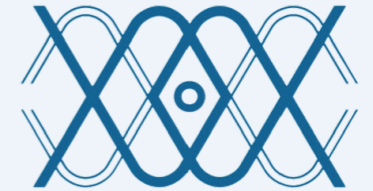


MATE

MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet



HALÁSZATI KUTATÓKÖZPONT

HALÁSZATFEJLESZTÉS 41

FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 41

**Szarvas
2024**

HALÁSZATFEJLESZTÉS 41
FISHERIES & AQUACULTURE DEVELOPMENT Vol. 41

A XLVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás kiadványa
(Szarvas, 2024. június 5-6.)

Proceedings of the 48th Scientific Conference
on Fisheries & Aquaculture
(5-6 June 2024, Szarvas, Hungary)

MATE
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutatóközpont

Szarvas
2024

Szerkesztő: Brlás-Molnár Zsuzsanna

Szerkesztőbizottsági tagok: Dr. Bozánne Dr. Békefi Emese, Fazekas Gyöngyvér, Dr. Kovács Balázs, Dr. Molnár Tamás, Dr. Nagyné Dr. Biró Janka

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

© Szerzők, 2024
Szerkesztő © Brlás-Molnár Zsuzsanna, 2024
© MATE AKI HAKI, 2024
Minden jog fenntartva!

A kiadvány megjelentetése és a tanácskozás megrendezése az AM állami halgazdálkodási feladatok támogatása fejezeti kezelésű előirányzat, HAGF/87/2024. 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
170 példányban
Felelős vezető: Fazekas András
Printed by Fazekas Nyomda, Szarvas, Hungary
Number of printed copies: 170

ISSN 1219-4816
ISSN 0230-8312

ISBN 978-963-623-097-5

Tartalom

Bojtárné Lukácsik Mónika, György Ágnes Irma, Kiss Gabriella, Radócziné Kocsis Terézia, Urbányi Béla, Pesti Csaba, Goda Pál

Mire jó nekünk az adatgyűjtés? – Avagy a halászati adatgyűjtési keretrendszer jelentősége és hátterének bemutatása 9

Lengyel Péter, Réczey Gábor, Békefi Emese, Váradi László

Akvakultúra fejlesztés az EU-ban az elkövetkezendő időszakban 18

Lefler Kinga Katalin, Hegyi Árpád, Bokor Zoltán, Gyalog Gergő, Bozánne Békefi Emese, Brlás-Molnár Zsuzsanna, Fekete Rita, Urbányi Béla

A magyat akvakultúra szektor lehetséges hozzájárulása a fenntartható fejlődési célokhoz napjainkban 23

Lámfalusy Tamás, Kasza Gyula, Szakos Dávid, Ózsvári László

Milyen halat eszik a magyar? 32

Hegedüs Gábor, Juhász Máté, Papp Gábor, Bardócz Tamás

A Tisza-tó horgászturizmusának jelenlegi helyzete és fejlesztési lehetőségei 37

Urbányi Béla, Bakos Izabella, Horváth Ákos, Khademi-Vidra Anikó

Oktatási, képzési innovációk a magyar középfokú agrárszakképzés akvakultúra ágazatában 43

Wan Sajiri Wan Muhammad Hazim, Székely Csaba, Sellyei Boglárka

A RASOPTA projekt bemutatása 56

Molnár Péter István, Bényi Benedek Csaba, Lelesz Judit Éva, Bársony Péter, Fehér Milán

Békalencse (*lemnaceae*) fajok biológiai szűrőként való alkalmazása az intenzív haltermelésben 63

Valkovszki Noémi Júlia, Kun Ágnes, Székely Árpád, Szalóki Tímea, Kolozsvári Ildikó, Tavasz-Sárosi Szilvia, Jancsó Mihály

Halászati elfolyóvíz hatása az egyéves konyhaköményre (*carum carvi var. anuum*)-előzetes eredmények 68

Bardócz Tamás, Gyalog Gergő, Békefi Emese, Sharma Priya, Kerepeczki Éva, Ferincz Árpád, Halasi-Kovács Béla, Urbányi Béla

Fenntarthatóság és ökoszisztéma szolgáltatások elemzésének módszerei a haltermelésben 79

Stanivuk Jelena, Ljubratović Uroš, Káldy Jenő, Várkonyi Eszter, Molnár Mariann, Fazekas Georgina Lea, Kitanović Nevena, Lefler Kinga Katalin, Horváth Ákos, Marinović Zoran

Az interspecifikus hibridizáció és a triploidizáció együttes hatása a fogassüllő (*Sander lucioperca*) és a fogassüllő (♀) x kőssüllő (♂) (*Sander Volgensis*) hibridek korai ivarfejlődésére 89

Káldy Jenő, Bogár Katalin, Stanivuk Jelena, Géczy Aliz, Fazekas Georgina Lea, Kovács Balázs, Molnár Mariann, Ardó László, Ljubobratović Uroš, Kovács Gyula, Péter Dániel, Lázár Bence, Várkonyi Eszter

A vágótok (♀) (*Acipenser gueldenstaedtii*) és az amerikai lapátorrú tok (♂) (*Polyodon spathula*) hibridek ivarának meghatározása és korai gonád fejlődésének vizsgálata. ... 94

Horváth József, Tóth András, Varga Ádám, Ivánovics Bence, Kalocsai Levente, Urbányi Béla, Müller Tamás

Inszemináció módszerű afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) szaporítás alternatív hormonkezeléssel (előzetes eredmények) 101

Egessa Robert, Biró Janka, Szűcs Anita Annamária, Lengyel-Kónya Éva, Nagy Zoltán, Ilić Petar, J. Sándor Zsuzsanna

Rovarolaj, mint a haltakarmányok potenciális olajforrása 109

Csorbai Balázs, Várkonyi Dávid, Bartucz Tamás, Gyurcsák Márk, Molnár József, Urbányi Béla, Bernáth Gergely, Bokor Zoltán

Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus x Heterobranchus longifilis*) takarmányozása fekete katonalégy lárvá (*Hermetia illucens*) kiegészítéssel 119

Fazekas Georgina, Amichaud Océane, Lafond Thomas, Kleiber Aude, Kerneis Thierry, Batard Axel, Goardon Lionel, Laurent Labbé, Lambert Sophie, Milla Sylvain, Ljubobratović Uros, Colson Violaine

Buborékfüggöny hatása a tenyésztett pisztrángok viselkedésére 121

Vannaphar Tamajedy, Sadia Sultana, Kalocsai Levente, Kiss Péter, Ferincz Árpád, Müller Tamás, Kucska Balázs

Karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*) ivadékok nevelése megvilágított tavi ketrecekben 128

Urbányi Béla, Fekete Rita, Horváth Ákos, Mezei Tibor

A magyar akvakultúra ágazat műszaki infrastruktúrájának felmérése – előzetes eredmények 132

Suhaimi Nadhirah Syafiqah, Sellyei Boglárka, Cech Gábor, Székely Csaba, Borkhanuddin Muhammad Hafiz

Nyálkapórák aktino- és myxospóra stádiumainak vizsgálata Terengganu (Malajzia) édesvízi ökoszisztémáiban: előzetes tanulmány 141

Cech Gábor

Digenetikus fejlődésű mételyek a hazai halakban: a zoonótikus fertőzés kockázata .. 145

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

Két közeli rokon nyálkaspórák parazita faj taxonómiai megkülönböztetése: *Myxobolus tihanyensis* n. sp. és *Myxobolus sandrae* Reuss, 1906 147

Abonyi Flóra, Eszterbauer Edit, Baska Ferenc, Hardy Tímea, Doszpoly Andor

Önreplikálódó DNS- és RNS- vakcinák alkalmazhatóságának vizsgálata pontyok tavaszi virémiája (SVCV) ellen 151

Varga Ádám, Horváth József, Tóth András, Hegedűs Anna, Ferincz Árpád, Lefler Kinga, Cech Gábor, Specki András, Urbányi Béla, Müller Tamás

A fokozottan veszélyeztetett hévízi törpenövésű magyar vadpontynál (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) észlelt sajátságos gazda-parazita kapcsolat vizsgálata (előzetes eredmények)..... 153

Tóth Flórián, Fazekas Dorottya Lilla, Zsuga Katalin

Új Cladocera faj, a *Ceriodaphnia Rigaudi* (Richard 1894) megjelenése a magyarországi ágascsapú rák faunában 159

Nagy László, Andalik Patrik, Somogyi Dóra, Nyeste Krisztián, Antal László

A Nagykunsági-főcsatorna halfaunája és halközösség-alapú ökológiai állapotminősítése eltérő mintavételi protokollok és módszerek alapján 167

Bogár Katalin, Géczy Aliz, Kovács Gyula, Fazekas Gyöngyvér, Urbányi Béla, Kovács Balázs

Ivarspecifikus molekuláris genetikai marker alkalmazhatóságának tesztelése egy génbanki kecsge (*Acipenser ruthenus*) tenyészállományon 175

Ivánovics Bence, Csenki-Bakos Zsolt, Horváth József, Varga Ádám, Urbányi Béla, Müller Tamás

Petefészek inszemináció utódgenerációra gyakorolt immunológiai következményeinek vizsgálata zebradánióban (*Danio rerio*) (előzetes eredmények) 179

Kolozsvári Ildikó, Kun Ágnes, Jancsó Mihály, Bozán Csaba, Valkovszki Noémi Júlia, Székely Árpád, Szalóki Tímea Pálma, Kovács Gergő Péter, Gyuricza Csaba

Intenzív üzemű halnevelő telep elfolyóvizével öntözött terület utóhatás vizsgálata, különös tekintettel a vörös here biomassa termelésére 185

Kovács Balázs, Balogh Réka Enikő, Csorbai Balázs, Kobolák Julianna, Péter Dániel, Lehoczky István, Edviné Meleg Erika, Kovács Gyula, Bogár Katalin, Fazekas Gyöngyvér, Géczy Aliz, Boros Attila, Szilágyi Gábor, Urbányi Béla

Különböző származású afrikai harcsa vonalak növekedés vizsgálata 191

Nagy Borbála, Bernáth Gergely, Lefler Kinga Katalin, Csorbai Balázs, Bartucz Tamás, Petényi Róbert, Bartos István, Ittész István, Urbányi Béla, Bokor Zoltán

Gazdasági jelentőségű aranyhal változatok ivarsejt érésének vizsgálata 197

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

Új adatok különböző hormonbejuttatási módszerek hatásáról szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864) szaporításában (előzetes eredmények) 203

Varga Ádám, Horváth József, Tóth András, Ivánovics Bence, Urbányi Béla, Müller Tamás

Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) halfajban alkalmazott újszerű halszaporítási módszer hatása a lárvák életképességére (előzetes eredmények) 207

Wan Sajiri Wan Muhammad Hazim, Székely Csaba, Molnár Kálmán, Kjeldgaard-Nintemann Sebastian, Kania Per Walter, Buchmann Kurt, Sellyei Boglárka

A *Thaparocleidus vistulensis* (Siwak, 1932) (Monopisthocotyla, Ancylo-discoididae) kopolyúféreg molekuláris és pásztázó elektromikroszkópos (SEM) vizsgálata 211

Plenáris szekció

MIRE JÓ NEKÜNK AZ ADATGYŰJTÉS? – AVAGY A HALÁSZATI ADATGYŰJTÉSI KERETRENDSZER JELENTŐSÉGE ÉS HÁTTERÉNEK BEMUTATÁSA

**BOJTÁRNÉ LUKÁCSIK Mónika¹, GYÖRGY Ágnes Irma¹,
KISS Gabriella¹, RADÓCZNÉ KOCSIS Terézia¹, URBÁNYI Béla^{1,2},
PESTI Csaba¹, GODA Pál¹**

¹*Agrárközgazdasági Intézet, 1093. Budapest, Zsil u. 3-5.*

bojtarne.lukacsik.monika@aki.gov.hu

²*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.*

Kivonat

Az Európai Unióban a halászati adatgyűjtés rendkívül fontos a halászati és akvakultúra erőforrások fenntartható kezeléséhez és a közös halászati politika hatékony végrehajtásához. A Halászati Adatgyűjtési Keretrendszer (Data Collection Framework, azaz DCF) egy összetett rendszer, amelyet az Európai Bizottság hozott létre a halászati ágazatban az adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására, a szükséges tudományos szakvélemények beszerzésére, a tevékenységek és az erőforrások monitorozására és értékelésére.

Ez a keretrendszer magában foglalja az alábbi elemeket:

- i) Adatgyűjtési rendszer: Az EU-ban a tagállamoknak meghatározott termelési mennyiség és érték felett kötelezően adatokat kell gyűjteniük a halászati és akvakultúra tevékenységeikről és az erőforrásokról. Ezek az adatok magukban foglalják a halászati ágazattal kapcsolatos biológiai, környezeti, műszaki, gazdasági és társadalmi vonatkozású adatokat (pl. a halászfogások faj- és méretösszetételét, tömegét, az állománybiomassza becsléseket, a halászhajók regisztrációs adatait, a halászati, akvakultúra és halfeldolgozási tevékenységek bevételeit, költségeit, foglalkoztatottjainak számát és összetételét stb.). A tengerrel nem rendelkező országoknak gazdasági és társadalmi vonatkozású adatokat kell gyűjteniük az akvakultúra termelésről, valamint önkéntesen a feldolgozó ágazatról, illetve a munkaterveik tartalmazhatják mindazon elemeket, amelyek előmozdítják halászati ágazatuk teljesítményének nyomonkövetését és a közös halászati politika végrehajtását.
- ii) Adatfeldolgozási és -elemzési rendszer: Az összegyűjtött adatokat feldolgozzák és elemzik a halállományok helyzetének, a halászati és akvakultúra intézkedések hatásának, valamint a halászati és akvakultúra tevékenységek gazdasági és társadalmi hatásainak értékeléséhez.

- iii) **Értékelés és tanácsadás:** Az adatok alapján történik az ágazat értékelése, amelyek segítenek a halászati kvóták meghatározásában és a halászati és akvakultúra erőforrások kezelésében, a jövőbeli célok kitűzésében és elérésük elősegítésében. Ezek az értékelések szolgálják a nemzeti testületek és a halászati irányító szervek munkáját.
- iv) **Jelentés és közzététel:** Az adatokat rendszeresen kommunikálják és közzéteszik, hogy az érintettek (halászati vállalkozások, tudományos intézmények, döntéshozók) hozzáférhessenek és hasznosíthassák azokat.

Hazánkban a Halászati Adatgyűjtési Keretrendszer feladatainak végrehajtását dedikáltan az Agrárközgazdasági Intézet végzi 2016 óta. Emellett részt vesz a Keretrendszer folyamatos fejlesztésében és javításában, mely kulcsfontosságú a halászati erőforrások fenntartható kezelésében és a halászati tevékenységek hatékony szabályozásában az Európai Unióban.

Jelen közleményben a múltbeli tapasztalatok bemutatására alapozva világít rá a szerzőgárda az adatgyűjtés és adatszolgáltatás jelentőségére és az elemzések fontosságára.

Kulcsszavak: édesvízi akvakultúra, adatgyűjtés, adatszolgáltatás, értékelés, Közös Halászati Politika

Abstract

Fisheries data collection in the European Union is crucial for the sustainable management of fisheries and aquaculture resources and for the effective implementation of the common fisheries policy. The EU's Data Collection Framework is a complex system set up by the European Commission for the collection, management, and use of data in the fisheries sector, to support scientific advice regarding the common fisheries policy, and to monitor and evaluate fisheries activities and resources.

This framework includes the following elements:

- i) **Data collection system:** EU Member States – above a specified production quantity and value – are required to collect data on their fisheries and aquaculture activities and resources. These data include biological, technical, environmental, economic, and social data related to the fishing sector (e.g. species and size composition and weight of catches, stock biomass estimates, fishing vessel registration data, income and cost data of fishing, aquaculture and fish processing activities, number, and composition of employees, etc.). Land-locked countries have to collect economic and social data on aquaculture production and voluntarily on the processing sector, their work plans may include all elements that promote the monitoring of the performance of their fisheries sector and the implementation of the Common Fisheries Policy.
- ii) **Data processing and analysis system:** the data collected are processed and analysed to assess the status of fish stocks, the impact of fisheries and aquaculture measures and the economic and social impact of fisheries and aquaculture activities.

- iii) Assessment and advice: data are used to assess the sector and help set fishing quotas and manage fisheries and aquaculture resources, in setting future goals and facilitating their achievement. These assessments are used by national bodies and fisheries management committees.
- iv) Reporting and publication: data are regularly communicated and published so that the stakeholders (fishing enterprises, scientific institutions, decision-makers) may access and use them.

In Hungary, the implementation of the tasks of the Data Collection Framework have been carried out by the Institute of Agricultural Economics since 2016. In addition, the Institute participates in the continuous development and improvement of the Framework, which is key to the sustainable management of fisheries resources and the effective regulation of fishing activities in the European Union.

In the present work, based on past experiences, the authors highlight the importance of data collection and data provision and the significance of analysis.

Keywords: freshwater aquaculture, data collection, data provision, evaluation, Common Fisheries Policy

Bevezetés

Az Európai Unióban az adatgyűjtés és az adatszolgáltatás számos területen rendkívül fontos a hatékony politikák kidolgozása és végrehajtása szempontjából. Néhány fontos terület és az ezekhez kapcsolódó adatgyűjtési és adatszolgáltatási mechanizmusok:

Gazdasági adatok: Az Európai Unióban az Eurostat felelős a gazdasági adatok gyűjtéséért és közzétételéért, ideértve a GDP-t, az inflációt, az államháztartási hiányt és az államadósságot. Ezek az adatok kulcsfontosságúak a gazdasági politikák kialakításában és a gazdasági teljesítmény monitorozásában.

Munkaerőpiaci adatok: Az Eurostat gyűjti és közzéteszi a munkaerőpiaci adatokat is, mint például a munkanélküliségi ráta, a foglalkoztatottság aránya és a munkaerőpiaci részvétel. Ezek az adatok segítenek a munkaerőpiaci tendenciák és problémák azonosításában.

Környezetvédelmi adatok: Az EU-ban különféle intézmények és ügynökségek gyűjtik a környezetvédelmi adatokat, ideértve az üvegházhatású gázok kibocsátását, a levegő- és vízminőséget, valamint az ökológiai állapotot meghatározó adatokat. Ezek az adatok alapvető fontosságúak a környezetvédelmi politikák kidolgozásában és végrehajtásában.

Mezőgazdasági adatok: Az Európai Bizottság és az Eurostat gyűjti és elemzi a mezőgazdasági adatokat, például a növénytermesztés, az állattartás, az akvakultúra termelési adatait stb. Ezek az adatok segítenek a mezőgazdasági politikák kidolgozásában és a mezőgazdasági ágazat teljesítményének értékelésében.

Az adatgyűjtés és az adatszolgáltatás terén az Európai Unió törekszik a harmonizált módszertanok és standardok alkalmazására annak érdekében, hogy összehasonlítható adatokat és megbízható információkat nyújtson a döntéshozók, a piaci szereplők/vállalkozások és a közvélemény számára. Az adatokhoz való könnyű hozzáférés és az adatok minőségének javítása kulcsfontosságú a hatékony döntéshozatal és az uniós politikák eredményessége szempontjából.

Az akvakultúra szektor adatszolgáltatása az Európai Unióban is kulcsfontosságú a fenntartható gazdálkodás és a hatékony politikák kidolgozása szempontjából. Néhány tapasztalat és főbb szempontok az adatszolgáltatás terén az EU-ban:

Kötelező adatszolgáltatás: Az EU-ban a halászati és akvakultúra szektorban működő vállalkozásoknak kötelező adatokat szolgáltatniuk bizonyos tevékenységeikről, például a termelési mennyiségekről, a fogott fajokról, az akvakultúra létesítményeiről stb. Ez a kötelező adatszolgáltatás segíti az ágazati statisztikák és trendek összeállítását.

Adatgyűjtési módszertanok és standardok: Fontos, hogy az adatszolgáltatás során alkalmazott módszertanok és definíciók összhangban legyenek az EU-szintű szabványokkal és követelményekkel. Ez lehetővé teszi az összehasonlítható adatok gyűjtését és elemzését az egész Európai Unióban.

Adatok minősége és megbízhatósága: A megbízható és minőségi adatok elengedhetetlenek a hatékony politikai döntéshozatalhoz és a trendek pontos értékeléséhez. Az adatok megbízhatóságának biztosítása érdekében fontos, hogy az adatszolgáltatók tartalmilag helyes és teljes adatokat szolgáltatassanak, és hogy az adatgyűjtési folyamatokat rendszeresen ellenőrizzék és értékeljék.

Digitális technológiák és automatizáció: Az adatszolgáltatás hatékonyságának és pontosságának növelése érdekében egyre inkább előtérbe kerülnek a digitális technológiák és az automatizált adatgyűjtési módszerek. Például az online platformok, ahol az elektronikusan történő adatszolgáltatás lehetővé teszi az adatok gyors és hatékony rögzítését és elemzését.

Átláthatóság és hozzáférhetőség: Fontos, hogy az adatszolgáltatási folyamatok átláthatóak legyenek, és hogy az adatok könnyen hozzáférhetőek legyenek az érdekeltek, például a döntéshozók, a kutatók, az ipari és gazdasági szereplők számára.

Az EU folyamatosan törekszik a halászati és akvakultúra szektor adatszolgáltatási folyamatainak javítására annak érdekében, hogy biztosítsa az ágazat hatékonyabb és fenntarthatóbb fejlődését. Ez magában foglalja az adatgyűjtési módszertanok és minőség-ellenőrzés fejlesztését, továbbá a digitális technológiák előretörésének kihasználását az adatszolgáltatás hatékonyságának növelése érdekében.

A Közös Halászati Politika (KHP) irányítását támogató adatok gyűjtésére és kezelésére 2000-ben létrehozták a Halászati Adatgyűjtési Keretrendszert (DCF), melynek céljai:

- a halgazdálkodás flottaalapú megközelítése,
- az ökoszisztéma-alapú megközelítés kidolgozásának előmozdítása,
- a halászati adatok minőségének, teljességének és hozzáférhetőségének javítása,
- a tudományos szakvélemények kiadásának hatékonyabb támogatása,
- a tagállamok közötti együttműködés előmozdítása.

