÖSZTROGÉN HATÁSÚ VEGYÜLETEK *IN VIVO* KIMUTATÁSÁRA  
ALKALMAS MULTICOLOR TRANZSGENIKUS BIOMARKER  
ZEBRADÁNIÓ-VONAL VIZSGÁLATI MÓDSZERÉNEK OPTIMALIZÁLÁSA**

**BARTUCZ Cintia<sup>1</sup>, SZÉKÁCS Laura<sup>5</sup>, BOCK Illés<sup>1</sup>, VÁSÁRHELYI Erna<sup>1</sup>, CSENKI-  
BAKOS Katalin<sup>4</sup>, TÓTH Gergő<sup>2</sup>, SZABÓ István<sup>1</sup>, SZABÓ-SURMAN Erika<sup>1</sup>, BARTUCZ  
Tamás<sup>3</sup>, CSENKI-BAKOS Zsolt<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Környezettoxikológia Tanszék, 2100. Gödöllő, Páter Károly u. 1., [volner.cintia@phd.uni-  
mate.hu](mailto:volner.cintia@phd.uni-mate.hu)

<sup>2</sup>: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Környezetbiztonsági Tanszék, 2100. Gödöllő, Páter Károly u. 1.

<sup>3</sup>: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Halgazdálkodási Tanszék, 2100. Gödöllő, Páter Károly u. 1.

<sup>4</sup>: Premontrei Iskolaközpont, 2100 Gödöllő, Takács Menyhért út 2.

<sup>5</sup>: Budapest II. Kerületi II. Rákóczi Ferenc Gimnázium, 1024. Budapest, Keleti Károly u. 37.

## **Kivonat**

A környezetben előforduló EDC vegyületek (Endocrine Disrupting Chemicals) jelentős kockázatot jelentenek az élő szervezetek hormonális szabályozására. Hatásuk nemcsak közvetlen toxikus következményekkel járhat, hanem hosszú távon, akár generációkon átívelően is befolyásolhatja a hormonális szabályozást. A környezettoxikológiai vizsgálatok fejlesztésére, különösen az állatkísérletek számának csökkentésére és humánusabbá tételére irányuló törekvések, mint a 3R-elv (redukció, helyettesítés, finomítás), elengedhetetlenek az etikus kutatás érdekében. A zebradánió (*Danio rerio*), különösen transzgenikus és biomarker vonalai kiváló modellszervezetet biztosítanak az ösztrogénhatások vizsgálatára. A kutatás célja egy új, multicolor biomarkereket hordozó transzgenikus zebradánió vonal (Tg(*vtg1:mCherry*) × Tg(*cyp19a1b:GFP*)) létrehozása volt, amely lehetővé teszi a vitellogenin- és aromatáz-útvonalak egyidejű, *in vivo* monitorozását ösztrogénhatású vegyületek vizsgálata során. A munka során az aromatáz-útvonal vizsgálatára kidolgozott EASZY protokollt adaptáltuk az új biomarker vonal specifikus tulajdonságaihoz, valamint célunk volt olyan kísérleti eljárások kialakítása, amelyek képesek összehangoltan mérni az ösztrogénhatásra jellemző transzgenének expresszióját. A vizsgálatok során a 17- $\beta$ -ösztradiol mellett a prochloraz nevű fungicid, valamint a csomagolóiparban használt Hytrel műanyag ösztrogénaktivitását is teszteltük a transzgenikus embriókon.

A vonal lehetőséget biztosít a hormonhatások párhuzamos, *in vivo* detektálására, ezzel csökkentve a kísérletekbe bevont állatok számát, miközben növeli a vizsgálatok hatékonyságát és megbízhatóságát. A fluoreszcens jelek kiértékelése két módszerrel történt: az aromatázt célzó EASZY protokoll és egy, a tanszékünk saját fejlesztésű vitellogenin-analízise alapján. Az új multicolor transzgenikus vonal és a rá kidolgozott vizsgálati protokoll hatékonyan alkalmazható különféle vegyületek, keverékek és környezeti minták ösztrogénhatásainak vizsgálatára, ami jelentős szerepet kaphat a környezetkockázat-bebecslésben és a toxikológiai kutatásokban.

**Kulcsszavak:** EDC anyagok, biomarker, EASZY protokoll, környezettoxicológia, zebrafish embrió, Hytrel, Prochloraz, 17- $\beta$ -ösztradiol

## Abstract

Endocrine-disrupting chemicals (EDCs) present in the environment pose significant risks to the hormonal regulation of living organisms. Their effects can lead to not only direct toxic consequences but also long-term alterations in hormonal regulation that may span multiple generations. Efforts to develop environmental toxicological studies, particularly aimed at reducing animal testing and making it more humane, such as the 3Rs principle (reduction, replacement, refinement), are crucial for ethical research. Zebrafish (*Danio rerio*), especially transgenic and biomarker lines, provide an excellent model organism for studying estrogenic effects. The goal of this research was to create a new multicolor transgenic zebrafish line (Tg(*vtg1*:mCherry)  $\times$  Tg(*cyp19a1b*:GFP)), which enables the simultaneous *in vivo* monitoring of vitellogenin and aromatase pathways during the assessment of estrogenic compounds. In this study, we adapted the EASZY protocol, developed for the aromatase pathway, to the specific properties of the new line. Additionally, my objective was to establish experimental procedures that could coherently measure the expression of transgenes characteristic of estrogenic effects. During the experiments, the estrogenic activity of 17- $\beta$ -estradiol, the fungicide prochloraz, and the plastic Hytrel, used in packaging, was tested on the transgenic embryos. This transgenic line provides the opportunity for parallel, *in vivo* detection of hormonal effects, thereby reducing animal usage while increasing the efficiency and reliability of the studies. The fluorescent signals were analyzed using two methods: the aromatase-targeting EASZY protocol and a vitellogenin analysis developed by our department. The new multicolor transgenic line is effective for studying the estrogenic effects of various compounds, mixtures, and environmental samples, and it can play a significant role in environmental risk assessment and toxicological research.

**Keywords:** Endocrine Disrupting Chemical, Biomarker, EASZY Protocol, Environmental Toxicology, Zebrafish Embryo, Hytrel, Prochloraz, 17 $\beta$ -Estradiol

## Bevezetés

A környezeti szennyező anyagok között jelentős arányban találhatóak meg az endokrin rendszert megzavaró vegyületek (EDC-k: Endocrine Disrupting Chemicals), különösen az ösztrogénhatással rendelkező xenoösztrogének. Ezek elsősorban a felszíni vizekben halmozódnak fel, ahol súlyos ökológiai és egészségügyi kockázatot jelenthetnek. Az EDC-k hatására vízi és szárazföldi szervezeteknél olyan biológiai zavarok léphetnek fel, mint a feminizáció, az ivararányok eltolódása vagy a csökkent termékenység. Emellett humán egészségkárosító hatásai is ismertek, ideértve az ivarszervi és reprodukciós rendellenességeket, immunológiai és kardiovaszkuláris problémákat, valamint különféle daganatos betegségek kialakulását (Ying és Kookana, 2003; Finckh és mtsai., 2002; Mesnage és mtsai., 2018). A xenoösztrogének kémiai sokfélesége jelentős kihívást jelent a kimutatásuk szempontjából, mivel a különböző vegyületek

eltérő analitikai módszereket igényelnek a kimutatásukhoz, és kémiai szerkezetük önmagában nem minden esetben utal azok ösztrogén aktivitására. Ráadásul ezek az anyagok a környezetben rendszerint nem tiszta formában, hanem komplex keverékek részeként fordulnak elő, amely befolyásolhatja biológiai hatásukat (Wright-Walters és Volz, 2009). A tényleges ösztrogénhatást számos környezeti és biológiai tényező is módosíthatja: ilyen például a hormonhatású vegyületek koncentrációja és aránya, vízdékonyságuk, felezési idejük, a mikroorganizmusok által végzett biotranszformáció és lebontás, valamint a talaj és víztestek fizikai-kémiai tulajdonságai, illetve az aktuális környezeti és éghajlati viszonyok (Adeel és mtsai., 2017). Mindezek a tényezők jelentősen megnehezítik a hagyományos, kizárólag kémiai alapú vizsgálatok alkalmazását. E kihívások kezelésére hatékony megoldást kínálnak a biológiai hatásidegről megközelítő vizsgálati módszerek, különösen a biomarker szervezeteket alkalmazó bioassay-k, amelyek képesek közvetlenül az ösztrogénhatás kimutatására.

A gerinces modellek közül a halak különösen fontos szerepet töltenek be a környezeti kockázatbecslésben. Az emlősökkel szemben számos előnyt kínálnak: mivel vízi élőlények, teljes testfelületükön képesek felszívni a szennyező anyagokat, rövid generációs idejük és nagy szaporulatszámuk pedig hatékony vizsgálatokat tesz lehetővé. Endokrin rendszerük és élettani folyamataik számos ponton megegyeznek más gerincesekével, köztük az emberével is. A halak esetében több olyan gén is ismert, amely alkalmas ösztrogénhatás kimutatására. Ezek szabályozórégióinak fluoreszcens riporterekkel történő kombinálásával az utóbbi években több *in vivo* bioszenzorvonalat is létrehoztak, különböző halfajokból, köztük zebradánióból (*Danio rerio*) is (Bakos és mtsai., 2019; Scholz és Klüver, 2009).

Az ösztrogénhatások sokfélesége, valamint az endokrin rendszer komplexitása miatt számos biológiai útvonal érzékeny a xenoösztrogének zavaró hatásaira (Scholz és Klüver, 2009; Mueller, 2004). Ennek következtében egyetlen útvonal vizsgálata nem elegendő a megbízható értékeléshez. A több útvonalat is érintő, lefedő vizsgálatok rendszerint különböző *in vitro* és *in vivo* módszerek kombinációját alkalmazzák, ami jelentősen megnöveli az idő- és költségigényt. Ráadásul az *in vitro* eljárások korlátozott prediktív értékkel bírnak, míg az *in vivo* vizsgálatok sok kísérleti állatot igényelnek, ami nehezen egyeztethető össze a 3R elv követelményeivel (Kunz és mtsai., 2006; Bakos és mtsai., 2019). Ígéretes alternatívát jelenthetnek a multicolor transzgenikus biomarkerekre alapuló tesztrendszerek, például a multicolor zebradánió vonalak. Azonban ezekből jelenleg még csak korlátozott számú vonal áll rendelkezésünkre.

A kutatás célja egy új, multikolor biomarkereket hordozó transzgenikus zebradánió vonal (Tg(*vgt1*:mCherry) × Tg(*cyp19a1b*:GFP)) létrehozása volt, amely lehetővé teszi a vitellogenin- és aromatáz-útvonalak egyidejű, *in vivo* monitorozását ösztrogénhatású vegyületek vizsgálata során. A munka során az aromatáz útvonal vizsgálatára kidolgozott EASZY protokollt adaptáltuk az új vonal specifikus tulajdonságaihoz, továbbá célkitűzésünk volt olyan kísérleti eljárások kialakítása, amelyek az ösztrogénhatásra jellemző transzgenikus expresszióját összehangoltan képesek mérni. A vizsgálatok során a 17 $\beta$ -ösztradiol mellett a prochloraz nevű fungicid, valamint a csomagolóiparban használt Hytrell műanyag ösztrogénaktivitását is teszteltük a transzgenikus embriókon.



## **Anyag és módszer**

Az új vonal létrehozásához a Tg(*cyp19a1b*:GFP) és a Tg(*vtg1*:mCherry) vonalakat kereszteztük, majd az F1 generációt 50 µg/l E2-vel kezeltük és 25,5°C-on inkubáltuk. Az embriók 5 napos korukig fejlődtek, majd 0,02%-os MS-222 oldatban történő altatás után fluoreszcens mikroszkóppal (Leica M205 FA) válogattuk őket. A két transzgenre pozitív egyedeket 1 literes akváriumban neveltük, és belkeresztezésel létrehoztuk az F2 generációt.

A vonal validálásához az új vonal embrióinak fluoreszcens jelének megjelenését és fejlődését dokumentáltuk. Az F1 generációt belkeresztezve, az embriókat 25,5°C-on inkubáltuk 5 napig, miközben napi szinten fotókat készítettünk normál fénymikroszkóppal, illetve két különböző fluoreszcens szűrő (mCherry és GFP) használatával, létrehozva így a vonal embriófejlődési atlaszát. Az embriókat fixáltuk, majd a fényképeket időrendi sorrendbe rendeztük, hogy nyomon követhessük a fejlődést és a fluoreszcens jel megjelenését.

A képelemzéseket az ImageJ szoftver (Java-alapú, nyílt forráskódú alkalmazás, amelyet az U.S. National Institutes of Health és a University of Wisconsin–Madison Optical and Computational Instrumentation Laboratory (LOCi) fejlesztett ki) segítségével végeztük, amely lehetővé tette az integrált denzitás és GFP fold értékek kiszámítását. A vonal képeinek értékelése eltérő protokollokat igényelt, így külön figyelmet fordítottunk a pozicionálásra, mikroszkópos nagyításra és a kiértékelés menetére. Az összehasonlító elemzésekhez saját protokollunkat alkalmaztuk, és a két vonal eltérő vizsgálati beállításait figyelembe véve adaptáltuk a rövid távú vizsgálatainkhoz (5 napos embriótesztek).

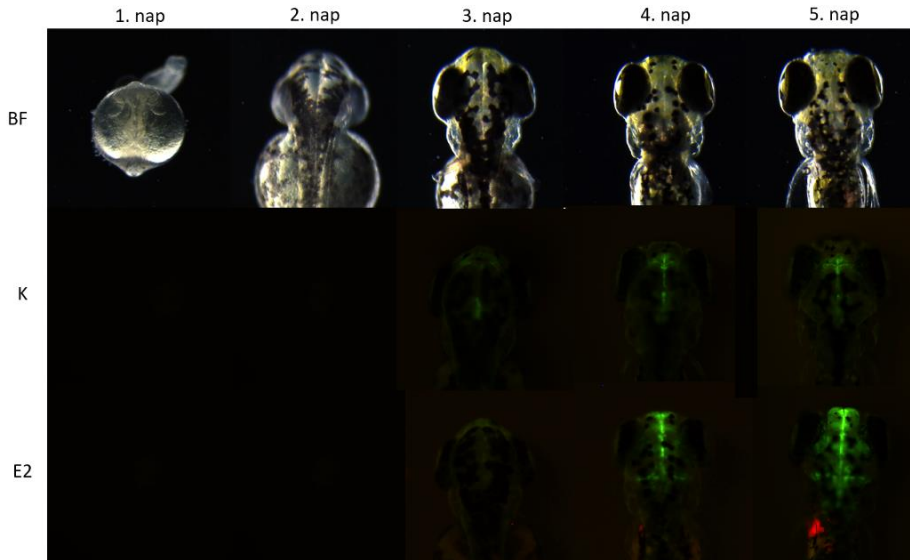
A rövid távú hatások vizsgálata során a 8 sejtes stádiumban válogatott embriókat különböző koncentrációjú kezelőoldatoknak tettünk ki (17-β-ösztadiol: 1; 6,25; 50; 200 µg/l; Prochloraz: 17,5; 175; 300 µg/l; Hytrel: 4,8 mg/l), majd a fejlődést mikroszkóposan nyomon követve, fluoreszcens képeket készítettünk a lárvákról. Az expozíciós időket optimalizáltuk, hogy a legjobb jel-zaj arányt érjük el, és minden egyes lárváról megfelelő fotókat készítettünk a további elemzéshez.

## Eredmények és következtetések

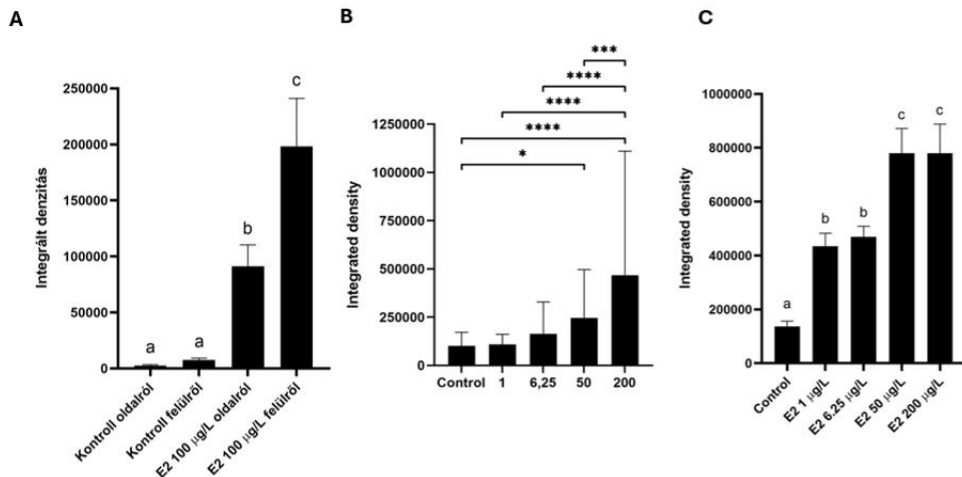


1. ábra: 50 µg/l E2-vel kezelt keresztezett vonal embrionális egyedfejlődése az 5. napig, 30x-os nagyításban. 1. oszlop: fénymikroszkópos; 2. oszlop: mCherry szűrő alatt készült fluoreszcens felvételek vörös; (vtg expresszió); 3.oszlop: GFP szűrő alatt készült fluoreszcens felvételek (zöld; aromatáz expresszió).

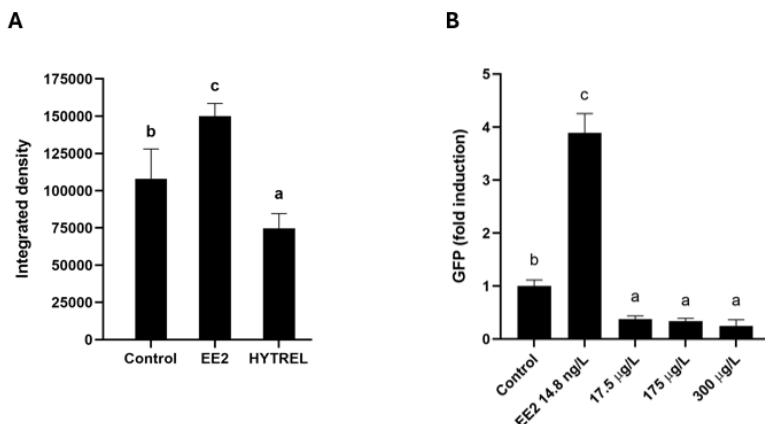
A fenotípusos elváltozások értékeléséhez szükség van referencia fotósorozatra, amelyhez viszonyítani tudjuk a vonal egyedein tapasztalt változásokat. Ennek érdekében hoztuk létre az új biomarker vonal embriófejlődési atlaszát, amelyben fény- és fluoreszcens mikroszkópos felvételekkel dokumentáltuk az embrió fejlődésének kulcsfontosságú szakaszait (1. ábra). Mivel a vtg fehérje a májban termelődik és a bal oldali májlebeny nagyobb a zebradánió embriókban, így jobb oldalukra fektetve fotóztuk őket, hogy a fluoreszcens jel jól látható legyen. Az mCherry fehérje kifejeződése a 4. naptól látható volt, de az erőteljes jel csak az 5. napon jelentkezett. A GFP jel, amely az aromatáz enzim működését jelzi az új transzgenikus vonalunkban, már a 3. napon megjelent az agyban (2. ábra), a fluoreszcens jel legjobban dorzális pozícióban volt látható. Ekkor még nem volt észlelhető különbség a kontroll és a kezelt csoport között, de a 4. napon már mérhető volt a különbség a fluoreszcens jelek között az agyban, amely a 4. és 5. nap között nem változott jelentősen. Jelentős különbség figyelhető meg a máj méretében és fluoreszcenciájában attól függően, hogy a felvétel felülnézetből vagy oldalnézetből készült. Mivel a két transzgen működését egy időpontban szeretnénk volna elvégezni, ezért a fejlődési atlaszban megfigyeltek alapján a rövidtávú vizsgálatainkat a továbbiakban 5 naposra terveztük, az EASZY szabvány által megadott 4 napos expozícióval szemben.



2. ábra: Kezelt (50µg/l E2) és kontroll csoport összehasonlító ábrája. Első sorban a fénymikroszkópos, 2. és 3. sorban a fluoreszcens felvételek (GFP; mCherry szűrő)



3. ábra: Felül- és oldalnézetből fotózott embriók aromatáz és vtg expressziójának integrált denzitás értékeit ábrázoló összehasonlító diagram (A); E2-vel kezelt embriók vitellogenin promóter által szabályozott mCherry expressziójának (B) és a cyp19a1b promóter által szabályozott zöld fluoreszcens fehérje (GFP) expressziójának (C) integrált denzitás értékei



4. ábra: Hytrellel (A) és prochlorazzal (B) kezelt embriók *cyp19a1b* promóter által szabályozott zöld fluoreszcens fehérje (GFP) expressziójának integrált denzitás és GFP-fold értékei

Az embriók kezelt és kontrollcsoportjainak integrált denzitás értékeit oldalirányú és felülnézeti felvételek alapján hasonlítottuk össze. A kontroll csoportban nem volt jelentős különbség, míg a kezelt embriók esetében jól látható volt, hogy az aromatáz enzim fluoreszcens jelének detektálására a felülnézeti képalkotás volt a leghatékonyabb. A máj optimális vizualizációjához oldalnézeti, míg az agyhoz felülnézeti fényképezés szükséges, azonban a felülnézeti fotózáshoz a lárva forgatása szükséges, ami időigényesebbé teszi a folyamatot. A vizsgálatok célja az ösztrogénérzékenység bizonyítása mindkét transzgénre, valamint a két transzgén közötti érzékenységekülönbség vizsgálata volt. A két transzgén eredményei párhuzamosan követték egymást az ösztrogénérzékenység szempontjából (3. ábra).

A prochloraz hormonális gátló hatása csökkentette a *cyp19a1b* gén expresszióját, amely az agyban kifejeződő aromatáz enzim génje, és közvetett bizonyítékot nyújt az anyag antiösztrogén hatására a zebradánió lárvákban. Az ID értékek alapján a Hytrel is hormonhatás-gátló tulajdonságokat mutat, amely összefügghet az anyag toxikusságával (4. ábra).

A fluoreszcens jelek kiértékelése két eltérő módszerrel történt: az aromatáz-alapú vizsgálatokat az EASZY protokoll szerint, míg a vitellogenin-alapú kísérleteket a tanszék saját eljárása alapján végeztük. A transzgenikus *cyp* és *vtg1* vonalak eltérő mikroszkópos beállításokat és lárva pozíciót igényeltek, így a jövőben is indokolt a kétirányú (felülnézeti és oldalnézeti) képalkotás. Vizsgálataink igazolták, hogy az új transzgenikus vonal alkalmas az ösztrogénhatás gyors kimutatására mind vitellogenin-, mind aromatáz-indukció alapján.

## Összefoglalás

Környezetünkben számos természetes eredetű és mesterséges vegyület található, amelyek képesek megzavarni az élőlények hormonrendszerének működését, ezáltal különféle egészségügyi problémákat idézhetnek elő. Ezeket az anyagokat endokrin

diszruptor vegyületeknek (EDC-k) nevezzük. Hatásmechanizmusuk rendkívül összetett: nemcsak közvetlen toxikus következményekkel járhatnak, hanem hosszabb távon, akár generációkon átívelően is befolyásolhatják a hormonális szabályozást. A környezettokológiai vizsgálatok módszertani és etikai szempontból is fejlődésre szorulnak. A 3R-elv (reduction – csökkentés, replacement – helyettesítés, refinement – finomítás) célja az állatkísérletek számának mérséklése és azok humánusabbá tétele. Az utóbbi időben ezt további elvekkel – például respect (tisztelet), responsibility (felelősség), rehabilitation (rehabilitáció) – egészítették ki. A zebraadánió (*Danio rerio*), különösen a transzgenikus és biomarker-vonalai, kiváló modellszervezetként szolgálnak a hormonhatások vizsgálatához. A jelen kutatás célja egy olyan új zebraadánió vonal létrehozása és alkalmazása volt, amely két ösztrogénérzékeny fluoreszcens riportterrendszert egyesít. Az egyik a vitellogenin (*vtg1*) génhez kapcsolt mCherry (vörös fluoreszcens fehérje), a másik az aromataz (*cyp19a1b*) génhez társított GFP (zöld fluoreszcens fehérje). E két marker kombinációja lehetővé teszi két különböző hormonhatás egyidejű detektálását, ezáltal csökkenthető a szükséges állatszám, valamint növelhető a vizsgálatok gyorsasága és megbízhatósága.