A DCF (199/2008/EK, majd 2017/1004/EU, valamint 665/2008/EK) és a kapcsolódó többéves adatgyűjtési program, az EUMAP (2016/1251, 2019/909/EU és 2019/910/EU, majd 2021/1167/EU és 2021/1168/EU) szabályokat állapít meg a halászati ágazatra vonatkozó biológiai, környezeti, műszaki, társadalmi-gazdasági adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására. A 2016/1251/EU jogszabály kimondja, hogy a feldolgozóiparral kapcsolatos adatok gyűjtése önkéntes, de adatgyűjtés esetén a jogszabály meghatározza az önkéntesen gyűjthető gazdasági és társadalmi változókat.

Anyag és módszer

Az adatgyűjtést a Bizottság (EU) a halászati és akvakultúra-ágazatban a biológiai, környezeti, műszaki és társadalmi-gazdasági adatok gyűjtésére és kezelésére vonatkozó, 2022-től alkalmazandó többéves uniós program (EUMAP) létrehozásáról szóló 2021/1167/EU felhatalmazáson alapuló határozata szerint írja elő. Kijelöli az összegyűjtendő adatokra vonatkozó adatszolgáltatási követelményeket, az egyes tengeri medencékben kötelező felmérések listáját és az egyes adatgyűjtések végrehajtását meghatározó küszöbértékeket is.

Az adatgyűjtés módszertani alapja a kvantitatív adatfelvételezés. Az akvakultúra szektorban végzett kvantitatív adatfelvétel során többféle adatot gyűjtenek és elemeznek az akvakultúra tevékenységeivel kapcsolatban. Ezek az adatok segítenek az ágazat teljesítményének értékelésében, a trendek azonosításában és a politikák kidolgozásában.

Az adatgyűjtés alap módszertana a kérdőíves felmérés, melynek kereteit az EU szabályozza, a gyűjtendő adatok meghatározottak.

A legfontosabb adatkategóriák az alábbiak:

- i) Gazdasági adatok: A DCF elsődleges célja, az akvakultúra szektor gazdasági teljesítményére vonatkozó adatok gyűjtése, mint például a termeléshez kapcsolódó különféle költségek és bevételek.
- ii) Társadalmi adatok: foglalkoztatással kapcsolatos adatok, pl. munkaidő, kor, nem, végzettség és nemzetiség szerinti foglalkoztatotti számok.
- iii) Fajösszetétel: Az akvakultúra termelés fajösszetétele is a nyomonkövetés tárgya. Ez az adat fontos a piaci trendek és a fajok preferenciájának értékeléséhez. Megjegyzendő, hogy Magyarország esetében csak a jogszabályban meghatározott küszöbértéket meghaladó mennyiségben termelt pontyra és afrikai harcsára vonatkozóan kell a fentebb említett gazdasági adatokat gyűjteni.
- iv) Termelési technológiák: Az adatok gyűjtése a különböző akvakultúra termelési technológiák (tógazdálkodás, intenzív rendszerek stb.) szerinti bontásban.
- v) Fogyasztáshoz kapcsolódó adatok: Az akvakultúra termékek feldolgozására, fogyasztására, illetve emellett a haltermékek fogyasztói és termelői áraitra vonatkozó adatok segítenek az ágazat piaci helyzetének és fogyasztói preferenciáinak megértésében.
- vi) Termelési helyek: Az akvakultúra létesítmények elhelyezkedéséről szóló adatok segítenek az akvakultúra tevékenység/ágazat földrajzi eloszlásának megértésében és a termelési környezet jellemzésében.

Az adatgyűjtés másik alkalmazott módszertana, az ún. strukturált mélyinterjú, mely lehetővé teszi a résztvevők tapasztalatainak és véleményeinek alaposabb megértését. Ezek az interjúk strukturált keretekkel rendelkeznek, amelyek elősegítik az adatok összehasonlíthatóságát és elemzését. Ezen adatfelvételezés előzetes tervezését igényel, mely tervezés alatt az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

- i. Célok meghatározása: Először is fontos meghatározni a kutatás céljait és kérdéseit. Bizonyos esetekben az interjúk lehetnek irányítottak a termelési gyakorlatok, a piaci trendek, a környezeti hatások vagy más témák megértésére.

- ii. Résztevők kiválasztása: A résztvevők kiválasztása történhet azok adott szektorbeli jelentős termelési/gazdasági potenciálja, vagy egyedi, speciális termelési módszere alapján, melynek megismerése előmozdítja a képviselőt és döntéshozatal erősítését. A résztvevők kiválasztása emellett történhet reprezentatív, rétegzett mintavétel szerint is.
- iii. Interjúk tervezése: Az interjúk struktúráját és kérdéseit alapos tervezés előzi meg. A strukturált interjúkhoz általában előre meghatározott kérdéssor kerül kidolgozásra, amely lehetővé teszi az összehasonlíthatóságot és az adatok rendszerezését.
- iv. Résztevők önkéntessége és hozzájárulása: Lényeges elem, hogy az interjúban résztvevők önkéntesen és szabadon vesznek részt a megkérdezésben, emellett tájékoztatást kapnak az interjú céljáról és adataik felhasználásának céljáról egyaránt.
- v. Adatgyűjtés és dokumentáció: Az interjúk során dokumentáció készül, melyben a résztvevők válaszai rögzítésre kerülnek. Fontos kritérium, hogy az adatgyűjtés strukturált és megbízható legyen annak érdekében, hogy az információk alapján megállapításokat és következtetéseket lehessen levonni.
- vi. Adatok elemzése és értelmezése: Az interjúk során összegyűjtött adatok elemzésre kerülnek, melyekből eredmények, trendek és következtetések megállapítása történik az akvakultúra szektorról.
- vii. Jelentés készítése: Az elemzés eredményei alapján készül el a jelentés, amely összegzi a kapott eredményeket és ajánlásokat fogalmaz meg a kutatás céljainak megfelelően.

A gyűjtött adatok átfogó képet nyújtanak az akvakultúra szektor teljesítményéről és gazdasági jellemzőiről, ami alapvető fontosságú az ágazat hatékony kezeléséhez és a fenntarthatóság biztosításához. Az adatfelvétel során fontos, hogy a gyűjtött adatok megbízhatók, átfogók és összehasonlíthatók legyenek, hogy segítsék az informált döntéshozatalt és a politikák kidolgozását az akvakultúra szektorban.

Eredmények és következtetések

Az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) által végzett adatgyűjtésekben való megkérdezetti részvétel heterogén. Tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a megkérdezettek önállóan nem szívesen töltik ki a kérdőíveket, viszont a személyes megkeresések, interjúk alakalmával a kérdőív kitöltése iránti hajlandóság jelentősen nő. Az adatgyűjtés célja, hogy a reprezentativitás növelésével, valósabb ágazati helyzetképet állapítson meg, ami segíti az ágazati döntéshozók munkáját és alapul szolgálhat a támogatási rendszer kialakításához és működtetéséhez.

Gazdasági adatokra vonatkozóan 2017 és 2019 között 15 cég töltötte ki a részletes adatbekérőlapot mélyinterjúk módszerrel. Emellett két alkalommal, 2022-ben és 2024-ben email útján kiküldött kérdőív segítségével az összes ponty- és afrikaiharcsa-termelő felkérést kapott az adatszolgáltatásra. A gazdasági kérdőíveket 2022-ben a megkeresett cégek 22 százaléka, a pontytermelők esetében 189 cégből 42 cég töltötte ki, míg 2024-ben (05.08-ig) a megkérdezettek 24 százaléka, 160 cégből 39 küldte be a kitöltött kérdőívet. A beküldők 2022-ben az ágazat 31 százalékát fedték le az üzemeltetőterületet

és 25 százalékát a termelés mennyiségét tekintve. Az afrikaiharcsa-termelők közül 2022-ben egy, 2024-ben két vállalkozás adta meg a kért adatokat.

A halfeldolgozók esetében 2013 és 2019 között megközelítőleg 40 vállalkozásból évi 15-24 cég 4 alkalommal vett részt mélyinterjújában. Ezzel szemben a 2023. évi emailben kiküldött kérdőíves adatgyűjtés során mindössze 4 cég válaszolt, mely igen alacsony részvételi arányt jelentett a korábbi évekhez képest.

Az adatgyűjtés és adatszolgáltatás jelentőségével kapcsolatban ki kell emelnie MAHOP-5.3.4-2023 számú támogatást (ún.: Kompenzációs támogatás). Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/1278 rendelete az 508/2014/EU rendeletnek az Oroszország által Ukrajnával szemben indított agresszív háború halászati tevékenységeket érintő következményeinek enyhítésére, valamint az említett agresszív háború nyomán a halászati és akvakultúra-termékek ellátási láncában jelentkező piaci zavarok hatásainak mérséklésére irányuló egyedi intézkedések tekintetében történő módosításáról jogszabályi keretet és lehetőséget biztosított a tagországok számára az akvakultúra termelők pénzügyi kompenzációjára.

Ehhez a tagállamoknak valós adatokkal szigorúan alátámasztott számítási módszertant kellett felmutatniuk. Az EU által elvárt módszertant az AKI dolgozta ki a termelők által évente benyújtott, így több évre visszamenőleg is rendelkezésre álló takarmányozási, termelési és tóterület adatokra alapozva. A számítás célja a takarmányárak emelkedéséből eredő takarmányozási költség növekedésének meghatározása, és annak alapján egy részleges vagy teljes egységköltség alapú kompenzációs támogatási lehetőség kidolgozása volt. Mindez nem jöhetett volna létre a folyamatos statisztikai (OSAP) adatgyűjtések nélkül. Azonban az orosz-ukrán háború okozta kieső jövedelem becslésére nem tudott az AKI számítási módszert kidolgozni, mivel az ehhez szükséges részletességű a válságot megelőző három év, illetve öt év jövedelmi adatai nem álltak rendelkezésre, ami hiányában az akvakultúra egyes alágazatainak (intenzív, fél-intenzív, extenzív) pontos költségszerkezete (alapanyag, bér, energia, takarmány, amortizáció és egyéb költségek) nem volt megállapítható. Ennek elkerülése érdekében a gazdasági adatokat bekérő kérdőívek rendszeres és pontos kitöltésére van szükség a jövőben.

A fentiek mellett az Irányító Hatóság (IH) a támogatási kérelmek elbírálása során is felhasználta az AKI-ban gyűjtött adatokat a pályázók adminisztrációs terheinek csökkentése érdekében. Összesen 7 alkalommal fordult adatigényléssel az AKI-hoz 2023.07.28. és 2023.11.22. között 180 beadott projekttel kapcsolatban, melyek közül 162 db projekt részesült támogatásban, ami 155 céget jelentett. A résztvevő cégekből 17 vállalkozás folytatott intenzív akvakultúra termelést, melyek összesen 6298 tonna megtermelt hal után kaptak kifizetést, ami az országosan intenzíven termelt halmennyiség 99 százaléka. Tógazdaságok esetében összesen 22 061 hektár tóterületre érkezett támogatási igény, ami a 2022-es évi országos üzemelt tóterület 82 százalékát jelentette (1. táblázat).

1. táblázat. MAHOP-5.3.4-2023 sz. felhívás keretében történt adatkérés adatai

Megkeresések száma	IH Kérés érkezés dátuma	AKI válaszadás dátuma	Projektek száma (db)
1.	2023.07.28.	2023.07.31.	30
2.	2023.08.03.	2023.07.31.	23
3.	2023.08.17.	2023.08.17.	19
4.	2023.09.11.	2023.09.12.	22
5.	2023.09.13.	2023.09.14.	42
6.	2023.09.22.	2023.09.26.	40
7.	2023.11.20.	2023.11.22.	4

Forrás: MAHOP-5.3.4-2023 sz. felhívás keretében történt adatkérések, AKI-IH e-mailek szerint, 2023

Összefoglalás

Az Európai Parlament és Tanács az operatív programok végrehajtása során kötelezi a tagállamokat a DCF keretein belül történő adatgyűjtésre. A cél a közös halászati politika végrehajtása. A hazai DCF célja pedig:

- a tudományos ismeretek fejlesztése és rendelkezésre bocsátása,
- az adatok gyűjtése és kezelése, felhasználása és kiértékelése,
- a végfelhasználók számára történő nyilvánosságra hozatala.

A DCF keretében összegyűjtött adatok és információk biztosítják a halászati ágazat helyzetének megismerését és segítik a fejlesztési igények meghatározását. A felmérések eredményeként összesítésre és értékelésre kerül a haltermelők és halfeldolgozó vállalkozások magyarországi helyzete, ami lehetőséget ad arra, hogy a támogatási időszakban az ágazati igényeknek leginkább megfelelő fejlesztések valósulhassanak meg. Továbbá a támogatási lehetőségek kiaknázásához szükséges, hogy az ágazat képviselői rendelkezésére álljanak valid adatok, melyekkel nemcsak a hazai, hanem a nemzetközi pályázatok során is hitelesen alá tudják támasztani igényeiket, kéréseiket. Csak a begyűjtött és rendszerezett (DCF) adatokra tudnak támaszkodni azok a szakemberek, akik ezeket az igényeket tovább viszik az EU felé, vagy azon kutatók, akik nemzetközi szakcikket írnak az akvakultúra ágazathoz kapcsolódó témákban. Az adatgyűjtés tehát mind az ágazati szereplők, termelők és kutatók, mind a döntéshozók számára elengedhetetlenül fontos.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnének az Agrárközgazdasági Intézet DCF adatgyűjtésben résztvevő és felelős kollégái köszönetet mondani elsősorban az adatszolgáltatásokban és felmérésekben közreműködő, a kérdőíveket visszaküldő haltermelőknek, halfeldolgozóknak és a külsős szakértőknek. Külön köszönet illeti a Agrárminisztérium kecskeméti Halászati Alapok Irányító Hatósági Főosztályának kollégáit, vezetőit, és az Agrárminisztérium Halgazdálkodási Főosztály kollégáit, akik mindig támogató segítőkészséget tanúsítottak és a projekt sikeres megvalósítását is elősegítették.

Irodalom

- Tanács 199/2008/EK rendelet **2008**. A halászati ágazatban az adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására szolgáló közösségi keretrendszer létrehozásáról, valamint a közös halászati politika tekintetében a tudományos tanácsadás támogatásáról.
- Európai Parlament és a Tanács (EU) 2017/1004 rendelet **2017**. A halászati ágazatban az adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására szolgáló uniós keretrendszer létrehozásáról, valamint a közös halászati politika tekintetében a tudományos tanácsadás támogatásáról és a 199/2008/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről.
- Bizottság 665/2008/EK rendelete **2008**. A halászati ágazatban az adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására szolgáló közösségi keretrendszer létrehozásáról, valamint a közös halászati politika tekintetében a tudományos tanácsadás támogatásáról szóló 199/2008/EK tanácsi rendelet alkalmazására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról.
- Bizottság (EU) 2016/1251 végrehajtási határozat **2016**. A halászati ágazatban az adatok gyűjtésére, kezelésére és felhasználására vonatkozó, a 2017-2019 közötti időszakra szóló többéves uniós program elfogadásáról.
- Bizottság (EU) 2019/909 végrehajtási határozat **2019**. A halászati és akvakultúra-ágazatban az adatok gyűjtésére és kezelésére vonatkozó többéves uniós program alkalmazásában a kötelező kutatási felmérések jegyzékének létrehozásáról és a küszöbértékek megállapításáról.
- Bizottság (EU) 2019/910 felhatalmazáson alapuló határozat **2019**. A halászati és akvakultúra-ágazatban a biológiai, környezeti, műszaki és társadalmi-gazdasági adatok gyűjtésére és kezelésére vonatkozó többéves uniós program létrehozásáról.
- Bizottság (EU) 2021/1167 felhatalmazáson alapuló határozata **2021**. A halászati és akvakultúra-ágazatban a biológiai, környezeti, műszaki és társadalmi-gazdasági adatok gyűjtésére és kezelésére vonatkozó, 2022-től alkalmazandó többéves uniós program létrehozásáról.
- A Bizottság (EU) 2021/1168 végrehajtási határozata **2021**. A halászati és akvakultúra-ágazatban az adatok gyűjtésére és kezelésére vonatkozó többéves uniós program részeként a 2022-től kezdődő időszak tekintetében a kötelező tengeri kutatási felmérések jegyzékének létrehozásáról és a küszöbértékek megállapításáról.

AKVAKULTÚRA FEJLESZTÉS AZ EU-BAN AZ ELKÖVETKEZENDŐ IDŐSZAKBAN

LENGYEL Péter¹, RÉCZEY Gábor¹, BÉKEFI Emese², VÁRADI László³

¹Magyarország Állandó Képviselője az EU mellett,
e-mail: peter.lengyel@mfa.gov.hu

²MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont

³Magyar Akvakultúra Technológiai és Innovációs Platform

Kivonat

Az Európai Unió (EU) részesedése a világ akvakultúra termeléséből kevesebb, mint 2%, ugyanakkor az EU a halászati termékek legnagyobb importőre az USA-t és Kínát megelőzve. Az EU akvakultúra termelése 1,1 millió tonna, amelynek 49%-át kagyló és rákfélék, 19%-át lazacfélék, 22%-át tengeri halak és 10%-át édesvízi halak teszik ki. Az akvakultúra a világ egyik legdinamikusabban fejlődő élelmiszer ágazata, amelynek éves növekedési üteme eléri az 5%-ot, az EU-ban azonban 2017 óta stagnál az akvakultúra termelés. Az EU fogyasztóinak halak és más vízi élelmiszerek iránti igényét mintegy 80%-ban import termékek elégítik ki. Figyelembe kell azonban venni, hogy az import több, mint 70%-a természetes vízi fogásból származó termék, ami tükrözi az EU fogyasztóinak igényét. Az EU éves halfogyasztásának (mintegy 24 kg/fő, beleértve más vízi élelmiszereket is) csak mintegy 25%-a akvakultúra termék. Az akvakultúra egy fontos komponense a Közös Halászati Politikának, azonban a természetes vízi halászat szabályozásával ellentétben az akvakultúra szabályozása tagországi hatáskör. Az akvakultúra növekvő jelentősége a halellátásban, illetve szerepe a „Kék Növekedésben” egyre jobban elismert, így az ágazat részéről is növekszik az igény arra vonatkozóan, hogy létrejöjjön egy, az akvakultúra sajátosságaihoz igazodó, különálló EU-szintű akvakultúra szakpolitika. Az EU akvakultúra-fejlesztésének egyik fontos alapidokumentuma a „Stratégiai iránymutatások a fenntarthatóbb és versenyképesebb uniós akvakultúra érdekében a 2021 és 2030 közötti időszakra”. Az akvakultúrának fontos szerepe van az Európai Zöld Megállapodás és a „Termelőtől a fogyasztóig” stratégia céljainak elérésében. Az EU az akvakultúra-fejlesztésre mintegy 1,2 milliárd eurót biztosít az Európai Tengerügyi Halászati és Akvakultúra Alapból (ETHAA), ami az alap teljes költségvetésének 21%-a. Megállapítható, hogy értékes erőforrások állnak rendelkezésre az EU akvakultúra tudás-alapú fejlesztéséhez. Az adminisztratív nehézségek felszámolása mellett az uniós akvakultúra-termelés bővítésében nagy szerepe lehet az új piaci lehetőségek feltárásának és az egész értékláncot átfogó innovációnak. Magyarország aktív résztvevője az EU édesvízi akvakultúrája, azon belül kiemelten a tógazdálkodás fejlesztésének. Aktív a magyar részvétel a FEAP, EATiP, EAS és EUROFISH munkájában. A magyar hozzájárulás az EU akvakultúrájának minőségi fejlesztéséhez erősödhet 2024 második felében a magyar EU elnökség idején.

Kulcsszavak: EU akvakultúra, a termelés stagnálása, vízi élelmiszerek importja, akvakultúra-szakpolitika, magyar szerepvállalás

Abstract

AQUACULTURE DEVELOPMENT IN THE EU IN THE UPCOMING PERIOD

The share of the European Union (EU) in the world's aquaculture production is less than 2% but, at the same time, the EU is the largest importer of fishery products, ahead of the USA and China. The aquaculture production of the EU is 1.1 million tonnes, of which 49% are shellfish and crustaceans, 19% salmonids, 22% marine fish and 10% freshwater fish. Aquaculture is one of the most dynamically developing food sectors in the world, with an annual growth rate of up to 5%, but aquaculture production has been stagnant in the EU since 2017. About 80% of the EU's consumer demand for fish and other aquatic foods is covered by imports. However, it should be taken into account that more than 70% of imports are products from capture fisheries, which reflects the needs of EU consumers. Only about 25% of the EU's annual aquatic food consumption of 23.7 kg/capita comes from aquaculture products. Aquaculture is an important component of the Common Fisheries Policy; however, unlike the governance of capture fisheries, the regulation of aquaculture is in member state competence. The growing importance of aquaculture in the fish supply and its role in Blue Growth is becoming more and more acknowledged, so there is an increasing demand from the sector for the creation of a separate EU-level aquaculture policy adapted to the specificities of aquaculture. One of the important basic documents for the development of EU aquaculture is the "Strategic guidelines for the development of a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period between 2021 and 2030". Aquaculture plays an important role in achieving the goals of the European Green Deal and the Farm to Fork Strategy. The EU provides about 1.2 billion Euros for aquaculture development from the European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund (EMFAF), which is 21% of the Fund's total budget. It can be concluded that valuable resources are available for a knowledge-based development of EU aquaculture. In addition to eliminating administrative constraints, the exploration of new market opportunities and innovation through the entire value chain can play a major role in the expansion of the EU's aquaculture production. Hungary is an active participant in the development of freshwater aquaculture, in particular, of pond fish farming in the EU. Hungary actively participates in the work of FEAP, EATiP, EAS and EUROFISH. The Hungarian contribution to the smart development of EU aquaculture may increase in the second half of 2024 during the Hungarian Presidency of the Council of the European Union.