A multicolor transzgenikus vonal klasszikus keresztezéssel hoztuk létre, az utódokat fenotípus alapján szelektáltuk a kívánt transzgén öröklésének biztosítása érdekében. A fluoreszcens jelek detektálása kétféle módszerrel történt: az egyik az aromatazt célzó EASZY standard protokoll, a másik a transzék által kifejlesztett vitellogenin-analízis. A pontos mérés érdekében minden lárvát két irányból – felülről és oldalnézetből – kellett dokumentálni, illetve a paramétereket optimalizálni, majd ebből a végleges kísérleti protokollt kialakítani. Habár pigmentált zebraadániók esetében az agyterületen a fluoreszcens jel gyengébben volt látható, ez a probléma átlátszó (pl. *Casper*) vonalak alkalmazásával kiküszöbölhető.

Az új multikolor transzgenikus vonal hatékony eszközként alkalmazható különféle vegyületek, keverékek, illetve környezeti minták hormonhatásának vizsgálatára, így értékes hozzájárulást nyújthat a környezetkockázat-becsléshez és a toxikológiai kutatásokhoz.

### **Köszönetnyilvánítás**

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.” A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának és a Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

A munkát a ‘PFAQuatic’ 2024-1.2.3-HURIZONT-2024-00100 és a 2024-1.2.1-HE\_PARTNERSÉG-2024-00024 „BioTreatED” pályázatok, valamint a MATE Kutatási Kiválósági Program (Dr. Csenki-Bakos Zsolt) támogatták.

### **Irodalom**

Adeel, M., Song, X., Wang, Y., Francis, D., & Yang, Y. **2017**. Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: a critical review. *Environment international*, 99, 107-119.

- Bakos, K., Kovacs, R., Balogh, E., Sipos, D. K., Reining, M., Gyomrei-Neuberger, O., Csenki, Z. (2019). Estrogen sensitive liver transgenic zebrafish (*Danio rerio*) line (Tg (vtg1: mCherry)) suitable for the direct detection of estrogenicity in environmental samples. *Aquatic Toxicology*, 208, 157-167.
- Csenki, Z., Horváth, Á., Bock, I., Garai, E., Kerekes, F., Vásárhelyi, E., ... & Bakos, K. 2020. Using Tg (Vtg1: mcherry) Zebrafish Embryos to Test the Estrogenic Effects of Endocrine Disrupting Compounds. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (162), e60462.
- Finckh, S.; Buchinger, S.; Escher, B.; Hollert, H.; König, M.; Krauss, M.; Leekitratapanisan, W.; Schlichting, R.; Schiwy, S.; Shuliakovich, A.; Brack, W. 2022. Concentrations of 56 potential endocrine disrupting chemicals in 56 European wastewater treatment plant effluents by LC-HRMS and LC-MS/MS analysis. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(145).
- Kunz, P.Y., Galicia, H.F., Fent, K., 2006. Comparison of *in vitro* and *in vivo* estrogenic activity of UV filters in fish. *Toxicol. Sci.* 90, 349–361. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfj082>.
- Mesnage, R.; Biserni, M.; Genkova, D.; Wesolowski, L.; Antoniou, M.N. 2018. Evaluation of neonicotinoid insecticides for oestrogenic, thyroidogenic and adipogenic activity reveals imidacloprid causes lipid accumulation. *Journal of Applied Toxicology*, 38(10), 1483–1491.
- Mueller, S.O., 2004. Xenoestrogens: mechanisms of action and detection methods. *Anal. Bioanal. Chem.* 378, 582–587.
- Scholz, S., & Klüver, N. 2009. Effects of Endocrine Disrupters on Sexual, Gonadal Development in Fish. *Sexual Development*, 3(2-3), 136–151.
- Wright-Walters, M., Volz, C., 2009. Municipal wastewater concentrations of pharmaceutical and xeno-estrogens: wildlife and human health implications. *Proceedings of the 2007 National Conference on Environmental Science and Technology*. pp. 103–113.
- Ying, G.-G.; Kookana, R. S. Degradation of Five Selected Endocrine-Disrupting Chemicals in Seawater and Marine Sediment. *Environmental Science & Technology* 2003, 37 (7), 1256–1260

## BORSÓFEHÉRJÉT TARTALMAZÓ TÁPOK ETETÉSE AFRIKAI HARCSA IVADÉKOKKAL

BIRÓ Janka<sup>1</sup>, SZÚCS Anita<sup>1</sup>, GÉCZI Alíz<sup>1</sup>, BÉKEFI Emese<sup>1</sup>, RADICS Ferenc<sup>2</sup>, GAZSÓ Péter<sup>2</sup>, VADASI Tamás<sup>3</sup>, JAKABNÉ SÁNDOR Zsuzsanna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutató Központ, Szarvas, e-mail: nagyne.biro.janka@uni-mate.hu

<sup>2</sup>Szarvas-fish Kft., Békésszentandrás Anna-ligeti lakópark 1/A

<sup>3</sup>Helvét-Fram Zrt., Orosháza, Alsó tanyák 0328/40

### Kivonat

A szójaalapú termékeket jelentős mértékben használják a különböző halfajok takarmányában az állati eredetű összetevők mellett. A nagyobb részben importból származó szója mellett a borsófehérje, mint hazai gyártású növényi fehérjeforrás ígéretes jelölt a szójatermékek kiváltására. Vizsgálat célja a borsófehérje koncentrátum alkalmazhatóságának vizsgálata volt afrikai harcsa hibrid (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*) ivadékok etetésében, továbbá annak megállapítása, hogy helyettesítheti-e ezen összetevő a haltakarmány szójatartalmát. A borsófehérje koncentrátumot három különböző arányban (5,5%, 11% és 16,5%) használtuk a takarmány előállításához a takarmány szójaalapú összetevői helyett. A hat hetes etetés után szignifikáns különbséget nem találtunk a csoportok között az egyes termelési mutatók (tömeggyarapodás, fajlagos növekedési sebesség) tekintetében. A takarmány- és fehérjehasznosítási mutatók esetében a magasabb helyettesítési aránnyal összefüggésben pozitív tendencia volt megfigyelhető. A vérplazmából meghatározott biokémiai paraméterek nem mutattak szignifikáns eltérést az egyes csoportok között. Összességében elmondható, hogy a halak a borsófehérje koncentrátum tartalmú takarmányokat még a vizsgált legnagyobb dózisban is (16,5%) jól hasznosították a kontrollhoz képest a termelési és takarmányhasznosítási mutatók változása nélkül, mely lehetővé teszi ezen fehérjeforrás biztonságos alkalmazását az afrikai harcsa növendékek takarmányozásában.

**Kulcsszavak:** harcsa, alternatív fehérje, termelési mutatók, vér biokémiai paraméterek

### Abstract

Soy products are used in a significant extent in the feed of various fish species in addition to animal-based ingredients. Beside the mainly imported soy, pea protein, as a domestically produced vegetable protein source, is a promising candidate for replacing soy products. The aim of the study was to investigate the applicability of pea protein concentrate in feeding African catfish hybrid (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*) fingerlings, and to determine whether this ingredient can replace the soy content of fish feeds. Pea protein concentrate was used instead of soy-based ingredients in three different ratios (5.5%, 11% and 16.5%). After six weeks of feeding, no

significant differences were found between the groups in terms of production traits (weight gain, specific growth rate). In the case of feed and protein utilization traits, a positive trend was observed in connection with the higher replacement ratio. Biochemical parameters determined from blood plasma showed no significant differences between the groups. Overall, fish utilized the pea protein concentrate-containing feeds well up to 16.5%, without any changes in production and feed utilization parameters compared to the control. These findings suggest that pea protein concentrate is a promising alternative to soybean meal as a dietary protein source in the nutrition of African catfish fingerlings.

**Keywords:** catfish, alternative protein, production traits, blood biochemistry

## Bevezetés

Az alternatív fehérjeforrások alkalmazása egyre fontosabb az állattenyésztés minden ágazatában, így a haltenyésztésben és a hozzá kapcsolódó haltakarmány-iparban is. A szójaalapú termékeket jelentős mértékben használják a különböző halfajok takarmányában az állati eredetű összetevők mellett. A nagyobb részben importból származó szója mellett a borsófehérje, mint hazai gyártású növényi fehérjeforrás mindenképp előnyös lehet a szójatermékek kiváltásra, a kedvező beltartalmi értékek és hasznosítási paraméterek okán, valamint egy stabil piaci elérhetőség és ár esetében.

A borsófehérje alkalmazhatóságát több halfaj esetében leírták, például atlanti lazacnál (*Salmo salar*) (Aslaksen és mtsai., 2007), szivárványos pisztrágnál (*Onchorhynchus mykiss*) (Thiessen és mtsai., 2003) és farkassügéرنél (*Dicentrarchus labrax*) (Gouveia és Davies 1998, 2000), annak ellenére, hogy más növényi fehérjeforrásokkal összehasonlítva alacsonyabb fehérjetartalommal rendelkezik. A borsó (*Pisum sativum*) számos antinutritív anyagot tartalmaz, de a többi hüvelyeshez képest kisebb mennyiségben. A borsófehérje koncentrátum a borsó fehérjéhez képest magasabb fehérje-, alacsonyabb szénhidrát- és antinutritív anyag tartalommal rendelkezik. Atlanti lazaccal (Øverland és mtsai., 2009; Carter és Hauler, 2000) és szivárványos pisztrággal etetve (Kesbiç és mtsai., 2024) elfogadható növekedést, takarmányfelvételt és takarmányértékesítést értek el, miközben a takarmányok minőségének fizikai tulajdonságai javultak.

Az általunk vizsgálni kívánt termék, a PPC55 nevű borsófehérje koncentrátum magas, 55% fehérjetartalommal, alacsony zsír- (4%) és rosttartalommal (3%) rendelkezik, melyet beltartalmi tulajdonságai alkalmassá tesznek a haltakarmányokba történő beillesztésre. A termék magas lizintartalma alapján is kedvező alkotója lehet a haltakarmányoknak. A haltakarmányozási kutatások elősorban a takarmányok halliszt tartalmának csökkentésére fókuszálnak, kevés vizsgálati eredmény áll rendelkezésre arról, hogy a borsófehérje/borsó fehérje koncentrátum alkalmazható-e a szójafehérje helyettesítésére. Jelen vizsgálat célja a borsófehérje koncentrátum alkalmazhatóságának vizsgálata volt afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*) ivadékok etetésében, továbbá annak megállapítása, hogy helyettesítheti-e ezen összetevő a haltakarmány szójatartalmát.

## Anyag és módszer

A hat hetes etetési kísérlet során négy különböző takarmány (1 kontroll, 3 kísérleti: B0, B55, B110, B165 módon jelölt) hatását vizsgáltuk az afrikai harcsa termelési mutatóira. A kísérleti halállomány a Szarvas Fish Kft.-től származott. A kísérlet indulásakor összesen 3600 db,  $99,1 \pm 0,3$ g induló átlagtömegű növendék afrikai harcsát helyeztünk ki a 12 kádba 300 db hal/2 m<sup>3</sup> népesítéssel. A kísérlet elrendezése random módon, háromszoros ismétlésben történt kezelésként.

A borsófehérje koncentrátumot (B) három különböző arányban használtuk a takarmány előállításához. Az alptakarmány egy kereskedelmi forgalomban kapható harcsatáp (gyártó Haltáp Kft.) volt, mely receptúrában az extrahált szóját helyettesítettük 25, 50, 75%-ban a borsófehérje koncentrátummal. A takarmányok a Haltáp Kft. szarvasi üzemében készültek a következő alapanyagok felhasználásával: búza, húsliszt (baromfi), extrahált szója (GM), halliszt, kukoricaglutén, borsófehérje, tepertőliszt, hidrolizált fehérje, takarmányzsír (baromfi), 21951 Harcsa k. premix (Methionin, MCP). Az elkészített takarmányok 42% nyersfehérjét, 11% nyerszsírt, 1,7-2,4% nyersrostot, 8% hamut tartalmaztak, valamint a hozzáadott premix segítségével a mikrotápanyagok mennyiségét is biztosítottuk minden táp esetében.

A vízminőségi paramétereket rendszeresen ellenőriztük. A vízhőmérséklet 26,5-27,4 °C között változott; átlagos pH:  $8,31 \pm 0,30$ ; NH<sub>4</sub>-N:  $0,257 \pm 0,041$  mg/dm<sup>3</sup>; NO<sub>3</sub>-N: min. 40,3 mg/dm<sup>3</sup>, max. 286 mg/dm<sup>3</sup>, átlag  $133,7 \pm 83,9$  mg/dm<sup>3</sup>; NO<sub>2</sub>-N: min. 0,066 mg/dm<sup>3</sup>, max 0,785 mg/dm<sup>3</sup>, átlag  $0,319 \pm 0,222$  mg/dm<sup>3</sup>.

A kísérleti takarmányokat hat héten keresztül háromszoros ismétlésben etetettük a biomassza 1 %-ának megfelelő mennyiségű táppal. A halak etetése automata etetővel, napi 24 órán keresztül történt.

A kísérletet a hatályos állatkísérletekről szóló kormányrendeletben (40/2013 II.14) foglaltaknak megfelelően végeztük.

A hat hetes kísérlet zárásakor, 3 hal/kád esetében vérminta vételére került sor. Ebből a célból a halakat 2-fenoxietanol oldat alkalmazásával túllattattuk.

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);
- Megmaradási % (SR): záró-induló darabszám;

## Biokémiai vizsgálatok

A levett vérből 4°C-ra hűtött, 1700 rpm-en történő centrifugálást (CAPP CR-1730R, Nordhausen, Németország) követően vérplazmát gyűjtöttünk. A vérplazmából a következő biokémiai paramétereket vizsgáltuk:

- lipáz (LIPA), amiláz (AMY), alanin aminosztransferáz (ALT), alkalin foszfatáz (ALP), gamma-glutamil transferáz (GGT) enzimek aktivitását;

- összes bilirubin (TBIL,) karbamid nitrogén (BUR), glukóz (GLU), összes fehérje (TP), összes koleszterin (CHOL), kalcium (CA), albumin (ALB), globulin (GLOB), kreatinin (CREA), és foszfor (PHOS) tartalmat;
- ALB/GLOB (A/G) és BUN/CREA (B/C) arányokat.
- A méréshez a Samsung PT10V blood analyser készüléket használtuk, melyhez a Comprehensive Plus test assay-t (Samsung, Szöul, Dél-Korea) választottuk.

Az immunparaméterek közül immunoglobulin tartalmat és mioperoxidáz aktivitást határoztunk meg a nem-specifikus immunválasz vizsgálata céljából, melyeket standard módszerekkel UV spektrofotometriás detektálást (Multiskan Sky, Thermo Scientific, Vantaa, Finnország) követően értékeltünk.

A statisztikai értékelést SPSS for Windows 29.0 programcsomag segítségével végeztük el. A kezelések hatását a termelési paraméterekre egytényezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA) értékeltük. Az egytényezős varianciaanalízis során Tukey post hoc tesztet futtattunk le,  $p < 0,05$ -ös szignifikanciaszinten.

### Eredmények és következtetések

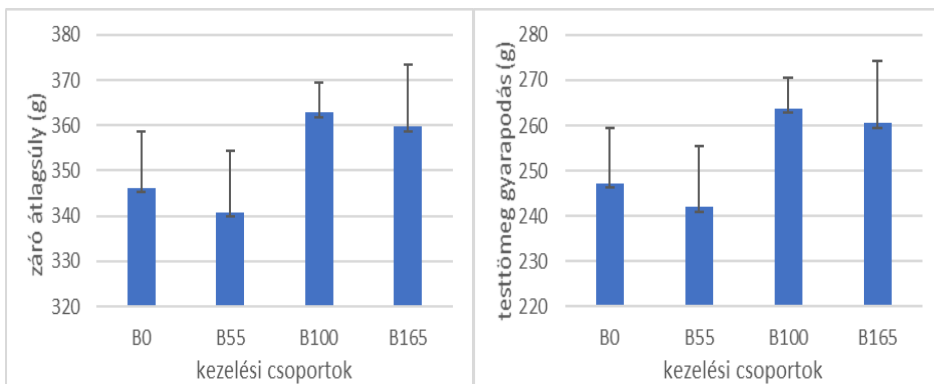
A kísérleti idő végén meghatározott termelési és növekedési mutatókat a 1. táblázatban foglaltuk össze. A hat hetes etetés után szignifikáns különbséget nem találtunk a csoportok között az egyes termelési mutatók (tömeggyarapodás, fajlagos növekedési sebesség (SGR)), tekintetében. Amíg a B55 csoport záró testtömege elmaradt a többi csoporthoz képest, addig a B110 és B165 csoportok láthatóan egy kedvezőbb, magasabb záró testtömeget eredményeztek. Ez a tendencia már négy hét etetést követően is megfigyelhető volt, de még hat hét után sem tekinthető szignifikánsnak a különbség, ami az egyes kádak közötti magas szórás következménye (1-2. ábra).

A kísérleti idő végén a takarmány- és fehérjehasznosítási mutatók szignifikáns eltérést mutattak a B165 esetében a B55-höz képest, de a B0 kontroll táptól nem különböztek szignifikánsan. Ugyanakkor a fenti mutatókban egy pozitív tendencia látható, a magasabb helyettesítési aránnyal összefüggésben.

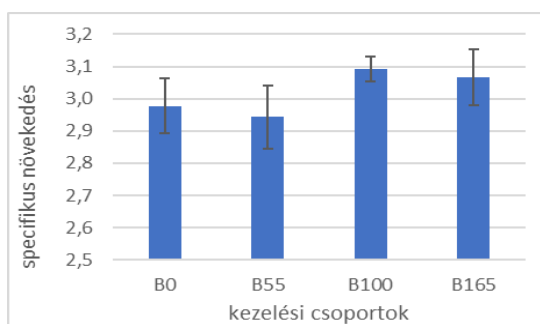
1. táblázat A különböző borsófehérje koncentrátum tartalmú takarmányok hatása az afrikai harcsák termelési és takarmányhasznosítási mutatóira a hat hetes etetési kísérlet végén

Termelési mutatók	B0	B55	B110	B165	<i>p</i> érték
Induló testtömeg (g)	99,1±0,1	99,0±0,5	99,0±0,3	99,2±0,3	-
Záró testtömeg (g)	346,3±12,3	340,9±13,6	362,8±6,7	359,7±13,8	0,152
Tömeggyarapodás (g/nap)	247,2±12,3	241,9±13,7	263,8±6,5	260,5±13,7	0,151
SGR (%/nap)	2,98±0,08	2,94±0,10	3,09±0,04	3,07±0,09	0,153
FCR (g/g)	0,95±0,05 <sup>ab</sup>	1,00±0,02 <sup>a</sup>	0,92±0,02 <sup>ab</sup>	0,90±0,01 <sup>b</sup>	0,026
PER (g/g)	2,51±0,13 <sup>ab</sup>	2,38±0,04 <sup>a</sup>	2,58±0,06 <sup>ab</sup>	2,62±0,03 <sup>b</sup>	0,024
Megmaradás (%)	94,1±0,5	91,6±3,2	91,6±3,4	93,9±3,2	0,552

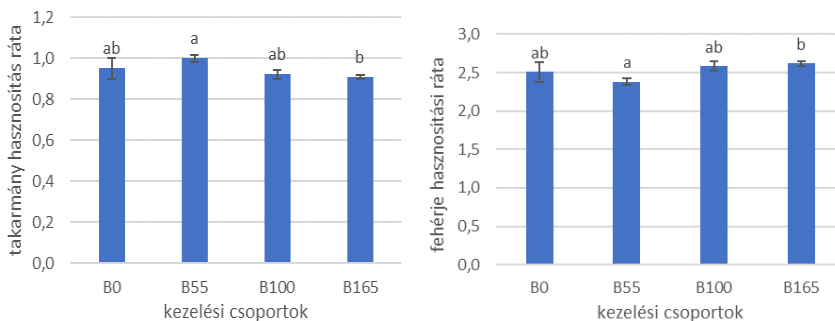
SGR-specifikus növekedés, FCR-takarmányhasznosítási ráta, PER-fehérje hasznosítási ráta, B0 – 0 % B55,- 5,5 %; B110 – 11%, B165 – 16,5 % borsófehérje koncentrátum tartalom



1. ábra Testtömeg és tömeggyarapodás



2. ábra Specifikus növekedés



3. ábra Takarmányhasznosítás és fehérje hatékonysági arány

A vérplazmából meghatározott biokémiai paraméterek, melyek az egyes anyagcsere betegségekre utalhatnak, nem mutattak szignifikáns eltérést egyik vizsgált paramétere esetében sem a csoportok között (2. Táblázat). Összehasonlítva korábbi mérési adatainkkal, valamint a szakirodalomban ezen halfajra vonatkozó értékekkel megállapítottuk, hogy a halak megfelelő egészségügyi állapotban voltak a hat hetes etetési kísérlet végén. A nem-specifikus immunparaméterek tekintetében (összes fehérje, immunglobulin tartalom, mieloperoxidáz enzim aktivitása) sem találtunk

szignifikáns eltérést a csoportok között a biológiai variabilitás miatt, de egy enyhe csökkenő tendencia mutatkozik az összes fehérje és immunglobulin tartalomban és egy gyenge növekedés a mieloperoxidáz aktivitásban.

2. Táblázat A hat hetes etetési kísérlet végén vérplazmából meghatározott biokémiai paraméterek eredménye

Biokémiai paraméterek	B0	B55	B110	B165	p érték
AMY(U/L)	25,4	27,4	28,1	26,6	0,991
ALT(U/L)	51,4	47,5	55,4	44,3	0,656
ALP(U/L)	32,4	37,4	35,1	36,5	0,579
LIPA (U/L)	< 20	< 20	< 20	< 20	-
GGT(U/L)	< 5	< 5	< 5	< 5	-
BUN (mg/dL)	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	-
CHOL (mg/dL)	153,3	151,9	148,1	137,59	0,424
TBIL (mg/dL)	0,25	0,30	0,27	0,27	0,497
CA (mg/dL)	13,9	14,0	13,82	12,95	0,301
GLOB (g/dL)	3,03	3,06	3,04	2,96	0,917
A/G	0,29	0,26	0,28	0,18	0,153
B/C	1,00	1,71	1,96	0,99	0,803
PHOS (mg/dL)	8,73	9,08	8,85	8,31	0,497
CREA (mg/dL)	0,20	0,23	0,19	0,26	0,712
GLU (mg/dL)	84,0	89,4	83,4	83,19	0,540
ALB(g/dL)	1,10	< 1.0	1,10	< 1.0	-
TP(g/dL)	3,9	3,86	3,88	3,55	0,230
IG (g/dL)	1,32	1,13	1,12	1,08	0,890
MYO (OD 550nm)	0,718	0,993	0,906	1,123	0,954

lipáz (LIPA), amiláz (AMY), alanin-amino transferáz (ALT), alkalin foszfatáz (ALP), gamma-glutamil transferáz (GGT), összes bilirubin (TBIL,) karbamid nitrogén (BUN), glukóz (GLU), összes koleszterin (CHOL), kalcium (CA), albumin (ALB), globulin (GLOB), kreatinin (CREA), foszfor (PHOS), ALB/GLOB (A/G) és BUN/CREA (B/C), összes fehérje (TP), immunglobulin (IG), mieloperoxidáz (MYO)

B0 – 0 % B55,- 5,5 %; B110 – 11%, B165 – 16,5 % borsófehérje koncentrátum tartalom

Összességében elmondható, hogy a halak a vizsgált legmagasabb, azaz a 16,5 % borsófehérje koncentrátum tartalmú takarmányokat is jól hasznosították, a kontrollhoz képest a termelési és takarmányhasznosítási mutatók változása nélkül, mely lehetővé teszi ezen fehérjeforrás biztonságos alkalmazását az afrikai harcsa növedékek takarmányozásában. Továbbá a pozitív tendenciák is arra mutatnak és engednek következtetni, hogy az extrahált szója kiváltására magas %-ban vagy feltételezhetően akár teljes mértékben is alkalmas ez a termék.

### Irodalomjegyzék

- Aslaksen, M.A., Kraugerud, O.F., Penn, M., Svihus, B., Denstadli, V., Jørgensen, H.Y., Hillestad, M., Krogdahl, Å., Storebakken, T., 2007. Screening of nutrient digestibilities and intestinal pathologies in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with legumes, oilseeds or cereals. *Aquaculture* 272, 541–555.
- Carter, C.G., Hauler, R.C., 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 185, 299–311
- Gouveia, A., Davies, S.J., 1998. Preliminary nutritional evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 166, 311–320.
- Gouveia, A., Davies, S.J., 2000. Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European Sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 182, 183–193.
- Kesbiç, O.S., Acar, Ü., Kesbiç, F.I., Yılmaz, S., 2024. Growth performance, health status, gut microbiome, and expression of immune and growth-related genes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with pea protein replacement of fish meal. *Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol.* 273, 110968..
- Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Krogdahl, Å., Skrede, A., 2009. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) - effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture* 288, 305–311.
- Thiessen, D.L., Campbell, G.L., Adelizi, P.D., 2003. Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. *Aquac. Nutr.* 9, 67–75

## A JÁVAI PÁRDUCCSÍK (*PANGIO KUHLII*) IVARI DIMORFIZMUSA ÉS IVARÉRÉSÉNEK NÉHÁNY JELLEGZETESSÉGE

Budi Darmawan Setia<sup>1</sup>, Restanti Maya<sup>1</sup>, Suciyo Suciyo<sup>1</sup>, Müller Tamás<sup>2</sup>,  
Kenconojeti Hapsari<sup>1</sup>, Mubarak Ahmad Shofy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Study Program of Aquaculture, Department of Health and Life Sciences, Faculty of Health, Medicine, and Life Sciences, Universitas Airlangga, Banyuwangi, Indonesia  
darmawansetiabudi@fpk.unair.ac.id

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természeti és Halászati Tanszék, Gödöllő,  
Páter Károly utca 1, 2100.

<sup>3</sup> Department of Marine, Faculty of Fisheries and Marine, Universitas Airlangga, Surabaya,  
Indonesia

### Kivonat

A jávai párduccsík (*Pangio kuhlii*) egy gazdasági potenciállal rendelkező, népszerű díszhalfaj, amely eredetileg Szumátráról, Kalimantánról, Jáváról és Malajziából származik. A faj vonzereje elsősorban élénk színeiben és angolnaszerű testformájában rejlik. Jelen tanulmány célja a jávai párduccsík elsődleges és másodlagos nemi jellegeinek feltárása és jellemzése.

A kutatást az indonéziai Banyuwangiban található Airlangga Egyetemen végezték, ahol összesen 50 példányt vizsgáltak meg, nemek szerint egyenlő arányban (25 hím, 25 nőstény). Az alaktani vizsgálatok alapján a merisztikus és morfometrikus elemzések jelentős különbségeket tártak fel a nemek között egyes vizsgált jegyekben, például a mellúszósugarak számában, illetve a nőstények megnyúlt testhosszában és megnagyobbodott hasi régiójában. Ugyanakkor más morfológiai jegyek tekintetében nem volt számottevő eltérés a nemek között. A gonádok hisztológiai elemzése során leírásra kerültek a spermiogenezis és az oogenezis főbb stádiumai.

Ez a tanulmány hozzájárul a jávai párduccsík ökológiájának és szaporodásbiológiájának jobb megértéséhez, alapot nyújthat a faj tenyésztésének és szaporításának fejlesztéséhez.

### Irodalom

Budi DS.; Restanti M.; Suciyo S.; Müller T.; Kenconojeti H.; Mubarak AS. **2024**. Primary and secondary sexual characteristics of kuhli loach (*Pangio kuhlii*). Journal of Medical and Veterinary Science 7(2) 264–275. DOI: 10.20473/jmv.vol7.iss2.2024.264

## **A HALASTAVAK ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSAINAK SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSE**

**FERENCZ-HAVEL Alexandra<sup>1</sup>, BOJTÁRNÉ LUKÁCSIK Mónika<sup>1</sup>, KISS Gabriella<sup>1</sup>, TEMESVÁRY Kriszta<sup>1</sup>, SZABÓ Krisztián<sup>1</sup>, GYÖRGY Ágnes Irma<sup>1</sup>, BOKOR Zoltán<sup>1</sup>, URBÁNYI Béla<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Agrárközgazdasági Intézet, 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.*

### **Kivonat**

Az ökoszisztémák számos olyan szolgáltatást nyújtanak, melyek nélkül az emberiség nem létezne. Ökoszisztéma-szolgáltatásoknak nevezzük azokat a javakat, amelyeket az emberiség számára a természeti környezet nyújt, ez egy antropocentrikus fogalom, mert a természet hasznosságát az ember szempontjából közelíti meg, de fontos megjegyeznünk, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások folyamatos biztosításához az ökoszisztémák jó állapota szükséges. Az ökoszisztéma-szolgáltatásokat a CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) három kategóriába sorolja: ellátó, kulturális és szabályozó (és fenntartó) (Haines-Young és Potschin 2018). Hazánkban a fentnevezett téma kutatásával sokan foglalkoznak, azonban a halastavak ökoszisztéma-szolgáltatásait eddig csak kevesen vizsgálták. Célunk volt a hazai halastavak ökoszisztéma-szolgáltatásaival foglalkozó közlemények áttekintése és a már leírt szolgáltatások összegyűjtése. A szárazföldi ökoszisztéma-szolgáltatások kategorizálását a MEA, TEEB, CICES korábban már megtette, illetve a tengerek, óceánok nyújtotta szolgáltatásokat Beaumont et al. (2007), illetve Lique et al. (2013) is kategorizálták. A szakirodalomból összegyűjtött ökoszisztéma-szolgáltatásokat revideáltuk. Az említett kategóriarendszereket alaposan megvizsgáltuk és a hazai halastavakra adaptáltuk. Az általunk kialakított kategóriarendszerbe a szakirodalmakból összegyűjtött szolgáltatásokat besoroltuk. Kutatásunk eredményeképpen megalkottuk a hazai halastórendszerek ökoszisztéma-szolgáltatásainak kategóriarendszerét, illetve a szakirodalmi áttekintés során össze is gyűjtöttük a halastavak szempontjából releváns szolgáltatásokat. Munkánkat a MAHOP\_PLUSZ-1.2.1-24-2024-00001 projekt támogatta.

### **Irodalom**

- Haines-Young, R. és M.B. Potschin (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. p.53. Available from [www.cices.eu](http://www.cices.eu)
- Beaumont, N., Austen, M., Atkins, J., Burdon, D., Degraer, S., Dentinho, T., Derous, S., Holm, P., Horton, T., van Ierland, E., Marboe, A., Starkey, D.J., Townsend, M., Zarzycki, T. (2007): Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: Implications for the ecosystem approach.

*Marine pollution bulletin.* 54. 253-65.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.12.003>

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E.G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., Egho, B. (2013): Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8(7): e67737. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067737>

**AZ ÉLŐHELYÉRŐL KIHALT RAKOVITZA-KELE (*SCARDINIUS RACOVITZAI*)  
EX SITU KONZERVÁCIÓBIOLÓGIAI KUTATÁSAI**

**HORVÁTH József<sup>1</sup>, TÓTH András<sup>1</sup>, WEISSENBACHER Anton<sup>2</sup>, GAGIU Adrian<sup>3</sup>,  
BERNÁTH Gergely<sup>4</sup>, NAGY Borbála<sup>4</sup>, VARGA Ádám<sup>1</sup>, NAGY Antal<sup>5</sup>, GRIGORAS  
Gabriella<sup>6</sup>, PÁNDI Ildikó<sup>7</sup>, MÜLLER TAMÁS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Természetesvízi Halökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1., e-mail:  
Horvath.Jozsef.Istvan@uni-mate.hu

<sup>2</sup>Schönbrunner Tiergarten, Aquarium/Terrarium House, Maxingstraße 13 b 1130 Wien,  
Austria

<sup>3</sup>Muzeul Țării Crișurilor, Natural Sciences Department, Bd. Dacia, 1–3, 410464  
Oradea, Romania

<sup>4</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,  
Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

<sup>5</sup>Tropicarium és Oceanárium, 1222 Budapest, XXII. kerület, Nagytétényi út 37-43.

<sup>6</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Botanikus Kert, 2100 Gödöllő, Páter  
Károly utca 1.

<sup>7</sup>Museum Complex of Natural Sciences, Aquarium Department, Regiment 11 Siret  
Street, 6A, 800340 Galați, Romania

## **Kivonat**

Jelen munkánkban az élőhelyéről kihalt (extinct in the wild, EW) rakovitzakele (*Scardinius racovitzai*) *ex situ* fajmegőrzési programjának legújabb eredményeit mutatjuk be. Több alkalommal is megkíséreltük különböző származási helyű anyahalállományok szaporítását (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem – Gödöllő, Tropicarium és Oceanárium – Budapest, Schönbrunni Állatkert – Bécs, Körösvidéki Múzeum – Nagyvárád). A program során sikeresen mélyhűtött spermamintákat tároltunk, így létrehoztuk a faj első spermabankját. Emellett a nagyváradi szaporítási kísérletekből származó egyedeket jelenleg is neveljük. Terveink szerint az előnevelt utódokat az eredeti szaporítási helyszínekre juttatjuk vissza, ezzel is elősegítve a faj hosszú távú megőrzését.

**Kulcsszavak:** *Scardinius racovitzai*, *ex situ*, konzervációbiológia, indukált szaporítás

## **Abstract**

In the present study, the latest results of the *ex situ* conservation program of the Racovitz rudd (*Scardinius racovitzai*), classified as extinct in the wild (EW), are presented. Several attempts were made to propagate broodstocks originating from different sources (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences – Gödöllő, Tropicarium and Oceanarium – Budapest, Schönbrunn Zoo – Vienna, Muzeul Țării Crișurilor – Oradea). During the program, sperm samples were successfully cryopreserved, thereby establishing the first sperm bank for the species. Furthermore, individuals from the breeding trials carried out in Oradea are currently being reared. It

is planned that the offspring will be returned to their original breeding locations to further support the long-term conservation of the species.

**Keywords:** *Scardinius racovitzai*, *ex situ*, conservation biology, induced spawning

## Bevezetés

A rakovitzza-kele (*Scardinius racovitzai*) egy pannon biogeográfiai reliktum faj, amely kizárólag a Püspökfürdő (Románia) mellett található termálvízű Pece-tóban (Ochiul Mare) volt megtalálható (Telcean és Cupsa, 2006; Müller, 2014), élőhelyének felszámolásának következtében jelenleg a Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUCN) Vörös Listáján a vadon kihalt (extinct in the wild, EW) kategóriába sorolják (Ford, 2024). A halfaj taxonómiai helyzete vitatott, számos szerző a vörösszárnú keszeg (*S. erythrophthalmus*) alfajaként, ökotípusaként azonosítja, míg más feltételezések szerint két különálló fajról beszélhetünk, amelyek a fajsztétválás első fázisában vannak (Berinkey, 1960; Bănărescu, 1964, 2002; Crăciun 1997, 1998; Serban és Grigoras, 2018). A kérdés egyértelmű megválaszolásához genetikai vizsgálatok szükségesek.

Az elmúlt évtized legelején a megnövekedett, a tavat is tápláló melegvízű források kimerítésének hatására a tó vízszintje drasztikusan csökkent, és 2013-2014 telén szinte teljesen ki is száradt. Ekkor a nagyváradi Körösvidéki Múzeum (Muzeul Țării Crișurilor) munkatársai megkezdték az itt található állatfajok, a váradi maradványcsiga (*Melanopsis pareysii*) és a rakovitzza-kele mentését. Egy korábbi nemzetközi összefogás keretében az innen kimentett rakovitzza-kele állományt 2014-ben már sikeresen szaporították. A munka eredményeként az utódok visszatelepítésre kerültek az eredeti élőhelyükre, valamint számos állatkertbe és akváriumba, ahol azóta is végzik a fajjal kapcsolatos *ex situ* megőrzési munkákat (Müller et al., 2018). Az élőhelyet érintő negatív hatások az ezt követő időszakban sem szűntek meg, emiatt a Pece-tó az elmúlt években teljesen kiszáradt. 2024-ben ismételten egy nemzetközi együttműködés vette kezdetét a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, a Schönbrunni Állatkert (Tiergarten Schönbrunn), a Körösvidéki Múzeum (Muzeul Țării Crișurilor), a Tropicarium és Oceanárium és a Galati Akvárium (Museum Complex of Natural Sciences, Aquarium Department) részvételével, amelynek célja a fajjal kapcsolatos *ex situ* fajmegőrzési munkák – elsősorban a meglévő anyahalállományokra alapozott életerős utódállomány létrehozása – előmozdítása. Aktuális munkánkban összefoglaljuk a halfajjal kapcsolatos konzervációbiológiai kutatások eredményeit.

## Anyag és módszer

### *MATE Gödöllőn végzett munkák*

Az eredeti, 2014-ben Magyarországra hozott, kizárólag ikrás anyahalakkal kezdtük meg a munkáinkat ( $n = 6$ , testtömeg: átlag  $\pm$  szórás:  $66,06 \pm 2,77$  g). A munkákat az állomány általános ivarállapot-felmérésével kezdtük, ami egy pontyhypofízis-hormonszuspenzióval indukált próbaszaporítást foglalt magában. Az egyedek felkészültségi állapotának javítása miatt az anyahalakat kitelepítettük a MATE Gödöllői Botanikus Kertjének egyik kisméretű tavába, a „Körmedencébe” (átmérő: 8

m, vízmélység: 0,3-0,8 m), ahol egy intenzív szaporításra való felkészítés és állandó monitoring munka vette kezdetét. Az adott időszakban napi jelleggel ellenőriztük a víztest fizikai, míg heti rendszerességgel a kémiai vízminőség-paramétereit. Az oldott oxigénellátottság növelése érdekében napelemes levegőztetőt is üzembe helyeztünk a fenéken található bomló növényi részek kis adagokban történő eltávolítása mellett. A több hónapos felkészítést követően az egyedeket elektromos halászgép segítségével visszafogtuk, és a halakat a MATE, AKI hallaboratóriumában egy külső szűrővel ellátott 500 l-es akváriumba helyeztük. A tóban történő felkészítést követően az akklimatizációs időszak után ismételten elvégeztünk egy hipofízissel történő próbaszaporítást. A próbaszaporítást követően a halak mesterséges körülmények között történő intenzív újbóli felkészítését a már említett 500 l-es akváriumban végeztük.

### *Schönbrunni Állatkertben végzett szaporítási és spermamélyhűtési munkák*

Az első szaporítási kísérlet során (2024. november 11-12.) 3 ikrás és 2 tejes (testtömeg:  $41,38 \pm 9,99$  g) egyedeket pontyhipofízis-hormonszuspenzióval (10 mg/testtömeg kg) intraperitoneálisan hormonkezelünk. A halakat a beérési idő alatt egy 500 l-es levegőporlasztással ellátott mobil akváriumban helyeztük el, amelyben műnövények elhelyezésével biztosítottuk az esetleges íváshoz szükséges szubsztrátot. A halakat és az ikrák megjelenését a reggeli órákban 1 óránként ellenőriztük.

A spermamélyhűtéshez a szaporításhoz használt egyedek szelektálásával egyidejűleg több tejes egyed (n=6, testtömeg:  $23,69 \pm 14,12$  g) is kiválasztottunk, amelyeket szintén pontyhipofízis-szuspenzióval kezelünk. A reggeli órákban a spermialó egyedektől fejéssel és automata pipetta segítségével nyertük a spermát. A minták vizsgálatát CASA (Computer-assisted Sperm Analysis, Sperm Vision™ v. 3.7.4.) berendezés segítségével végeztük. A spermiumok aktivációja egy, a ponty fajra kidolgozott oldattal történt (45 mM NaCl, 5 mM KCl, 30 mM Tris, pH 8,0, Saad et al. 1988). A sperma koncentrációjának vizsgálatát szintén CASA rendszerrel végeztük. A minták vizsgálatát immobilizáló oldatba (150 mM glükóz, 75 mM NaCl, 30 mM KCl, 1 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> × 12H<sub>2</sub>O, 1 mM MgCl<sub>2</sub> \* 6H<sub>2</sub>O, 1 mM CaCl<sub>2</sub> \* 2H<sub>2</sub>O, 20 mM Tris, és 0,5% BSA; pH:  $8,0 \pm 0,2$ ; ozmolalitás: 385 mmol/kg) töltve hajtottuk végre. A 2. számú minta esetén 20 µl, az 5. mintánál 100 µl immobilizáló oldatba töltöttünk 0,5 µl spermát a koncentráció rögzítéséhez. A sperma fagyasztásra két minta esetén volt lehetőség, mivel a többi mintánál nem állt rendelkezésre megfelelő minőségű vagy mennyiségű sperma. A mélyhűtés során egy pontyféléknél sikeresen alkalmazott hígítót használtunk: 150 mM glükóz, 75 mM NaCl, 30 mM KCl, 1 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> × 12H<sub>2</sub>O, 1 mM MgCl<sub>2</sub> \* 6H<sub>2</sub>O, 1 mM CaCl<sub>2</sub> × 2H<sub>2</sub>O, 20 mM Tris, és 0,5% BSA; pH:  $8,0 \pm 0,2$ ; ozmolalitás: 385 mmol/kg. A fagyasztáshoz 1:9 hígítási arányt (sperma: hígító+védőanyag) használtunk, melyhez védőanyagként 10% metanolt adtunk. A kihígított mintákat 0,5 ml kapacitású műszalmákba töltöttük. A mélyhűtés folyékony nitrogén gőzében történt, 3 cm-re a folyékony nitrogén felszínétől. A mélyhűtési idő 3 perc volt.

A második Bécsben végzett szaporítási kísérlet során (2025. március 31. – április 2.) az alkalmazott módszertan hasonló volt, mint az első kísérlet esetében. A halak hormonindukcióját (n=15, testtömeg:  $13,96 \pm 11,76$  g) pontyhipofízis-szuspenzió (10 mg/testtömeg kg) kezeléssel végeztük, ezt követően az ikrásokat (n=12) és a tejeseket

(n=3) is egy 500 l-es mobil akváriumban helyeztük el a beérési idejük alatt. A reggeli órákban az egyedeket az esetleges ovuláció bekövetkeztéig 1 órás időközönként felnéztük.

#### *Körösvidéki Múzeumban végzett indukált ivatás*

A kísérlethez (2024. április 8-9.) 10 ikrás és 5 tejes egyed (testtömeg:  $14,46 \pm 3,11$  g) választottunk ki a külsőleg is látható ivari jellegek alapján. Az anyahalakat ivartól függetlenül 10 mg hipofízis/testtömeg kg hasüregi injekcióval hormonkezeltük (2. ábra, bal felső kép). A kezelt halakat ezt követően egy 150 l-es, levegőztetővel és akváriumfűtővel ellátott akváriumba helyeztük, amelyet potenciális ívási aljzatnak alkalmas műnövényekkel is elláttunk (2. ábra, bal alsó kép). Az akvárium reggeli órákban történő felnézésekor talált műnövényekre tapadt ikratételeket eltávolítottuk az akváriumból, majd azokat egy különálló akváriumban keltettük (2. ábra, jobb oldali kép). A táplálkozó lárvák takarmányozását az első 5 napban kizárólag a Botanikus Kert tavaiból (patogének elkerülése) gyűjtött szelektált planktonnal (<0,15 mm) végeztük, majd ezt követően keltetett *Artemia sp.* naupliszokkal *ad libitum* végeztük.



1. ábra. Balra fent: intraperitoneális hormonkezelés, balra lent: indukált ivatáshoz használt akvárium és a hormonkezelt anyahalak, jobbra: ikrával borított műnövény.

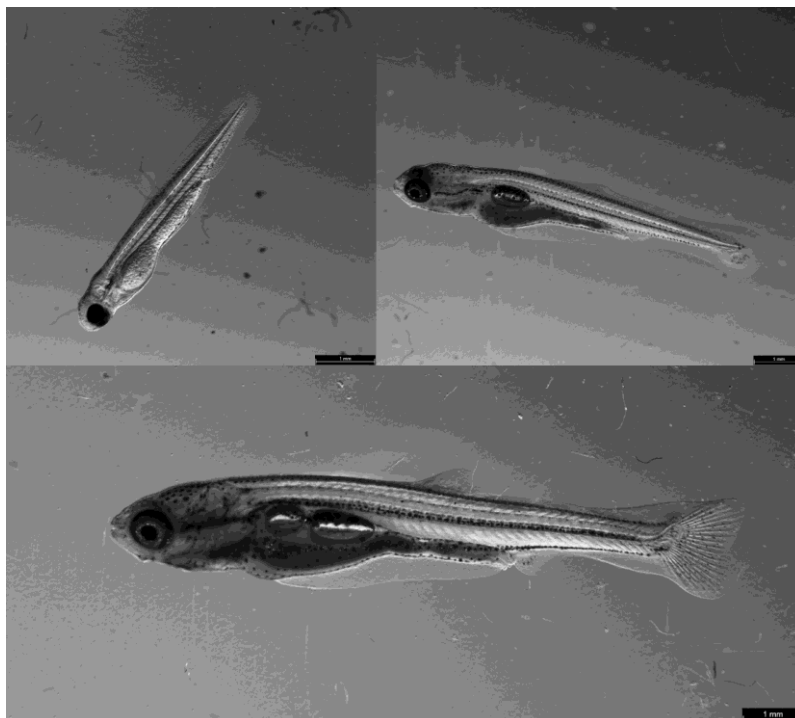
#### **Eredmények és következtetések**

A Gödöllőn elvégzett próbaszaporítások nem eredményeztek termékenyülőképes ikrákat. A hormonkezelés hatására nyert ovulált ikratételek minden esetben rossz minőségűek voltak a felkészítés helyétől (természetszerű és mesterséges körülmények) függetlenül. Ennek a legvalószínűbb feltételezhető okai a rendelkezésre álló halak idős kora (>11 év) és egyéb egészségügyi problémák. A mesterséges körülmények között zajló felkészítést (két szaporítás közötti időszak) 119 napig végeztük 25,5 °C-os átlag

vízhőmérséklet mellett (3035 napfok). Ez a hőösszeg elegendőnek bizonyult a kísérletbe vont anyahalak számára egy új ikrakészlet felépítéséhez, amely eredmény hasonló Horváth (1985) megfigyeléseihez, intenzív körülmények között tartott ponty (*Cyprinus carpio*) esetében.

A Schönbrunni Állatkertben végzett első szaporítási munka során a kísérletbe vont ikrások egyikétől pontyhipofízis-kezelés hatására sikeresen nyertünk ikratételt, a fejt ikraszemek termékenyültek. Az embriók fejlődése az embriogenezis során szabálytalan volt, kelést követően a nem táplálkozó lárvák nagyarányú deformitását figyeltük meg. A vizsgált spermaminták elemzése után 2 minta esetében volt lehetőség azok mélyhűtésére. Jelenleg a Schönbrunni Állatkert 2 egyedétől 3 db 0,5 µl műszalma van mélyhűtve tárolva a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra- és Környezetbiztonsági Intézetében. A második szaporítás alkalmával 2 ikrás esetben sikerült a pontyhipofízis-kezeléssel ovulációt kiváltanunk. A kinyert ikraadagok a szintén fejéssel gyűjtött spermával való termékenyítést követően fejlődtek, azonban a lárvák kelése előtt az összes embrió fokozatosan elpusztult, amelynek feltételezhetően a nem megfelelő ikraminőség volt az oka.

A Körösvidéki Múzeumban elvégzett mesterséges szaporítási kísérlet során hormonkezelés hatására indukáltuk az egyedek ívását. Az ívásból nyert és termékenyült ikraszemek számát 150-160-ra becsültük. A lárvák (kb. 130 egyed) a termékenyítéstől számított 3. napon keltek, és a keléstől számított 2. napon kezdték meg táplálkozásukat. 2 hetes korban 100-110 egyed között becsüljük a nevelt halak számát (2. ábra).



2. ábra. Balra fent: frissen kelt lárva, jobbra fent: egy napja táplálkozó lárva, balra lent: 2 hetes lárva (fotók: Dr. Ivánovics Bence).



## Összefoglalás

Munkánk során összefoglaltuk az élőhelyéről kihalt (extinct in the wild, EW) rakovitzakele *ex situ* fajmegőrzési és konzervációbiológiai kutatásainak legújabb eredményeit. A kísérletek során mélyhűtöttük az előzetesen CASA rendszer segítségével minősített spermamintákat. Az indukált ivatásból származó utódállományt jelenleg is neveljük.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú (EKÖP-24-IV/MATE-60, EKÖP-24-IV/MATE-57, EKÖP-24-III/MATE-20) Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Munkánkat a Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund - Captive breeding using new tools and methods as demonstrated by the Rakovitzza rudd című pályázat támogatta.