Keywords: EU aquaculture, stagnating production, import of aquatic food, aquaculture governance, Hungarian role in EU aquaculture development

Társadalom

A MAGYAR AKVAKULTÚRA SEKTOR LEHETSÉGES HOZZÁJÁRULÁSA A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLOKHOZ NAPJAINKBAN

**LEFLER Kinga Katalin¹, HEGYI Árpád¹, BOKOR Zoltán¹,
GYALOG Gergő², BOZÁNNÉ BÉKEFI Emese²,
BRLÁS-MOLNÁR Zsuzsanna², FEKETE Rita³, URBÁNYI Béla¹**

*¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő,
Páter K. u. 1. Lefler.Kinga.Katalin@uni-mate.hu*

*²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont, 5540 Szarvas,
Anna-liget utca 35.*

*³Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar, 6800 Hódmezővásárhely,
Andrássy út 15.*

Kivonat

Az akvakultúra ágazat sokszínűsége jelentős mértékben hozzájárul a Fenntartható Fejlődési Célok eléréséhez (Sustainable Development Goals-SDGs), és ez a részesedés a jövőben folyamatosan növekedni fog. Az akvakultúra fenntarthatósága Magyarországon is kiemelt fontosságú, melynek hatásai környezeti, gazdasági és társadalmi aspektusból is értékelhetők. Ezek a hatások jól illeszkednek az ENSZ által megfogalmazott és az EU által elfogadott Fenntartható Fejlődési Célokhoz. Az akvakultúra ágazatnak fontos szerepe van az élelmezésbiztonság, a táplálkozás, a megélhetés szempontjából, de a kiindulópontként kezelt Agenda21 (Riói nyilatkozat) nem tárgyalja világosan és egyértelműen az ágazat gazdaságokban és kultúrákban betöltött szerepét. Részben ennek a hiányosságoknak is köszönhető, hogy a világ országai 2015-ben az Egyesült Nemzetek Szervezetének közgyűlésén elfogadták a fenntartható fejlődési menetrendet és az ehhez kapcsolódó 17 fenntartható fejlődési célt, melyek meghatározzák a Föld országainak törekvéseit a jövő alakítására, első lépésként a 2030-ig tartó időszakra (Agenda2030). A jelen egyik fontos feladata, hogy az édesvízi akvakultúra szektorban értelmezzük és azonosítsuk a szektor sokrétű funkcióinak és értékteremtésének tér-időbeli szintjeit, feltárjuk az édesvízi akvakultúra szektorban rejlő lehetőségeket, és meghatározzuk az akvakultúra jelenlegi és jövőbeli potenciális hozzájárulását az SDG-khez.

Kulcsszavak: édesvízi akvakultúra, fenntartható fejlődési célok, gazdasági értékek, környezeti értékek, társadalmi hatáselemzés

Abstract

The diversity of the aquaculture sector is a major contributor to the Sustainable Development Goals (SDGs) and this contribution will continue to grow in the future. The sustainability of aquaculture is also a priority in Hungary, and its impacts can be assessed in environmental, economic and social terms. These impacts are well aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) set by the UN and adopted by the EU. The aquaculture sector plays an important role in food security, nutrition and livelihoods, but the starting point Agenda21 (Rio Declaration) does not clearly and explicitly address the role of the sector in economies and cultures. It is partly due to this shortcoming that in 2015, at the United Nations General Assembly, the countries of the world adopted the Sustainable Development Agenda and the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), which set out the aspirations of the countries of the world for the future, as a first step towards 2030 (Agenda2030). An important task of the present is to interpret and identify the spatial-temporal scales of the sector's multiple functions and value creation in the freshwater aquaculture sector, to explore the potential of the freshwater aquaculture sector and to identify the current and future potential contribution of aquaculture to the SDGs.

Keywords: freshwater aquaculture, sustainable development goals, economic values, environmental values, social impact assessment

Bevezetés

A 2030 Agenda elnevezéssel illetett dokumentum 2030-ig tartó időszakra vonatkozóan 17 fenntartható fejlődési cél (SDGs) azonosításával és leírásával egy igazságosabb és fenntarthatóbb jövő felé vezető utat mutat az emberiség számára (UN General Assembly 2015). A megalkotott memorandum célja nemcsak a szegénység és az éhezés felszámolása, valamint az egészség és a táplálkozás javítása, hanem az egyenlőtlenségek csökkentése, valamint békés, igazságos és befogadó társadalmak építése is. A világ népessége az előrejelzések szerint 2050-re eléri a 9,7 milliárd főt (UN World Population Prospect 2019), és az állati eredetű fehérjék iránti globális kereslet akár 88%-kal is növekedhet (Cottrell és mtsai. 2018; Searchinger és mtsai. 2018). A növekvő népesség egészséges (tápláló) és fenntartható táplálkozásának biztosítása az emberiség előtt álló egyik legnagyobb kihívás (Willet és mtsai. 2019), és az élelmezési rendszer az erőforrások, a környezet, a gazdaság és az emberek jóléte révén többféleképpen kapcsolódik az SDG-khez.

Az élelmiszerelőállítás és termelés változatossága, ezen rendszerek globális elterjedése és fejlődése elsősorban az emberiség táplálását segíti, de egyben megélhetést és jövedelemforrást biztosít a szektorban dolgozóknak. Az élelmiszergazdaság alapanyagfelhasználása, gyártási folyamatai, kereskedelmi, logisztikai és raktározási tevékenységei egyaránt környezeti és társadalmi következményeket vonnak maguk után, közvetve és közvetlenül egyaránt. Ezen hatások között negatív események is azonosíthatóak: vízhiány, talajromlás, időszakos aszályok, biológiai sokféleség csökkenése, szennyezés, túlhalászás és az üvegházhatású gázok kibocsátása (Gordon és mtsai. 2017; Willet és mtsai. 2019). A globális élelmiszertermelési rendszer felelős az összes üvegházhatású gáz 25%-ának éves

kibocsátásáért, a globális vízfogyasztás 75%-áért, elfoglalja a rendelkezésre álló használható földterület 50%-t, valamint jelentős mértékben hozzájárul az eutrofizációhoz (FAO 2011; Poore és Nemecek 2018). Az ilyen hatások csökkentik a Föld életfenntartó potenciálját és kapacitását, ezáltal befolyásolják az élelmiszerelőállítás és ellátás SDG-k szempontjából való értelmezését, valamint az általános emberi jólétet is veszélyeztetik (Steffen és mtsai. 2015).

Az akvakultúra ágazat jelentőségét a tápanyag- és élelmiszerbiztonság szempontjából számos országban egyre inkább hangsúlyozzák, legyenek azok tengerparti vagy édesvízi ökoszisztémával rendelkező országok (Béné és mtsai. 2016; Bennett és mtsai. 2018; Bennett és mtsai. 2021).

Napjainkban még a mezőgazdaság, azon belül az állattenyésztés uralja a globális élelmezési rendszerek fejlesztésével kapcsolatos döntéseket, de a vízi ökoszisztémákból eredő élelmiszerek, amelyek rendkívül táplálók és kisebb környezeti lábnyomot hagynak maguk után, mint más állati eredetű táplálékok, lassan bekerülnek az élelmezéssel kapcsolatos magas szintű döntéshozatali rendszerbe és vérkeringésbe (Bennett és mtsai. 2021; Costello és mtsai. 2020; Gentry és mtsai. 2017). A közelmúltban készült tanulmányok és elemzések felhívták a figyelmet arra, hogy az emberiség megnövekedett állati eredetű fehérje igényének kielégítésére a vízi ökoszisztémákból származó termékekre szükséges koncentrálni, melyhez a halpopulációk/állományok helyreállítása és a fenntartható akvakultúra fejlesztésének fokozása elengedhetetlen (Costello és mtsai. 2019; Hicks és mtsai. 2019; Willett és mtsai. 2019). Az ENSZ 2021. évi élelmiszerellátási és táplálkozási jelentésének bemutatásakor adott összefoglaló nyilatkozat egyértelműen hangsúlyozza ennek fontosságát - "Az élelmezési rendszerek átalakítása nem valósulhat meg az akvakultúrában termelt élelmiszerek nélkül" (Troell és mtsai. 2023).

Az édesvízi vagy tengeri ökoszisztémákból kifogott vagy tenyésztett vízi állati és növényi szervezetek fontos szerepet játszanak az élelmezésbiztonságban és a táplálkozásban és világszerte segítve a megélhetést, a gazdaságot és a kultúrát (FAO 2022). Az egy főre jutó vízi környezetből származó élelmiszerek fogyasztása az 1961-es 9,0 kg-ról (élő súly-egyenérték) azóta 20,2 kg-ra emelkedett 2020-ban (FAO 2022), és a világon elfogyasztott állati eredetű fehérjék mintegy 17%-át biztosítja (FAO 2022). A halak és egyéb vízi élőlények mintegy 3,3 milliárd ember számára biztosítják az állati eredetű fehérje bevitel közel 20%-át (FAO 2022).

A fenntartható fejlődés 2030-ig szóló globális menetrendjének teljesítése kihívást jelent, széleskörű együttműködést igényel, innovációk alkalmazását feltételezi, valamint összehangolt megközelítéseket és stratégiákat igényel több tervezési és döntési szinten. Az akvakultúra jó helyzetben lehet ahhoz, hogy a megoldások részévé váljon, de a fenntartható fejlődési célok eléréséhez való hozzájárulása felé tett előrelépés a döntéshozatal minden szintjén (helyi, nemzeti, regionális és nemzetközi) a kormányzástól és a döntéshozóktól függ (Farmery és mtsai. 2021a; Farmery és mtsai. 2021b; Hambrey 2017; Stead 2019).

Miközben az akvakultúra lehetőséget kínál a legtöbb fenntartható fejlődési cél eléréséhez, számos tényező befolyásolja, hogy a különböző helyzetekben a különböző típusú akvakultúra rendszerek milyen eredményeket érnek el és hogyan járulnak hozzá a fenntartható fejlődési célokhoz. Egyes akvakultúra rendszerek számos szárazföldi állattenyésztési rendszerhez képest viszonylag alacsony környezeti lábnyommal

rendelkeznek, és akár környezeti helyreállító funkciókat is elláthatnak, de mint minden élelmiszer rendszer esetében, itt is különböző kompromisszumokat kell kötni, figyelembevéve a környezeti és a társadalmi hatásokat.

Anyag és módszer

A jelen kéziratban valós anyag és módszer leírása nem lehetséges, mivel a tárgyalt téma akvakultúra szektor vonatkozása egyelőre kezdeti stádiumban van. Viszont fontos áttekinteni a kérdéskört, mert a közeljövőben a SDG-khoz illeszkedés alapjaiban fogja meghatározni egy szektor/ágazat jövőbeni lehetőségeit és eredményeit.

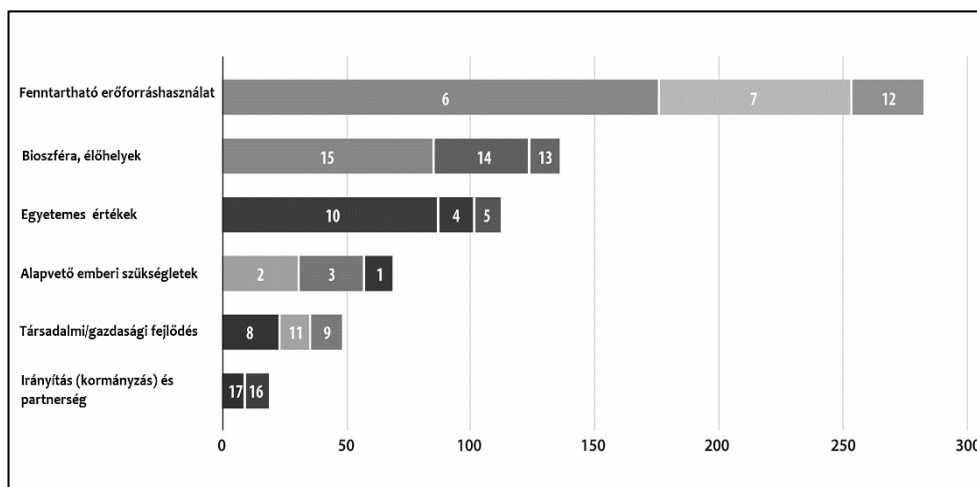
Az ENSZ 2015 évi őszi közgyűlésén konszenzussal elfogadott Fenntartható Fejlődési Célok (Sustainable Development Goals, *1. ábra*) hivatottak a világ fejlődési pályáját fenntartható irányba állítani. Az agrárium részeként az akvakultúra ágazatra is érvényes a FAO (2018) által meghatározott fenntartható mezőgazdasági célok összegzése: hozzájárulás az élelmiszerellátás biztonságához; foglalkoztatás, jövedelemtermelés vidéki régiókban, különös tekintettel a szegénység csökkentésére; a természeti erőforrások megőrzése, továbbá a környezet védelme.

Ehhez a felosztáshoz kapcsolható a tizenhét fenntarthatósági cél is, amely 5 fő területre (5P) fókuszál: emberek (people), Föld bolygó (planet), jólét (prosperity), béke (peace), partnerség (partnership). Troell és munkatársai (2023) cikkükben vizsgálják a globális akvakultúra ágazat hozzájárulásának perspektíváit az emberek és bolygónk egészségének javítását célzó fenntartható fejlesztési célokhoz, és elemzésük szerint az akvakultúra ágazat mind a 17 (*2. ábra*) fenntarthatósági célhoz hozzájárul, de az ágazat megjelenítése a fenntarthatósági célok kibontásában nem releváns, mivel: „a mezőgazdaságot (és a halászatot) kifejezetten megemlíti a szegénységgel, az élelmezésbiztonsággal, a termeléssel, a foglalkoztatással és a gazdasági növekedéssel kapcsolatos nyilatkozat, de az akvakultúrát nem említi annak ellenére, hogy a világ akvakultúra-termelése 2012-ben megelőzte a halászati termelést, és globálisan a leggyorsabban növekvő élelmiszerágazat”.



1. ábra A fenntartható fejlesztési célok (Fekete és Urbányi 2023)

A hozzájárulás kontextusát vizsgálva négy szintjét határozták meg a globális akvakultúra ágazat fenntartási célokhoz való hozzájárulásának: közvetlen (direkt) 2, 3, közvetett (indirekt) 6, 12, 13, 14, 15, társult (associated) 1, 5, 8, 10, kapcsolódó (related) 7, 9, 11, 17 célok. A 4-es (oktatás) és a 16-os (béke) célok nem szerepelnek a modellben.



2. ábra Az akvakultúra többszörös kapcsolata a fenntartható fejlődési célokkal (SDG-k) a fenntartható fejlődési célok mutatóinak a Web of Science segítségével végzett kiterjedt keresése alapján (Troell és mtsai. 2023)

Eredmények és következtetések

Az akvakultúra mind a 17 fenntartható fejlődési célhoz hozzájárul, de biztosan értelmezhető és felhasználható adatok az alábbi kapcsolatokban találhatóak:

- A) az éhezés felszámolása és az egészség javítása (2., 3. fenntartható fejlődési cél);
- B) az óceánok, a víz, az éghajlat és a föld környezeti fenntarthatóságának növelése a felelős termelés/fogyasztás révén (6., 12., 13., 14. és 15. fenntartható fejlődési cél);
- (C) a szegénység csökkentése, a nemek közötti egyenlőség elérése, a megélhetés javítása és az egyenlőtlenségek csökkentése (1., 5., 8. és 10. fenntartható fejlődési cél).

Az akvakultúra kiemelten fontos ágazat, amely hozzájárul az emberi jóléthez, de jobb kapcsolatokat, ezáltal átgondolt és objektív adatgyűjtési módszertant (valamint elemzést) kell kialakítani az akvakultúra, az egészségügy, a tágabb értelemben vett élelmiszertermelő rendszerek, továbbá a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás politikája és gyakorlata között ahhoz, hogy az ágazat nagyobb szerepet játszhasson az SDG-k elérésére irányuló erőfeszítésekben.

Az akvakultúra jelenlegi és jövőbeli potenciális szerepének elismerése - és jobb azonosítása - a globális élelmiszertermelő és -előállító rendszerekben (például a vidék- és városfejlesztésben, az egészséges és fenntartható táplálkozásban, az emberi egészségben és jólétben), javítani fogja az akvakultúra számos fenntartható fejlődési célhoz való pozitív hozzájárulási potenciáljának megértését, és befolyásolni fogja a szabályozó politikák hatékonyságát és hatását.

Az édesvízi és tengeri akvakultúrák integrációját a kialakulóban lévő megújuló energiarendszerekkel, a meglévő mezőgazdasági termeléssel és más gazdasági ágazatokkal (pl. turizmus) az akvakultúra fenntartható fejlődési célokhoz való hozzájárulásának felgyorsítása érdekében tovább kell vizsgálni, hogy közös célokkal koherens stratégiákat lehessen kialakítani.

A meglévő nemzeti és térségi (EU szintű) intézményrendszernek ki kell alakítania egy olyan nyomonkövetési stratégiát, hozzárendelve egy módszertant, melyekbe beillesztett akvakultúra adatok feldolgozásával egyértelművé válik az akvakultúra szektor hozzájárulása a különböző fenntartható fejlődési célok mutatóihoz. Ez a nyomon követés elengedhetetlen az akvakultúra hatásainak más élelmiszertermelő rendszerekkel és megélhetési forrásokkal való összehasonlításához és bemutatásához is.

Az értéklánc szélesebb körű szemlélete elengedhetetlen ahhoz, hogy mélyebb betekintést nyerjünk az akvakultúrának a fenntartható fejlődési célokhoz való általános hozzájárulásáról, a beruházások és felújítások eredményeinek megértéséhez, különösen az ellátási láncok és a megélhetés diverzifikálása terén.

Az akvakultúra ágazat fejlesztése és fejlődése, a komplexitás megértése és elfogadása szükséges ahhoz, hogy az akvakultúra hogyan tudja megvalósítani a fenntartható fejlődési célokat (helyi és globális szinten). A különböző kontextusok határozzák meg, hogy az akvakultúra termelés és az értékláncok hogyan fognak előnyöket (és hatásokat) generálni a társadalom és a környezet számára, mind a helyi jellemzők, mind a globális kapcsolatok, azaz a távoli erőforrás-rendszerekkel (pl. takarmány-összetevők) és piacokkal (máshol élő fogyasztók számára előnyös export stb.) való kapcsolat alapján.

Az SDG-k szemléletének alkalmazása az akvakultúra ágazat fejlesztésre lehetővé teszi a társadalmi-ökológiai elfogadottság és az élelmezésselosztás és hozzáférés eredményeinek mélyebb megértését, és ezáltal az önszabályozó műveletek javítását.

Alapvető fontosságú, hogy a fogyasztók megértsék az akvakultúra szerepét a fenntartható fejlődési célok elérésében. Új, tényeken alapuló narratívákra van szükség, amelyek segítenek leküzdeni az ágazatról kialakult negatív képet, amely befolyásolja a politikai akaratot.

Elemezni szükséges, és abból következtetéseket levonni, hogy a globális kockázatok és a felmerülő éghajlati kihívások hogyan kapcsolódnak a különböző akvakultúra rendszerek teljesítményéhez, hogy olyan rugalmas stratégiákat lehessen kialakítani, amelyek képesek a COVID-19 és más külső globális események, például a 2008-as pénzügyi válság hatásaiból való gyorsabb kilábalásra. Az értelmezés kulcsfontosságú lesz a nemzeti és nemzetközi fejlesztési menetrendekben. Fontosak lesznek azok az akvakultúra stratégiák, amelyek a múltbeli és jövőbeli globális sokkhatásokra épülnek, és valós útmutatást tudnak adni ezen problémák kezeléséhez.

Összefoglalás

Az akvakultúra szektor hatalmas potenciállal rendelkezik az emberiség és a bolygónk jólétéhez való pozitív hozzájárulásban, viszont ennek alapfeltétele, hogy a jelenlegi és várható szektorból származó eredményeket a fenntartható fejlődési célokkal összehangolják. Az akvakultúra szektor már most is jelentős mértékben hozzájárul számos fenntartható fejlődési célhoz, de a fajok/rendszerek sokfélesége a különböző kontextusokkal együtt azt eredményezheti, hogy az SDG-k különböző eredményei nem teljes mértékben valósulnak meg, vagy nem láthatóak. Ezért az SDG-k felmérésében, az akvakultúra szektorhoz illesztésében nagyon körültekintően szükséges eljárni.

Külön hangsúlyozni szükséges, hogy a különböző SDG-khez való csatlakozása az akvakultúra szektornak nagymértékben függ attól, hogyan és milyen módszerekkel kerülnek meghatározásra a szektort reprezentáló mutatószámok (indikátorok), és azokat hogyan lehet „lefordítani” (illeszteni) az SDG-k értelmezéshez használt indikátorok rendszerébe. Vélelmezhetjük, hogy a módszertan még gyerekcipőben jár, de ez téves megközelítés. Az elmúlt időszakban számos közlemény és tanulmány jelent meg az akvakultúra vs. SDG relációban, és elkezdődött az akvakultúra szektor egyes termelési ágazatainak tudatos felmérése, és SDG-khez illesztésének vizsgálata. Több módszertani megközelítés látott már napvilágot, és várhatóan a közeljövőben ezek száma növekedni fog. Úgy gondoljuk, hogy a hazai akvakultúra ágazatnak is lépéseket kell-kellene tenni annak érdekében, hogy nemzeti szinten létrejőjenek azok a metodikai alapok, melyeket illeszteni lehet majd az össznemzeti tervekhez és stratégiákhoz. Ehhez egyeztetésekre, párbeszédre és alapos elemzésekre van szükség a hazai akvakultúra ágazat minden szereplőjétől.

Irodalom

Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M. C. M., Bush, S., Campling, L., Leschen, W., Little, D., Squires, D., Thilsted, S., Troell, M., Williams, M. **2016**. Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: Assessing the current evidence. *World Development*, 79, 177–196.

- Bennett, A., Patil, P., Kleisner, K., Rader, D., Viridin, J., Basurto, X. **2018**. Contribution of fisheries to food and nutrition security: Current knowledge, policy, and research. NI Report 18-02. Duke University. <http://nicholasinstitute.duke.edu/publication>.
- Bennett, A., Basurto, X., Viridin, J., Lin, X., Betances, S.J., Smith, M.D., Allison, E.H., Best, B.A., Brownell, K.D., Campbell, L.M., Golden, C.D., Havice, E., Hicks, C.C., Jacques, P.J., Kleisner, K., Lindquist, N., Lobo, R., Murray, G.D., Nowlin, M., Zoubek, S. **2021**. Recognize fish as food in policy discourse and development funding. *Ambio*, 50, 981–989. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01451-4>
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M.A., Free, C.M., Froehlich, H.E., Golden, C.D., Ishimura, G., Maier, J., Macadam-Somer, I., Mangin, T. **2019**. The future of food from the sea. World Resources Institute. www.oceanpanel.org/future-food-sea.
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M.A., Free, C.M., Froehlich, H.E., Golden, C.D., Ishimura, G., Maier, J., Macadam-Somer, I., Mangin, T., Melnychuk, M.C., Miyahara, M., de Moor, C.L., Naylor, R., Nøstbakken, L., Ojea, E., O'Reilly, E., Parma, A.M., Lubchenco, J. **2020**. The future of food from the sea. *Nature*, 588, 95–100. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>
- Cottrell, R.S., Fleming, A., Fulton, E.A., Nash, K.L., Watson, R.A., Blanchard, J.L. **2018**. Considering land-sea interactions and trade-offs for food and biodiversity. *Global Change Biology*, 24, 580–596.
- FAO **2011**. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)—Managing systems at risk (Earthscan, 2011).
- FAO **2018**. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018*, Meeting the sustainable development goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 210pp.
- FAO **2022**. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue transformation. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Farmery, A.K., Allison, E.H., Andrew, N., Troell, M., Voyer, M., Campbell, B., Eriksson, H., Fabinyi, M., Song, A.M., Steenbergen, D. **2021a**. Blind spots in visions of a “blue economy” could undermine the ocean's contribution to eliminating hunger and malnutrition. *One Earth*, 4(1), 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.002>
- Farmery, A.K., White, A., Allison, E. H. **2021b**. Identifying policy Best-practices to support the contribution of aquatic foods to food and nutrition security. *Foods*, 10(7), 1589.
- Fekete, R., Urbányi, B. **2023**. Az akvakultúra ágazat hozzájárulása a fenntarthatósági célokhoz Magyarországon. In: Hampel, György; Kis, Krisztián; Mikó, Edit; Monostori, Tamás (szerk.) *Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában 4.: Tudomány: válaszok a globális kihívásokra*. Szeged, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottság Mezőgazdasági Szakbizottság pp. 11–33.
- Gentry, R.R., Froehlich, H.E., Grimm, D., Kareiva, P., Parke, M., Rust, M., Gaines, S.D., Halpern, B. S. **2017**. Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nature Ecology & Evolution*, 1–8, 1317–1324. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0257-9>
- Gordon, L., Bignet, V., Crona, V., Henriksson, P., Van Holt, T., Jonell, M., Lindahl, T., Troell, M., Barthel, S., Deutsch, L., Folke, C., Haider, J., Rockstroem, J., Queiroz, J. C. **2017**. Rewiring food systems to enhance human health and biosphere stewardship. *Environmental Research Letters*, 12, 100201. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa81dc>
- Hambrey, J. **2017**. The 2030 agenda and the Sustainable Development Goals: The challenge for aquaculture development and management. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1141. FAO.
- Hicks, C.C., Cohen, P.J., Graham, N.A.J., Nash, K.L., Allison, E.H., Lima, C.D., Mills, D.J., Roscher, M., Thilsted, S.H., Thorne-lyman, A.L., Macneil, M.A. **2019**. Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. *Nature*, 574(7776), 95–98. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1592-6>

- Poore, J., Nemecek, T. **2018**. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360, 987–992.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., Dumas, P., Matthews, E. **2018**. Creating a sustainable food future: A menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050-synthesis report.
- Stead, S. **2019**. Using systems thinking and open innovation to strengthen aquaculture policy for the United Nations sustainable development goals. *Journal of Fish Biology*, 94, 837–844.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A., Folke, C. **2015**. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, 1259855.
- Troell, M., Costa-Pierce, B., Stead, S., Cottrell, R.S., Brugere, C., Farmery, A.K., Little, D.C., Strand, Å., Pullin, R., Soto, D., Beveridge, M., Salie, K., Dresdner, J., Moraes-Valenti, P., Blanchard, J., James, P., Yossa, R., Allison, E., Devaney, C., Barg, U. **2023**. Perspectives on aquaculture's contribution to the Sustainable Development Goals for improved human and planetary health. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 251–342. <https://doi.org/10.1111/jwas.12946>
- UN General Assembly **2015**. Resolution adopted by the general assembly on September 25, 2015. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
- United Nations **2019**. World population prospects. <https://www.un.org/development/desa/pd/news/world-populationprospects-2019-0>.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Murray, C.J.L. **2019**. Food in the Anthropocene: The EAT–lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393, P447–P492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

MILYEN HALAT ESZIK A MAGYAR?

**LÁMFALUSY Tamás^{1,2*}, KASZA Gyula², SZAKOS Dávid²,
ÓZSVÁRI László^{1,3}**

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

²*Állatorvostudományi Egyetem Alkalmazott Élelmiszertudományi Tanszék,
1078 Budapest, István utca 2.*

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

Kivonat

Kutatásunk célja a hazai halfogyasztók kategorizálása és az akvakulturához való viszonyuk meghatározása volt. Kutatásunk egy Magyarország lakosságára reprezentatív felmérésen alapult. A személyes megkérdezés 2021 májusa és júniusa között zajlott, különböző magyarországi településeken. Négy fogyasztói csoportot azonosítottunk a fogyasztási gyakoriságok alapján. Az alacsony halfogyasztás legfőbb oka, hogy ritkán jut az emberek eszébe halból készült ételt készíteni a mindennapokban. Az édesvízi halak esetén a fogyasztók szerint a legnagyobb előny a lokalitás, ugyanakkor a tengeri halakat egészségesebbnek tartják az édesvízi társaiknál, és a szálkamentességük is nagy előny.

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

Abstract

The aim of our research was to categorise domestic fish consumers and determine their attitudes towards aquaculture. Our research was based on a representative survey in Hungary. The personal interviews were conducted between May and June 2021 in different Hungarian municipalities. We identified four consumer groups based on consumption frequencies. The main reason for the low-level fish consumption is that Hungarians rarely think of preparing fish dishes in their daily life. In the case of freshwater fish, consumers consider localness to be the biggest advantage, while marine fish are considered healthier than their freshwater counterparts and their fishbone-free nature is also a big advantage.

Keywords: fish consumption, freshwater aquaculture, seawater aquaculture, consumer survey

Bevezetés

A világ víziállat-termelése 1950 óta csaknem kilencszeresére nőtt. Az 1980-as évek közepe óta tartó növekedést nem a halászat, hanem az akvakultúra-ágazat erőteljes bővülése gyorsította fel mind világ- és európai szinten is (FAO, 2020; Ózsvári és Máté, 2021; Váradi és mtsai., 2012). A tenger gyümölcseit világszerte több száz millió ember fontos állati fehérjeforrásnak tekinti, és bizonyos fejlődő országban nagymértékben hozzájárulnak az élelmezésbiztonsághoz (Anderson és mtsai., 2017; Obiero és mtsai., 2019).

A hazai halfogyasztás 6,6 kg élősúly/fő/év volt 2021-ben, ami jóval elmarad a 23,7 kg élősúly/fő évi átlagos EU-27 halfogyasztásától (EUMOFA, 2023; KSH, 2021). Bár Magyarország tengerparttal nem rendelkező ország, fejlett és integrált édesvízi akvakultúra-ágazatának és innovációs képességének köszönhetően az EU teljes pontytermelésének 16%-át adja (Békefi és Váradi, 2007, EUMOFA, 2023; Popp és mtsai., 2018; Popp és mtsai., 2019; Urbányi és mtsai., 2022; Urbányi és mtsai., 2023).

Az édesvízi és a tengeri halfogyasztás összehasonlítása a szakirodalomban jelenleg egy nagyrészt feltáratlan területet képez. E tanulmány célja, hogy megismerje a magyarországi halfogyasztók preferenciáit.

Anyag és módszer

A kutatásunk alapjául szolgáló országos felmérés Magyarországon készült 2021 májusa és júniusa között. A kérdőívben különböző kvótaparamétereket (életkor, nem, lakóhely (NUTS-2)) is megkérdeztünk a reprezentativitás biztosítása céljából, melyet összevetettünk az akkori legfrissebb magyar népszámlálási adatokkal. Az adatok gyűjtése személyesen történt kérdőív kitöltésével, különböző magyarországi régiókban (Budapest, Dombóvár, Füzesabony, Győr, Kecskemét, Sárbogárd, Székesfehérvár, Szolnok). Összesen 1001 darab 18 éven felüli személy választ gyűjtöttük be és értékeltük ki. A kérdések között nyílt és zárt kérdések is szerepeltek. A zárt kérdéseket 5 pontos Likert-kedveltségi skálán értékeltük ki (Lakner és mtsai., 2007; Preedy és Watson, 2010). Ez alól kivételt képzett a különböző húsfajták fogyasztási gyakoriságára vonatkozó kérdés, mely esetben a skála mellett lehetőség volt a „soha” megjelölése is. Az adatok statisztikai elemzése az IBM SPSS Statistics 25.0 verziójával történt.

Eredmények és következtetések

A halfogyasztók csoportosítása

Az édesvízi és tengeri halfogyasztás gyakorisága alapján négy fogyasztói csoportot különböztettünk meg. Azokat a válaszadókat, akik az édesvízi és a tengeri halak esetén is a Likert-skálán (0-5; a magasabb nagyobb gyakoriságot jelöl) egyaránt 0-2 pontot adtak, „halat nem fogyasztóknak” neveztük. Ha valaki csak egy Likert-skálán jelölt 3 és 5 közötti értéket, akkor azt az „édesvízi vagy tengeri kizárólagos/exkluzív fogyasztói csoportba” soroltuk be a preferenciái szerint. Azok, akik mindkét skálán 3-tól 5-ig adtak pontot, az „univerzális halfogyasztói csoport” tagjai közé kerültek. E kategorizálási séma alapján az 1001 válaszadóból a halat nem fogyasztó csoport részaránya 43,3%,

míg a kizárólagos édesvízi halat fogyasztó csoporté 16,3%, a kizárólagos tengeri halat fogyasztó csoporté 13,3%, míg az univerzális halfogyasztóké 27,2% volt (Lámfalusy és mtsai., 2024).

A fogyasztói csoportok és a szociodemográfiai jellemzők között jelentős összefüggések voltak megfigyelhetők. A halat nem fogyasztó csoportban a nemek aránya közel azonos a reprezentatív kvótaparaméterrel (~50/50 nő/férfi). Ezzel szemben az univerzális halfogyasztói csoportban ez az arány körülbelül 60/40 (nő/férfi) ($\chi^2(3) = 8,107$ ($p = 0,044$)). A kizárólagosan édesvízi halat fogyasztó csoportban a 60+ éves korcsoportban körülbelül 50%-kal magasabb az arány a megfelelő reprezentatív kvótaparaméterhez képest (45,4% vs. 31,5%). Szintén 50%-kal magasabb az érték a kizárólagosan tengeri halat fogyasztó csoportban a „30-39 év közötti” korcsoportnál (26,3% vs. 17,1%) ($\chi^2(9) = 35,761$ ($p < 0,001$)). Ez feltételezhetően a korosztályok eltérő ízlésével magyarázható. Az idősebb generáció nagyobb valószínűséggel törekszik a hagyományos és gyakran időigényes édesvízi halalapú ételek készítésére és fogyasztására (pl. halászlé friss pontyból), ezzel szemben a fiatalabb generáció inkább a fogyasztásra kész vagy főzésre kész ételeket részesíti előnyben (pl. halrudacsok tengeri halakból) (Temesi, 2016). A tengeri exkluzív és az univerzális halfogyasztói csoportokban a felsőfokú végzettségük felülreprezentáltak a teljes mintához képest. Ezt magyarázhatja, hogy a magasabb végzettségük miatt jobb anyagi helyzettel rendelkeznek, így általánosságában több akvakultúra terméket vásárolhatnak ($\chi^2(6) = 15,602$ ($p = 0,016$)) (Lámfalusy és mtsai., 2024).

Felmértük továbbá a halfogyasztás gátló tényezőit és okait az egyes fogyasztói csoportoknál. Az alacsony fogyasztás fő oka mindkét típusú hal esetében az, hogy ritkán jut az embereknek eszébe halalapú ételeket készíteni. A megkérdezettek szerint az édesvízi halak illata rosszabb, mint a tengeri halaké. A legalacsonyabb összesített átlag a tengeri halaknál figyelhető meg: „Rossz ízűnek találom” kategóriában, ami arra utalhat, hogy a fogyasztók általában véve a tengeri hal alapú ételeket részesítik előnyben (Lámfalusy és mtsai., 2024).

Az édesvízi és a tengeri hal előnyei

Mind a két haltípus esetén számos előnyös tulajdonságot fel tudtak sorakoztatni a fogyasztók. A két csoport közvetlen összehasonlítása arra mutatott rá, hogy az édesvízi halak esetében a legfontosabb előny a lokalitás, de voltak etikai okok (helyi termelők támogatása), továbbá pragmatikusabb megközelítések (biztonságosabb mert a helyi hatóságok által kerül ellenőrzésre) is a résztvevők szabadszavas válaszai között. A kitöltők megítélése szerint az édesvízi halak elérhetősége kiemelkedően fontos előny. Sokan úgy vélik, hogy ennél a termék kategóriánál alacsonyabbak a szennyezőanyagok szintjei. A résztvevők kis része elismeri, hogy az édesvízi halak olcsóbbak, mint a sós vízi társaik. Ezt követően a frissesség és az érzékszervi jellemzők jönnek, valamivel kevesebb szavazattal, és érdemes megemlíteni a fenntarthatóságot is. Míg az egészségesség (amely önmagában is egy összetett változó (Plasek és mtsai., 2020) az utolsók között szerepel édesvízi halak tekintetében a felismert előnyök sorában, addig a tengeri halak esetében ez a tulajdonság érte el a legtöbb említést a résztvevők által felhozott bármely más tulajdonsághoz képest. Az érzékszervi jellemzők a tengeri halak második legtöbbet említett pozitív tulajdonsága, amely csaknem 70%-kal meghaladja

az édesvízi halak esetében az említések számát. Néhány további jellemzőt is érdemes kiemelni (kevesebb szálka, izgalmas, új vagy változatos ízek, szélesebb termékpaletta) (Lámfalusy és mtsai., 2024).

Összefoglalás

Az alacsony halfogyasztás legfőbb oka, hogy a fogyasztók hajlamosak megfedkezni a halalapú ételekről a heti bevásárlás és a menü összeállítása során. Az édesvíz halak esetén egy fontos akadály a szálka jelenléte a tengeriekkel szemben. A tengeri halfogyasztás legnagyobb akadályja annak magas ára. Az ágazatban érintettek részére javasoljuk a haltermékekkel kapcsolatos több figyelemfelkeltő kampány megvalósítását.

Amikor a fogyasztóknak a saját szavaikkal kellett kifejezniük az egyes haltípusok előnyeit, spontán módon hajlamosak voltak kiemelni a lokalitást, a termék „helyi” mivoltát, az elérhetőséget és az élelmiszerbiztonságot mint az édesvízi halak legfontosabb előnyét, míg a tengeri hal esetén kiváló érzékszervi tulajdonságokról és egészségességéről számoltak be az észlelt termékelőnyök tekintetében.

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalom

- Anderson, J.L., Asche, F., Garlock, T., Chu, J. **2017**. Aquaculture: Its Role in the Future of Food, in: World Agricultural Resources and Food Security, Frontiers of Economics and Globalization, Emerald Publishing Limited. 159–173.
- Bekefi, E., Varadi, L. **2007**. Multifunctional pond fish farms in Hungary. *Aquacult Int* 15, 227–233.
- EUMOFA **2023**. The EU fish market – 2023 report.
- FAO **2020**. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. November 2020. *FAO*, Rome.
- KSH **2021**. A rendelkezésre álló élelmiszerek egy főre jutó mennyisége [kg], Elérhető online: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0061.html (Letöltés dátuma 09. 12. 2023).
- 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. **2024**. Freshwater compared to saltwater fish - a quantitative study on consumer perspectives. *Aquaculture*. (közlésre befogadva)
- Obiero, K., Meulenbroek, P., Drexler, S., Dagne, A., Akoll, P., Odong, R., Kaunda-Arara, B., Waidbacher, H. **2019**. The Contribution of Fish to Food and Nutrition Security in Eastern Africa: Emerging Trends and Future Outlooks. *Sustainability*. 11, 1636.
- Ózsvári, L., Máté, M. **2021**. Az akvakultúra-ágazat globális, európai és magyarországi fejlődése. *Gazdálkodás*. 65:(4)289-309
- Plasek, B., Lakner, Z., & Temesi, Á. **2020**. Factors that influence the perceived healthiness of food. *Nutrients*, 12(6), 1881.

- 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.
- Temesi, Á. **2016**. Miért nem eszik több halat a magyar? – Egyes halfogyasztást befolyásoló tényezők vizsgálata. *Gazdálkodás*. 60:(3)210–224.
- 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*.

A TISZA-TÓ HORGÁSZTURIZMUSÁNAK JELENLEGI HELYZETE ÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

HEGEDÜS Gábor¹, JUHÁSZ Máté¹, PAPP Gábor¹, BARDÓCZ Tamás²

¹*Tisza-tavi Sporthorgász Kft., Tiszafüred, e-mail: info@sporthorgasz.eu*

²*ECOVISION Consulting, Gödöllő*

Kivonat

A Tisza-tó, vagy korábbi hivatalos nevén, a Kiskörei-víztározó, hazánk második legnagyobb állóvíze, amely mesterséges eredetű. A medrének kialakítását követően, 1978 óta üzemel, területe 127 km², a teljes területnek nagyjából a fele tekinthető nyílt vízterületnek, amelyet 6000 ha halgazdálkodási vízterületként tartanak nyilván. A vízterület halgazdálkodási hasznosítója 2010 óta a Tisza-tavi Sporthorgász Kft., amely az elmúlt 15 évben folyamatosan gyűjtötte a vízterület horgászati adatait. Ezekből jól látható, hogy a tározó halélőhelyinek lassú degradációja ellenére a Tisza-tó hazánk egyik legjobb horgászvíze maradt, ahol az egy hektárra eső horgászfogás az intenzíven telepített horgásztavakéval vetekszik (29-40 kg/ha). Ez nagy vonzeró a horgászoknak, amit jelez az is, hogy a nagyjából 530 ezer aktív, hazai horgászlétszámból évente mintegy 35-40 ezren váltanak ki valamilyen területi jegyet a Tisza-tóra. Az itt horgászók nagy része a szomszédos vármegyékből érkezik (Heves – 24%, J-N-Sz - 19%, B-A-Z – 13%), de jelentős a Budapestről és Pest vármegyéből érkező horgászok aránya is (24%). A fogási adatok is jelzik a vízterület ökológiai állapotának változását, így jellemzően növekednek a harcsa fogások, míg jelentősen csökkentek a csuka fogási adatok. A Tisza-tó következő 15 éves horgászturisztikai stratégiájában kiemelt szerepet kap a horgász helyek bővítése, természetes ívóhelyek megújítása és a természetközeli, aktív turisztikai tevékenységekkel történő együttműködések bővítése.

Kulcsszavak: horgászat, halgazdálkodás, horgász turizmus, Tisza-tó

Abstract

The Lake Tisza, or formerly known officially as the Kisköre Reservoir, is the second largest standing water body in Hungary. It has been in operation since 1978, following the construction of its basin, and covers an area of 127 km², from which roughly half of it can be considered as open water, registered as a 6000 ha water body under fishery and angling management. Since 2010, the angling and fishery activities have been managed by the Lake Tisza Sportfishing Ltd., which has been collecting fishing data for the last 15 years. These data show that despite the slow degradation of the reservoir's fish habitats, Lake Tisza has remained one of the best fishing waters in Hungary, with a catch per hectare comparable to the intensively stocked, put and take fishing lakes (29-40 kg/ha). This is a great attraction for anglers, as indicated by the fact that from

the roughly 530,000 active domestic anglers, some 35-40,000 buy a fishing license to Lake Tisza every year. The majority of anglers come from neighbouring counties (Heves - 24%, J-N-Sz - 19%, B-A-Z - 13%), but there is also a significant proportion of anglers from Budapest and Pest county (24%). Catch data also indicate changes in the ecological status of the water body, with catfish catches typically increasing and pike catches decreasing significantly. In the next 15-year strategy for angling tourism in Lake Tisza, priority will be given to the increase of angling sites, the renewal of natural spawning areas and improving the cooperation with nature-based active tourism activities.

Keywords: angling, fishery management, angling tourism, Lake Tisza

Bevezetés

A Tisza-tó, vagy korábbi hivatalos nevén, a Kiskörei-víztározó, hazánk második legnagyobb állóvize, amely mesterséges eredetű. A medrének kialakítását követően, 1978 óta üzemel, területe 127 km², hossza 27 km. A teljes területnek, nagyjából a fele tekinthető nyílt vízterületnek, amelyet 6000 ha halgazdálkodási vízterületként tartanak nyilván. Ennek halgazdálkodási hasznosítója, így valamennyi horgászattal és halgazdálkodással kapcsolatos tevékenység megvalósítója 2010 -től a Tisza-tavi Sporthorgász Kft. (Sporthorgász Kft.). Az elmúlt 15 év tapasztalatai, adatai és a jelenlegi trendek segítségével, meghatározhatóak a Nemzeti Horgászturisztikai Stratégiához is illeszkedő főbb fejlesztési irányok.

Anyag és módszer

A Sporthorgász Kft. 2010 óta gyűjt adatokat a vízterületre érkező horgászokról. 2010-2021-ig saját jegyértékesítéseit rögzítette adatbázisba, 2021 második félévétől pedig elindult a Magyar Országos Horgász Szövetség (MOHOSZ) és a Horgászjegy Kft. által üzemeltetett HORINFO rendszer. Ezekből az adatbázisokból pontosan meghatározható az egyes jegytípusok népszerűsége, míg a horgásznapok éves eloszlásáról a Sporthorgász Kft. saját, napi horgászlétszám becslése ad információt. A horgászlétszám becslésére 2011-től kezdve 11 referencia helyszínen számolják az adatokat a halgazdálkodásra jogosult halőrei és ebből becslik az egész vízterületre vonatkozó napi adatot.

A fogási adatokról a NÉBIH halgazdálkodási adattárába felvitt horgász és halász fogási naplók adatai adnak tájékoztatást.