## Irodalom

- Bănărescu P. **1964**. Pisces - Osteichthyes (pești ganoizi și osoși). Vol. XIII. – Fauna R.P.R., Edit. Academiei, București, pp. 53-55 (in Romanian).
- Bănărescu, P. **2002**. Species and subspecies of fish fauna and lampreys endemic or almost endemic to the drainage area of the river. – TISCIA Monograph Series, Ecological Aspect of the Tisa River Basin, 21-24 March, 2002, 6: 167-172.
- Bănărescu, P. (1964): Pisces - Osteichthyes (pești ganoizi și osoși). Vol. XIII. – Fauna R.P.R., Edit. Academiei, București, pp. 53-55 (in Romanian).
- Berinke L. **1960**. On the systematical position of *Scardinius racovitzai*, Müller, 1958. *Vertebrata Hungarica* 2, 143–152.
- Crăciun N. **1997**. Ethological researches on *Scardinius racovitzai* from the Thermal Lake 1 Mai, Oradea. *St și Cercet* 2, 79-88.
- Crăciun N. **1998**. Cercetări de etologie comparată a unor pești marini și dulcicoli din fauna României. – Teză de doctorat, Institutul de Biologie al Academiei Române, București (in Romanian).
- Horváth, L. **1985**. Egg development (oogenesis) in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). In: Muir JF, Roberts RJ (eds) *Recent Advances in Aquaculture*. Springer, Boston, MA, pp. 31–77
- Müller T. **2014**. Kísérlet a váradi maradványcsiga (*Melanopsis parreysi*) és a Racovitzakele (*Scardinius racovitzai*) megmentésére. *Halászat* 107(3), 13-14.
- Müller, T.; Bernáth, G.; Horváth, Á.; Várkonyi, L.; Grigoraș, G.; Gagiú, A.; Urbányi, B.; Zarski, D.; Freyhof, J.; Cameron, T. **2018**. Artificial propagation of the endangered Rumanian endemic warm water rudd (*Scardinius racovitzai* Müller 1958, Cyprinidae, Cypriniformes) for conservation needs. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 44(3), 245-249.
- Saad, A.; Billard, R.; Theron, M. C.; Hollebecq, M. G. **1988**. Short-term preservation of carp (*Cyprinus carpio*) semen. *Aquaculture* 71(1-2), 133-150.

- Șerban, C.; Grigoraș, G. **2018**. Structural and morphometric study of scales in Petzea rudd (*Scardinius racovitzai* Müller 1958). *Applied Ecology & Environmental Research* 16(5), 6063-6076
- Telcean, I.; Cupșa, D. **2006**. Püspökfürdő endemikus hala a Racovitza-kele (*Scardinius racovitzai*). *Halászat* 99(4), 135.

## A RÉTICSÍK (*MISGURNUS FOSSILIS*) EMBRIÓGENEZISE ÉS LÁRVAFEJLŐDÉSE

Kiss Péter<sup>1</sup>, Kucska Balázs<sup>2</sup>, Kalocsai Levente<sup>1</sup>, Horváth József<sup>2</sup>, Tóth András<sup>2</sup>, Varga Ádám<sup>2</sup>, Vannaphar Tammajedy<sup>1</sup>, Ivánovics Bence<sup>3</sup>, Nagy Borbála<sup>4</sup>, Müller Tamás<sup>2</sup>

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40., e-mail: kiss.peter.4@phd.uni-mate.hu

<sup>1</sup> Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Természetesvízi Halökológiai Tanszék, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40.

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

<sup>3</sup> Halgazdálkodási Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

### Kivonat

A réticsík (*Misgurnus fossilis*) egy Magyarországon őshonos halfaj, amely elsősorban mocsaras, lápos élőhelyeken fordul elő. A XIX. századig széles körben halászták, különösen a szegényebb rétegek körében volt népszerű, jelentős szerepet töltött be a népi táplálkozásban. A halászatának külön neve is volt – csíkászat –, és a kifogott halat sokféle ételben hasznosították.

Az élőhelyeinek jelentős mértékű csökkenése – elsősorban a folyószabályozások és mocsárlecsapolások következtében – drasztikus állománycsökkenést eredményezett. Ez a folyamat nemcsak hazánkban, hanem nemzetközi szinten is hasonló mértékben zajlott le, így a réticsík több országban védett státuszt kapott. Magyarországon is védett faj, és az egyre gyakoribb aszályos időszakok tovább súlyosbítják a természetes populációk helyzetét. Ugyanakkor a faj kiválóan alkalmazkodik az oxigénszegény körülményekhez, így ökológiai gazdálkodásban is potenciálisan fontos szerepet játszhat, a stabil vízutánpótlás nélküli élőhelyeken.

A csökkenő állomány megóvásához nem elegendő csupán a védett státusz. Elengedhetetlen a faj ökológiai igényeinek és életmódjának mélyebb megértése, az optimális élőhelyek védelme és rehabilitációja, valamint új, megfelelő élőhelyek létrehozása. Emellett fontos a legyengült állományok megerősítése, illetve a kipusztult populációk visszatelepítése.

A csökkenő egyedszám és az élőhelyek szűkülése miatt különös hangsúlyt kap a faj genetikai sokféleségének megőrzése. Ennek egyik lehetséges eszköze a mesterséges szaporítás, amely során az utódokat természetes élőhelyeikre lehet visszatelepíteni. Kutatásunk célja ennek előmozdítása volt: hormonkezelést követően réticsík anyahalak mesterséges szaporítását végeztük el. A nyert ivarsejteket szárazon összekevertük, majd meglevegőztetett csapvíz hozzáadásával aktiváltuk a spermiumokat. Rövid, keverést követően az ikrákat keltető edényekbe helyeztük el. A zigóta és embrió fejlődést, valamint a lárvát ontogenezisét a külső kopoltyú eltűnéséig fényképes dokumentációval követtük nyomon.

A vizsgálatunk során nyert adatok révén hozzájárulni kívánunk a réticsík biológiájának pontosabb megismeréséhez, ezáltal is támogatva a faj megőrzésére irányuló természetvédelmi törekvéseket.

**Kulcsszavak:** réticsík, indukált szaporítás, embriogenezis, lárvafejlődés

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők ezúton szeretnék kifejezni hálájukat mindazon intézményeknek és személyeknek, akik támogatásukkal hozzájárultak a kutatás megvalósításához. A vizsgálat az Egyetemi Kutatási Ösztöndíjprogram (EKÖP) keretében valósult meg, az EKÖP-24-III/MATE-17, EKÖP-24-VI/MATE-18, EKÖP-24-IV/MATE-57, EKÖP-24-III/MATE-20, EKÖP-24-IV/MATE-60, EKÖP-24-V/MATE-6 azonosítójú pályázat támogatásával. Külön köszönettel tartozunk a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem szakmai közösségének az anyagok előkészítésében, valamint a laboratóriumi háttér biztosításában nyújtott segítségért.

## **HALÉTELEK KEDVELTSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA 2014 ÉS 2021 KÖZÖTT**

**LÁMFALUSY Tamás<sup>1,2\*</sup>, KASZA Gyula<sup>2</sup>, SZAKOS Dávid<sup>2</sup>, ÓZSVÁRI László<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> *Állatorvostudományi Egyetem Törvényszéki Állatorvostani és Gazdaságtudományi Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2., e-mail lamfalusy.tamas@univet.hu*

<sup>2</sup> *Állatorvostudományi Egyetem Alkalmazott Élelmiszertudományi Tanszék, Élelmiszerlánc-Tudományi Intézet, 1078 Budapest, István utca 2.*

<sup>3</sup> *Fertőző Állatbetegségek, Antimikrobiális Rezisztencia, Állatorvosi Közegészségügy és Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti Laboratóriuma, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest*

### **Kivonat**

Jelen vizsgálat célja a halételek kedveltségének alakulásának feltárása 2014 és 2021 között. Vizsgálatunk két, a magyarországi lakosságra reprezentatív személyes kérdőíves felmérésre épül: az első adatgyűjtés 2014 szeptember–októberében, míg a második 2021 május–júniusában zajlott. Eredményeink szerint a könnyed, egészségtudatos elkészítési módok – különösen a salátás, tésztás és párolt halételek – kedveltsége egyértelműen megerősödött, míg a hagyományos fogások, mint a halászlé és a halrudacska, kismértékben vesztek vonzerőjükből. A grillezett hal és a halkonzerv népszerűsége is növekedett, míg a rántott hal stabilan az első helyet foglalta el mindkét felmérési időpontban.

**Kulcsszavak:** halfogyasztás, édesvízi akvakultúra, tengeri akvakultúra, fogyasztói felmérés

### **Abstract**

The present study aims to elucidate changes in the popularity of fish-based dishes between 2014 and 2021. Our investigation is founded upon two face-to-face surveys representative of the Hungarian adult population: the first conducted in September–October 2014, and the second in May–June 2021. Our results indicate a clear strengthening of lighter, health-oriented preparation methods – most notably dishes served in salads, with pasta, or steamed – whereas traditional preparations such as fish soup and fish sticks experienced a slight decline in appeal. Popularity also increased for grilled fish and canned fish products, while deep-fried fish remained consistently the most preferred option at both survey points.

**Keywords:** fish consumption, freshwater aquaculture, saltwater aquaculture, consumer survey

## **Bevezetés**

Az élelmiszer-előállításban a halfogyasztás és az akvakultúra jelentősége az elmúlt évtizedekben folyamatosan nőtt, immár nem csupán tápanyagforrásként, hanem a fenntarthatóság és a környezettudatosság egyik kulcsfontosságú területeként is értelmezhető (Budhathoki és mtsai., 2024; FAO, 2024; Ózsvári és Máté, 2021). A hazai akvakultúra-ágazat versenyképességének és fenntarthatóságának megőrzése érdekében a változó környezeti, gazdasági és geopolitikai körülmények között folyamatos innovációk implementálása elengedhetetlen (Urbányi és mtsai., 2022; Urbányi és mtsai., 2023; Váradi és mtsai., 2012)

Az elmúlt években a fogyasztói preferenciák dinamikus átalakuláson mentek keresztül: a digitális influenszerek és a közösségi média erősödő hatása révén az egyes ételek értékelése nem csupán organoleptikus tulajdonságok mentén, mint amilyen például az íz, illat, vagy a megjelenés történik, hanem tápanyag-összetélteli és fenntarthatósági kritériumok is egyre nagyobb szerepet kapnak (Lu és mtsai., 2024; Misra és mtsai., 2024; Risius és mtsai., 2017; Tunca és mtsai., 2024)

Párhuzamosan erősödik a vásárlói tudatosság: a közösségi médiában, gasztronómiai fesztiválokon és a hagyományos kereskedelmi láncok polcain is egyre gyakrabban találkozunk olyan logókkal és tanúsítványokkal, amelyek garanciát nyújtanak a fenntarthatóságra. Erre egy példa a Marine Stewardship Council (MSC) védjegy, amely a vadon élő, fenntartható halászatból származó termékek megkülönböztetésére szolgál, ám egyre nagyobb teret hódítanak az ökológiai tanúsítványokkal ellátott tenyésztett halak is (Clarke és mtsai., 2025; Peiró-Signes és mtsai., 2022).

Több korábbi primer fogyasztói kutatás foglalkozott a hazai halfogyasztással, a halfogyasztást befolyásoló tényezőkkel (Lámfalusy és mtsai., 2025; Temesi, 2016; Temesi és mtsai., 2017; Temesi és mtsai. 2020; Töröcsik, 2014), ugyanakkor a halakból készült ételek kedveltségének vizsgálata egy még többnyire kiaknázatlan terület.

Kutatásunk célja, hogy feltérképezze 2014 és 2021 között a halételek kedveltségének változását.

## **Anyag és módszer**

A kutatás alapját két, Magyarország lakosságára reprezentatív adatfelvétel képezte: az első 2014 szeptember–októberében, a második pedig 2021 május–júniusában zajlott. Kvótás mintavételt alkalmaztunk, amelynek korra, nemre és lakóhelyre (NUTS-2 régiók) vonatkozó kvótáit a felmérés időpontjában legfrissebb népszámlálási adatokkal egyeztetettük. A személyes interjúkat kérdezőbiztosok segítségével bonyolítottuk le különböző településeken – így például Budapesten, Dombóváron, Füzesabonyban, Győrben, Kecskeméten, Sárbogárdon, Székesfehérváron és Szolnokon. A 2014-es felmérésben 1.026 fő, a 2021-esben 1.001 fő, 18 évnél idősebb válaszadó vett részt. A kérdőív nyitott és zárt kérdéseket egyaránt tartalmazott; a zárt kérdések értékelése ötfokozatú Likert-skálán történt (Lakner és mtsai., 2007; Preedy és Watson, 2010). Az összegyűjtött adatokat az IBM SPSS Statistics 25.0 és 30.0 szoftverekkel elemeztük.

## Eredmények és következtetések

### A halételek kedveltségének változása

A 2021-es felmérési évben külön kerültek megkérdezésre édesvízi- és tengeri halból készült ételek esetén a kedveltségek (Lámfalusy és mtsai. 2025). Az adatok összehasonlíthatóságának biztosítása érdekében az egyes időpontokban mért átlagértékek és szórások számtani középértékét képeztük, majd ezt alkalmaztuk a 2014-es adatokkal történő összevetés során.

A halételek kedveltsége 2014 és 2021 között több ponton pozitív elmozdulást mutatott: a „saláta hallal” átlagos kedveltsége 2,59-ről 3,09-re nőtt (+0,50), a „hal tésztával” 2,19-ről 2,59-re emelkedett (+0,40), míg a „párolt hal” is 2,38-ról 2,69-re javult (+0,31). Emellett a grillezett hal kedveltsége 3,31-ről 3,57-re (+0,26) és a halkonzervé 2,92-ről 3,08-ra (+0,16) kúszott fel. Ugyanakkor a halászlé népszerűsége enyhén csökkent 3,64-ről 3,40-re (-0,24), és a halrudacska esetében is csökkenés volt tapasztalható 2,94-ről 2,83-ra (-0,11), míg a klasszikus rántott hal kedveltsége stabilan az első helyen áll a halételek sorában (3,83 vs. 3,87; +0,04) (1. táblázat). Ezek az adatok arra utalnak, hogy a fogyasztók egyre inkább az egészségesebb, könnyedebb elkészítési módokat keresik, miközben a tradicionális fogások megtartják, de nem növelik jelentősen népszerűségüket.

8. táblázat A halételek kedveltségének változása 2014 és 2021 között

Halétel	2014 átlag ± RSD	2021 édesvízi és tengeri átlag ± RSD	Változás (2021-2014)
Rántott hal	3,83 ± 1,42	3,87 ± 1,39	0,04
Halászlé	3,64 ± 1,61	3,40 ± 1,59	-0,24
Grillezett hal	3,31 ± 1,63	3,57 ± 1,52	0,26
Halrudacska	2,94 ± 1,52	2,83 ± 1,56	-0,11
Halkonzerv	2,92 ± 1,53	3,08 ± 1,50	0,16
Saláta hallal	2,59 ± 1,61	3,09 ± 1,64	0,5
Párolt hal	2,38 ± 1,47	2,69 ± 1,55	0,31
Hal tésztával	2,19 ± 1,46	2,59 ± 1,60	0,40
Pácolt hal	2,15 ± 1,48	2,38 ± 1,56	0,23
Pizza vagy szendvics feltét	2,13 ± 1,45	2,35 ± 1,52	0,22

## Összefoglalás

Az eredmények jól illeszkednek az irodalmi áttekintésben azonosított tényezőkhöz: a digitális influenszerek és a közösségi média befolyása, valamint a táplálkozási és fenntarthatósági szempontok előtérbe kerülése egyaránt hozzájárult ahhoz, hogy a fogyasztók elmozdultak a könnyedebb, egészségtudatos elkészítési módok felé. E tendenciát jól tükrözi a salátás, tésztás és párolt halételek népszerűségének szembetűnő emelkedése, míg a hagyományosabb fogások – például a halászlé és a halrudacska – stagnáló vagy enyhén csökkenő kedveltséget mutattak. Következésképp indokolt a

gasztronómiai kínálat fejlesztése olyan innovatív, fenntartható receptek révén, amelyek ötvözik a tradicionális ízvilágot a korszerű elkészítési technikákkal, ezzel is elősegítve a megváltozott fogyasztói igények hatékony kielégítését.

### **Köszönetnyilvánítás**

Az RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból nyújtott támogatásával, az RRF-2.3.1-21 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

### **Irodalom**

- Budhathoki, M., Tunca, S., Martinez, R. L., Zhang, W., Li, S., Le Gallic, B., Brunsø, K., Sharma, P., Eljasik, P., Gyalog, G., Panicz, R., Little, D. **2024**. Societal perceptions of aquaculture: Combining scoping review and media analysis. *Reviews in Aquaculture*, 16(4), 1879–1900.
- Clarke, B. M., McKinley, E., Ballinger, R. C. **2025**. UK Public Attitudes and Perceptions of Seafood Sustainability: A Case Study of the Marine Conservation Society’s Good Fish Guide. *Sustainability*. 17(2), 587.
- FAO. **2024**. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. FAO, Rome.
- Lakner, Z., Hajdu, I., Bánáti, D., Szabó, E., Kasza, Gy. **2007**. The application of multivariate statistical methods for understanding food consumer behaviour. *Studies in Agricultural Economics*, 105, 59-70.
- Lámfalusy, T., Ózsvári L., Szakos D., Kasza Gy. **2025**. Freshwater compared to marine fish - A quantitative study on consumer perspectives. *Aquaculture*. 603. 742382.
- Lu, J., Xiao, Y., Zhang, W. **2024**. Taste, sustainability, and nutrition: Consumers’ attitude toward innovations in aquaculture products. *Aquaculture*, 587, 740834.
- Misra, A., Dinh, T. D., Ewe, S. Y. **2024**. The more followers the better? The impact of food influencers on consumer behaviour in the social media context. *British Food Journal*, 126(12), 4018–4035.
- Ózsvári, L., Máté, M. **2021**. Az akvakultúra-ágazat globális, európai és magyarországi fejlődése. *Gazdálkodás*. 65:(4)289-309
- Peiró-Signes, A., Miret-Pastor, L., Galati, A., Segarra-Oña, M. **2022**. Consumer Demand for Environmental, Social, and Ethical Information in Fishery and Aquaculture Product Labels. *Frontiers in Marine Science*, Volume 9-2022.
- Preedy, V.R., Watson, R.R. (Eds.) **2010**. 5-Point Likert Scale, in: *Handbook of Disease Burdens and Quality of Life Measures*. Springer New York, New York, NY, 4288–4288.
- Risius, A., Janssen, M., Hamm, U. **2017**. Consumer preferences for sustainable aquaculture products: Evidence from in-depth interviews, think aloud protocols and choice experiments. *Appetite*, 113, 246–254.
- Temesi, Á., Palotás, P., Plasek, B. **2017**. Kik a fogyasztói a különféle halfajoknak Magyarországon? *Gazdálkodás*. 61:(6)524-541.
- Temesi, Á., Birch, D., Plasek, B., Eren, B.A., Lakner, Z. **2020**. Perceived Risk of Fish Consumption in a Low Fish Consumption Country. *Foods*. 9(9), 1284.

- Törőcsik, M. **2014**. A magyar lakosság halfogyasztási szokásai. (online) [https://halaszat.kormany.hu/download/1/d9/90000/honlapra0220\\_halfogyasztasi%20szokasok\\_kutatas\\_prezi.pdf](https://halaszat.kormany.hu/download/1/d9/90000/honlapra0220_halfogyasztasi%20szokasok_kutatas_prezi.pdf)
- Tunca, S., Budhathoki, M., Brunsø, K. **2024**. European consumers' intention to buy sustainable aquaculture products: An exploratory study. *Sustainable Production and Consumption*, 50, 20–34.
- Urbányi, B., Bokor, Z., Jelen, T., Rigó-Ditzendy, O., Kovács, Ö., Rákóczi, K., Szűcs I., Békefi, E., Makó, Cs., Tárnai-Király, Zs. **2022**. A magyar akvakultúra ágazat innovációs képességének jelene és jövője. *HALÁSZAT*, 115(1), 29–36.
- Urbányi, B., Bokor, Z., Kobolák, J., Bozáné Békefi, E., Lengyel, S., Tarnai-Király, Z., Rákóczi, K., & Fekete, R. **2023**. Innovation in Hungarian aquaculture. *Review on Agriculture and Rural Development*, 12(1-2), 74–79.
- Váradi, L., Lane, A., Harache, Y., Gyalog, G., Békefi, E., Lengyel, P., **2012**. Regional review on status and trends in aquaculture development in Europe, 2010. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1061/1*.

## KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSÚ TÁPANYAGUTÁNPÓTLÁS HATÁSA A ZOOPLANKTON FAJOK KONCENTRÁCIÓJÁRA ÉS DIVERZITÁSÁRA, AKVÁRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

MOLNÁR Péter István<sup>1</sup>, BÉNYI Benedek Csaba<sup>2</sup>, FEHÉR Milán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, 4032 Debrecen, Bősörményi út 138. email: molnar.peter.istvan@agr.unideb.hu

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, 4032 Debrecen, Bősörményi út 138.

### Kivonat

A zooplankton közösségek alapvető szerepet játszanak a halastavak ökoszisztémájában, különösen a halivadékok táplálkozásában és a tápanyagok körforgásában. Ezek az organizmusok alapvető táplálékforrást jelentenek a halivadékok számára, különösen az első táplálkozási szakaszban, amikor a megfelelő méretű és tápértékű táplálék elérhetősége kritikus a túlélés és a növekedés szempontjából. Jelen kísérletünkben a különböző típusú tápanyagutánpótlások hatását vizsgáltuk (szerves-, műtrágya, kombinált, kontroll) a zooplankton populáció fajgazdagságára és koncentrációjára. A kísérlet a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumában zajlott. Tizenkettő azonos térfogatú (50 liter) akváriumot használtunk a kísérlet során. Minden akvárium rendelkezett megfelelő levegőztetéssel és megvilágítással. Hat héten keresztül heti rendszerességgel adtuk az akváriumokhoz a megfelelő tápanyagokat, melyek adagolását nitrogén ekvivalencia szerint állapítottuk meg. A kezeléseik a következők voltak: kontroll, szerves-, műtrágyás kezelés, és kombinált (szerves- és műtrágya együttesen). A kísérlet végén mikroszkóp alatt, Sedgewick-Rafter kamrában vizsgáltuk a zooplankton fajokat. A kísérlet alapján elmondható, hogy a tápanyagutánpótlás típusa hatással volt a *Rotifera* koncentrációra, mivel a szerves- és a kombinált trágyázással kezelt csoportokban a *Rotifera* koncentráció többszöröse volt a kontroll és műtrágyával kezelt csoportoknak. A *Moina* koncentrációra és a *Cyclops* koncentrációra nem volt hatással a trágyázás típusa. A *Daphnia* esetében a kombinált trágyázással nagyobb koncentrációt lehetett elérni, mint a kontroll csoportban, de a szerves- és műtrágyával kezelt csoportokhoz viszonyítva nem volt eltérés.

**Kulcsszavak:** zooplankton, élő eleség, akvakultúra

### Abstract

Zooplankton communities play a vital role in the ecosystem of fish ponds. These organisms are an essential food source for juvenile fish, especially during the first feeding phase when the availability of food of adequate size and nutritional value is critical for survival and growth. In our experiment, we investigated the effects of

different types of nutrient supplementation (organic, fertilizer, combined, control) on the species richness and concentration of zooplankton populations. The experiment was conducted at the Fish Biology Laboratory of the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management. Twelve aquariums of the same volume (50 litres) were used in the experiment. Each aquarium had adequate aeration and lighting. During the six week experiment the appropriate nutrients were added to the aquariums on a weekly basis, the dosage of which was determined according to nitrogen equivalence. The treatments were: control, organic, synthetic fertilizer, and combined (organic and synthetic combined). At the end of the experiment, zooplankton species were examined under a microscope in a Sedgewick-Rafter chamber. The experiment showed that the type of nutrient supplementation had an effect on *Rotifera* concentrations, as *Rotifera* concentrations in the organic and combined fertilization groups were several times higher than in the control and the combined groups. *Moina* concentration and *Cyclops* concentration were not affected by fertilization type. For *Daphnia*, combined fertilization resulted in higher concentrations than in the control group, but there were no differences compared to the organic and synthetic groups.

**Keywords:** zooplankton, live feed, aquaculture

## Bevezetés

A zooplankton közösségek alapvető szerepet játszanak a halastavak ökoszisztémájában, különösen a halivadékok táplálkozásában és a tápanyagok körforgásában (Anton-Pardo, és Adámek, 2015; Morris és Mischke, 1999). A zooplankton közösségek főként kerekeshéjűekből (*Rotifera*), ágascápú rákokból (*Cladocera*) és evezőlábú rákokból (*Copepoda*) állnak (Hossain és mtsai., 2015). Ezek az organizmusok alapvető táplálékforrást jelentenek a halivadékok számára (Zhensheng és mtsai., 2013), különösen az első táplálkozási szakaszban, amikor a megfelelő méretű és tápértékű táplálék elérhetősége kritikus a túlélés és a növekedés szempontjából. A zooplankton fajok tápértéke és emészthetősége fajoként változik, amit a fitoplankton elérhetősége és összetétele határoz meg (Anke és mtsai., 2002).