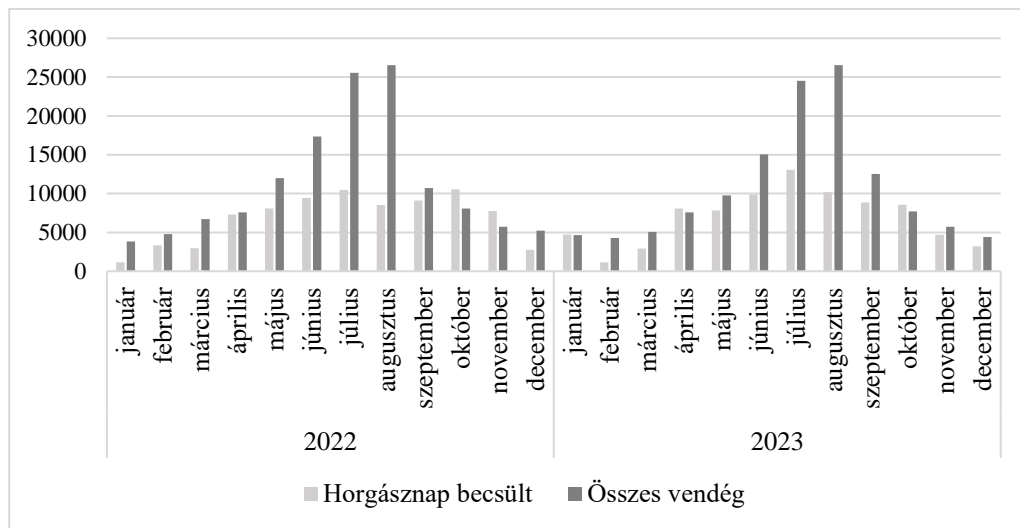
Az Aktív- és Ökoturisztikai Fejlesztési Központ (AÖFK) gondozásában készült el a Tisza-tó Térségi Aktív Turisztikai stratégia, amely segíti a helyi horgászturizmus illeszkedését az országos stratégiákhoz (AÖFK 2023). Az elmúlt évben elindult a Nemzeti Horgászturisztikai Stratégia (NHST2030) kidolgozása is a MOHOSZ szervezésében. Ennek felmérési adatai és stratégiai tervezési elemei, meghatározzák a Tisza-tavi horgászturisztikai fejlesztések főbb irányait is.

Eredmények és következtetések

A Tisza-tó első feltöltése utáni években, tervezett keretek között ugyan, de gyakorlatilag újralesztette azt az eltűnt vízi világot, amely a folyószabályozások előtt az Alföldet jellemezte. Halgazdálkodási szempontból az első 15-20 év volt a tározó „aranykora”, amikor az elárasztott élőhelyek és a meder állapota a lehető legjobb szaporodó és táplálkozó helyeket biztosította a halak számára. Az egyéb, korabeli környezeti paraméterekkel együtt (csapadék mennyiség, turizmus, vízi forgalom hiánya, stb.), ezek a viszonyok a mai szemmel már mesebelinek tűnő halmennyiséget eredményeztek. A tározó hosszú távú működésével az élőhelyek és a meder viszonyok mára jelentősen átalakultak és gyökeresen megváltoztak, a halgazdálkodást befolyásoló környezeti és társadalmi - gazdasági hatások is. A Tisza-tó azonban ezen változások ellenére is hazánk egyik legjobb horgászvize maradt, ahol az egy hektárra eső horgászfogás az intenzíven telepített horgásztavakéval vetekszik (29-40 kg/ha). Ez nagy vonzerő a horgászoknak, amit jelez az is, hogy a nagyjából 530 ezer aktív, hazai horgászlétszámból évente mintegy 35-40 ezren váltanak ki valamilyen területi jegyet a Tisza-tóra. Az itt horgászók nagy része a szomszédos vármegyéből érkezik (Heves – 24%, J-N-Sz - 19%, B-A-Z – 13%), de jelentős a Budapestről és Pest vármegyéből érkező horgászok aránya is (24%). Ezen felül, folyamatosan növekszik a külföldről ide látogató vendégforgások száma is, jelenleg évente 4 ezren váltanak területi jegyet, akik az elmúlt években döntően Romániából érkeztek. Ezek a horgászok összesen 80-100 ezer horgásznapot töltenek a Tisza-tavon attól függően, hogy az adott évben milyenek az időjárási, vízrajzi viszonyok és hogyan alakul a tározó éves vízügyi üzemterve. A horgásznapi számának és a teljes Tisza-tó Turisztikai Régió látogatói létszámának éves eloszlását összehasonlítva (*1. ábra*) látható, hogy a horgászat jelentős vonzerő a térségben, különösen a tavaszi és őszi hónapokban, ami nagyban segítheti a turisztikai kapacitások jobb kihasználását.

A horgászlétszám eloszlására jellemző, hogy a kedvező időjárási és fogási feltételek esetén a hétvégékre koncentrálódik a havi horgásznapi legnagyobb része. Ez ezekben az időszakokban a parti horgászhelyek hiányát okozza. A fogási adatokra legnagyobb hatással az adott év horgásznapijainak száma és a horgászok halfaj preferenciája van. Utóbbit természetesen befolyásolja az is, hogy milyen halfaj kínál jó fogási esélyeket az adott vízterületen. Az adatokból látható, hogy a COVID pandémia miatt bevezetett lezárások és a természetben tölthető szabadidő engedélyezése jelentősen megnövelte a horgászok számát a Tisza-tavon. Ebben az időszakban a korábbi és későbbi évekhez képest, 2-3 ezer fővel többen váltottak valamilyen területi engedélyt. Kiemelkedően nőtt ekkor az eladott napijegyek, valamint a gyermek és ifjúsági éves engedélyek száma. A fogásokban pedig kiugró volt a ponty zsákmány mennyisége, mert erre horgásztak a legtöbben.

A jegyértékesítésekre jellemző, hogy míg a legtöbb engedélytípus éves értékesítési darabszáma ingadozik, addig a 65 év felettiek kedvezményes, éves területi engedélyének értékesítése folyamatosan nő. A fogásokra pedig jellemző, hogy a harcsa fogások mennyisége folyamatosan emelkedik, míg a csuka fogások évről évre csökkennek.

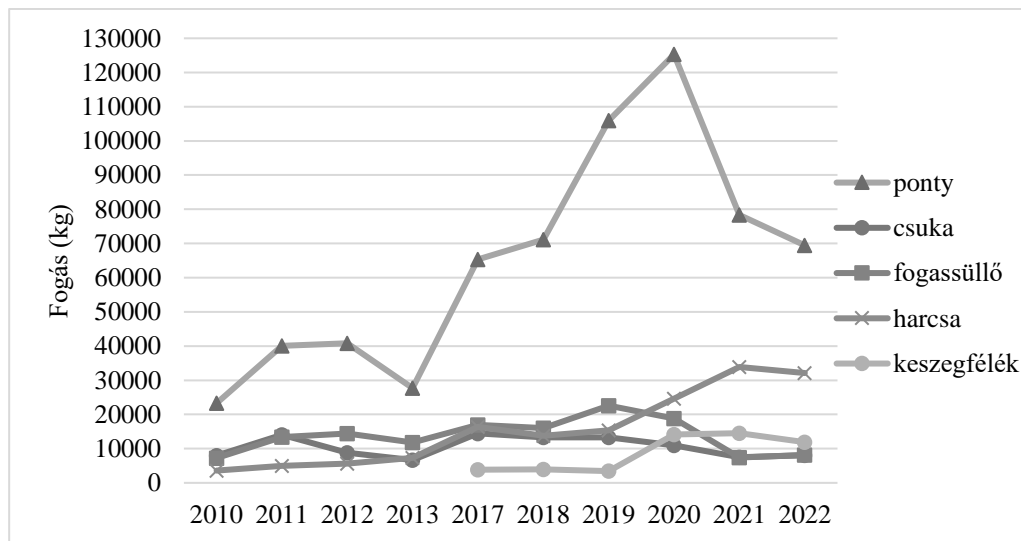


1. ábra. A Sporthorgász Kft. által számolt horgásznapi és a KSH, Tisza-tavi Turisztikai Régióra vonatkozó vendég létszám adatai 2022 és 2023 években.

Az élőhely és a halállomány természetes változásaihoz alkalmazkodik a Tisza-tó halgazdálkodása is. Átfogó tervek készültek ivóhelyek rekonstrukciójára, ami aktívan védi a halgazdálkodó a szaporodó és ivó helyeket. A kormorán riasztásával és gyérítésével a téli kisvízes időszakban, mérsékelhetőek a ragadozás okozta veszteségek. Az invazív, idegenhonos halak gyérítése a Tisza-tavon, ökológiai halászat keretében történik. A halgazdálkodó évente korlátozott számú ökológiai halászat engedélyének kiadásához járul hozzá, akikkel szerződést is köt és munkájukat folyamatosan ellenőrzi. Az ökológiai halászatra jellemző, hogy a busa fajok fogása növekszik (2022: 26,740 kg, 2017: 1,575 kg), míg a törpeharcsa fogások egyre csökkennek (2022: 28,798 kg, 2017: 84,511 kg)

A Tisza-tó egyik legfontosabb horgászturisztikai vonzóereje a változatos élőhelyek (folyó, holtág, nádas, nyílt víz, csatorna stb.), és az ezeken az élőhelyeken fogható diverz halállomány, amely szinte minden horgász módszer kedvelői számára kínál jó fogási lehetőségeket. A MOHOSZ felmérésében (NHST2030, 2024) szereplő legnépszerűbb horgász módszerek (feederezés, fenekezés békés halakra, pergetés) tekintetében a Tisza-tó a legjobb vízterületek között van. Az elmúlt években, a Sporthorgász Kft. által rendezett IWCC nemzetközi bojlis versenynek köszönhetően egyre nagyobb figyelem irányul a tó nagy ponty állományára is, és növekszik a bojlis horgászok száma.

Adataink alapján megállapítható, hogy a Tisza-tavi horgászat fogási esélyei még mindig kedvezőek, és a vízterület továbbra is vonzó horgászturisztikai cél lehet valamennyi, az NHST2030 tanulmányban meghatározott horgász-turista klaszter tagjai számára (szórakozás-orientáltak, trófea-orientáltak, nyugalmat keresők).



2. ábra. A horgászati szempontból jelentősebb halfajok fogási adatai a Tisza-tavon a halgazdálkodási adattár adatai alapján

Ezen horgász-turisztikai klaszterek tagjainak igényei jól illeszkednek az aktív- és ökoturisztikai szolgáltatások célcsoportjainak igényeihez (AÖFK, 2023). A Tisza-tó térség aktív turisztikai stratégiája szerint az aktív turisztikai fejlesztések által a természeti értékek gyarapodnak, bemutatásra és megőrzésre kerülnek. A vízi természetjárás megfelelő szabályozásával, az ide érkezők szemléletformálásával egy olyan turisztikai szolgáltatáscsomag jön létre, amely nem terheli a környezetet. A turizmusból befolyó bevétel hatékonyan kerül visszaforgatásra a természet megőrzéséhez szükséges eszközökre.

Összefoglalás

A Tisza-tó esetében, amely egy alapvetően elmaradott térség, a legfontosabb természeti erőforrás, a horgászat szervezését össze kell hangolni a vízterület egyéb funkcióival is.

- Regionális vízgazdálkodási funkció: árvíz szabályozás és megelőzés, öntözés, energia termelés.
- Turisztikai funkció: fürdő és aktív turizmus, horgászturizmus.
- Természetvédelmi funkció: Natura 2000 területek, védett természeti területek kezelése
- Halgazdálkodási funkció: horgászat működtetése, haltelepítés, halórzés, invázió fajok gyérítése.

Ezen funkciók és hasznosítási célok összehangolására, a Sporthorgász Kft., az elmúlt 15 évben az országban egyedülálló modellt alakított ki, ahol a cég erőforrásait a horgászturizmus fejlesztése mellett jelentős részben a térség terület- és vidékfejlesztési céljaira is hasznosítja. Ebben a modellben a Tisza-tó horgászati célú halgazdálkodásával kapcsolatos döntések a szubszidiaritás elve szerint helyben

születnek, hogy a halgazdálkodás és az egyéb térségi fejlesztési célok összehangoltan valósulhassanak meg. Ezekkel a helyi együttműködésekkel valósítható meg a leghatékonyabban a horgászat helyi gazdaságélénkítő hatása és a horgászok érdekeinek védelme.

A Sporthorgász Kft. következő 15 éves stratégiájának általános célkitűzése, hogy az előző periódus tapasztalataira építve, korábbi tevékenységeit továbbfejlesztve új alapokra helyezze a horgászturizmust és a térség természetközeli turizmus fejlesztését célzó kezdeményezéseinek, együttműködéseinek szervezőjévé és motorjává váljon. Ezzel a helyi önkormányzatok és gazdasági szereplők is jobban érdekeltté tehetők a horgászat és a halgazdálkodás fejlesztésében. Az országos és helyi horgász szervezetekkel is együttműködve így olyan gazdasági és társadalmi környezetet tud kialakítani, ami kedvez a horgászat lehetőségeink bővítésének.

Irodalom

Aktív- és Ökoturisztikai Fejlesztési Központ (AÖFK) **2023**. Térségi Aktív Turisztikai Stratégia Tisza-tó (egyeztetési verzió)

Magyar Országos Horgász Szövetség (MOHOSZ) **2024**. Nemzeti Horgászturisztikai Stratégia (NHST2030) 2.0 verzió.

OKTATÁSI, KÉPZÉSI INNOVÁCIÓK A MAGYAR KÖZÉPFOKÚ AGRÁRSZAKKÉPZÉS AKVAKULTÚRA ÁGAZATÁBAN

**URBÁNYI Béla¹, BAKOS Izabella², HORVÁTH Ákos¹,
KHADEMI-VIDRA Anikó²**

¹*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.,
e-mail: Urbanyi.Bela@uni-mate.hu*

²*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, Humántudományi és Szakképzési Tanszék*

Kivonat

A tanulmány deduktív megközelítést alkalmaz az akvakultúra általános tendenciáin belüli oktatás és képzés konkrét területeire, lefedve a halászat, mint hiánykurzus PILOT képzésének fő nyomvonalait. Jelenlegi, pedagógusi célcsoportú kéziratunk, egy 94 fős oktatói körben végzett kérdőíves felmérés eredményeire összpontosít. Fő célunk az volt, hogy felmérjük az akvakultúrával kapcsolatos tudástartalmak és a hozzájuk kapcsolható módszertanok jelenlétét a tanórákon, illetve az oktatók általános digitális készségeit és képességeit. Célkitűzéseink alapvetően érintik még a szakképzésben dolgozó oktatók általános digitális felkészültségét, valamint az akvakultúra szakemberek által kifejezhető "szakmamarketing" lehetőségeinek mintázatait.

Kulcsszavak: akvakultúra, szakképzés, felmérés, középfokú oktatás, fenntarthatóság, oktatók

Abstract

The study applies a deductive approach to specific areas of education and training within the general trends in aquaculture, covering the main traces of PILOT training in fisheries as a niche discipline. Current paper, targeted at educators, focuses on the results of a questionnaire survey of 94 educators. Our main objective was to assess the presence of aquaculture-related knowledge content and associated methodologies in the classroom and the general digital literacy of educators. Our objectives also focus on the general digital readiness of vocational trainers and on the patterns of "professional marketing" opportunities that aquaculture professionals can express.

Keywords: aquaculture, vocational training, survey, secondary education, sustainability, trainers

Bevezetés

A FAO tézismegállapítása szerint azért fontos az oktatásba fektetni, hogy több tényeken alapuló informácó jusson el a fogyasztókhöz az akvakultúra ágazat növekedését befolyásoló különféle felfogások kezelése érdekében. Ha elő akarjuk mozdítani az

akvakultúra termékek népszerűsítését, fontos megérteni, hogy a fogyasztók jelenleg milyen információkat használnak fel a származásukra vonatkozó fogyasztási preferenciáik közvetítésére (Beyer és mtsai. 2023). Az Európai Akvakultúra Társaság (European Aquaculture Society) 2022 őszén rendezte meg éves konferenciáját Riminiben. A konferencia jelmonda „*Innovatív kihívások a változó világban*” (Innovative solutions in a changing world) jól illeszkedik a fentebb leírt uniós irányzatokhoz, egyik szekciójának témaköre pedig a FAO által is hangsúlyosnak vélt oktatási kérdésekkel foglalkozott.

Az akvakultúra oktatást összehasonlítva a mezőgazdasági (agrár) képzésekkel két jelentős különbség mutatkozik meg az ismeretek elsajátításában:

- i. a mezőgazdasági jellegű képzéseknek régi és komoly hagyományai vannak Európában, szemben az akvakultúra képzésekkel, melyek még csak a kezdeti lépéseket tették meg a fejlődésükben; mind a középfokú oktatás szintjéről, mind a felnőttképzési keretek közül hiányoznak a kellő számú, jó minőségű szakok, képzések.
- ii. a mezőgazdasági képzések kimeneti igényei, az ehhez igazított oktatási platformok jól definiáltak, egzakt munkaerőpiaci elvárások mentén működnek, szemben az akvakultúra jellegű képzésekkel, ahol a piaci szükségletek azonosítása jelenleg is folyik, egyes esetekben találkozunk csak határozott igényekkel. Mindezek miatt Európában az akvakultúra oktatás változatos képet mutat (Urbányi és mtsai. 2023).

Az európai halászati szakközépiskolák jó gyakorlatai

Ahogy fentebb is leírtuk, egyértelmű hiány mutatkozik a középfokú iskolarendszerű oktatás szintjén. Nagyon kevés európai ország rendelkezik önálló halászati szakképzőiskolával, de egy norvég és egy cseh intézmény mindenképpen figyelemreméltó oktatási teljesítményt nyújt ezen a speciális piacon. A norvég Guri Kunna Szakképző Iskola a Trondelag megyei hatóság tulajdonában van és 350 diák tanul a kötelékében. Az intézmény Froya és Hitra településeken található, Közép-Norvégia tengerparti régiójában. A létesítményben 1990-től tartanak tanfolyamokat a haltenyésztési ágazatban dolgozók számára, többnyire hybrid módon: ötvözik az e-learninget csoportmunkával és szemináriumokkal.

A Haltenyésztési nappali szakon a hallgatók 2 éves elméleti tanulmányokat folytatnak, amelybe több hetes munkahelyi képzés is beépül, melynek végén elméleti vizsgát kell tenniük. A haltenyésztési ágazatban dolgozók szakképzésében szintén közreműködik az intézmény. Ezeket a tanfolyamokat az iskola saját képzési központja, a Guri Kunna Recurse Center szervezi. A szervezet további erős együttműködésben van a régió haltenyésztő ágazatával, és a helyi halászati cégekkel is (lazacfarmok), ahová sokesetben gyakorlati tevékenységek céljából, természetesen előre meghatározott formai keretekben, bármikor ellátogathatnak a tanulók. Az iskola regionális szerepet vállal a tudományos közösség, a régió szolgáltatói és ipari szektorai közötti kapcsolattartás elősegítésében is (<https://www.bridges.eu/partners/guri-kunna-upper-secondary-school-vet-school>).

A csehországi Trebonban működik Európa egyik legprofesszionálisabb halászati-halgazdálkodási szakközépiskolája. Az iskola fő képzése nappali tagozaton indul és

kétéves oktatási program keretében valósul meg. A felvételi alapfeltételei a sikeresen teljesített hároméves halász tanfolyam, egységes felvételi vizsga cseh nyelvből és matematikából. Az oktatás befejeztével a tanuló középiskolai érettségivel fog rendelkezni. A tanuló tanulmányai során elsajátítja az édesvízi haltenyésztést, halgazdálkodási termelés technológiát, akváriumi és díszhalfajok tenyésztését, vízi élőlények biológiáját a vízi ökoszisztémában, gépesítés lehetőségeit az akvakultúrában és a halászatban, hulladékgazdálkodást és a megelőző intézkedéseket, amelyek növelik a halászati veszteségek kockázatát. Szakmai tárgyai közé tartozik továbbá az akváriumi és díszhalak tenyésztése, horgászati ismeretek, halbetegségek, horgásztechnikák, biológia, gépesítés a halászatban, halászat, hulladék és a környezetvédelem. Az általános műveltségi tárgyak a cseh nyelv és irodalom, matematika, angol nyelv, kémia, hidrobiológia, fizika, számítógépes ismeretek, gazdaság és szervezés és társadalomtudományok. A tanulmányai végeztével a tanuló munkalehetőséget kaphat halászati technikusként a halászat-halgazdálkodás elsődleges termelési műveleteiben, horgászszervezetek dolgozójaként stb. Fontos még megemlítenünk, hogy az iskola együttműködik a Cseh Köztársaság legnagyobb halgazdálkodási és feldolgozó cégeivel. Így nem csak a dél-csehországi régióban, hanem országosan is szorosan kötődik az akvakultúra piac legnagyobb munkáltatóihoz, vállalkozásaihoz (<https://www.ssr.v.cz/a-621-about-the-school.html>).

A hazai halászat képzési tradíciói

A hazai halászati oktatás múltja közel 100 évre tekint vissza. Jól jellemzi az ezt megelőző viszonyokat, hogy a halászat fejlesztésének személyi igényeihez jelöljön ki oly egyéneket, akik külföldre volnának kiküldendők a halászati „műfogások gyakorlati megtanulása végett”. A halászat ügyeinek intézésére 1906-ban az akkori ágazati minisztériumon belül létrehozták a külön osztályként működő Halászati Igazgatási Osztályt. Ennek egyik első tevékenységként, még ugyanebben az évben megalakult a Magyar Királyi Halélettani és Szennyvíztó Kísérleti Állomás, melyet kis idő elteltével követett a Budapesti Állatorvosi Főiskola keretében munkálkodó Halkórtani Állomás. Ezt a két intézményt tekinthetjük a halászati oktatás úttörőinek, mivel deklarált feladatuk volt a gyakorlati feladatok mellett az elméleti munkák (köztük az oktatás) végzése. Ez az állapot a második világháború végéig állt fent. A második világháborút követően, a szocialista gazdaság igényeihez igazodva alakult ki az az oktatási struktúra, melynek eredményeként szakemberek tucatjai tudtak külföldön, gyakorlati és elméleti képzetekben és tanácsadásban részt venni. Ezt az időszakot az oktatás szintjének hármas pillére jellemezte: szakmunkásképzés, középszintű haltenyésztői oktatás és felsőfokú halászati oktatás. A szakmunkásokat a tatai Mezőgazdasági Szakmunkásképző Iskola képezte (nappali és levelező képzésben egyaránt). A középszintű képzés helyszíne szintén Tata volt, és kevésbé volt sikeres, mivel a technikusminősítő tanfolyamok levelező képzésben folytak, és középkaderek foglalkoztatása a gazdaságokban még nem terjedt el széles körben. A felsőfokú halászati szakemberképzés helyszínei az egyetemek voltak, ahol üzemmérnöki és agrármérnöki szinten folyt a képzés. A rendszerváltást követően a halászati oktatás is átalakult. Gyakorlatilag megszűnt a középszintű képzés, míg a szakmunkásképzés (mely fénykorában 25-30 hallgatót bocsátott ki évente) is egyre kevésbé volt népszerű.

Az egyetemek tovább végezték a halászati oktatást, melyet tovább erősített az a döntés, miszerint a Magyar Tudományos Akadémiától (MTA) a doktori (PhD) képzés 1994-ben az egyetemekhez került. Az EU csatlakozás újabb változásokat eredményezett. Hazánk EU tagországgként a felsőoktatásba bevezette az ún. Bolognai képzési rendszert, melynek első lépéseként, általában 7 szemeszter (3,5 év) alatt bachelor (BSc., ami főiskolai-üzemmérnöki szintnek feleltethető meg), majd további 4 szemesztert (2 év) követően mester (MSc.=master, azaz egyetemi, agrármérnöki szint) fokozatot kapnak a hallgatók. Komoly erőfeszítések ellenére, hiába van akkreditált képzés elfogadva, a halászati szakmunkásképzés gyakorlatilag megszűnt. A halászati oktatást a hagyományos képzési struktúra alapján nem lehet napjainkban felosztani. A szakmunkásképzésre napjainkban is elsősorban a Jávorka Sándor Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola és Kollégiumban (Tata) volna lehetőség, de az intézményt komoly szabályok kötik, a képzés alapfeltétele az elegendő létszámú hallgató jelentkezése. Ezt a kritikus létszámot sajnos az elmúlt években ritkán sikerült „összeverbuválni”, így az innen kibocsátott szakemberek száma lecsökkent, bár nagy szükség volna rájuk. A szektor jellemzője, hogy „betanított halász szakmunkások” végzik a munkát, akik az idősebb, Tatán végzett kollégáiktól tanulják meg a szakma rejtjelmeit. Az agrárképzést folytató felsőoktatási intézmények mindegyikében folyik halászati-halgazdálkodási tantárgyak oktatása. Újrendszerű felsőoktatási képzés az ún. Duális képzés, mely során a vállalatok finanszírozzák (részben vagy teljesen) a hallgató képzését, de ezért elvárják, hogy előre meghatározott szakterületen végezze a szak és diplomamunkáját. Ez a halászatba még nem terjedt el, az áttörés várat magára. Hazánkban megtalálható egy speciális jellegű képzés is (melyet az EU nem képes értelmezni és a kibocsátott oklevelet elhelyezni a munkaerőpiacon), ez pedig a halászati szakmérnök képzés (jelenlegi elnevezése: Halászati - Halgazdálkodási Szakirányú Továbbképzés). Ennek jellemzője, hogy minimálisan BSc-vel (szakirányú képzettséggel) rendelkező kolléga jelentkezhet a 2 éves képzésre, ahol félévenként 3x1 hét időtartam alatt kapja meg a képzést. Az átalakult oktatási rendszer hozta magával az ún. OKJ (Országos Képzési Jegyzék) keretében meghirdetett tanfolyamokat és képzéseket, melyek között megtalálható a Halász -Haltenyésztő képzés is, melyben az iskolai rendszerű képzési idő 3 év, iskolarendszeren kívüli képzési idő 800-1000 óra. Ennek a képzésnek az átalakítása és megreformálása folyamatban van. A halászati oktatáshoz sorolhatók a viszonylag nagyszámban meghirdetett továbbképzések és tanfolyamok is, melyek közül több, annak ellenére, hogy bizonyítványt vagy oklevelet nem bocsát ki, magas színvonalú képzést nyújt. Elsősorban az egyetemeket és kutatóintézeteket érinti hazánk oktatáspolitikájában létrejött, a külföldi hallgatók képzését preferáló irányzat. Régebben is több külföldi hallgató végzett hazánkban, de az elmúlt időszakban, a kormányzat által megalkotott ún. Stipendium Hungaricum ösztöndíj program keretében BSc., MSc. és PhD képzésre érkeznek hazánkba rész- vagy teljes idejű képzésre külföldi hallgatók. A kezdeményezés csak dicsérhető, mivel ez ismételten lehetőséget nyújt arra, hogy a hazai oktatási és gyakorlati szakembergárda tudása alatt pallérozódjanak a külföldi hallgatók (modern szakszóval élve: ez a Tudás-transzfer), és ezen hallgatók hazatérve viszik az ágazat jó hírét. Az iskolarendszerben működő elméleti képzést adó felsőoktatási intézmények gyakorlati képzést-oktatást is végeznek, de itt már szorosan együttműködnek az ágazati (FM) és az MTA intézményekkel. Ez a kettősség jól szolgálja elsősorban az MSc. és PhD szintű

képzéseket, mivel így az elméleti ismeretek mellett kézzelfogható gyakorlati tudásra is szert tesznek a hallgatók. Végezetül fontos hangsúlyozni, hogy az oktatásunk mit sem érne a vállalati-gyakorlati szakemberek és cégeik támogatása nélkül. A tudás, a halászati-halgazdálkodási ismeretek tárháza rendelkezésre áll a gyakorlati szférában, ezért szükséges a minél szélesebb és mélyebb együttműködés, merjük felmérni a gyakorlat elvárásait és igényeit, mert ez az alapja a gyakorlat orientált képzésnek, és így várható el, hogy olyan képzett szakemberek kerülnek ki az iskolarendszerekből, akik megállják helyüket a munkaerő piacon, és öregbíten tudják ágazatunk hírnevét.

Anyag és módszer

A kutatómunka legfőbb célkitűzése, hogy a magyarországi oktatók és diákok figyelmét ráirányítsuk az akvakultúra ágazatra. Ezen cél elérése érdekében első körben kvantitatív kérdőíves vizsgálatot végeztünk a középfokú agrárszakképzésben dolgozó oktatók körében, hogy felmérjük: i) a jelenlegi képzések tananyagtartalmában milyen mértékben vannak jelen a halakkal és a vizes élőhelyek világával kapcsolatos ismeretek; ii) mennyire nyitottak az oktatók az akvakultúra oktatásának tartalmi és módszertani fejlesztési lehetőségei iránt. Jelenleg Magyarországon öt Agrárszakképzési Centrum működik, hatvanegy tagintézménnyel, melyek közül a Déli Agrárszakképzési Centrum iskoláiban folytattuk le az online megkérdezést 2023 november 13-17 között. Az értékelhető kérdőívek száma 94 db lett. A válaszadó tanárok 52%-a nő, 48%-a férfi. A mintánk életkori megoszlása leképezi az erősen előregedő szakoktatói társadalmat: 20-30 év – 4%; 31-40 év – 15%; 41-50 év – 36%; 51-60 év – 33%; 60 év feletti – 10%. A tanítási tapasztalat differenciáltabb képet mutat, 1-5 év – 19%; 6-10 év – 14%; 11-20 év – 24%; 21-30 év – 28%; 31-40 év – 12%; 40 év feletti tapasztalat – 3%.

A kérdőív kitöltése önkéntes volt és név nélküli. A felmérés nem reprezentatív, a mintavétel során a célcsoportunkat képező minden agrárszaktanárt megszólítottunk. A kérdőív 10 nyitott és 7 zárt kérdésből épült fel. A nyitott kérdésekkel a tényleges és valós állapotot és a konkrét meglátásokat és javaslatokat kívántuk felmérni a vizsgált témánk kapcsán. A zárt kérdéseknél nominális változókkal dolgoztunk. A kérdőíves adatbázis feldolgozásához az IBM SPSS Statistics 20 nevű statisztikai programcsomagot használtuk.

Feltáró jellegű kérdőíves vizsgálatunk a következő kutatási kérdések köré épült:

- **K1:** A vizsgálatba vont tanárok milyen mértékben foglalkoznak oktatási munkájuk során az akvakultúra ágazattal (vízi szervezetek - állatok és növények - tenyésztése és termelése), mely magában foglalja a tavi halgazdálkodást, intenzív (precíziós) haltenyésztést és természetesvízi halgazdálkodást (beleértve a horgászatot)?
- **K2:** Milyen digitális kompetenciákkal rendelkeznek a megkérdezettek és hogyan építik be a digitális készségeiket a tanulási és tanítási folyamataikba?
- **K3:** Oktatói tapasztalatuk alapján milyen hagyományos és modern módszertanokkal/eszközökkel lehet a leghatékonyabban felkelteni a tanulók érdeklődését?
- **K4:** A válaszadó tanárok véleménye alapján az ágazati szakemberek hogyan tudnák segíteni az akvakultúra népszerűsítését az oktatók körében?

Eredmények és következtetések

A jövő felé: halászati Pilot-képzés lehetőségei

Napjainkra egyértelművé vált, hogy az akvakultúra oktatási-képzési területén minél előbbi paradigmaváltásra van szükség. Az ágazat dinamikus tartalmi és formai fejlődéséhez alkalmazkodó iskolarendszerű (középfokú) szakképzés egyáltalán nincs Magyarországon, az oktatás, piaci igényekre adott válaszreakciói ezidáig nem született meg, az ágazatból pedig hiányoznak a minőségi szakképzett munkaerők. Mindezekből kiindulva gondoltuk azt, hogy egy PILOT képzés megindításával a rég félbe hagyott képzési tradíciót felélesztենék, persze a XXI. század „köntösében”. Hazánkban a legtöbb agrár képzési területen működő szakközépiskola az Agrárminisztérium által működtetett 5 Agrár Szakképzési Centrumhoz tartozik, mely központok fenntartói minőségben vannak jelen. Az ország déli részén elhelyezkedő Szekszárdi ASZC-mal kooperálva gondoltuk át a képzés ötletét.

A jelenlegi magyar középfokú agrárszakképzésben futó képzések (pl. Gazda, Kistermelői élelmiszer-előállító, Élelmiszer-ellenőrzési technikus, Hentes és húskészítmény-készítő, Környezetvédelmi technikus, Mezőgazdasági technikus, stb.) tanterveiben elenyésző mértékben jelennek meg a kifejezetten halakkal és a vizes élőhelyek élővilágával foglalkozó tantárgyak és ismeretkörök. Ezt a tényt támasztotta alá a vizsgálatunk is, hiszen a megkérdezett tanárok csupán 10%-a foglalkozik oktatói munkája során akvakultúras ismeretekkel.

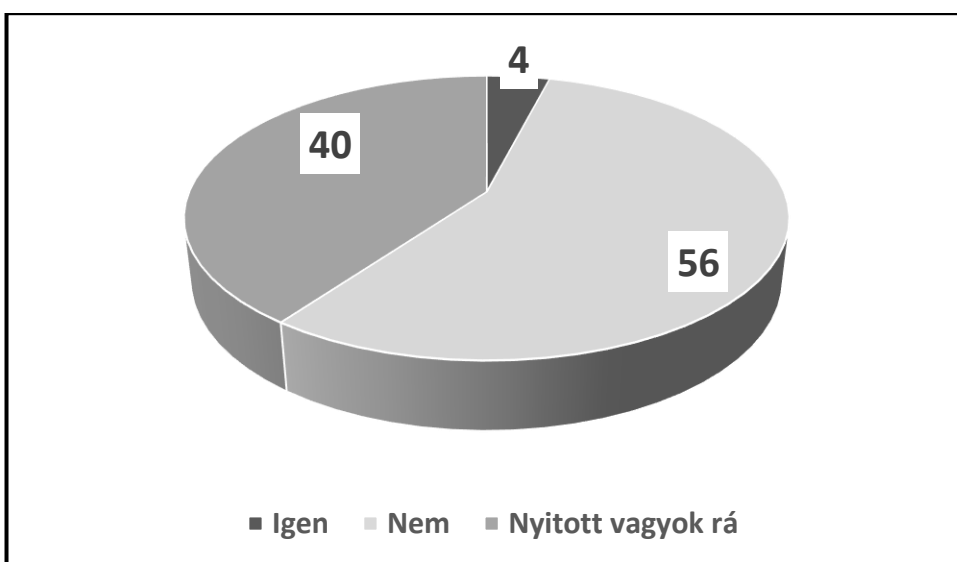
Az akvakultúrát érintő tananyagok a nyitott kérdéseinkre adott válaszok alapján a következő témaköröket és tartalmakat érintik közvetlenül és közvetve:

- **Jogi, közgazdasági, üzemgazdasági, környezetvédelmi, műszaki, kereskedelmi témakörök:** a szélesebb környezeti és gazdasági kontextust veszik figyelembe az akvakultúra területén. Ide tartoznak a jogi keretek, gazdasági folyamatok, üzemgazdasági szempontok, kereskedelem és környezetvédelem.
- **Halak takarmányozása, halászati gépek szerkezete és üzemeltetése:** a halak takarmányozása a fenntartható akvakultúra egyik kulcsfontosságú része. A tananyag részletezi a megfelelő táplálék biztosításának módszereit. Emellett bemutatja a halászati gépek szerkezetét és azok üzemeltetésének alapelveit.
- **Mezőgazdasági művelések vonatkozása a természetes vizekre és élőhelyekre:** az akvakultúra hatása a természetes vizekre és élőhelyekre egy fontos és aktuális kérdés. A tananyag részletezi, hogy hogyan befolyásolják az akvakultúras tevékenységek a környezetet és milyen mezőgazdasági művelésekre van szükség az ökológiai egyensúly megőrzéséhez.
- **Biológiai tananyag:** a biológiai tananyag számos aspektust érint, például az állatok törzse esetében a halak felépítését és jellemzőit, az ökológiai tananyagban a vizes élőhelyeket természetvédelmi és környezetvédelmi szempontból.
- **Haltenyésztés:** a haltenyésztés részletesen bemutatja a halak mesterséges tenyésztésének módszereit, a megfelelő környezeti feltételeket és azoknak az emberi fogyasztásra való előkészítését.

- **Ökológiai tananyag:** Az ökológiai tananyagban részletesen kifejthetők a természetes vizek biológiai tulajdonságai, beleértve a víz körforgását, kémiai összetételét, szennyezését és a vízi élőlények testfelépítését.
- **Fakultáció és kiegészítő oktatás:** az iskolai fakultációkban való részvétel lehetőséget ad azoknak a diákoknak, akik mélyebben érdeklődnek az akvakultúra iránt, hogy részletesebb ismereteket szerezzenek a haltenyésztés és kapcsolódó tantárgyak terén.

Ezen szétaprózott tananyagok összessége ugyan nem koncentráltan, de azért lehetőséget biztosít a diákok számára, hogy széles körben megismerjék az akvakultúra különböző aspektusait és egy komplexebb, integrált nézetet kapjanak az iparág gazdasági, környezeti és biológiai dimenzióiról.

A válaszadók 40%-a nyitott arra, hogy a jövőben markánsabban kitérjen az akvakultúras ismeretekre tananyagai keretében, 4%-uk pedig már most is tervezi, hogy érinti tantárgyai esetében ezeket a témaköröket is (1. ábra).



1. ábra. Tervezi-e Ön, hogy a jövőben kitér ezen ágazathoz kapcsolódó tananyagtartalmakra oktató tevékenysége során? (Forrás: saját adatgyűjtés, 2023, n=94, adatmegjelenítés: %)

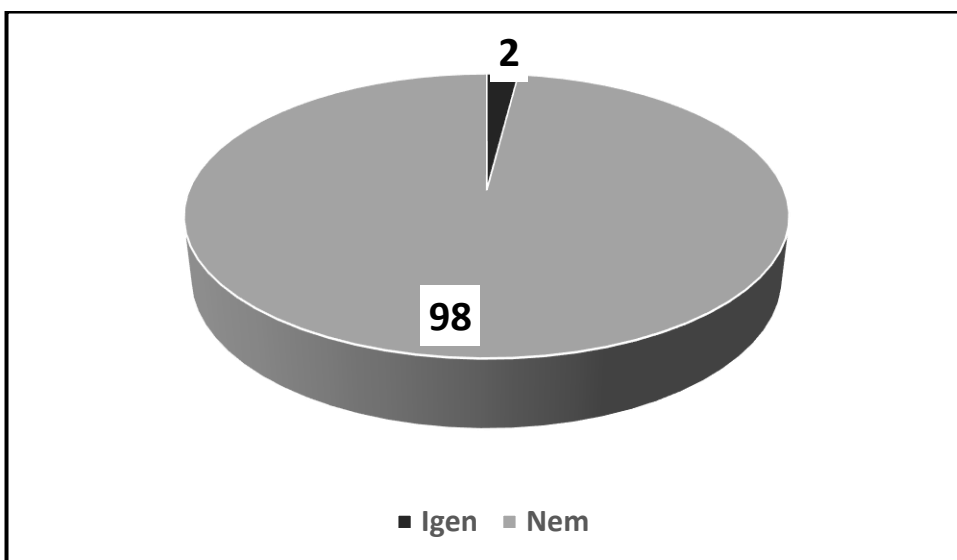
Digitális kompetenciák, újszerű motivációs minták, innovatív módszertanok az akvakultúrában

A jövőbeni PILPOT képzés iskolai szintű megvalósításához szükségünk van egy aktív, értő, nyitott oktatói csapatra, motiválható, érdeklődő tanuló állományra és természetesen egy támogató, befogadó iskolai környezetre. A tanárok, diákok egyik összekapcsolódásának formanyelve a digitalizáció lehet (ami természetesen nem helyettesíti, csak kiegészítheti a személyes jelenléttel járó interakciókat, emberi kapcsolatokat, tanulási helyzeteket). A kutatók számos fogalmi keretet dolgoztak ki annak átfogó tisztázására, hogy mit is tartalmaz a digitális kompetencia, és különféle megfelelő mérőeszközöket fejlesztettek ki. Létezik néhány önértékelési eszköz a

tanárok és iskolavezetők digitális kompetenciájára vonatkozóan (Cabero-Almenara és mtsai. 2020; Rieckmann 2018). Ezeknek az eszközöknek a többsége azonban a felkészítő tanárookra összpontosít (McGarr és McDonagh 2019; Brandt és mtsai. 2019; Koehler és Mishra 2009), és még a legutóbbi hozzászólások is arra mutatnak, hogy az általános és alsó középfokú oktatáson kívül más oktatási kontextusokat is meg kell vizsgálni (Vare és mtsai. 2019; Roll és Ifenthaler 2020). A tanárok digitális kompetenciáit, kompetenciafejlesztéseit érintő szakirodalmak többféle módon (pl. Almerich és mtsai. 2016; Ghomi és Redecker 2019; Cabero-Almenara és mtsai. 2020; Cattaneo és mtsai. 2021; Belaya 2018) közelítenek a témához. Az érintett kompetenciák sokrétűek: ide tartoznak a technológiai kompetenciák, pedagógiai összetevők, amelyek mindegyike a tanítás kontextusához kapcsolódik (Ghomi és Redecker 2019; Cabero-Almenara és mtsai. 2020; Teo és mtsai. 2021). A digitális kompetenciák technológiai összetevője magában foglalja a számítógépek, mobileszközök és alkalmazások használatához szükséges készségeket (Cattaneo és mtsai. 2021; Belaya 2018). A tanároknak fejleszteniük kell digitális képességeiket, beleértve a szoftver- és hardverhasználatot is (Guzman és Nussbaum 2009). Lindsay (2016) megjegyzi, hogy a tanároknak is el kell sajátítaniuk a mobil IKT-technológiákat, ugyanis a tanulási-tanítási folyamatok egyre inkább informális kontextusban zajlódhatnak, ahol a tanulás bármikor és bárhol megtörténhet. A vizsgált tanulmányok (Rosenberg és Koehler 2015; Kontio és Lundmark 2021) tovább hangsúlyozzák, hogy a szakmunkás tanulóknak, oktatóknak a megfelelő képességeken túl digitális problémamegoldó készségekre is szükségük van. Fontos továbbá elemezni és értékelni az információkat (ezt információs műveltségnek nevezzük). A digitális fejlődés részét kell, hogy képezze a készségekhez kapcsolódó önhatékony felülvizsgálata: nélkülözhetetlen, hogy az oktató a digitális környezetben végzett cselekedeteire reflektáljon és megpróbálja megérteni azokat (Cattaneo és mtsai. 2021). A digitalizáció, az online platformok térhódítása nemcsak a pedagógus társadalomra gyakorol hatást, hanem nyilván átírta az egész ifjúsági és fogyasztói kultúra paradigmáit is. Ha az akvakultúra témájában szeretnénk röviden és tömören összefoglalni ezt a tézist, akkor azt mondhatjuk, hogy a fiatalok aktív fogyasztókká váltak, gyakran tudatos ételválasztás jellemzi őket és felnőttkori halfogyasztási szokásaikat is serdülőkorukban alapozzák meg. Fontos az, hogy a serdülők hogyan látják a halakból készült ételek világát, az effajta látásmód pedig pozitív irányba befolyásolhatja az akvakultúráról alkotott globális képüket is. (Beyer és mtsai. 2023) A fiatal generáció tehát teljesen máshogy éli meg az oktatást napjainkban, mint akár a 10-15 évvel ezelőtt az iskolapadban ülők. Ez részben a felgyorsult és globalizálódó világ rohamosan fejlődő digitalizációs technológiái iránt megmutatkozó egyre fokozottabb igényeknek, részben a Covid hatásának, az otthoni online oktatásnak is köszönhető. Az ifjúságra az online platformokról folyamatos információáradat zúdul, amiben nem tud és nem is akar elmélyedni: másodpercek alatt szerzett impulzusok alapján dönt: érdeklődik vagy tovább lép. Olyan hívószavakkal kell a fiatalok érdeklődését felkelteni, az ágazat felé fordítani, amelyek egy gondolkodó tizenéves fantáziáját is megmozgatják (tanulnak erről az iskolában, a közösségi médiában gyakran szerepelnek ezek a kérdések, okos telefonjukon folyamatosan kapnak erről híreket stb.). Az akvakultúra oktatása terén is vannak már olyan digitális próbálkozások, melyek célul tűzik ki a fiatalok érdeklődésének a felkeltését és pályaeorientációját az ágazat iránt. Ilyen kezdeményezés volt például a Kirgizisztán FishKA oktatási projekt,

melynek keretében felsőoktatási szakemberek bevonásával létrehoztak egy online kurzust, ahol a hallgatók kreatív módon megismerkedhettek Közép-Ázsia, különös tekintettel Kirgizisztán halászati és akvakultúra ágazatával. A projektben résztvevő tanárok előzetesen részt vettek digitális kompetenciafejlesztési tanfolyamokon, ahol elsajátíthatták az interaktív és kutatásalapú digitális tanulás alapjait, valamint a digitális tanulási környezet és az IKT készség szintű használatát. (Tarasova 2021) Ezen jó gyakorlat példáján keresztül is látható, hogy ma már nem csupán szakmai lexikális tudásra és gyakorlati tapasztalatokra van szükség, hanem azokra a digitális kompetenciákra is, amik lehetővé teszik az akvakultúra elméletének és gyakorlatának online térben történő megjelenítését és innovatív oktatási lehetőségét.