A halastavakban a zooplankton közösségek összetétele és bősége számos tényezőtől függ (Nicolle és mtsai., 2011), beleértve a víz hőmérsékletét, tápanyagtartalmát, a halak fajösszetételét és a tógazdálkodási gyakorlatokat. Például a tápanyagban gazdag vizekben gyakran megfigyelhető a zooplankton biomassza növekedése, ami kedvező a zooplankton-fogyasztó halak számára. Ugyanakkor a túlzott tápanyagbevitel eutrofizációhoz vezethet (Pálffy, 2013).

A tógazdálkodási gyakorlatok, mint például a takarmányozás és a vízminőség kezelése, illetve a halállomány sűrűsége befolyásolják, de alapvetően a trágyázás határozza meg a zooplankton közösségek összetételét és dinamikáját (Tavares és mtsai., 2009). A megfelelő takarmányozás és tápanyagbevitel elősegítheti a zooplankton populációk növekedését, míg a túlzott vagy nem megfelelő takarmányozás a vízminőség romlásához és a zooplankton közösségek degradációjához vezethet (Rahman és mtsai., 2023). Ezért a tógazdálkodásnak figyelembe kell venniük a zooplankton közösségek igényeit és dinamikáját a gazdálkodási döntések meghozatalakor.

A zooplankton közösségek rendszeres monitorozása lehetővé teszi a tógazdák számára, hogy nyomon kövessék a közösségek összetételét és bőségét, és időben beavatkozzanak, ha szükséges. A monitorozás során gyűjtött adatok alapján optimalizálható a takarmányozás, a vízminőség kezelése és a halállomány sűrűsége, ami hozzájárul a halastavak termelési hatékonyságának növeléséhez és a fenntartható akvakultúra-gyakorlatok kialakításához.

## Anyag és módszer

### Tesztkörnyezet

A kísérlet a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumában zajlott. Tizenkettő azonos térfogatú (50 liter) akváriumot használtunk a kísérlet során. Minden akvárium rendelkezett egy-egy porlasztókövel (A962) melyet egy membrános kompresszorhoz csatlakoztattunk, aminek névleges teljesítménye 150 liter/perc. Minden porlasztóköhöz vezető levegőcsövet egy csappal láttunk el, hogy biztosíthassuk az egyenletes levegőztetést az akváriumokban. A kísérlet során az akváriumokat LED lámpákkal világítottuk meg napi 18 órában, melyek teljesítménye 100 W volt és színhőmérséklete 6000 K. Az egységek hőmérsékletét a terem fűtésével biztosítottuk.

### Kísérleti állomány

A kísérletben használt zooplankton fajok egy előzőleg előállított Deep Water Culture (DWC) állományból származtak. Ez vegyes zooplankton állományt jelent, mely rotifera, copepoda és cladocera fajcsoportból származó állományokat jelent. A kísérlet kezdetekor szellőztetett csapvízzel töltöttük fel az akváriumokat, majd homogenizáltuk az állományt, és egységesen 1 liternyit adtunk a fito- és zooplanktonnal teli vízből az akváriumok vizéhez.

### Alkalmazott kezelések

A kísérlet alatt 4 kezelést állítottam be 3 ismétléssel. A kezelések a következők voltak: kontroll, szerves trágyás kezelés, műtrágyás kezelés és kombinált kezelés. A különböző tápanyagok adagolásánál nitrogén ekvivalenciát vettem alapul, vagyis minden egységbe (a kontroll kivételével) ugyanannyi mennyiségű nitrogén kerüljön. A kísérletben alkalmazott tápanyagok összetétele és megnevezése a következő volt:

1. táblázat: Az alkalmazott trágyatípusok elemtartalma

Mikroelem	Trágya típusa		
	Szerves trágya (m/m%)	Makroelem trágya (m/m%)	Mikroelem trágya (m/m%)
N	1,5	0,89	-
P	1,5	0,32	-
K	1,5	4,78	-
S	-	0,816	-
Mg	0,5	0,074	-

Ca	2,5	-	-
Mn	0,0175	-	0,1
B	0,00125	-	0,04
Zn	0,014	-	0,029
Cu	-	-	0,0052

A makro- és mikroelem kiegészítéshez kereskedelmi forgalomban kapható, akvarisztikában használt mikroelem tápoldatot alkalmaztam. A kísérletben alkalmazott szerves trágya kereskedelmi forgalomban kapható pelletált szarvasmarha trágya volt.

A kísérleti időszak 6 hete alatt minden héten ugyanazon a napon kijuttattam a szerves és műtrágyát az akváriumokba. Az egyes kezelések tápanyagainak adagolása a következő volt:

2. táblázat: Az alkalmazott kezelések tápanyagutánpótlásának adagolása

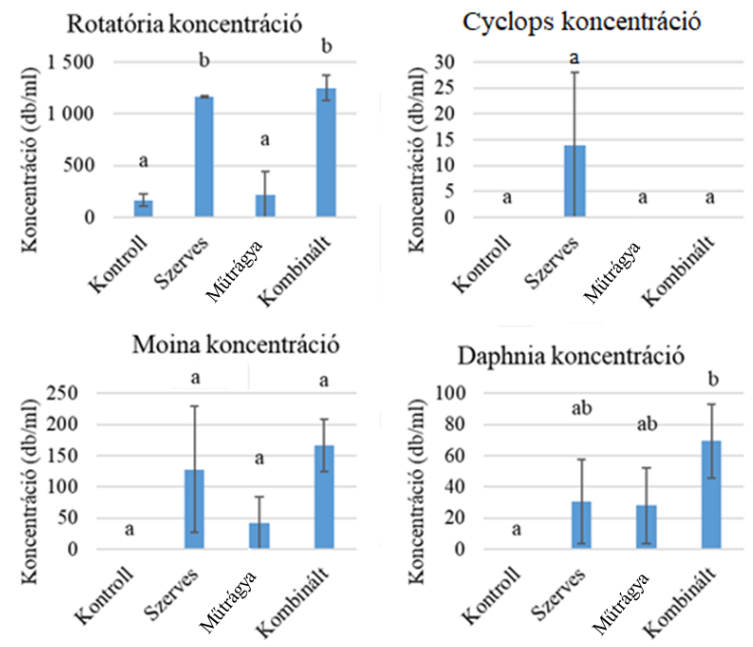
Kezelés	Tápanyag típusa		
	Szerves trágya (g)	Makroelem (ml)	Mikroelem (ml)
Kontroll	-	-	-
Szerves	10	-	-
Kombinált	5	3	3
Műtrágya	-	6	6

#### Mintavétel

A kísérleti időszak végén vettünk mintát, ekkor homogenizáltuk az akváriumok vizét, 1 liternyi vizet kivettünk belőle, majd pipetta segítségével 1 ml mintát vettünk a homogenizált folyadékból. Ezt Sedgewick-rafter kamrában (Jaramillo-Londoño, 2024), VWR Visiscope BL224T típusú mikroszkóp alatt vizsgáltuk.

#### Eredmények és következtetések

A kísérlet alapján elmondható, hogy a tápanyagutánpótlás típusa hatással volt a *Rotifera* koncentrációra, mivel a szerves- és a kombinált trágyázással kezelt csoportokban a *Rotifera* koncentráció többszöröse volt a kontroll és műtrágyával kezelt csoportoknak. A *Moina* koncentrációra és a *Cyclops* koncentrációra nem volt hatással a trágyázás típusa. A *Daphnia* esetében a kombinált trágyázással nagyobb koncentrációt lehetett elérni, mint a kontroll csoportban, de a szerves- és műtrágyával kezelt csoportokhoz viszonyítva nem volt eltérés.



1. ábra: A különböző zooplankton koncentrációk változása

## Összefoglalás

A magyarországi akvakultúra hagyományosan a tógazdasági haltermelésre épül, ahol a ponty (*Cyprinus carpio*) a domináns tenyésztett faj. A halastavak ökoszisztémájában a zooplankton közösségek kulcsszerepet töltenek be, mivel alapvető táplálékforrást biztosítanak a halivadékok számára, és befolyásolják a tápanyagok körforgását. A zooplankton közösségek összetétele és dinamikája közvetlen hatással van a halastavak termelési hatékonyságára és a halak növekedésére. Ezért a zooplankton közösségek alapos megértése és megfelelő kezelése elengedhetetlen a fenntartható és hatékony akvakultúra-gyakorlatok kialakításához.

## Irodalomjegyzék

- Anton-Pardo, M., Adámek, Z. **2015**. The role of zooplankton as food in carp pond farming: a review. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 7-14.
- Ashraf, M., Ullah, S., Rashid, T., Ayub, M., Bhatti, E. M., Naqvi, S. A., Javaid, M. **2010**. Optimization of indoor production of fresh water rotifer, *Brachionus calyciflorus*: a preliminary study. *Int. J. Agric. Biol*, 12, 719-723.
- Hossain, S.M., Rahman, M.M., Akter, M., Bhowmik, S. **2015**. Species Composition and Abundance of Zooplankton Population in Freshwater Pond of Noakhali District, Bangladesh.
- Jaramillo-Londoño, J. C. **2024**. The Zooplanktonic Assemblage of a Tropical High Andean Reservoir. La García Reservoir (Antioquia-Colombia);[EL ENSAMBLE ZOOPLANCTÓNICO DE UN EMBALSE ALTOANDINO TROPICAL. EMBALSE LA GARCÍA (ANTIOQUIA-COLOMBIA)].

- Knutson, C. M., McLaughlin, E. M., Barney, B. M. **2018**. Effect of temperature control on green algae grown under continuous culture. *Algal research*, 35, 301-308.
- Morris, J.E., Mischke, C.C. **1999**. Plankton Management for Fish Culture Ponds.
- Müller-Solger, A.B., Jassby, A.D., Müller-Navarra, D.C. **2002**. Nutritional quality of food resources for zooplankton (*Daphnia*) in a tidal freshwater system (Sacramento-San Joaquin River Delta). *Limnology and Oceanography*, 47.
- Nicolle, A., Hansson, L. A., Brodersen, J., Nilsson, P. A., Brönmark, C. **2011**. Interactions between predation and resources shape zooplankton population dynamics. *PLoS One*, 6(1), e16534.
- Pálffy, K. **2013**. Társadalmi konfliktusokat generáló ökológiai történések a Balaton életében az utóbbi néhány évtizedben—A víz zöld elszíneződése, az eutrofizáció. *Acta Scientiarum Socialium*, (39), 37-44.
- Rahman, H., Azani, N., Suhaimi, H., Yatim, S. R., Yuslan, A., Rasdi, N. W. **2023**. A review on different zooplankton culturing techniques and common problems associated with declining density. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1147, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Tavares, L.H., Santeiro, R.M., Coelho, F.M. **2009**. Effect of fertilization in water quality and in zooplankton community in open plankton-culture ponds. *Bioscience Journal*, 25, 172-180.
- Zhensheng, L., Mingmin, D. U., Jing, Z. H. A. N. G. **2013**. International research advances in marine zooplankton. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(4), 1-10.

## AFRIKAI HARCSA (*CLARIAS GARIEPINUS*) NÖVEKEDÉSÉHEZ KAPCSOLT SNP MARKER SZETT

Péter Dániel<sup>1</sup>, Balogh Réka Enikő<sup>1</sup>, Varjú-Katona Milán<sup>2</sup>, Szilágyi Gábor<sup>2</sup>, Urbányi Béla<sup>1</sup>, Kovács Balázs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetgazdálkodási Intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly út 1. email: peter.daniel.2@phd.uni-mate.hu

<sup>2</sup> Bajcsihal Kft. 062 Kisbajcs Arany János út 22.

### Kivonat

A haltenyésztés a mezőgazdaság egyik legdinamikusabban fejlődő ágazata, melynek hatékonyságát genetikai vizsgálatokkal már évtizedek óta javítják. Ebben kiemelt szerepet kapnak azok az SNP-k (egybázis-polimorfizmusok), amelyek kapcsolatosan öröklődnek a növekedést meghatározó génekkel, azok öröklődésének nyomon követését, változataik azonosítását segítik elő. A gyors technológiai fejlődés révén ma már több milliárd SNP-t tartanak nyilván globális adatbázisokban. E markerek alkalmazására a haltenyésztésben is lehetőség nyílt, különösen az intenzíven tenyésztett fajok esetében, mint a ponty vagy az atlanti lazac. Magyarország vezető szerepet tölt be Európában az afrikai harcsa tenyésztésében, de e faj esetében kevés SNP-t azonosítottak a piaci értéket befolyásoló tulajdonságok vizsgálatához. Kutatásunk célja SNP-alapú marker szett kialakítása volt a nagyobb növekedési potenciállal bíró egyedek kiválasztásának elősegítéséhez. A vizsgálat során 156 db F2 egyed genetikai elemzését végeztük el ddRAD szekvenálással. A szekvencia adatok alapján bioinformatikai és statisztikai módszerekkel 16 növekedési génnel kapcsoltságot mutató SNP-t azonosítottunk. Az eredmények visszaigazolását 32 db nagy és 32 db kis növekedési erélyű egyed összehasonlító vizsgálatával végeztük el Sanger-szekvenálással. Az eredmények alapján 6 marker 9 pozíciójában mutatott szignifikáns összefüggést a vizsgált állományon, így ezek az SNP markerek jövőbeni szelekciós programokban hasznosíthatók lehetnek.

**Kulcsszavak:** *Clarias gariepinus*, afrikai harcsa, növekedés, szelekció, SNP

### Abstract

Aquaculture is one of the most dynamically developing sectors of agriculture, and its efficiency has been improved through genetic research for decades. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) play a key role in this, especially those that are linked to genes influencing growth, as they help track inheritance and identify genetic variants. As a result of rapid technological advancements, billions of SNPs are now catalogued in global databases. The application of these markers has become possible in fish breeding as well, particularly in intensively farmed species such as common carp and Atlantic salmon. Hungary plays a leading role in the breeding of African catfish in Europe, but for this species, relatively few SNPs have been identified in relation to traits affecting

market value, e. g. growth. The aim of our research was to develop an SNP-based marker set to support the selection of individuals with higher growth potential. In this study, genetic analysis and SNP search was conducted on 156 F2 samples by ddRAD sequencing combined with bioinformatic and statistical methods to identify SNPs associated with growth performance. The 16 SNPs with highest fixation index were analysed to validate by comparing 32 individuals with high growth performance and 32 with low growth performance. Based on Sanger sequencing, 9 positions within 6 markers showed significant correlation in the tested population, suggesting their potential use in future selection programs.

## Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben az akvakultúra, azon belül is az édesvízi intenzív haltermelés a mezőgazdaság egyik legdinamikusabban fejlődő ágazatává vált (FAO, 2022). Azonban a fejlődés ütemének fenntartásához új módszerekre és megoldásokra van szükség a termelés hatékonyságának növelése érdekében. Az egyik leghatékonyabb megközelítés a tenyészállományok genomikai elemzése és szelekciója. A növekedésért felelős QTL-ek (mennyiségi tulajdonságok öröklődésében szerepet játszó kromoszóma régiók) azonosítása és felhasználása molekuláris genetikai eszközökkel. Ehhez számos genetikai marker áll rendelkezésre, amelyek közül a genomok vizsgálatában a legelterjedtebbek az egybázis-polimorfizmusok (SNP-k).

Az SNP-k felhasználása sokrétű: az orvosi kutatásoktól (Esmaili és mtsai., 2023) az állattenyésztésig (Lewis és mtsai., 2011) terjed. A haltenyésztés is hamar felismerte az SNP-k jelentőségét. Számos halfaj esetében több ezer SNP-t sikerült azonosítani genom szekvenálással. Az intenzíven tenyésztett fajok, például az atlanti lazac (*Salmo salar*), a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*), a ponty (*Cyprinus carpio*) és a tokfélék (*Acipenseridae*) már teljes genomtérképpel rendelkeznek.

Több kutatás (Andreassen és mtsai., 2010; Houston és mtsai., 2014; Joshi és mtsai., 2018; Peñaloza és mtsai., 2020; Tsai, Robledo, és mtsai., 2016; Xia és mtsai., 2014; Xu és mtsai., 2014; Zhou és mtsai., 2022; Zhu és mtsai., 2012) vizsgálja az SNP-k és különböző tulajdonságok kapcsolatát. Emellett kvantitatív tulajdonságokhoz kapcsolódó lókuszokat (QTL-eket) is azonosítottak. Ezek piaci szempontból fontos jellemzők, például a növekedés meghatározásában játszanak szerepet (Besnier és mtsai., 2020; Chen és mtsai., 2021; Hao és mtsai., 2023; Jaser és mtsai., 2017; Peng és mtsai., 2016; Song és mtsai., 2022; Tsai, Hamilton, és mtsai., 2016; L. Wang és mtsai., 2024; Wenne, 2018).

Világszerte több harcsafaj is jelentős szerepet tölt be az édesvízi haltenyésztésben, például az amerikai csatorna harcsa (*Ictalurus punctatus*), a cápaharcsa (*Pangasianodon hypophthalmus*), az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) és a szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus*) (FAO, 2022). Magyarország az Európai Unió legnagyobb afrikaiharcsa-termelője, 2023-ban 5 286 tonna volt a teljes termelés, amelyből 4 090 tonna volt az étkezési célra értékesítve (Bojtárné Lukácsik, 2024).

Az afrikai harcsa esetében azonban keveset tudunk az értékmérő tulajdonságokkal összefüggő SNP-kről. A legtöbb eddigi adat betegségekkel, ivar meghatározással, hibrid azonosítással vagy populációs vizsgálatokkal kapcsolatos (Geng és mtsai., 2015; He et al.; Liu és mtsai., 2011, 2014; Nguyen és mtsai., 2021; Sun és mtsai.,

2014; S. Wang és mtsai., 2008; Zeng és mtsai., 2017). Néhány kutatás ugyanakkor növekedéssel kapcsolatos génterületeket is azonosított, például hibrid harcsában (Liu és mtsai., 2011), sárga harcsában (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Huang és mtsai., 2022), szélesfejű harcsában (Chaivichoo és mtsai., 2022) és csatorna harcsában (Zhang és mtsai., 2019).

Kutatásunk célja olyan SNP alapú marker szett kialakítása, mely képes azonosítani azokat az afrikai harcsa egyedeket, melyek utódai nagyobb növekedésre determináltak genetikailag.

## **Anyag és módszer**

### **Állatkezelés**

A vizsgált halállomány egy növekedésre szelektált állomány második (F2) generációja volt. Az első és második generáció között a nagyobb növekedési erélyt mutató egyedek szelekciója történt. A halakat 2 m<sup>3</sup> térfogatú medencékben tartottuk, átfolyó rendszerben 26°C-on. A takarmányozásuk az afrikai harcsa nevelési technológiájának megfelelően történt.

### **Adatgyűjtés és mintaelőkészítés**

Az úszószövet-mintákat 99%-os etanolban, -20°C-on tároltuk. A DNS-izolálás sókicsapásos technikával történt. A kivont DNS minták minőségét és mennyiségét gélelektroforézissel és NanoDrop spektrofotométerrel ellenőriztük. Összesen 156 egyedből (78 nagy növekedési erélyű F2 egyed, és 78 kis növekedési erélyű F2 utód) származó DNS szekvenálásához ddRAD (Double digest restriction-site associated DNA) módszert használtunk, amelyet egy külső szolgáltató segítségével végeztünk el. A restriktív emésztést MspI és PstI enzimekkel végezték, a beillesztett DNS fragmentumok mérete 150–300 bp volt. A szekvenálást Illumina NextSeq platformon, 2x150 bp (paired-end) mélységben végezték. Egyedenként legalább 1 millió szekvencia olvasat készült. A bioinformatikai értékelés a Stacks szoftverrel történt.

A szekvencia adatok alapján a növekedési rátával kapcsolatos öröklődő SNP (egynukleotidos polimorfizmusok) genetikai markereket azonosítottunk. A markerek alkalmazhatóságának ellenőrzéséhez 16 kis és 16 nagy növekedési erélyű F2-es egyed vizsgáltunk. Kedvező eredmény esetén, további 16-16 mintával folytattuk az elemzést.

### **Statisztikai elemzések**

A statisztikai elemzéseket Pearson-féle khi-négyzet próbával végeztük, a szignifikanciaszintet  $p < 0,05$ -ben határoztuk meg. Az összefüggés erősségét Cramér-féle V értékkel jellemeztük, amely a khi-négyzet próba alapján számított mutató. Az értéke 0 és 1 között mozog, ahol 0-nál nincs kapcsolat, 1-nél pedig a legerősebb kapcsolatot jelzi a növekedést befolyásoló gének és az adott SNP-k tekintetében. A testsúly-különbségek szignifikanciájának meghatározására T-próbát alkalmaztunk.

### **SNP genotipizálás**

Az SNP régiók nukleotid szintű elemzésére Sanger szekvenálást használtunk. A reakciókat BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit-tel végeztük a gyártó ajánlásai szerint „3500 Series Genetic Analyzer” és POP7 polimer felhasználásával. A szekvenciák összehasonlításához MEGA programot használtunk.

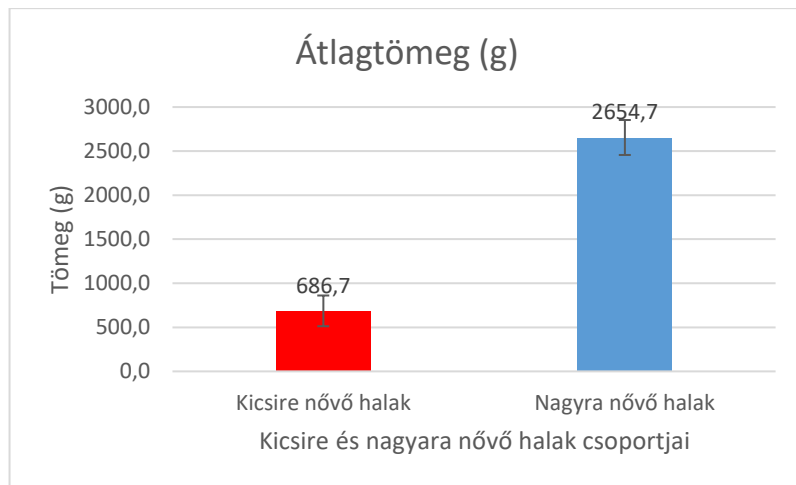
## Eredmények és következtetések

### Tömegmérési eredmények

32 nagy növekedési és 32 kis növekedési erélyű egyed vizsgáltunk. A kicsi halak átlagtömege  $685,7 \text{ g} \pm 174,5$ , valamint a nagyra növőök átlagtömege  $2654,7 \text{ g} \pm 198,5$  volt. A különbség statisztikailag erősen szignifikáns ( $p < 0,001$ ) (1. ábra).

### Bioinformatikai eredmények

A ddRAD szekvenálási adatok alapján 16 kedvező fixációs indexű ( $F_{st}$ ) SNP markert azonosítottunk. A markerek genomai pozícióját NCBI-BLAST vizsgálattal határoztuk meg a *Clarias gariepinus* (GCF\_024256425.1 (CGAR\_prim\_01v2)) genomján. Több olyan markert is találtunk, amelyek ugyanazon a kromoszómán lokalizálódnak. A 16073/81996 a 10., a 4195/5870 a 11., a 31241/36510 pedig a 23. kromoszómán található. Az SNP-k többsége a gének fehérjekódoló régióiban található. Ez alól csak a 81996, 10385, 16073, 39234 és a 44991 azonosító számú markerek kivételek. A kódolóok közül a 975, 30877, 31241, 35946, 70089 markerek olyan génekben található, amelyek közvetlenül kapcsolódnak a növekedést befolyásoló génekhez.



1. ábra. Kicsi és nagy növekedési erélyű halak tömege,  $p < 0,001$

Elemeztük az SNP markereket körülvevő kromoszóma régiókat. A növekedéssel és fejlődéssel kapcsolatos tulajdonságok szélesebb körét vizsgáltuk, mint például a takarmányfelvétel, a makrotápanyag-státusz, a növekedési útvonalak és a szervfejlődés, így 130 gént találtunk, amelyek kapcsolatba hozhatók a növekedéssel, köztük az *ir-a* (44991), *mstn-b* (9150), *lepr* (10385), *igf-1* (35946), *sstr1-a* (30877), *sstr2-a* (39234), *ghrhr* (975) és a *ghrh* (31241, 36510).

1. táblázat. 30877 marker – 144. pozíciójában lévő SNP-k

	Homozigóta		Heterozigóta
	Referencia	Alternatív	-
	G	A	G/A
Kicsire nőví hal	15	10	7
Nagyra nőví hal	4	27	1
Chi-square p érték	0,00008		
Cramér's V	0,00117		

### SNP eredmények

Jelenleg 6 SNP marker és ezeken belül 9 SNP hely mutat szignifikáns összefüggést a növekedési eréllyel a Sanger szekvenálási adatok alapján. A legnagyobb szignifikanciát mutató eredményeket a 30877-es marker 144. pozíciójában (1. táblázat) valamint a 4195-ös marker 96. pozíciójában (2. táblázat) kaptuk.

2. táblázat. 4195 marker – 96. pozíciójában lévő SNP-k

	Homozigóta		Heterozigóta
	referencia	alternatív	-
	G	A	G/A
kicsire nőví hal	24	5	3
nagyra nőví hal	6	19	7
Chi-square p érték	0,00003		
Cramér's V	0,0007		

### Összefoglalás

Az intenzív haltenyésztés gyors növekedése új genetikai eszközök alkalmazását teszi szükségessé, különösen az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) esetében, melynek Magyarország a legnagyobb EU-s termelője (évi >5000 tonna). A vizsgálat célja növekedési eréllyel kapcsoltan öröklődő SNP-markerek azonosítása volt, melyhez 156 F2 egyed DNS-ét elemeztük. A 16 legmagasabb fixációs index-szel rendelkező marker alkalmazhatóságát további 32 kis növekedési erélyű F2 (átlagsúly:  $685,7 \pm 174,5$ ), illetve 32 nagy növekedési erélyű F2 (átlagsúly:  $2654,7 \pm 198,5$  g) utódon vizsgáltuk. Az SNP markerek közül több kódoló régióban, sőt növekedési génekben (pl. *igf-1*, *ghrhr*, *mstn-b*, *lepr*) helyezkedik el. Az eddigi SNP genotipizálási eredmények alapján 6 markerben 9 SNP-helyen találtunk szignifikáns eltérést a vizsgált csoportok között. Közülük a leghatékonyabbnak a 30877-es marker (a 144. pozíciójában) és az 4195-ös marker (a 96. pozíciójában) bizonyult. A markerek körülötti genom régiók funkcionális vizsgálata során 130 növekedéssel kapcsolatos gént azonosítottunk. Az eredmények

lehetővé teszik olyan tenyésztési programok kialakítását, amelyek genetikai alapon szelektálnak nagyobb növekedési potenciállal rendelkező szülőállományt.

### Köszönetnyilvánítás

A munka az iFishIENCi (Horizont 2020, No 818036) projekt, a GINOP-2.1.2-8-1-4-16 kutatási pályázat, a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Egyetemi kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával, valamint a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának támogatásával készült.

### Irodalom

- Andreassen, R., Lunner, S., & Høyheim, B. (2010). Targeted SNP discovery in Atlantic salmon (*Salmo salar*) genes using a 3'UTR-primed SNP detection approach. *BMC Genomics*, *11*(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-706>
- Besnier, F., Solberg, M. F., Harvey, A. C., Carvalho, G. R., Bekkevold, D., Taylor, M. I., Creer, S., Nielsen, E. E., Skaala, Ø., Ayllon, F., Dahle, G., & Glover, K. A. (2020). Epistatic regulation of growth in Atlantic salmon revealed: A QTL study performed on the domesticated-wild interface. *BMC Genetics*, *21*(1). <https://doi.org/10.1186/s12863-020-0816-y>
- Huang, P., Guo, W., Wang, Y., Xiong, Y., Ge, S., Gong, G., Lin, Q., Xu, Z., Gui, J. F., & Mei, J. (2022). Genome-wide association study reveals the genetic basis of growth trait in yellow catfish with sexual size dimorphism. *Genomics*, *114*(3). <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2022.110380>
- Jaser, S. K. K., Dias, M. A. D., Lago, A. de A., Reis Neto, R. V., & Hilsdorf, A. W. S. (2017). Single nucleotide polymorphisms in the growth hormone gene of *Oreochromis niloticus* and their association with growth performance. *Aquaculture Research*, *48*(12), 5835–5845. <https://doi.org/10.1111/are.13406>
- Joshi, R., Árnýasi, M., Lien, S., Gjøn, H. M., Alvarez, A. T., & Kent, M. (2018). Development and validation of 58K SNP-array and high-density linkage map in Nile tilapia (*O. niloticus*). *Frontiers in Genetics*, *9*(OCT). <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00472>
- Kumar, S., Banks, T. W., & Cloutier, S. (2012). SNP discovery through next-generation sequencing and its applications. In *International Journal of Plant Genomics* (Vol. 2012). <https://doi.org/10.1155/2012/831460>
- Lewis, J., Abas, Z., Dadousis, C., Lykidis, D., Paschou, P., & Drineas, P. (2011). Tracing cattle breeds with principal components analysis ancestry informative SNPs. *PLoS ONE*, *6*(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018007>
- Mónika Bojtárné Lukácsik. (2024). Jelentés a szervezet működésének 2023. évi eredményeiről. *Magyar Akvakultúra És Halászati Szakmaközi Szervezet*.

**AZ AFRIKAI HARCSA (*CLARIAS GARIEPINUS*) TERMELÉSI  
TULAJDONSÁGAINAK JAVÍTÁSA FENOTÍPUSOS SZELEKCIÓVAL ÉS  
TRANSZKRIPTOMIKAI ELEMZÉSSEL**

**PÉTER Dániel<sup>1</sup>, BALOGH Réka Enikő<sup>1</sup>, BOROS Attila<sup>2</sup>, SZILÁGYI Gábor<sup>2</sup>, URBÁNYI Béla<sup>1</sup>, KOVÁCS Balázs<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetgazdálkodási Intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, 2100 Gödöllő, Péter Károly út 1. <sup>2</sup>V95 kft, 7500 Nagyatád, Halastópuszta email: kovacs.balazs@uni-mate.hu

**Kivonat**

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) hazánkban az intenzív akvakultúra legjelentősebb halfaja. Vizsgálatunk során négy generáción keresztül szelektáltunk két különböző állományt, termelési szempontból jelentős fenotípusos tulajdonságokra: az egyik csoportban a fejméret csökkentésére, a másikban pedig a körméret növelésére törekedtünk. A két állomány egymás kontrollcsoportjaként szolgált. Az F5 utód generációban az ikrás egyedek szignifikánsan nagyobb testtömeget értek el (átlagsúlyuk: 3,2 kg ± 0,634), mint a tejesek (átlagsúlyuk: 2,35 kg ± 0,461). A relatív fejméretben nem mutatott ivari különbséget. A kisebb fejméretre szelektált csoportban csökkent az átlagos fejméret (25,3 % ± 1,25%) a kontroll csoportéhoz képest (27,0 % ± 0,9%) és jelentősen nagyobb arányban voltak a kisebb fejmérettel rendelkező egyedek. A körméret vizsgálata során nemi különbségek is megfigyelhetők voltak, ezért a tejes és ikrás egyedeket külön értékeltük. Az ikrások relatív átlagos körmérete 54,9 % ± 2,8%, míg a tejeseké 48,2 % ± 2,3% volt. A kontroll csoport esetén ez az érték az ikrások esetén 53,1 % ± 3,9%, míg a tejeseknél 46,8 % ± 3,1% volt. A nagyobb testkörmérettel rendelkező egyedek aránya jelentősen nőtt az állományban. A genetikai különbségek feltárása érdekében az F4 generációból mintákat gyűjtöttünk az agyból, májból és izomszövetből. És transzkriptóma szekvenálást végeztünk az eltérően expresszáló gének azonosításához. Összesen 7 olyan eltérően expresszáló gént azonosítottunk, melyek szerepet játszanak a filékihozatal és fejméret kialakításában.

**Kulcsszavak:** afrikai harcsa, fejméret, filékihozatal, szelekció, transzkriptom

**Abstract**

The African catfish (*Clarias gariepinus*) is the most important fish species in intensive aquaculture in Hungary. In our study, we selected two different stocks through four generations for phenotypic traits of economic significance. One group was selected for reduced head size, while the other was selected for increased body circumference. The two stocks served as control groups for each other. In the F5 offspring generation, spawners achieved significantly higher body weights (average weight: 3.2 kg ± 0.634) compared to milters (sperm-producing) (average weight: 2.35 kg ± 0.461). No significant sex-based differences were observed in head size. In the selected group the relative head size decreased (25.3% ± 1.25%) compared to the control group (27.0% ± 0.9%).

0.9%), and a significantly higher proportion of individuals had smaller head. When examining body circumference, sexual differences were observed, so male and female individuals were evaluated separately. The relative average circumference in the selected females was  $54.9\% \pm 2.8\%$ , while in selected males it was  $48.2\% \pm 2.3\%$ . In the control group, these values were  $53.1\% \pm 3.9\%$  for females and  $46.8\% \pm 3.1\%$  for males. The proportion of individuals with greater body circumference significantly increased within the population. To investigate genetic differences, samples were collected from brain, liver, and muscle tissues in the F4 generation. RNA was extracted from these tissues, and transcriptome sequencing was performed to identify differentially expressed genes. In total, seven differentially expressed genes were identified, which play roles in fillet yield and head size determination.

**Keywords:** African catfish, head size, fillet yield, selection, transcriptome

## Bevezetés

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) világszerte elterjedt halfaj, a különösen a melegebb éghajlatú régiókban termelik nagy mennyiségben. A mérsékelt égövben csak temperált vizű rendszerekben tenyésztik. A faj előnyei közé tartozik a gyors növekedés és a jó alkalmazkodás az intenzív tenyésztési feltételekhez. Magyarországon az afrikai harcsa-termelés az utóbbi évtizedekben robbanásszerű fejlődésen ment keresztül, és az ország mára a faj legnagyobb európai termelőjévé vált. A halak szelektív tenyésztése és a termelési folyamatok optimalizálása a fenntartható és gazdaságilag hatékony intenzív halgazdálkodás kulcsfontosságú tényezőivé váltak. Ahhoz, hogy intenzív rendszerekben hosszútávon is fenntartható legyen a faj tenyésztése, olyan vonalakra van szükségünk, melyek hatékonyabb termelésre képesek kisebb veszteséggel. Számos kutatás készült különböző halfajoknál a fejméret csökkentése/filékihozatal növelése céljából. Ezek közt található tömeg szelekcióra alapozott kutatások, valamint genetikai predikción alapulóak. Szivárványos pisztráng esetében (Vandeputte és mtsai., 2019) testvér szelekció segítségével érték el szignifikáns különbségeket csoportok filé kihozatala közt. Az előrehaladás nem volt jelentős, de a szelekció hatása szignifikáns volt. Hasonló módszerekkel ért el előrehaladást Haffray et al 2013-ban. A különbség itt sem mondható kiemelkedőnek, de szignifikáns volt (Haffray és mtsai., 2013). A teljes genom vizsgálaton alapuló felmérések a tenyésztési célokhoz kapcsolódó markerket, illetve géneket azonosítottak. A nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) esetében (Garcia és mtsai., 2017) összefüggést találtak a filékihozatal, valamint a testsír mennyisége között is. Azonban nem találtak szoros összefüggést a testsúly és a filékihozatal között. Ezzel ellentétben szivárványos pisztrágnál találtak összefüggést a testsúly, valamint a filékihozatal közt (Garcia és mtsai., 2023). Közönséges ponty (*Cyprinus carpio*) QTL (Quantitative Trait Locus) vizsgálata során több a fejmérethez kapcsolódó öröklődő SNP-t (Single Nucleotide Polymorphism) találtak és azonosítottak olyan géneket, melyek befolyásolják a fej tulajdonságait (*mGluR8*, *igf3*, *nras*, *slc8a1*, *bambi*, *brinp3*, *cd62l*, *tcf20*, *igf1*, *apaf1*, *astn2*, *pdzd4*, *notch2*, *ocstamp*, *grb10*, *tgfb1*, *chk1*, *il7r- $\alpha$* , *skp2*) (Chen és mtsai., 2018). Meagre (*Argyrosomus regius*) esetében a növekedési és filéhozam tulajdonságok közepes örökölhetőséget mutattak, és különösen erős

genetikai kapcsolat volt a filékihozatal és a testhossz, illetve fejhossz között (Vallecillos és mtsai., 2023).

### **Anyag és módszer**

A kísérletben részt vevő populációkat 4 generáción keresztül szelektáltuk. Két csoportot alakítottunk ki, ahol az egyik csoportot a testhosszhoz viszonyított nagyobb relatív testkörméret kialakítására, míg a másikat a kisebb relatív fejméret kialakítására szelektáltuk. Ezek a vonalak egymás kontrol csoportjaiként is szolgáltak. Minden generációban 1 szelekció történt, a piaci méret elérését követően. Generációnként 100-100 egyedet választottunk a tenyészállományba, ez a populáció nagyságtól függően az egyedek 8-20 %-a. Mindkét csoportból minimum 500-500 halat vizsgáltunk meg. A kiválasztást követően mindkét csoportban 20 ikrás és 20 tejes egyed használtunk fel 4 multifaktoriális keresztezésben (amelyekben 5x5 tejes és ikrás egyed azonos mennyiségű ivartermékét felhasználva keresztezésenként) a lehetséges kombinációk számának növelése érdekében.

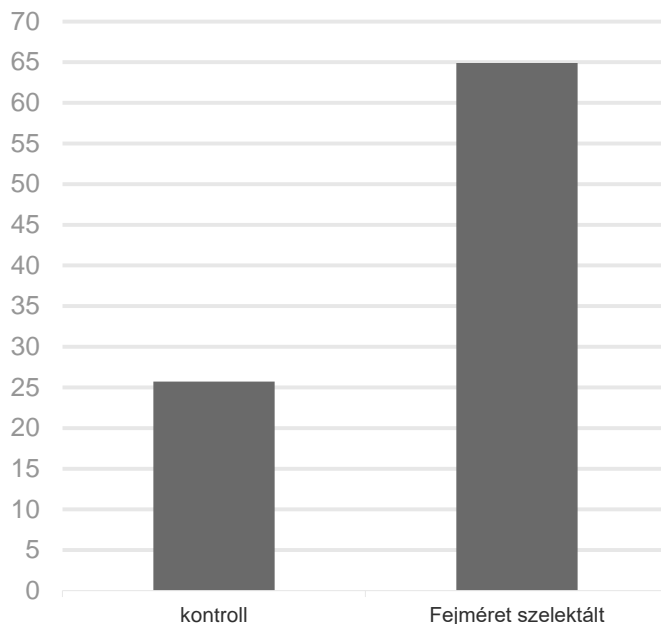
Minden generációból farokúszó mintát, valamint az F4 generációból agy, máj, illetve izomszövetet mintákat gyűjtöttünk az egyedek túlaltatását követően. A belsőszervi mintákból összehasonlító teljes transzkriptóma szekvenálást végeztünk. Az RNS-t trizol-kloroform módszerrel vontuk ki a gyártó előírásainak megfelelően. A mintákból szövettípusonként 3-3 egyed mintáinak csoportosításával minta poolokat hoztunk létre. A szekvenálást minden szövettípusból, minden csoportban ivaronként 3-3 ismétlésben végeztük el Illumina technológiával, mintánként minimum 5millió 75bp hosszúságú read került szekvenálásra. A bioinformatikai analízist és a kópiaszámok meghatározását követően ANOVA statisztikai módszerrel összehasonlítottuk az eredményeket.

### **Eredmények és következtetések**

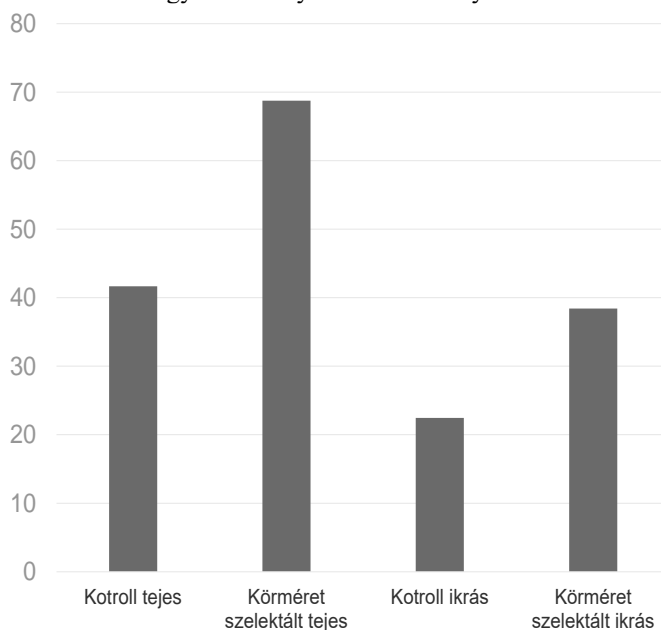
A kisebb fejméretre szelektált állományban nem volt ivari különbség megfigyelhető az ikrásokat és tejeseket egyaránt tartalmazó csoportban. A szelektált állomány fejmérete megközelítőleg 1,7%-al csökkent, míg 40%-kal nagyobb arányban fordultak elő olyan egyedek, amelyek a kontroll állomány leggyakoribb fejméreténél kisebb fejjel rendelkeztek (1. ábra).

A testkörméretre szelektált állományban a két ivar között jelentős eltérés volt megfigyelhető. A szelektált állomány átlagos test körmérete 1,9% nőtt, a tejesek esetében 27%-kal nőtt meg a kontroll állomány leggyakoribb értékénél nagyobb körméretű egyedek aránya. Az ikrás egyedek esetében ez az érték 16%-kal volt magasabb, mint a kontroll állományban (2. ábra). A körméretre szelektált csoportban az ikrások körmérete átlagosan 9%-kal volt nagyobb, mint a tejeseké.

A szelekció hatására a fej- és körméretben is egyértelmű eltolódás figyelhető meg a célzott irányba, ami a szelekció eredményességét mutatja. A kisebb fejméretre szelektált csoportban több kisebb fejű egyed jelent meg, míg a körméretre szelektált csoportban nagyobb arányban voltak jelen a nagyobb körméretű egyedek. A körméret esetében a változás nagyobb mértékű a tejes egyedekben mint az ikrásokban.



1. ábra: A kontroll állomány leggyakoribb relatív fejméreténél kisebb fejmérettel rendelkező egyedek aránya a két állományban.



2. ábra: A tejes és ikrás kontroll állományok leggyakoribb relatív körméreténél nagyobb körmérettel rendelkező egyedek aránya a két állományban ivaronként.

A szakirodalmi források alapján vizsgáltuk azon gének expresszióját (Chen és mtsai., 2018; Gonzalez és mtsai., 2000; Graf és mtsai., 2016; Lozier és mtsai., 2018), melyek az eddigi ismereteink alapján fontos szerepet játszanak filé kihozatal fenotípus

kialakításában, összesen 20 gént azonosítottunk. A mi vizsgálataink során ezek közül csak 4 darab gén mutatott szignifikáns különbséget. A májban a *pik3r-1* (PI3K/Akt jelátviteli útvonala), míg az agyban *tgfb-1* (TGF-beta szignálációs útvonala), *lepr* (leptin szignálációs útvonala) és *grb-10* (PI3K/Akt jelátviteli útvonala) gének mutattak jelentős eltéréseket (1. táblázat).

Az irodalmi adatok alapján fejmérethez kapcsolt gének esetében 37 gént vizsgáltunk meg. Három génnél találtunk szignifikáns eltérést a csoportok között. A májban *egfr* (EGFR szignálációs útvonala) és a *jak1* (JAK/STAT szignálációs útvonala), míg az agyban a *kdr* (VEGF szignálációs útvonala) gének mutattak különbséget (1. táblázat).

1. táblázat Szignifikáns különbségeket mutató gének (A szignifikancia szintek jelölése:  $p < 0,05$  \*:  $p < 0,01$  \*\*:  $p < 0,001$  \*\*\*).

Gén	Jelátviteli útvonala	Szingifikancia	Vizsgált szövet
<i>grb-10</i>	PI3K/AKT	*	Agy
<i>lepr</i>	Leptin szignálációs útvonala	*	Agy
<i>tgfb-1</i>	TGF-beta	***	Agy
<i>kdr</i>	VEGF	*	Agy
<i>pik3r-1</i>	PI3K/AKT	***	Máj
<i>egfr</i>	EGFR	***	Máj
<i>jak-1</i>	JAK/STAT	**	Máj

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a filékihozattal és fejmérettel korábban összefüggésbe hozott gének közül csak néhány mutatott szignifikáns expressziós eltérést, megerősítve ezzel a más halfajokban kimutatott eredményt, így ezek a gének potenciális biomarkerként szolgálhatnak a szelekciós programokban. A kimutatott különbségek alapján feltételezhető, hogy a PI3K/Akt, TGF-beta, JAK/STAT és VEGF jelátviteli útvonalaik szerepet játszanak a gazdaságilag fontos tulajdonságok szabályozásában. További vizsgálatok szükségesek a kapcsolatok pontosabb feltárásához és egy genetikai alapú szelekciós módszer kidolgozásához.

## Összefoglalás

Az afrikai harcsa intenzív tenyésztéséhez fenntartható és gazdaságos vonalakra van szükség. Vizsgálatunk során négy generáción át szelektáltunk halakat két irányban: kisebb fejméretre és nagyobb körméretre. Minden generációban a felső 8-20%-ot választottuk ki, összesen 500-500 egyed vizsgáltunk csoportonként.

Fenotípusos eredményeink szerint a kisebb fejméretre szelektált csoportban 40%-kal több olyan egyed volt a kontroll csoporthoz viszonyítva, amelynek fejmérete kisebb volt a leggyakoribb kontroll fenotípusnál. A körméretre szelektált csoportban a tejeseknél 27%-kal, az ikrások 16%-kal nagyobb arányban vannak jelen a leggyakoribb kontroll fenotípusnál nagyobb körméretű egyedek. Az ikrások körmérete átlagosan 9%-kal nagyobb volt a tejesekénél, ami ivari különbség utal.

A genetikai vizsgálatokban 20 filékihozatalhoz, valamint 37 fejmérethez köthető gént vizsgáltunk. Szignifikáns különbséget összesen hét gén esetében találtunk: a *pik3r-1*, *tgfb-1*, *lepr* és *grb10* gének a filékihozatalhoz, míg a *jak1*, *egfr* és *kdr* gének a fejmérethez kapcsolódtak.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a szelekció hatékonyan módosította a fenotípusos jellemzőket, és néhány kulcsgén expressziója is változott a kontroll állományhoz képest. A PI3K/Akt, TGF-beta, JAK/STAT és VEGF útvonalak szerepet játszhatnak a filékihozatal és fejméret szabályozásában.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a GINOP-2.1.2-8-1-4-16 kutatási pályázat, a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Egyetemi kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával, valamint a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának támogatásával készült.

### Irodalom

- Chen, L., Peng, W., Kong, S., Pu, F., Chen, B., Zhou, Z., Feng, J., Li, X., & Xu, P. 2018. Genetic mapping of head size related traits in common carp (*Cyprinus carpio*). *Frontiers in Genetics*, 9(OCT). <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00448>
- Garcia, A. L. S., de Oliveira, C. A. L., Karim, H. M., Sary, C., Todesco, H., & Ribeiro, R. P. 2017. Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Genetics*, 58(4), 527–533. <https://doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6>
- Garcia, A., Tsuruta, S., Gao, G., Palti, Y., Lourenco, D., & Leeds, T. 2023. Genomic selection models substantially improve the accuracy of genetic merit predictions for fillet yield and body weight in rainbow trout using a multi-trait model and multi-generation progeny testing. *Genetics Selection Evolution*, 55(1). <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00782-6>
- Gonzalez, E. M., Fekany-Lee, K., Carmany-Rampey, A., Erter, C., Topczewski, J., Wright, C. V. E., & Solnica-Krezel, L. 2000. Head and trunk in zebrafish arise via coinhibition of BMP signaling by *bozozok* and *chordino*. *Genes and Development*, 14(24), 3087–3092. <https://doi.org/10.1101/gad.852400>
- Graf, D., Malik, Z., Hayano, S., & Mishina, Y. 2016. Common mechanisms in development and disease: BMP signaling in craniofacial development. In *Cytokine and Growth Factor Reviews* (Vol. 27, pp. 129–139). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2015.11.004>
- Haffray, P., Bugeon, J., Rivard, Q., Quittet, B., Puyo, S., Allamelou, J. M., Vandeputte, M., & Dupont-Nivet, M. 2013. Genetic parameters of in-vivo prediction of carcass, head and fillet yields by internal ultrasound and 2D external imagery in large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 410–411, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.016>
- Lozier, N. R., Kopchick, J. J., & De Lacalle, S. 2018. Relative contributions of myostatin and the GH/IGF-1 axis in body composition and muscle strength. *Frontiers in Physiology*, 9(NOV). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01418>

- Vallecillos, A., María-Dolores, E., Villa, J., Afonso, J. M., & Armero, E. 2023. Potential Use of Image Analysis in Breeding Programs for Growth and Yield Traits in Meagre (*Argyrosomus regius*). *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/jmse11112067>
- Vandeputte, M., Bugeon, J., Bestin, A., Desgranges, A., Allamellou, J. M., Tyran, A. S., Allal, F., Dupont-Nivet, M., & Haffray, P. 2019. First Evidence of Realized Selection Response on Fillet Yield in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*, Using Sib Selection or Based on Correlated Ultrasound Measurements. *Frontiers in Genetics*, 10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01225>

## AZ OVOPEL HORMONDÓZIS- ÉS BEADÁSI MÓDJAINAK HATÁSA A SZÉLESFEJŰ HARCSA (*CLARIAS MACROCEPHALUS*) INDUKÁLT SZAPORÍTÁSÁBAN

Nguyễn Ngọc Quyên<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Tâm<sup>1</sup>, Thạch Anh Pha<sup>1</sup>, Lý Anh Thuật<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Lợi<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Trúc Quyên<sup>2</sup>, Horváth László<sup>3</sup>, Müller Tamás<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Fishery, Nong Lam University, Block 6, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Vietnam, [nguyenthitruacquyen@dntu.edu.vn](mailto:nguyenthitruacquyen@dntu.edu.vn), [quyenaqua@gmail.com](mailto:quyenaqua@gmail.com)

<sup>2</sup> Faculty of Health Sciences, Dong Nai Technology University, Nguyen Khuyen street, Trang Dai ward, Bien Hoa City 76100, Vietnam

<sup>3</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetszvizi Halökológiai Tanszék, Gödöllő, Péter Károly utca 1, 2100.