A digitális tanári kompetencia a mai oktató-nevelő munka szempontjából nélkülözhetetlen. A vizsgálatba vont tanárok 98%-a használ oktatási tevékenysége során infokommunikációs eszközöket (2. ábra).



2. ábra Oktatási tevékenysége során használ IKT eszközöket?
(Forrás: saját adatgyűjtés, 2023, n=94, adatmegjelenítés: %)

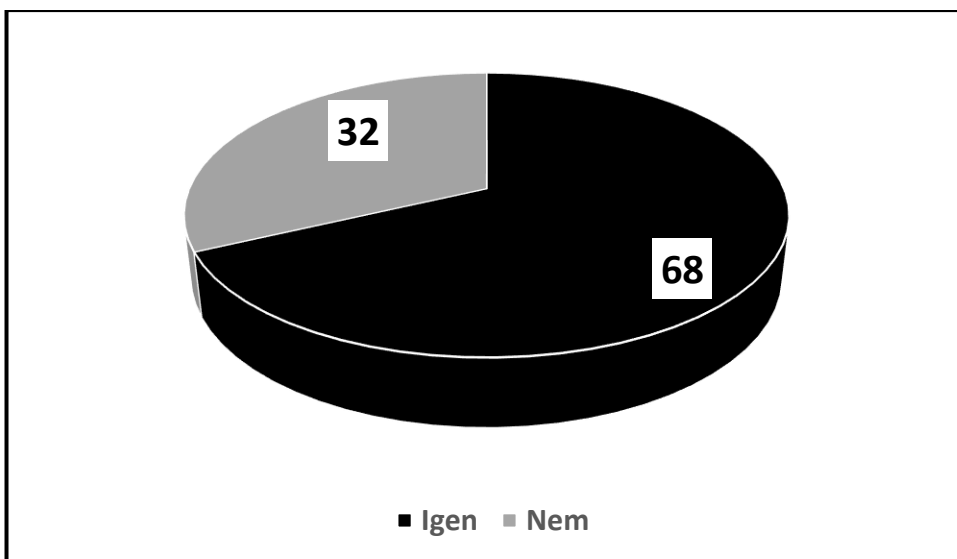
A tanárok válaszaik alapján kifejtették, hogy számos témakört érintenének a halászat, halgazdálkodás és akvakultúra területén, kitérve a magyarországi és európai helyzetre. Kiemelték a hazai vizes élőhelyek és gazdálkodásuk, valamint a gazdasági formák és tevékenységek fontosságát. Emellett a halászati technológiák, gépek és azok használata is a tananyagok részét képeznék. A válaszadók további területeken is elmélyülnének, például a hínárvágók és hallépcsők működésének szemlélésében, vizes élőhelyek védelmében, vízminőségi vizsgálatokban, valamint a modern technológiák, például drónok és szonárok alkalmazásában. Hangsúlyosnak tartják továbbá az akvakultúra fontosságát és kapcsolatát a környezetvédelemmel.

Ezek a tudástartalmak és multimediális, gyakorlati megközelítések lehetővé teszik a diákok számára, hogy élvezetesebben tanuljanak az akvakultúra világáról, miközben

aktívan részt vesznek a tanulási és tanítási folyamatokban és tapasztalatokat szereznek a valós életből.

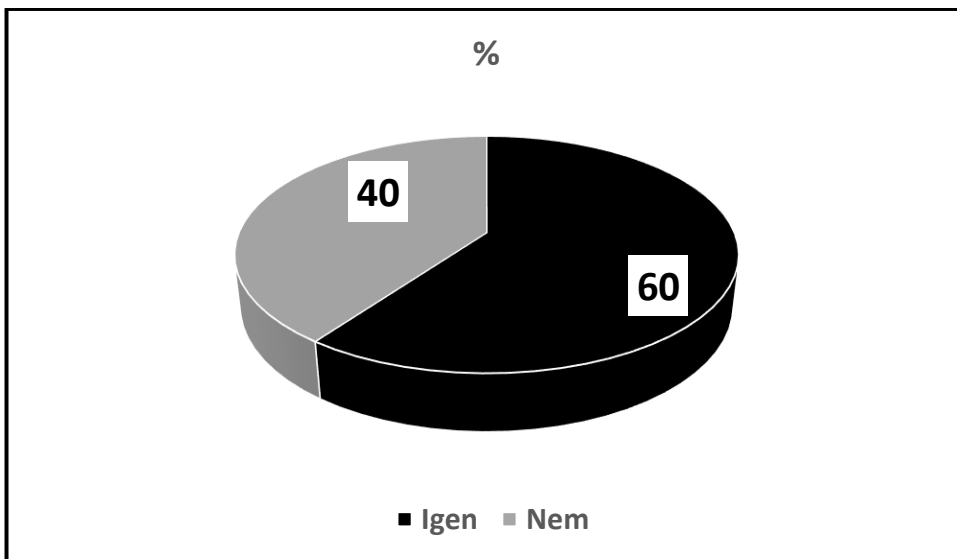
Az iskolák és a gyakorlati szakemberek együttműködési lehetőségei

A válaszadó tanárok 68%-a nyilatkozta azt, hogy tananyagai összeállításakor figyelembe veszi és felhasználja az adott terület elméleti és gyakorlati szakemberei által készített és közzétett szakmai anyagokat (3. ábra).



3. ábra. A tananyagai összeállításakor igénybe vesz a szakma által készített anyagokat?
(Forrás: saját adatgyűjtés, 2023, n=94, adatmegjelenítés: %)

A szakma szereplőivel a tematikus tanulmányutak alkalmával is van lehetősége találkozni a tanulóknak és a tanároknak. A válaszadó tanárok 60%-a számára biztosított ez a lehetőség (4. ábra).



4. ábra. Van lehetőségük iskolán kívüli tematikus tanulmányutakra?
(Forrás: saját adatgyűjtés, 2023, n=94, adatmegjelenítés: %)

A válaszadó tanárok szerint az akvakultúra ágazat pozicionálásához és vonzóvá tételéhez a fiatalok számára meghatározó fontosságú az ágazat szakmai szereplői és az agrárszakképzésben dolgozó tanárok közötti diskurzus megindítása, együttműködések kiépítése. Közös projekteken és különféle szakmai és iskolai programokon keresztül kellene kapcsolódási pontokat találni. Ezekon a fórumokon a cégek megoszthatnák az oktatókkal és a diákokkal a valós gyakorlati tapasztalatokat. Oktatók részére lehetőséget biztosíthatnának gyakorlati bemutatókra, továbbképzésekre és terepi bemutatókat, gyakorlati foglalkozásokat is tarthatnának. A kreativitásra és marketingre is nagyobb hangsúlyt kellene fektetni a cégeknek, készítve online tartalmakat, szervezve üzemlátogatásokkal egybekötött szakmai előadásokat.

Összefoglalás

Globálisan az akvakultúra ágazat termelékenységét tekintve óriási fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben. Ázsia és Afrika fejlődő országainak többsége leginkább az édesvízi és tengeri akvakultúra kínálatától függ és az Európai Unió országaiban is egyre hangsúlyosabb az ágazat szerepe. Ugyanakkor a szektort érintő energiaár növekedés, a takarmányalapanyagok és ennek következtében a tápok extrém áremelkedése, a bizonytalanra vált fogyasztói piacok, a vásárlóközönség árérzékenységének és tűrőképességének megjósolhatatlansága, a munkaerőhiány és a szakmai képzés hiánya szintén jellemzik és árnyalják az ágazat objektív képét. A szakemberhiány komoly probléma elé állítja a magyar akvakultúra ágazat szereplőit keresleti és kínálati oldalról egyaránt. Empirikus kutatásunk eredményeiből is láthatjuk, hogy az akvakultúra képzési oldalról korszerű fejlesztést és innovatív megújítást igényel. Ennek a nemzetgazdasági és ágazati stratégiai célnak az egyik táptalaja tud lenni az agrárszakképzés. A vizsgálati eredményeink alapján látható, hogy az oktatók

rendelkeznek azzal a digitális készséggel, nyitottsággal és együttműködési hajlandósággal, ami az ágazat munkaerőhiányának a csökkentéséhez szükséges. Természetesen ez csak a szakmai szervezetek és ágazati szereplők bevonásával és együttműködésével képzelhető el. A kutatás folytatásaként meg kell szólítanunk a piaci és további, érintett szereplőket, felmérve a valós igényeiket, együttműködési hajlandóságukat és lehetőségeiket az iskolákkal, annak érdekében, hogy kísérleti jelleggel elindulhasson egy PILOT képzés. A 3 éves szakmai képzés tematikája, a centralizált programtervi formában öltene alakot, melyben az akvakultúra egy szakmairányú duális képzésében realizálna (2-3. év).

Köszönetnyilvánítás

A közleményben szereplő kutatómunkát az Agrárminisztérium HAGF/212/2023 nyilvántartási számú pályázati projektje támogatta. Köszönet illeti a kérdőívet kitöltő tanár kollégákat.

Irodalom

- Almerich, G., Orellana, N., Suarez-Rodríguez, J., Díaz, I. **2016**. Teachers' information and communication technology competences: A structural approach. *Computers & Education*, 100:110-125. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.002>
- Belaya, V. **2018**. The Use of e-Learning in Vocational Education and Training (VET): Systematization of Existing Theoretical Approaches. *Journal of Education and Learning*, 7(5): 92-101.
- Beyer, L., Chan, C., LaPorte, P., Cheng-Sheng, L. **2023**. Assessing high school students' perceptions and preferences for aquaculture versus wild-caught seafood: The case of O'ahu, Hawai'i In: *World Aquaculture Society*, 54(4): 801-814.
- Brandt, J.O., Bürgener, L., Barth, M., Redman, A. **2019**. Becoming a competent teacher in education for sustainable development – learning outcomes and processes in teacher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(4): 630–653, <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2018-0183>
- Cabero-Almenara, J., Gutiérrez-Castillo, J.J., Palacios-Rodríguez, A., Barroso-Osuna, J. **2020**. Development of the teacher digital competence validation of DigCompEdu check-in questionnaire in the university context of Andalusia (Spain). *Sustainability*, 12(15): 6094. <https://doi.org/10.3390/su12156094>
- Cattaneo, A., Gurtner, J.L., Felder, J. **2021**. Digital tools as boundary objects to support connectivity in dual vocational education: Towards a definition of design principles. In: Zitter I, Kyndt E, Beusaert S (Eds.) *At the intersection of (continuous) education and work: Practices and underlying principles*. London, 137–157.
- Ghomi, M., Redecker, C. **2019**. Digital Competence of Educators (DigCompEdu): Development and Evaluation of a Self-assessment Instrument for Teachers' Digital Competence. 11th International Conference on Computer Supported Education. <https://doi.org/10.5220/0007679005410548>
- Guzman, A., Nussbaum, M. **2009**. Teaching competencies for technology integration in the classroom. *J. Comput. Assist. Learn.* 25: 453-469., <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00322.x>
- Koehler, M.J., Mishra, P. **2009**. What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9:60-70.

- Kontio, J., Lundmark, S. **2021**. Didactical dilemmas with mobile phones in vocational educational classrooms. In: INTED2021 Proceedings: 15th International Technology, Education and Development Conference, 8-9 March 2021, The International Academy of Technology, Education and Development, <https://doi.org/10.21125/inted.2021.1737>
- Lindsay, L. **2016**. Transformation of teacher practice using mobile technology with one-to-one classes: M-learning pedagogical approaches. *British Journal of Educational Technology*, 47(5), 883–892, <https://doi.org/10.1111/bjet.12265>
- McGarr, O., McDonagh, A. **2019**. Digital Competence in Teacher Education, Output 1 of the Erasmus+ funded Developing Student Teachers' Digital Competence (DICTE) project. <https://dicte.oslomet.no/>
- Rieckmann, M. **2018**. Chapter 2 - Learning to transform the world: key competencies in ESD. In Leicht A, Heiss J, Byun WJ (Eds.) *Education on the move. Issues and trends in education for sustainable development*, 39–59, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Roll, M., Ifenthaler, D. **2020**. Competence development across different learning contexts in industry 4.0. In: Aprea C, Sappa V, Tenberg R (Eds.) *Connectivity and integrative competence development in vocational and professional education and training*. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 185–209.
- Rosenberg, J.M., Koehler, M.J. **2015**. Context and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A Systematic Review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3):186-210 <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663>
- Tarasova, S. **2021**. Planning and piloting of an online course on aquatic sciences, fisheries, and aquaculture. *Book.Kyrgyzstan*
- Teo, T., Unwin, S., Scherer, R., Gardiner, V. **2021**. Initial teacher training for twenty-first century skills in the Fourth Industrial Revolution (IR 4.0): A scoping review. *Computers & Education*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104223>
- Urbányi, B., Lengyel, Sz., Bozáné Békefi, E., Bokor, Z., Fekete, R., Kobolák, J. **2023**. The current situation, prospects and expectations of aquaculture education from a domestic point of view. Manuscript (in Hungarian), *Halászat*, 116/1., pp. 27-32.
- Vare, P., Arro, G., Hamer, A., de Del Gobbo, G., Vries, G., de Farioli, F., Kadji-Beltran, C., Kangur, M., Mayer, M., Millican, R., Nijdam, C., Réti, M., Zachariou, A. **2019**. Devising a Competence-Based Training Program for Educators of Sustainable Development: Lessons Learned. *Sustainability*, 11(7), 1890. <https://doi.org/10.3390/su11071890>
<https://www.bridges.eu/partners/guri-kunna-upper-secondary-school-vet-school>
<https://www.ssrvcz/a-621-about-the-school.html>

A RASOPTA PROJEKT BEMUTATÁSA

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

¹*HUN-REN Állatorvostudományi Intézet, Budapest, Hungária krt, 21,
e-mail: hazim.sajiri@vmri.hun-ren.hu*

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

A RASOPTA projektet az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs programja támogatja (MSCA Doctoral Networks). Új technológiák és gyakorlatok kialakításán dolgozik a biztonságos és fenntartható haltermelés érdekében recirkulációs akvakultúra-rendszerekben (RAS). A konzorcium elsődleges kutatási céljai közé tartozik az európai élelmiszerellátás, és gazdaság szempontjából jelentős halfajok termelési menedzsmentjében tapasztalható tudásbéli hiányosságok felismerése és megszüntetése.

Ennek érdekében a projekt keretein belül, 12, kutatói pályája elején járó PhD hallgató (ESR) a recirkulációs akvakultúra-rendszerekkel kapcsolatos oktatása is zajlik, hogy a magasan képzett fiatal kutatók új generációját hozza létre az akvakultúra területén. A kutatási és képzési folyamat három szorosan integrált munkacsomagot (WP) foglal magában, egyesítve az akadémiai szakértelmet a RAS-ipar gyakorlati tapasztalataival, az európai akvakultúrákban termelt fajok előállítására terén.

A munkacsoportok feladata olyan tényezők tanulmányozása és jobbítása, mint a vízminőség ingadozása (WP1), a halhús minőségét negatívan befolyásoló mellékízék megjelenésért felelős tényezők (WP2), valamint a halegészségügyi és állatjóléti problémák (WP3), melyek jelentősen korlátozhatják a gazdaságos haltermelést a RAS rendszerekben.

Az projektben dolgozó fiatal kutatók fő feladata ezen problémákat okozó tényezők feltárása. A WP1 munkacsomagban dolgozó három diák (ESR1, 2 és 3) célja a vízminőség javítása a bioszűrők optimalizálásával a jó mikrobiális és kémiai vízminőség elérése érdekében; a RAS rendszerekben jellemzően nagy mennyiségben előforduló mikrorészecskék biológiai szerepének azonosítása; a vízi bakteriális közösségek hatásának vizsgálata a halak mikrobiomjára. A WP2-ben tevékenykedő négy ESR (4, 5, 6, 7) a vízben és halban előforduló domináns mellékízék azonosítását végzi édesvízi és tengeri RAS rendszerekben. Vizsgálják az ízromlásért felelős mikroorganizmusok ökológiáját, a mellékízékért felelős vegyületek lebontására képes baktériumok izolálásával feltérképezik a biológiai eliminálás lehetőségét; valamint hagyományos és újonnan fejlesztett haltakarmányok tesztelésével tanulmányozzák azok halhús ízminőségre való hatását. A WP3-ban részt vevő öt ESR (8, 9, 10, 11, 12) a leggyakoribb betegségeket okozó baktériumok és halparaziták visszaszorítására, a haljóléti értékelési rendszerek felállítására és a biológiai biztonságra vonatkozó eljárások kidolgozására összpontosít az intenzív rendszerekben.

A három szorosan kapcsolódó munkacsoport által megszerzett eredmények központi szerepet játszanak majd egy a halegészségügyi és vízminőségi problémák korai felismerésére alkalmas DNS -alapú chip kifejlesztésében.

A RASOPTA projekt megvalósulása olyan pozitív változásokat ígér a RAS rendszerek üzemeltetői számára, mint például (I) a halak jólétének és egészségének javítása a stressz, a betegségek és az antibiotikumok használatának csökkentésével, (II) a fenntarthatóság és a gazdaságos termelés támogatása a jó vízminőség-gazdálkodási protokollokon keresztül, valamint a környezetterhelés csökkentése, továbbá (III) a fogyasztók számára nemkívánatos mellékíz-összetevők kiiktatása.

Támogatás: European Union's Horizon 2020, Marie Skłodowska-Curie (956481)

INTRODUCING RASOPTA PROJECT

**Wan Muhammad Hazim WAN SAJIRI^{1,2}, Csaba SZÉKELY¹,
Boglárka SELLYEI¹**

*¹HUN-REN Veterinary Medical Research Institute, Hungarian Research
Network, 21, Hungária krt., H-1143, Budapest, Hungary,
e-mail: hazim.sajiri@vmri.hun-ren.hu*

*²Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science (Agricultural
Science), Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
1. Páter Károly str, H-2100, Gödöllő, Hungary.*

RASOPTA is a consortial project funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme. It works on the development of new technologies and practices for safe and sustainable fish production in aquaculture systems with water recirculation. The consortium's primary research objectives include identifying and closing knowledge gaps in the production of fish species that are critical to the European food supply and economy. The RASOPTA training aims to educate 12 early-stage researchers (ESRs) in the most advanced production technologies in recirculating aquaculture systems (RAS) to create a new generation of highly skilled young researchers within the aquaculture discipline. This research training is conducted across three closely integrated work packages (WPs), combining academic expertise with practical experience from the RAS industry in the production of main aquaculture species for the European market.

The WPs aim to study and mitigate factors such as water quality fluctuations (WP1), fish-spoiling off-flavours (WP2), and fish health and welfare problems (WP3) that could severely limit fish production in RAS. The main task of the ESRs is to uncover the background of these limiting factors.

The aim of ESRs 1, 2, and 3 in WP1 is to improve the water quality in RAS by optimizing biofilters for improved microbial and chemical water quality, by identifying the biological role of microparticles that are typically abundant in RAS water, and by determining the effects of water microbes on the fish microbiome.

In WP2, four ESRs (4, 5, 6, 7) work together on the identification of dominant off-flavours in water and fish from freshwater and marine RAS, by revealing the microbial ecology of the off-flavour-producing microorganisms; by testing conventional and newly created fish feeds for the content of off-flavours and, by isolation of off-flavour degrading bacteria that can assist in the elimination of off-flavour agents.

The five ESRs (8, 9, 10, 11, 12) involved in the WP3 focus on controlling the abundance of disease-causing common bacteria and fish parasites in RAS, evaluating fish welfare in intensive fish production systems, and establishing procedures for biosecurity. The three closely linked WPs share a central pivot in developing a DNA-based chip as an early warning tool for typical health and water quality risks in the RAS.

The RASOPTA project implementation brings benefits and positive impacts to the RAS industry, such as (I) improving fish welfare and health by reducing stress, diseases, and antibiotic use, (II) supporting sustainability and economic production through protocols for good water quality management and reducing environmental impact, and (III) by eliminating the off-flavour components undesirable to the consumers.

Funding: The European Union's Horizon 2020, Marie Skłodowska-Curie (956481)

Környezet

BÉKALENCSE (LEMNACEAE) FAJOK BIOLÓGIAI SZŰRŐKÉNT VALÓ ALKALMAZÁSA AZ INTENZÍV HALTERMELÉSBEN

MOLNÁR Péter István¹, BÉNYI Benedek Csaba², LELESZ Judit Éva²,
BÁRSONY Péter², FEHÉR Milán²

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

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

Kivonat

Az afrikai harcsa a hazai intenzív akvakultúra legnagyobb mennyiségben előállított halfaja. A termelés során jelentős mennyiségű és magas tápanyagtartamú elfolyóvíz keletkezik, melynek kezelése mindig is kihívást jelentett. Annak érdekében, hogy az ágazat gazdasági és környezeti fenntarthatóságát növeljük, fontos a biológiai szűrés hatékonyságának növelése, illetve az elfolyóvíz passzíválása. A békalencse fajok gyors növekedésre, illetve nagy mennyiségű és folyamatos biomassza termelésre képesek, emellett jelentős tápanyageltávolító kapacitással rendelkeznek. Kísérletünkben ezért az apró békalencse (*Lemna minor*) biológiai szűrőként való alkalmazási lehetőségeit vizsgáltuk a *Heteroclaris* hibrid harcsa ivadéknevelése során. Ennek érdekében két, víztérfogatában és felépítésében azonos kísérleti recirkulációs rendszer alakítottunk ki, melyek egyikében akvapónikus körülmények között apró békalencsét neveltünk. A vizsgálat során nyomon követtük a nitrogén- és foszfor-formák koncentrációját, illetve a kísérlet végén meghatároztuk a halak termelési paramétereit. Az eredmények azt mutatták, hogy a kiegészítő biológia szűrőként alkalmazott apró békalencse jelentős mennyiségű tápanyagot vesz fel a rendszervízből, amely elsősorban a nitrát és ortofoszfát koncentráció csökkenésében nyilvánult meg. A kedvező vízminőség javította a harcsa ivadékok megmaradását és a biomassza növekedését.