### Kivonat

A munka célja egy állatjóléti szempontból is elfogadható, hatékony, indukált szaporítási módszer kidolgozása volt a szélesfejű harcsára (*Clarias macrocephalus*) laboratóriumi körülmények között. Összesen 84 ikrással végeztünk kísérletet, amelyeket 12 kezelésbe osztottunk. A kezelések során három hormonbeadási módszert (izomba – IM, hasüregbe – IP, petefészekbe – OI) és három Ovopel™ dózist (0,5, 1 és 1,5 pellet/testtömeg kg (ttkg) kombináltunk. A kontrollcsoportokban (sóoldat IM, IP és OI) nem történt ovuláció. A hormonkezelt halaknál az ovulációs arány 71–100% között mozgott, és statisztikailag nem különböztek egymástól ( $p > 0,05$ ). A legrövidebb beérési időt az OI-1.5 (7,33 óra) és az IP-1.5 (7,98 óra) kezelések eredményezték ( $p < 0,05$ ). A termékenyülési arány, a kelési arány, a lárvamegmaradás az exogén táplálkozás megkezdéséig, valamint az anyahalankénti lárvaszám tekintetében nem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. A faj indukált szaporításában, a gazdaságossági és állatjóléti szempontokat figyelembe véve, a legkedvezőbb módszer a 0,5 pellet/ttkg Ovopel™ petefészekbe történő juttatása katéterrel (OI-0.5)

**Kulcsszavak:** petefészekmosás, intramuszkuláris kezelés, intraperitoneális kezelés

### Abstract

The aim of this study was to develop an effective, animal welfare-compliant, induced breeding/spawning protocol for the broadhead catfish (*Clarias macrocephalus*) under laboratory conditions. A total of 84 females were used in the experiments, allocated into 12 treatments. The treatments combined three hormone administration routes—intramuscular (IM), intraperitoneal (IP), and intraovarian (OI)—with three Ovopel™ dosages (0.5, 1, and 1.5 pellet/kg body weight). Control groups (saline administered via IM, IP, and OI) resulted no ovulation. In hormone-treated groups, ovulation rates ranged from 71% to 100%, with no statistically significant differences among them ( $p > 0.05$ ). The shortest latency periods were observed in the OI-1.5 (7.33 hours) and IP-1.5 (7.98 hours) treatments ( $p < 0.05$ ). There were no significant differences among treatments in fertilization rate, hatching rate, larval survival until the onset of exogenous

feeding, or the number of larvae per female. Considering both economic and animal welfare aspects, the most favorable method for induced breeding of this species is the administration of 0.5 pellet/kg Ovopel™ via intraovarian insemination / ovarian lavage (OI-0.5)

**Keywords:** ovarian lavage, intramuscular treatment, intraperitoneal treatment.

## Bevezetés

A szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Gunther, 1864) egy gazdaságilag jelentős halfaj a délkelet-ázsiai országok és elsősorban Vietnam akvakultúra termelésében, ugyanakkor a természetes élőhelyein állományai drámaian és gyorsan csökkennek (Duong és mtsai., 2017). A faj indukált szaporítása megoldott, különböző hormonpreparátumok (hipofízis kivonat, hCG, GnRHa+pimozid vagy domperidon) bejuttatását intramuszkuláris injektálással (Tan-Fermin és mtsai., 2008). Korábbi HAKI napokon már előzetes eredményekről beszámoltunk, ahol vizsgáltuk az intramuszkuláris, intraperitoneális, és petefészek mosás kezelés hatását Ovopel™ egy adagjával (1 pellet / testtömeg kg). Akkor nem találtunk hatékonyságban különbséget a kezelések között (Quyén és mtsai., 2023). A kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljuk, hogyan befolyásolja az Ovopel™ a szélesfejű harcsa szaporodási mutatóit, ha különböző invazív és nem invazív módszerekkel, háromféle dózisban alkalmazzuk.

## Anyag és módszer

Az ikrásokat (n = 84, átlagos testtömeg: 238,63 ± 46,98 g) Ovopel™-l (emlős GnRH-a (D-Ala6, Pro9NEt-mGnRH és metaklopramid, Interfish Kft) kezeltük az 1. táblázatban bemutatott kísérleti elrendezéssel (n=7 hal/csoport).

1. táblázat Kísérleti elrendezés és rövidítések összefoglaló adatai

	intramuszkuláris	intraperitoneális	petefészek mosás
NaCl / testtömeg kg	IM-0	IP-0	OI-0
0,5 pellet / testtömeg kg	IM-0,5	IP-0,5	OI-0,5
1 pellet / testtömeg kg	IM-1	IP-1	OI-1
1,5 pellet / testtömeg kg	IM-1,5	IP-1,5	OI-1,5

A hímek 1 pellet/testtömeg kg IM dózist kaptak. In vitro módszerrel termékenyítettünk 10 hím egyedből származó kevert spermamintával (becsült motilitás >80%. sejtdenzitás:  $1,12 \times 10^9$  sejt/ml). A következő paramétereket vizsgáltunk: beérési arány, beérési idő, lefejt ikratömeg, termékenyítési arány 12h-val a termékenyítést követően, keléskori arány (24. órában a termékenyítést követően), megmaradási arány (72. órával a termékenyítést követően), valamint anyahalankénti lárvaszám.

## Eredmények és következtetések

Az Ovopel™ hormonkezelés minden kísérleti csoportban sikeres ovulációt eredményezett, míg a kontroll csoportban egyik hal sem ovulált. A legmagasabb ovulációs arányt (100%) az IM-0.5, IM-1.5, IP-1.5 és OI-1.5 csoportokban mértük. A legrövidebb beérési időt az OI-1.5 ( $7,33 \pm 1,08$  h) és IP-1.5 ( $7,98 \pm 1,02$  h) adta. A legalacsonyabb ovulációt (71,43%) az IP-1 csoport mutatta.

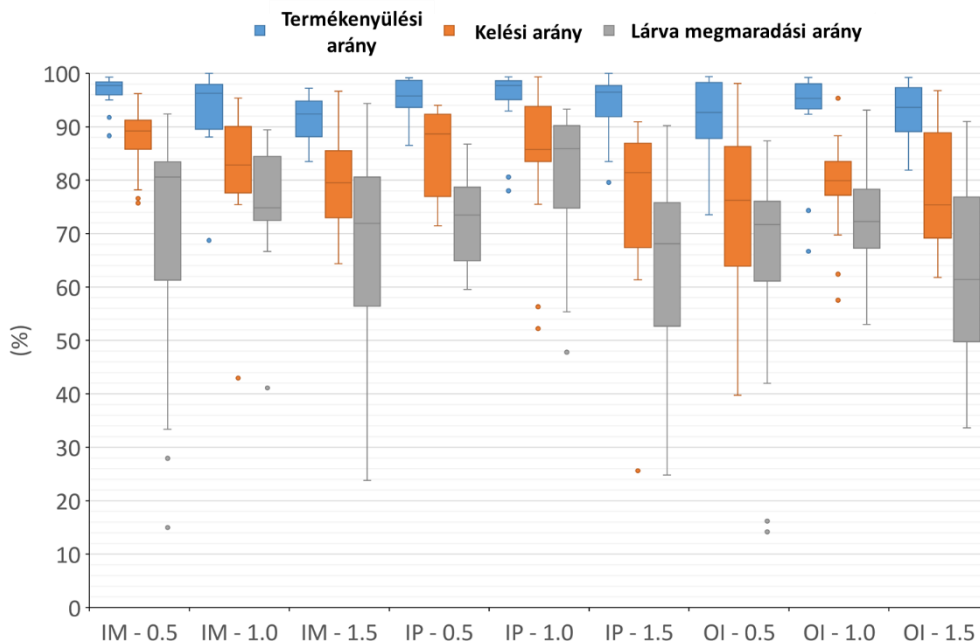
A termékenyülés, kelés, lárva megmaradási arány (exogén táplálkozás megkezdéséig) és az anyahalankénti lárvaszám mutatók között nem volt szignifikáns eltérés a kezelések között ( $P > 0.05$ ).

- A PGSI értékei 0,24 – 20,11% között változtak (csoport átlag: 1,48 – 5,71 %)
- Az ikrásonkénti lárvaszám széles határok között mozgott (89 – 18 242 lárva/ikrás, csoportátlag: 1 164 - 4 614 lárva/ikrás). Megjegyzés: A jelen vizsgálatban mért PGSI értékek és lárvaszámok nagy individuális különbségeket mutattak. Ennek oka feltehetően az, hogy a kísérlet novemberben, a faj természetes szaporodási időszakán kívül zajlott, a halak ivarérettségi állapota nem volt szinkronban.
- A megtermékenyülési arány minden esetben >91% volt (kivéve OI-1: 78,66%).
- A legjobb kelési arányt az IP-1 csoport érte el (96,37%), a legrosszabbat az OI-0.5 (51,11%).
- A túlélési arány IP-1 esetén volt a legmagasabb (90,6%), míg az OI-1.5 csoportnál a legalacsonyabb (62,84%).

Gazdaságosság és állattjóléti szempontokat figyelembe véve a legkedvezőbb módszer a 0.5 pellet/ttkg Ovopel™ petefészekbe juttatása (OI-0.5) az indukált szaporításhoz. Pontosabb és részletesebb adatok a kísérletről Quyên et al (2025) cikkben találhatóak.

## Összefoglalás

Szélesfejű harcsa indukált szaporítási módszerénél vizsgáltuk, hogy a hormon bejuttatási módszerek milyen mértékben hatnak egyes reprodukciós paraméterekre. A következő kezeléseket alkalmaztuk: intramuszkuláris, intraperitoneális, petefészekmosás, az alkalmazott hormon Ovopel volt (mGnRH-a+metaklopramid) három különböző dózissal (0,5, 1 és 1,5 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 az 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.



1. 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.

## Köszönetnyilvánítás

Munkákat 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* × *C. gariepinus* hybrids, and their parental species in the Mekong Delta, Viet Nam. *Int. J. Fish. Aqua. Stud.* 2017, 5,233–240.
- Quyên NN.; Nguyễn TT.; Nguyễn NL.; Thạch AP.; Lý AT.; Müller T. **2023**. Különböző hormonbejuttatási módszerek hatása szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864) indukált szaporítása során (előzetes eredmények). *Halászatfejlesztés* 40, 152–156. (XLVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2023. június 7–8.) ISBN: 978-963-623-055-5.
- Quyên NN.; Tâm NT.; Pha TA.; Thuật LA.; Lợi NN.; Quyên NTT.; Horváth L.; Müller T. **2025**. Optimisation of controlled reproduction protocol in broadhead catfish (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864) using Ovopel™: Effect of different hormonal treatment methods on reproductive traits. *Aquac. Rep.* 2025, 40, 102551.

Tan-Fermin JD.; Fermin AC.; Bombeo RF.; Evangelista MAD.; Catacutan MR.; Santiago CB. 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.

## ÁRPAFEHÉRJÉT TARTALMAZÓ TÁP ETETÉSE AFRIKAI HARCSA IVADÉKOKKAL

J. SÁNDOR Zsuzsanna<sup>1</sup>, SZŰCS Anita<sup>1</sup>, FAZEKAS Gyöngyvér<sup>1</sup>, DUBEY Maneesh<sup>2</sup>,  
BOGÁR Katalin<sup>1</sup>, TERHES Attila<sup>1</sup>, BANJAC Vojislav<sup>3</sup> SHIVENDRA Kumar<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Aquaculture, College of Fisheries, Dr. Rajendra Prasad Central Agricultural  
University, Dholi, Bihar, India

<sup>3</sup>Novi Sad University, Institute of Food Technology, Újvidék, Szerbia

### Kivonat

Az árpafehérje-koncentrátumot (BPC), mint új, alternatív összetevőt az akvakultúrában, ezidáig alig tesztelték halakon. Az AQUAEXCEL TNA projekt keretében célunk volt a BPC, mint újszerű növényi fehérjeforrás optimális bekeverési arányának meghatározása az afrikai harcsa ivadékok takarmányában. Ehhez igazodva két kísérletet állítottunk be, ahol először egy emészthetőségi vizsgálattal meghatároztuk a tesztelt alapanyag emészthetőségi együtthatóit a nyersfehérjére, rostra és szárazanyag vonatkoztatva. Ezt követően egy 10-hetes etetési kísérletet hajtottunk végre  $36,5 \pm 0,6g$  induló súllyal rendelkező afrikai harcsa ivadékokkal zárt recirkulációs rendszerben, amelyben a takarmány szójatartalmát 5-10-15-20%-ban helyettesítettük árpafehérjével. Az *in vivo* emészthetőségi vizsgálatban a BPC-összetevő esetében jelentős ADC-értékeket határoztak meg, ami alátámasztja annak étrendi felhasználási lehetőségeit. A takarmányozási kísérlet végén a kezelések között statisztikai különbségeket figyeltünk meg a növekedés és a tápanyag-fehérje hasznosulás tekintetében. A CONTR és a BPC5 csoportok a teljes időszak alatt hasonló növekedési teljesítményt mutattak, míg a BPC15 és BPC20 kezeléseknél a takarmányozás 4. hete után már jelentős csökkenés volt tapasztalható, amely a kísérlet végére még kifejezettebbé vált a CONTR és a BPC5 kezelésekhöz képest. Számos biokémiai vérparaméter, mint például a glükóz, az összfehérje és a koleszterin ingadozást mutatott, de nem jelzett kóros állapotot. A vér karbamid nitrogén és kreatinin aránya (B/C) jelentősen megváltozott a 20%-os BPC szintnél (8,0 vs. ~2,4-4,6 a többi csoportban), ami a fehérje anyagcserében bekövetkező változásra utalhat ezen takarmány hatására (a magasabb relatív vér karbamid nitrogén nagyobb fehérje katabolizmust vagy csökkent növekedést jelez). A növekedési és a tápanyag-hasznosítási paraméterek, valamint a vér biokémiai elemzése azt mutatják, hogy a BPC bekeverési szintje a fiatal állatok takarmányába maximum 5- 10% között lehet.

**Kulcsszavak:** harcsa, árpafehérje koncentrátum, látszólagos emészthetőségi együtthatók, vér biokémiai paraméterek

## Abstract

Barley protein concentrate (BPC), as a new alternative ingredient in aquaculture, has rarely been tested in fish. In the frame of AQUAEXCEL TNA project, we aimed to determine the optimum inclusion level of BPC as novel plant protein source in the diet of African catfish. In line with this, two experiments were set up, where we firstly determined the digestibility coefficients of the tested raw material in terms of crude protein, fiber, and dry matter through a digestibility trial. Subsequently, a 10-week feeding experiment was performed with African catfish juveniles of  $36.5 \pm 0.6$  g initial weight in a closed recirculation system when soy content of the diet was replaced by BPC in 5-10-15-20%. In the *in vivo* digestibility trial appreciable ADC values were determined for BPC ingredient supporting its potential for dietary application. Following the long feeding period statistical differences in terms of growth performance and nutrient protein utilization were observed between treatments. The CONTR and BPC5 groups exhibited similar growth performance throughout the period, while treatments BPC15 and BPC20 showed a noticeable decline after four weeks of feeding, which became more pronounced at the end of trial time compared to CONTR and BPC5 groups. There were fluctuations in several blood biochemical parameters, such as glucose, total protein, cholesterol, but these did not indicate any pathological condition. The ratio of blood urea nitrogen to creatinine (B/C) was significantly altered at 20% BPC (8.0 vs ~2.4–4.6 in other groups) which might indicate a subtle shift in protein metabolism at that extreme diet (higher relative blood urea nitrogen suggests more protein catabolism or reduced growth). Results obtained the growth performance and nutrient utilization parameters and blood biochemical analysis indicated on the acceptable inclusion level of BPC in the diet of juveniles is maximum 10%.

**Keywords:** catfish, barley protein concentrate, apparent digestibility coefficients, blood biochemistry

## Bevezetés

A haltápok halliszt és a halolaj tartalmának aránya a különböző forrásokból - többek között növényi, állati, mikroalga- és rovarforrásokból - származó alternatív fehérje és olajok bevezetésének növekedésével párhuzamosan csökkent. A közkedvelt szója mellett különböző növényi fehérjeforrásokat, például kukoricaglutén-, repce-, csillagfűrt- és borsófehérjét használnak a halliszt helyettesítésére vagy kiegészítésére. Az árpa (*Hordeum vulgare*) 150 millió tonnás termelésével világszerte a négy legnagyobb volumenben termesztett gabona közé tartozik. A koncentrátum konkrét beltartalmi összetétele a feldolgozási módszertől és a koncentrátum tisztaságától függően változhat. A fehérjekoncentrátumok előnye a teljes gabonával szemben, hogy nem tartalmaz emészthetetlen rostokat, ami lehetővé teszi a növényi anyagok nagyobb mértékű felhasználását a halak táplálékában. A közelmúltban végzett vizsgálatok jó bizonyítékot szolgáltatottak a halliszt különböző növényi forrásokból származó fehérjekoncentrátumokkal / -izolátumokkal történő helyettesítésére, például a tehénbab (*Vigna unguiculata*) fehérjekoncentrátummal a tilápia takarmányában (Olvera-Novoa és mtsai., 1997), vagy csillagfűrt és szójabab fehérjekoncentrátumok és -izolátumok

szívárványos pizstrángok étrendjében (Glencross és mtsai., 2005, csillagfűrt és borsófehérje-koncentrátumok szívárványos pizstráng extrudált étrendjében (Zhang és mtsai., 2012), valamint borsófehérje-koncentrátum az atlanti lazacok étrendjében (Overland és mtsai., 2009). Árpafehérje koncentrátum hatékonynak bizonyult az atlanti lazac takarmányozásában a halliszt és a szójafehérje-koncentrátum kiváltására (Bell és mtsai., 2016). Ennek tükrében az AQUAEXCEL TNA projekt keretében célunk volt az árpafehérje koncentrátum (BPC), mint újszerű növényi fehérjeforrás emészthetőségének és optimális bekeverési arányának meghatározása az afrikai harcsák ivadékok takarmányában. Ezért két kísérletet állítottunk be, először egy emészthetőségi vizsgálatot, hogy meghatározzuk a tesztelt alapanyag emészthetőségi együtthatóit, majd ezt követően egy hosszú idejű etetési kísérletet afrikai harcsa ivadékokkal zárt recirkulációs rendszerben.

### Anyag és módszer

Az emészthetőségi kísérlethez egy jó emészthetőséggel rendelkező, magas halliszt tartalmú (45%) alaptápot terveztünk a halfaj igényeinek megfelelően (BASAL táp), melyhez inert markernek itrium-oxidot ( $Y_2O_3$ ) adtunk 0,2%-ban (Táblázat 1.). A tesztáphoz az alaptakarmányt 70%-ban használtuk az alapanyagok alapos összekeverését követően, melyet 30%-ban a tesztelt árpafehérje koncentrátummal egészítettünk ki (BPC táp). Mindkét tápot extrudáltuk az Újvidéki Egyetem kísérleti takarmányüzemében kétszigás extruder segítségével.

1. táblázat A takarmányok és az árpafehérje koncentrátum alapanyag beltartalmi értékei (eredeti anyagra %), valamint a meghatározott látszólagos emészthetőségi együtthatói (ADC)

Beltartalom	BASAL táp	BPC táp	BPC ingr	ADC <sub>ingr</sub> %
nedvesség	3,67	3,43	5,84	78,1
nyersfehérje	44,8	50,5	58,8	84,5
nyerszsír	13,6	12,2	6,1	nd
nyersrost	3,94	5,55	5,74	78,2
hamu	9,06	7,03	2,53	nd
Ca	0,936	0,844	1,55	nd
P	0,955	0,940	4,55	246
lizin	3,05	2,53	1,46	nd
metionin	1,31	1,23	0,99	nd
bruttó energia (MJ/kg)	20,08	20,24	nd	nd

Az etetési kísérlethez öt tápot (egy kontroll tápot: CTR, és négy kísérleti tápot: BPC5, BPC10, BPC15, BPC20 állítottunk össze azonos fehérje- (45%), zsír- (12%) és energia tartalommal (20 MJ/kg). A kísérleti kezelésekből a szójalisztet és szójafehérje-koncentrátumot árpafehérje-koncentrátummal helyettesítettük 25-50-75-100%-ban, melyet a halliszt, halolaj, baromfiliszt és a fullfat szója mennyiségének azonos szinten tartásával, valamint a búza, búzaglutén és repceolaj arányának kismértékű csökkentésével értünk el. Ebben az értelemben a takarmányok BPC-tartalma 5-10-15-20% volt. Minden takarmányt az afrikai harcsa aminosav-szükségleteinek megfelelően állítottunk össze, és halpremixszel egészítettünk ki, hogy

biztosítsuk a limitáló mikro tápanyagokat (Táblázat 2-3.). A tápokot a korábbiakban leírtakhoz hasonlóan gyártottuk.

2. táblázat Az etetési kísérlet takarmányainak beltartalmi értékei (eredeti anyagra %)

Beltartalom (%)	CTR	BPC5	BPC10	BPC15	BPC20
szárazanyag	4,53	3,43	5,30	3,49	5,39
nyersfehérje	45,7	45,8	45,4	45,7	45,0
nyerszsír	12,6	12,7	13,4	13,2	13,0
hamu	8,49	8,24	8,15	8,28	7,99
nyersrost	4,75	4,97	4,13	4,60	4,48
Ca	1,604	1,502	1,673	1,605	1,658
P	1,194	1,118	1,292	1,234	1,314
bruttó energia (MJ/kg)	19,97	19,95	19,92	20,05	20,12

3. táblázat Az etetési kísérlet takarmányainak esszenciális aminosav (EAA) tartalma (%)

Aminosavak	CTR	BPC5	BPC10	BPC15	BPC20
arginin	2,62	2,49	2,44	2,37	2,19
isoleucin	1,72	1,65	1,66	1,61	1,52
fenilalanin	2,02	2,00	2,03	2,04	1,95
hisztidin	1,27	1,23	1,21	1,20	1,12
lizin	<b>2,47</b>	<b>2,33</b>	<b>2,26</b>	<b>2,15</b>	<b>1,94</b>
leucin	3,05	2,98	3,01	2,97	2,84
metionin	<b>1,14</b>	<b>1,15</b>	<b>1,14</b>	<b>1,12</b>	<b>1,13</b>
treonin	1,56	1,49	1,55	1,49	1,41
valin	2,06	2,04	2,06	2,07	1,97
összes EAA	17,91	17,36	17,36	17,02	16,07

Az emészthetőségi kísérlethez 100-100 darab  $58,4 \pm 0,9$  g átlagsúlyú egyedeket helyeztünk ki egy-egy  $1 \text{ m}^3$ -es körkádba és etettük ad libitum 42 napon keresztül. A kísérlet végén a halak végső testtömege átlagosan 252,3 g-ot ért el a BPC tápot használó kezelésben, illetve 286,8 g-ot az BASAL tápot használó kezelésben. A kísérlet végén, 6 órával az etetési időt követően a halállományból kádanként 15 egyedből fécesz mintát gyűjtöttünk. Ehhez a halakat fenoxietanollal (Sigma) túlaltattuk, és a teljes belet eltávolítottuk. Kezelésenként összevont mintákat gyűjtöttünk, a BPC csoport esetében három ismétlésben, BASAL csoport esetében pedig öt ismétlésben. A székletmintákat behűtöttük, fagyasztva szárítottuk és exikátorban tároltuk a kémiai elemzésig (nyersfehérje-, itrium-, szárazanyag tartalom).

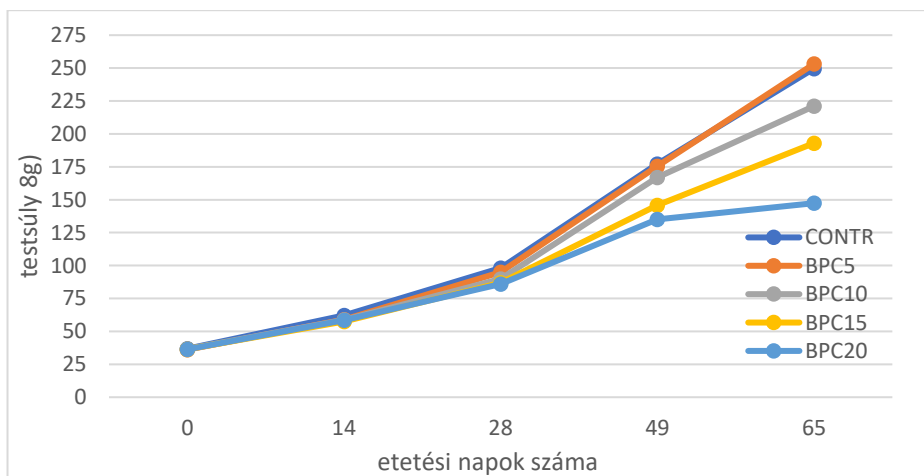
Az etetési kísérletben összesen 900 darab afrikai? harcsaivadékokat (átlagos testtömegük  $36,5 \pm 0,6$  g) osztottunk szét három ismétlésben tizenöt  $1 \text{ m}^3$  -es üvegszálás kádba a HAKI recirkulációs akvakultúra-rendszerében és etettünk 10 héten keresztül. A kísérlet ideje alatt  $24,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$  víz hőfokot tartottuk, az etetést automata etetővel végeztük óránkénti kiszórással. Az etetési kísérlet végén rögzítettük a halak egyedi testtömegét, a teljes hosszát, valamint vérmintát gyűjtöttünk a biokémiai vizsgálatokra. A vér biokémiai vizsgálatokat Samsung PT10V blood analyser

készüléken végeztük, melyhez a Comprehensive Plus test assay-t (Samsung, Szöul, Dél-Korea) választottuk.

### Eredmények és következtetések

Az árpafehérje koncentrátum látszólagos emészthetőségi együtthatója (ADC) a nyersfehérje és a nyersrost esetében viszonylag magas értéket mutatott a többi halfajhoz képest, (84,52 % és 78,24 %), míg a szárazanyagra 78,10%-ot és a foszfor emészthetőségre 246%-os értéket kaptunk (1. táblázat).

A kaszpi sebespisztráng (*Salmo trutta caspius*) esetében a fehérje ADC értéke valamivel kisebb, 71 % volt (Zaretbar és mtsai., 2021). A takarmányozási kísérlet után statisztikailag igazolható különbségeket figyeltünk meg úgy a növekedés, mint a tápanyag-fehérje hasznosítás tekintetében. Az 5-10%-os BPC-tartalomnál nem találtunk különbséget a fenti paraméterekben (kivéve a kondíció faktort), de a magasabb helyettesítési szinteknél (15-20% BPC) a növekedési teljesítmény meredeken csökkent. A súlygyarapodás a kontroll csoporthoz viszonyítva 212,8 g-ról 156,5 g-ra, illetve 111,0 g-ra esett BPC15 és BPC20 esetében, az SGR (Specific growth rate) pedig ~2,9%/nap-ról 2,6 és 2,2%/napra csökkent a legmagasabb beépítésnél. Az FCR alacsony maradt (~0,69-0,85) a takarmányokban a BPC15 kezelésig, de a BPC20 csoportban 1,44-re ugrott, ami gyenge takarmányhasznosítást jelent. A PER hasonló mintázatot mutatott: a kontroll és az 5-15%-os BPC-csoportokban stabilan tartotta magát (~2,8-3,2), de a BPC20 csoportban 1,65-re esett. A halak növekedését az egyes mintavételi időpontokat követő etetési időszak alatt az 1. ábra mutatja be. A CONTR és a BPC5 csoportok a teljes időszak alatt hasonló növekedési teljesítményt mutattak, míg a BPC10 és BPC15 kezelések a 28 napos etetés után észrevehető csökkenést mutattak, amely a 65 napos mintavételi időpontban a CONTR és a BPC5 kezelésekhez képest még kifejezettebbé vált.



1. ábra A halak testtömegének változása a kísérleti időszak során

A vérplazma biokémiai értékei a normál tartományon belül maradtak a különböző összetételű kísérleti tápok esetében, azonban a kezeléseken belül jelentős különbségek voltak megfigyelhetők. A teljes plazmafehérje (TP), az albumin, a globulin és a glükóz csak szerény változásokat mutatott a BPC-vel összefüggésben. Néhány szignifikáns

különbséget találtunk: az 5%-os BPC-vel etetett halaknak valamivel alacsonyabb volt az összfehérje szintje (TP) (2,41 g/dl), mint néhány más csoportban (2,8 g/dl a BPC15-ben), és a BPC15 csoportban magasabb volt a vércukorszint (~130 mg/dl), mint a kontrollban (~102 mg/dl). Ezek az ingadozások azonban nem utaltak kóros állapotra. Hasonlóképpen a plazma összkoleszterinszintjét is befolyásolta a takarmány összetétele, 20%-os BPC-nél volt a legmagasabb (132,6 mg/dl). A kalciumtartalom a kezeléson belül is változott, azonban szignifikáns különbség csak a BPC5 és a BPC10 között volt kimutatható. A kreatinintartalom szignifikánsan csökkent a BPC felvételével, és a B/C arány is ennek megfelelően különbözött. Emellett az amiláz, lipáz aktivitását nem befolyásolta szignifikánsan a BPC-bevitel, míg az alanin foszfatáz aktivitásában jelentős csökkenést tapasztaltunk a BPC15 csoportban. Ezenkívül az alanin-transzferáz aktivitása a BPC20 csoportban enyhén emelkedett, azonban a módszer kimutatási határának (10 U/L) közelében változott. Következésképpen, a növekedési és a tápanyag-hasznosítási paraméterek, valamint a vér biokémiai elemzése alapján elmondható, hogy a tesztelt BPC bekeverése a fiatal állatok takarmányába maximum 10%-ban ajánlott.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Aquaexcel 3.0 Horizon EU projekt (GA 871108), Trans National Access 27144 számú pályázata támogatta, a takarmányok gyártását az NKFIH Magyar -Szerb közös megvalósítású projekt (2023-1.2.4-TÉT-2023-00018) finanszírozta. Fazekas Gyöngyvér munkája a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/24/25/A/M/D/K kódszámú egyetemi kutatói ösztöndíj programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapról finanszírozott szakmai támogatásával valósult meg.

### Irodalomjegyzék

- Bell, J.G., Strachan, F., Roy, W.J., Matthew, C., McDonald, P., Barrows, F.T. and Sprague, M. (2016), Evaluation of barley protein concentrate and fish protein concentrate, made from trimmings, as sustainable ingredients in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) feeds. *Aquacult Nutr*, 22: 326-334. <https://doi.org/10.1111/anu.12250>
- Olvera-Novoa, M. A., Pereira-Pacheco, F., Olivera-Castillo, L., Pérez-Flores, V., Navarro, L., & Sámano, J. C. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture*, 158(1–2), 107–116. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00171-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00171-3)
- Glencross, B., Evans, D., Dods, K., McCafferty, P., Hawkins, W., Maas, R., & Sipsas, S. (2005). Evaluation of the digestible value of lupin and soybean protein concentrates and isolates when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using either stripping or settlement faecal collection methods. *Aquaculture*, 245(1–4), 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.033>
- Zhang, Y., Øverland, M., Sørensen, M., Penn, M., Mydland, L. T., Shearer, K. D., & Storebakken, T. (2012). Optimal inclusion of lupin and pea protein concentrates in

- extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 344–349, 100–113. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.012>
- Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Krogdahl, Å., & Skrede, A. (2009). Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) - Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*, 288(3–4), 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.12.012>
- Zaretabar, A., Ouraji, H., Kenari, A.A., Yeganeh, S., Esmaili, M., Amirkolaei A.K., One step toward aquaculture sustainability of a carnivorous species: fish meal replacement with barley protein concentrate plus wheat gluten meal in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) *Aquac. Rep.*, 20 (2021), Article 100714

## TENGERI SÜLLŐ (*DICENTRARCHUS LABRAX*) SZAPORÍTÁS INSZEMINÁCIÓS MÓDSZERREL (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

Türker BODUR\*<sup>1</sup>, Hüseyin SEVGİLİ<sup>2</sup>, Burak Evren İNANAN<sup>3</sup>, Cansu Meryem YEŞİLTAŞ<sup>4</sup>, Emrullah ARAFATOĞLU<sup>4</sup>, Tamás MÜLLER<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Akdeniz University, Antalya, Turkey  
turkerb@akdeniz.edu.tr

<sup>2</sup> Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey

<sup>3</sup> Faculty of Veterinary Aksaray University, Aksaray Turkey

<sup>4</sup> Mediterranean Fisheries Research, Production and Training Institute, Antalya, Turkey

<sup>5</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetesvízi Halökölógiai Tanszék, Gödöllő, Péter Károly utca 1, 2100.

### Kivonat

Szaporítási kísérleteket végeztünk tengeri süllőn, melyek során a hagyományos, indukált ivatáson alapuló kontrollcsoportot hasonlítottuk össze egy inszeminálással kombinált, szintén indukált ivatásos csoporttal. A vizsgált paraméterek (termékenyülési és kelési arány, 28 napos lárvamegmaradás) tekintetében a két csoport között statisztikailag igazolható különbség nem mutatkozott ( $p > 0,05$ ). Jelenleg genetikai vizsgálatok zajlanak az utódok származás ellenőrzése céljából.

**Kulcsszavak:** indukált ivatás, LH-RHa, spermajektálás

### Abstract

We conducted propagation experiments on European sea bass, comparing a control group subjected to traditional induced spawning with a group that induced spawning combined with insemination. Regarding the examined parameters (fertilization and hatching rates, and 28-day larval survival), no statistically significant differences were observed between the two groups ( $p > 0,05$ ). Genetic testing is currently underway to verify the origin of the offspring.

**Keywords:** induced spawning, LH-RHa, sperm insemination

### Bevezetés

A tengeri süllő (másnéven farkassügér, *Dicentrarchus labrax*) volt az első tengeri, nem a lazacfélék családjába tartozó halfaj, amelyet Európában gazdasági céllal termeltek. 2021-ben a tengeri süllő termelése elérte a 305 000 tonnát, amelyből 98% akvakultúrából, 2% pedig halászatból származott. Törökország a legfőbb termelő 2013 és 2022 között a termelését 68 ezer tonnáról 156 ezer tonnára növelte (Scandinavian Fishing Year book, 2023). Szaporításuk alapja ivatáson alapul, ahol az anyahalak felkészítését kizárólag környezeti tényezők befolyásolásával (vízhőmérséklet,

fényszakosság mesterséges szabályozása) végzik. Az ívás vagy spontán módon következik be, vagy hormonkezeléssel segítik elő. A lebegő termékenyített ikraszemek begyűjtését az ívató medence elfolyóvizére telepített különböző irkafozó berendezésekkel oldják meg. Mivel az ívató medencében az ikrások több tejessel is összeívhatnak, így irányított keresztezés (szűkebb értelemben vett tenyésztés) ezidáig korlátozott mértékben valósulhatott meg. Az inszemináláson alapuló szaporítási eljárás megoldást kínálhat erre a problémára (Müller és mtsai. 2018a, 2019, 2020), ennek alkalmazásával irányított keresztezés is elérhető az ívató medencében függetlenül az ott jelenlévő tejesek jelenlététől és számától. Kutatásunk célja a hagyományos és az inszeminációs szaporítási módszerek összehasonlító elemzése reprodukciós paramétereik alapján.

### **Anyag és módszer**

Mediterrán Halászati Kutató, Termelő és Továbbképző Intézet telepén (Demre, Antalya) ívás előtt álló tengeri süllő állományokban végezték a kísérleteket.

Két kísérleti csoport lett létrehozva, 2 ikrás és 2 tejes csoport ívatókádanként 3-3 ismétlésben. A kontrollcsoportban rutinszerű szaporítási módszert alkalmaztak (intramuszkuláris hormonkezelés: 20 µg GnRHa (des-Gly10, D-Ala6]-LH-RH) / testtömeg kg), míg a második csoport volt a vizsgálati csoport (inszeminált csoport), ahol a hormonkezelés megegyezett a kontroll csoporttal, de biopsziás mintavétellel ellenőrzött ivari állapot meghatározását követően 24 órával a becsült ívás előtt négy tejes kevert spermájával inszemináltak.

Az inszeminált csoport esetében minden halból (inszeminált ikrások, inszemináláshoz felhasznált tejesek, valamint az ívásban résztvevő tejesek) genetikai mintát vettek az utódellenőrzés meghatározásához. A kísérleti cél annak eldöntése, hogy az ívó tejesek milyen arányban vesznek részt az utódgeneráció kialakításában az inszeminált spermával termékenyítettekhez képest.

Ívást követően a lebegő ikrákat ikragyűjtő kádban fogták fel, az embriók fejlődését külön, 14,5 °C-ra hűtött keltetőben követték nyomon 4 napon keresztül, kelésig. A lárvák túlélési arányát 28 napos nevelés után határozták meg (1. ábra).

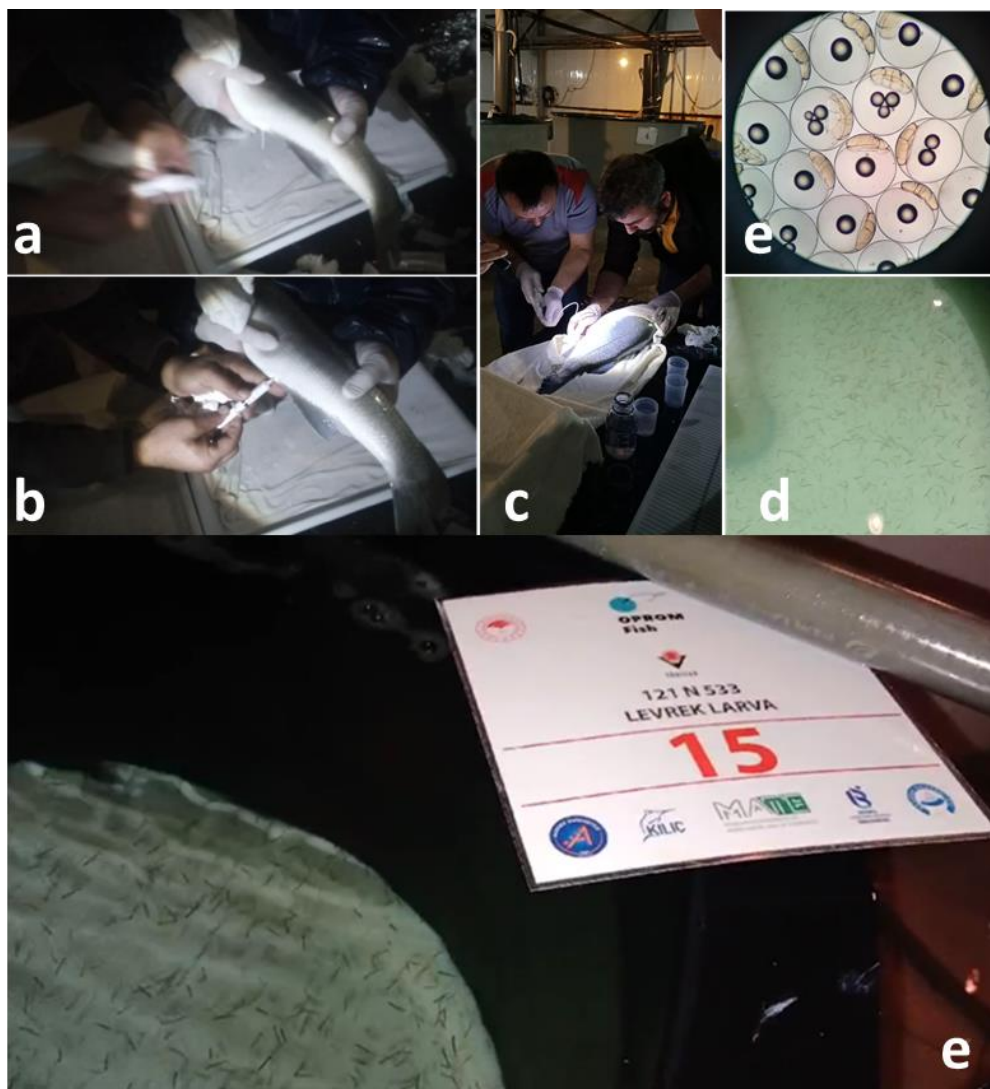
### **Eredmények és következtetések**

A vizsgált paraméterek közül a termékenyülési- és a kelési arányban a kapott értékek nagyon közel estek egymáshoz, statisztikailag igazolható különbség nem volt köztük ( $p > 0,05$ ). A lárvák megmaradásában viszont már jelentősebb különbség volt (az inszeminált csoportban 28%-kal magasabb értéket kaptunk), azonban a csoporton belüli nagy individuális különbségek miatt statisztikailag nem különböztek egymástól ( $p > 0,05$ , 2. ábra). Jelenleg genetikai vizsgálatok zajlanak az utódok származás ellenőrzése céljából.

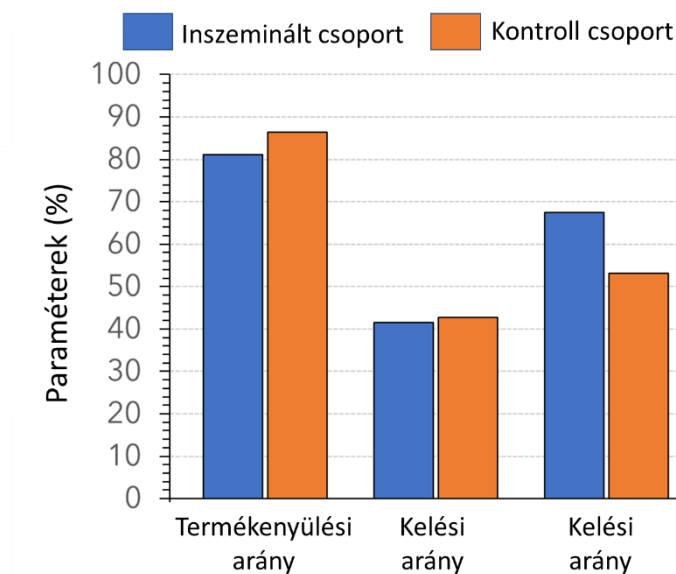
### **Összefoglalás**

Szaporítási kísérleteket végeztünk tengeri süllőfajon, keltetőházi indukált módszer és spermajektálás alkalmazásával. Az új módszer eredményei ígéretesek; alkalmazása

elősegítheti a szelektív tenyésztési programokat és megoldást kínálhat számos tengeri halfaj szaporítási technológia fejlesztéséhez.



1. ábra. Kísérlet főbb mozzanatai. 2/a-b: spermafejtés. 2/c: inszemináció. 2/e: gyűjtött termékeny ikrák 4 sejtés állapotban. 4/d-e: táplálkozó lárvák az inszeminált csoport lárwanevelő kádjában, valamint a projektben résztvevő intézetek feltüntetésével (Akdeniz Egyetem, Kilic Holding, MATE, Isparta Egyetem, Aksaray Egyetem, Mediterrán Halászati Kutató, Termelő és Továbbképző Intézet)



2. ábra. Összefoglaló diagram a kísérleti eredményekről (átlagértékek)

### Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a TŰBITAK 121N529, 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) és az NKFI Alap (NKFI\_K\_135824) projektek támogatták.

### Irodalom

- Scandinavian Fishing Year book **2023**. Species profile: European seabass [https://eumofa.eu/documents/20124/35695/European+seabass\\_31-1.pdf/9108d4ce-d7c5-49a6-bee9-859d29193f8e?t=1670841763845](https://eumofa.eu/documents/20124/35695/European+seabass_31-1.pdf/9108d4ce-d7c5-49a6-bee9-859d29193f8e?t=1670841763845)
- Müller T; Horváth L; Szabó T; Ittész I; Bognár A; Faidt P; Ittész Á; Urbányi B; Kucska B. **2018**. Novel method for induced propagation of fish: sperm injection in oviducts and ovary / ovarian lavage with sperm. *Aquaculture* 482:124-129
- Müller T; Szabó T; Kollár T; Csorbai B; Marinovic 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; Ács É; Beliczky G; Makk J; Földi A; Kucska B; Horváth L; Ittész Á; Hegyi Á; Szabó T; Urbányi B; Nguyen N.G; Orbán L; Havasi M. **2020**. New observations about fertilization capacity and latency time of sperm inseminated into ovary in African catfish (*Clarias gariepinus*) as an oviparous model fish. *Aquaculture* 522: 735109.

## KÖRNYEZETI *PSEUDOMONAS* SPP. TÖRZSEK MOLEKULÁRIS DIVERZITÁSA ÉS GÁTLÓ HATÁSUK VIZSGÁLATA HALPATOGÉN VÍZI PENÉSZEK ELLEN (*OOMYCOTA, SAPROLEGNIALES*)

Vámosi Réka<sup>1</sup>, Erdei Noémi<sup>1</sup>, Kóczán Patrícia<sup>1</sup>, Farkas Milán<sup>2</sup>, Kaján Győző L.<sup>1</sup>, Sipos Dóra<sup>1</sup>, Sváb Domonkos<sup>1</sup>, Kaszab Edit<sup>3</sup>, Eszterbauer Edit<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, Budapest

<sup>2</sup> Molekuláris Ökológia Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

<sup>3</sup> Környezetbiztonsági Tanszék, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

### Kivonat

A vízipenészek, vagy másnéven halpenészek, az édesvízi ökoszisztémákban világszerte előfordulnak, jelentős veszélyt jelentve mind a természetes vízi élővilágra, mind a tenyésztett halállományokra. A halpenészek leggyakrabban a *Saprolegnia*, *Achlya* és *Phytium* genusokba tartozó fajok és a saprolegniosis nevű betegséget okozzák. A védekezési lehetőségek korlátozottak, különösen az élelmiszertermelő halak esetében, ezért egyre nagyobb figyelem irányul a biológiai alapú megoldásokra. Korábbi kutatások igazolták, hogy egyes *Pseudomonas* nemzetségbe tartozó baktériumfajok képesek gátolni a halpenészek növekedését. Vizsgálatunkban hazai halgazdaságokból és természetes vizekből környezeti *Pseudomonas* baktériumtörzseket izoláltunk vízből, ikrákról és halivadékokról, majd elemeztük a törzsek genetikai sokféleségét, fehérje profilját és laboratóriumi kísérletekben vizsgáltuk gátló hatásukat különböző *Saprolegnia* fajokra nézve.

A baktériumtörzseket laboratóriumban tenyésztettük, majd azonosítottuk őket. A fajmeghatározást molekuláris módszerekkel (16S rRNS és *rpoD* gén szekvenálása) és fehérjealapú vizsgálatokkal (MALDI-TOF MS) végeztük. A *Saprolegnia parasitica*, *S. ferax*, *S. australis* és *S. velencensis* halpenész fajokkal szembeni gátló hatást táptalajon és folyékony tápközegben mértük.

Bár eltérő mértékben, de az összes vizsgált (24) *Pseudomonas* törzs mutatott gátló hatást a *Saprolegnia* fajokkal szemben. A baktériumok mindegyike a *P. fluorescens* taxonómiai csoportba tartozott. Vizsgálataink eredményeként először mutattuk ki, hogy a *P. danubii*, a *P. canadensis*, a *P. shahriarae*, a *P. salmasensis* és a *P. chlororaphis* baktérium fajok halpenész-gátló aktivitással rendelkeznek. Kiemelkedő gátló hatást mutatott a *P. danubii* több törzse, valamint a *Pseudomonas* sp. B379-HU törzs, ami a vizsgált marker gének alapján nem volt egyértelműen fajba sorolható. A gátlási kísérletek során ezek a baktériumok deformáltak, sőt egyes hígítások esetében teljesen elpusztították a halpenész hifáit.

A vizsgálat megerősítette, hogy egyes *Pseudomonas* törzsek hatékonyan képesek gátolni a halpenészek növekedését, így alkalmas jelöltek lehetnek a biológiai védekezésre. Ugyanakkor a hatás mértéke törzs- és koncentrációfüggő, ezért a jövőbeli kutatások célja a legnagyobb gátlási aktivitással rendelkező törzsek részletesebb vizsgálata, az általuk termelt gombaellenes vegyületek azonosítása, és hosszabb távon ezek kezelési célú halgazdasági alkalmazásának fejlesztése.

**Köszönetnyilvánítás**

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K141889 sz. pályázatának támogatásával valósult meg.