Kulcsszavak: afrikai harcsa, *Heteroclaris*, *Lemna minor*, intenzív haltermelés, biológiai szűrés

Abstract

African catfish is the most important fish species of the Hungarian intensive aquaculture sector, but the production generates significant quantities of wastewater with high nutrient content. Increasing the efficiency of biological filtration and passivation of wastewater can improve the economic and environmental sustainability of the sector. Duckweed species are capable of rapid growth, high and continuous biomass production, as well as have a high nutrient removal capacity. In our experiment, the potential of Common duckweed (*Lemna minor*) as a biological filter was investigated

for the rearing of hybrid catfish *Heteroclaris* juveniles. Two experimental recirculation aquaculture systems were set up, with identical water volume and design, in one of which duckweed was cultured under aquaponic conditions. During the study, the concentrations of nitrogen and phosphorus forms were monitored and the production parameters of the fish were determined at the end of the experiment. The results showed that the duckweed used as a supplementary biological filter absorbed significant amounts of nutrients from the water, which was mainly reflected in a decrease in nitrate and orthophosphate concentrations. The favourable water quality improved the survival and biomass growth of catfish individuals.

Keywords: African catfish, *Heteroclaris*, *Lemna minor*, intensive aquaculture, biological filtration

Bevezetés

A magyarországi intenzív akvakultúra ágazat legfontosabb halfaja az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), amely a ponty után a második legnagyobb mennyiségben előállított halfajunk. A 4500 tonnát is meghaladó étkezési méretű afrikai harcsa termelésünk hazánkat az Európai Unió legnagyobb termelőjévé teszi (MAHAL, 2023). Az afrikai harcsa gyors növekedéssel, kedvező takarmányértékesítéssel és magas technológiai tűrőképességgel rendelkezik, ugyanakkor a vundu harcsával (*Heterobranchus longifilis*) történő keresztezés eredményeként előállított hibridek növekedési erélye és ellenállóképessége tovább növelhető (Ekelemu J.K. 2010).

A hibridben rejlő genetikai potenciál kihasználása érdekében az ivadékokat magas takarmányozás intenzitása mellett nevelik, amely 1 és 10 grammos testtömeg között akár a biomassza 10%-át is elérheti (Hecht T. 2013). Az intenzív takarmányozás eredményeként nagy mennyiségű, magas szervesanyag tartalmú elfolyóvíz keletkezik, melynek terheltsége egyenesen arányos a haltermelés intenzitásával (Turcios és mtsai. 2014). Az afrikai harcsa előállítása során keletkező elfolyóvíz mennyisége és összetétele nemcsak a termelés ökológiai lábnyomát, de annak gazdaságosságát is alapvetően befolyásolhatja, elsősorban a recirkulációs rendszerek vizének temperálása vonatkozásában.

A békalencse fajokat széles körben alkalmazzák a különböző eredetű szennyvizek ártalmatlanításában, mivel széles ökológiai tűrőképességgel, nagy tápanyageltávolító kapacitással és rendkívül gyors növekedéssel jellemezhetők (Oron G. 1994; Körner és mtsai. 2003; Ozengin N. és Elmaci A. 2007; Sun és mtsai. 2020; Yahaya és mtsai. 2022). A növényi biomassza biológiai szűrőként való alkalmazása jelentősen csökkentheti a haltermelés során keletkező elfolyóvíz szerves anyag tartalmát, ezáltal képes mérsékelni az intenzív akvakultúra rendszerek környezeti terhelését.

Kísérletünk célja az apró békalencse (*Lemna minor*) biológiai szűrőként való alkalmazási lehetőségeinek, illetve tápanyag eltávolító képességének feltárása volt a hibrid harcsa intenzív ivadéknevelése során. Ennek érdekében két, víztérfogatában és felépítésében azonos kísérleti recirkulációs rendszer alakítottunk ki, amelyek egyikében akvapónikus körülmények között apró békalencsét neveltünk. A vizsgálat során nyomon követtük a nitrogén- és foszfor-formák koncentrációját, illetve a kísérlet végén meghatároztuk a halak termelési paramétereit.

Anyag és módszer

A 28 napos kísérletet a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumában állítottuk be. A vizsgálatot két, egymástól független, ugyanakkor felépítésében, működésében és víztérfogatában azonos recirkulációs akvakultúra rendszerben (RAS) hajtottuk végre. Mindkét egység 4-4 db, egyenként 100 literes műanyag körkábból állt, amelyeket 50 liter vízzel töltöttünk fel. A rendszerek mechanikai és biológiai szűrését egy-egy japán filterrel és műanyag biológiai töltettel ellátott tószűrő végezte. Mindkét egység rendelkezett egy-egy 100 literes tartállyal, amelybe a víz forgatását végző szivattyút helyeztük. A Kontroll (K) RAS esetében az egységet egy 100 literes puffer káddal egészítettük ki, míg az akvapónikus rendszer (BL) esetében 100 literes víztérfogatban apró békalencsét neveltünk, amelyből a kísérlet kezdetén 240 grammot helyeztünk ki. A kísérlet során napi 10 órás megvilágítást alkalmaztunk (4 x 100 W, 6000 K).

A kísérleti halállomány $1,52 \pm 0,18$ gramm átlagtömeeggel rendelkező *Heteroclaris* hibrid harcsa volt, amely mesterséges szaporításból származott (az anyaállományt a CLARI Kft. biztosította). A vizsgálat kezdetén minden kádba 100-100 darab harcsát helyeztünk ki. A halak takarmányozása kereskedelmi forgalomban kapható, 1 mm-es szemcseméretű táppal (Aqua Garant Start) történt. A kísérlet során napi 5%-os takarmányozás intenzitást alkalmaztunk. A takarmány adagok kijuttatása 3 óránként, összesen napi 8 alkalommal történt, 08:00 és 17:00 óra között kézzel, 20:00 és 05:00 óra között automata etető (JBL AutoFood) segítségével.

A vizsgálat során a víz hőmérsékletét (T: $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$) és az oldott oxigéntartalmat (DO: $6 \pm 0,3$ mg/l) naponta ellenőriztük, HACH HQ30d hordozható mérőműszer segítségével. Hetente 2 alkalommal, mindkét rendszer esetében meghatároztuk a nitrogén-formák ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) és az ortofoszfát ($\text{PO}_4\text{-P}$) koncentrációját (HACH Lange DR/3900 spektrofotométer).

A kísérlet végén meghatároztuk a halak megmaradását (%), egyedi nedves testtömegét (g), a biomassza növekményt (g), a növekedési ütemet (SGR, %/nap), a takarmányértékesítést (FCR, g/g) és a szétnöves mértékét (CV%). A termelési paraméterek és a vízminőségi vizsgálatok eredményeinek statisztikai értékelése két mintás t-próbával történt ($p < 0,05$).

Eredmények és következtetések

A kísérlet végén bizonyos termelési paraméterek vonatkozásában statisztikai eltérést találtunk a kontroll és az akvapónikus, békalencsével kezelt (BL) csoportok között (1. táblázat). A BL kezelés esetében a kontrollhoz képest nagyobb megmaradást tapasztaltunk, amely kedvezően hatott az állomány biomassza növekményére is. Az egyedi nedves testtömeg, a növekedési ütem, a takarmányértékesítés és az állomány egyöntetűsége nem mutatott eltérést.

1. táblázat. A halak termelési paramétereit és a vízminőség vizsgálatok eredményei

	Kezelések	
	KONTROL	BL
Termelési paraméterek		
Megmaradás (%)	54±12,36	75±12,14*
Egyedi testtömeg (g)	3,74±0,78	3,51±0,25
Biomassza növekedés (g)	134,89±73,30	247,89±59,95*
Növekedési ütem (SGR, %/nap)	3,39±1,21	2,98±0,60
Takarmányértékesítés (FCR, g/g)	1,59±0,37	1,28±0,15
Egyöntetőség (CV%)	48,30±9,38	37,57±7,49
Vízminőségi paraméterek		
Ammónia (NH ₃ -N, mg/l)	0,30±0,38	0,25±0,17
Nitrit (NO ₂ -N, mg/l)	0,20±0,25	0,12±0,13
Nitrát (NO ₃ -N, mg/l)	6,01±1,71	3,49±1,13*
Ortofoszfát (PO ₄ -P, mg/l)	0,31±0,10	0,13±0,07*

A békalencsével kezelt recirkulációs rendszerben a kísérlet hetei során szignifikánsan alacsonyabb nitrát és ortofoszfát koncentrációt mértünk. Az átlagos ammónia és nitrit koncentráció esetében nem tapasztaltunk statisztikai eltérést a kezelések között. A 28 napos vizsgálat végén összesen 1495 gramm békalencse nedves biomasszát takarítottunk be, amely a kezdeti 240 grammhoz képest több, mint 6-szoros növekedést jelent.

Összefoglalás

A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy az apró békalencse biológiai szűrőként való alkalmazása javítja a recirkulációs rendszer vízminőségét. A 28 napos vizsgálat során jelentős mennyiségű növényi biomassza keletkezett, amely elsősorban a rendszervíz nitrát és ortofoszfát koncentrációját csökkentette. A kedvezőbb vízminőség következményeként javult a *Heteroclaris* hibrid harcsa megmaradása, amely kihatott biomassza növekedésre is. A többi termelési paraméter vonatkozásában nem volt eltérés a két beállítás között. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hibrid harcsa és az apró békalencse hatékonyan integrálható az akvapónikus hal-növény nevelő rendszerekbe.

Irodalom

- Ekelemu, J.K. **2010**. Differential growth patterns of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus bidorsalis* and Hybrid *Heteroclaris* fed commercially prepared diets. *Agric. Biol. JN Am*, 1(4), 658-661.
- Hecht, T. **2013**. A review of on-farm feed management practices for North African catfish (*Clarias gariepinus*) in sub-Saharan Africa. *On-farm feeding and feed management in aquaculture*, 463-479.
- 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.
- MAHAL **2023**. Jelentés a Szervezet működésének 2022. évi eredményeiről.

- Oron, G. **1994**. Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production. *Agricultural water management*, 26 (1-2), 27-40.
- Ozengin, N., Elmaci, A. **2007**. Performance of Duckweed (*Lemna minor* L.) on different types of wastewater treatment. *Journal of Environmental Biology*, 28 (2), 307-314.
- 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.
- Turcios, A.E., Papenbrock, J. **2014**. Sustainable treatment of aquaculture effluents—what can we learn from the past for the future? *Sustainability*, 6(2), 836-856.
- 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.

HALÁSZATI ELFOLYÓVÍZ HATÁSA AZ EGYÉVES KONYHAKÖMÉNYRE (*CARUM CARVI* VAR. *ANNUUM*) -ELŐZETES EREDMÉNYEK

VALKOVSZKI Noémi Júlia¹, KUN Ágnes¹, SZÉKELY Árpád¹,
SZALÓKI Tímea¹, KOLOZSVÁRI Ildikó², TAVASZI-SÁROSI Szilvia³,
JANCSÓ Mihály¹

¹MATE, KÖTI, Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont, 5540 Szarvas
Anna-liget u. 35., Valkovszki.Noemi.Julia@uni-mate.hu

²MATE, Növénytermesztési-tudományok Intézet, 5540 Szarvas,
Anna-liget u. 35.

³MATE KTI Gyógy- és Aromanövények Tanszék, 1118 Budapest,
Villányi u. 29-43.

Kivonat

Az egyéves konyhakömény termőfelülete az elmúlt 30 évben 5000 ha-ról 27,8 ha-ra csökkent Magyarországon. A klímaváltozás hatására egyre szárazabb tavaszokon kelesztőöntözés nélkül már ki sem csírázik a kömény, pedig a magyar konyhakömény minősége világhírű volt korábban. Emiatt indokolttá vált az egyéves konyhakömény öntözéses termesztéstechnológiájának kidolgozása és az alkalmazható vízforrások felkutatása. Vizsgálatunkat a MATE KÖTI ÖVKI Liziméter Telepén végeztük 2023-ban. Három kezelés (Ö0: öntözetlen kontroll, Ö1: termálvíz eredetű intenzív afrikai harcsa nevelésből származó elfolyóvíz, Ö2: 312 g/m³ gipsszel javított és 1 elfolyóvíz: 2 Holt- Körös víz arányban hígított öntözővíz) hatását figyeltük meg az egyéves konyhakömény növénymagasságán, ernyőszámán, gyökérhosszán, növénytűrűségén, hozamán, illóolaj-tartalmán és -összetételén, valamint vetőmagminőségén. Eredményeink alapján bizonyítani tudtuk, hogy a halnevelésből származó elfolyóvíz alkalmazásával az egyéves konyhakömény egységnyi felületről betakarított ikerkaszat hozama közel kétszerese az öntözetlen terület hozamának (Ö1:49,32±10,33 g/m², Ö0: 25,43±7,02 g/m²). Illóolaj-tartalom tekintetében igaz, hogy az öntözetlen kezelésből származó kaszatoknak volt magasabb az értéke ml/ 100 g szárazanyagra vonatkoztatva (Ö0:6,02±1,60, Ö1:4,25±0,26, Ö2:5,08±1,24), mégis az egységnyi felületről az elfolyóvízes kezelések adták a nagyobb illóolaj hozamot (Ö0:1,53 ml/m², Ö1:2,10 ml/m², Ö2:2,07 ml/m²). 16 illóolaj komponenst tudtunk azonosítani. A d-karvon (Ö0: 52,32±3,72, Ö1:54,43±3,14, Ö2:56,16±0,64) és a limonén (Ö0:41,65±2,77, Ö1:40,00±2,08, Ö2:34,91±1,87) tekinthető fő komponensnek. Az illóolaj minőséget vizsgálva szignifikáns kezeléshatást tudtunk bizonyítani a limonén, a béta-mircén, a p-cimol, a béta-elemén és a germakrén-D komponensek esetében. A vetőmag minőség szempontjából fontos csírázási százalék esetén az elfolyóvízes kezelés hasonlóan jónak

tekinthető, mint az öntözetlen, hiszen statisztikailag igazolható különbség nincs közöttük (Ö0:75,33±7,57%, Ö1:68,67±5,77%, Ö2: 66,67±11,37%).

Kulcsszavak: egyéves konyhakömény, elfolyóvíz, öntözés, illóolaj, vetőmag minőség

Abstract

The area of annual caraway (*Carum carvi* var. *annuum*) cultivation in Hungary has decreased from 5000 ha to 27.8 ha over the last 30 years. However, the Hungarian annual caraway was once world-renowned for its exceptional quality. Due to climate change, caraway cannot germinate without irrigation in dry springs, occur more often in the past few years. The quality of the Hungarian annual caraway used to be world famous, therefore. Because of that, developing irrigation techniques and finding suitable water sources are necessary for caraway cultivation. Our study was conducted at the MATE IES ÖVKI Lysimeter Station in 2023. Three treatments were applied to caraway (Ö0: non-irrigated control, Ö1: effluent from intensive African catfish farming with thermal water, Ö2: 312 g/m³ gypsum amended and 1 effluent: 2 Körös oxbow water diluted in a ratio) and their effects on various parameters were studied including plant height, number of umbels, root length, plant density, yield, essential oil content and composition as well as seed quality. Our results demonstrated that the yield of seeds harvested per unit area of annual caraway using effluent water from fish farming was almost twice that of the unirrigated area (Ö1: 49.32±10.33 g/m², Ö0: 25.43±7.02 g/m²). Regarding essential oil content, the crops from the non-irrigated treatment had a higher value in ml per 100 g dry matter (Ö0:6.02±1.60, Ö1:4.25±0.26, Ö2:5.08±1.24), but the effluent treatments gave the higher essential oil yield per unit area (Ö0:1.53 ml/m², Ö1:2.10 ml/m², Ö2:2.07 ml/m²). 16 essential oil components were identified. D-carvone (Ö0:52.32±3.72, Ö1:54.43±3.14, Ö2:56.16±0.64 %) and limonene (Ö0:41.65±2.77, Ö1:40.00±2.08, Ö2:34.91±1.87 %) were considered as the main components. When examining essential oil quality, significant treatment effects were demonstrated for limonene, beta-myrcene, p-cymene, beta-elemene and germacrene-D components. For seed quality, effluent water treatment is as good as non-irrigated treatment since there is no statistically proven difference in the germination percentage (Ö0:75.33±7.57%, Ö1:68.67±5.77%, Ö2: 66.67±11.37%).

Keywords: annual caraway, effluent water, irrigation, essential oil, seed quality

Bevezetés

Az egyéves konyhakömény (*Carum carvi* var. *annuum*) a magyar gyógynövénytermesztés egyik kiemelt minőségű gyógy- és fűszernövénye volt. A legnagyobb termőfelülettel (5000 ha) az 1990-es évek közepén rendelkezett. A termőfelület csökkenését a gyenge hozamok és a világpiaci alacsony felvásárlási ár (70-90 Eurocent/ kg) okozta az Európai Unióhoz történő csatlakozásunkat követő időszakban. Szakmai szempontból akkor tekinthető sikeresnek a konyhakömény termesztése, ha a terméshozam elérné vagy meghaladná a 2 t/ha-os kaszalmennyiséget (Valkovszki, 2011). A 2020 óta tartó egyre jobban érezhető téli és tavaszi csapadékhiány hatására az országban a köményvetések kelesztőöntözés nélkül ki sem

csíráztak, és kitércsázásra kerültek 2022-ben. Ha mégis megmaradt a vetés, akkor a légköriaszály következtében a termékenyülés maradt el és az ernyőkben steril, értéktelen, apró, kiégett kaszatokat találhattunk (Malya szóbeli közlés, 2023) A magyar kömény termőfelület 27,8 ha-ra csökkent 2022-re a Gyógynövény Szövetség és Terméktanács adatai alapján (Kidlovics, 2023).

Az egyéves konyhakömény évszázadok óta alkalmazott gyógy- és fűszernövény. Drogja az ikerkaszat termés (*Carvi fructus*), és az illóolaja (*Carvi aetheroleum*) melyek a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben, valamint az ESCOP monográfiákban (ESCOP, 2019) és a német gyógyszerkönyvekben is szerepelnek (DABV.) Fő hatóanyaga a 2-3,5%-ban felhalmozódó illóolaj (fele a kétévesben mért mennyiségnek). Az illóolaj főkomponense a d-karvon (50-70%) és a d-limonén. Kis mennyiségben tartalmaz dihidro-karvont, karveolt és dihidro-karveolt is (Raal és mtsai., 2012, Németh és Sváb, 2013). Az illóolaj kinyerés módja azonban nagyban befolyásolja az illóolaj-tartalmat és az összetételt is. A legnagyobb illóolaj kihozatalt a hidrodesszilláció eredményezi (András és mtsai., 2015). Az ikerkaszatok tartalmaznak még fehérjét (20%) zsírosolajat (14-22%) és szénhidrátot (15%) is (Németh és Sváb, 2013).

A konyhakömény felhasználása széleskörű: a húsipar, a konzervipar, sütőipar és a kozmetikai ipar is alkalmazza. Kiváló görcsoldó, szélhajtó. Az illóolaj antiszeptikus, így többek között alkalmazható *Eserichia coli* és *Staphylococcus aureus* ellen is (Sadowska és Obidoska, 1999). Vizes kivonata vércukorszint csökkentő (Eddokus és mtsai., 2004.) Forrázata asztmaellenes hatású (Haggat és mtsai., 2003). A rákterápiában is kezdik alkalmazni (Alobaidy és mtsai., 2019).

A burgonya tárolási ideje kicsírázás nélkül növelhető, ha a tárolótérben d-karvon tartalmú kömény illóolajat párologtatunk (Hartmans és mtsai., 1998, Şanlı, 2016).

A konyhakömény kivonata biológiai növényvédőszerként is bevethető számos növénypatogén baktérium és gomba, illetve állati kártevő ellen (Bhuiyan, 2010).

A szervestrágya és az aloe vera kivonat alkalmazása is növeli a kömény maghozamát, és illóolaj-tartalmát a kezeletlenhez képest (Khater és mtsai., 2020). Hasonlót állapítottak meg a *Moringa oleifera* levélkivonat alkalmazásával (Soliman, 2022).

Az eredményes termesztést nagyban meghatározza a jóminőségű vetőmag. Az 'SZK1' fajta esetében magkezelés nélkül Valkovszki (2011) 42-85% között csírázási %-ot rögzített. Míg a különböző ideig tartó (12-24-36 óra) és koncentrációjú vetőmagkezelés (PEG, KNO₃, KCl) hatására a kontrollhoz (46%) képest a legtöbb esetben javult a csírázási %, de a 61%-ot nem tudta meghaladni (Mirmazloum és mtsai., 2020).

A magyar köménytermesztés napjainkig főleg öntözetlen körülmények között zajlott. Az egyéves kömény esetében is bebizonyosodott, hogy az aszály szignifikánsan csökkentheti a maghozamot (Laribi és mtsai., 2009, Valkovszki, 2011). A csírázási %-ot a szárazság nem befolyásolta szignifikánsan (Seghatoleslami és mtsai., 2014). Az illóolaj-tartalom száraz, meleg időben magasabb a köményben (Acimović és mtsai., 2015; Laribi és mtsai., 2009). Ahhoz, hogy a jövőben még legyen hazai, jó minőségű köménymag, indokoltá vált az egyéves konyhakömény öntözéses termesztéstechnológiájának kidolgozása és az alkalmazható vízforrások felkutatása.

Anyag és módszer

Kísérlet helye

A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézetéhez tartozó Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont Liziméter Telepén végeztük Szarvason 2023-ban. A liziméterek kiváló lehetőséget nyújtanak számunkra, hogy a környező talajtól elszigetelt körülmények között megvizsgálhassuk az öntözővíz talajra és növényzetre gyakorolt hatását.

A kísérlet anyaga

A köztermesztésből származó egyéves konyhaköménymagot 2023. 03.14-én vetettük 36 cm-es sortávolságra a liziméterekben. Vetőmag mennyiség: 4,6 g/m², csírázási %: 59,33±10,26.

A kísérlet talaja

A talaj gyenge humusz tartalmú, gyengén savas kémhatású a 0-30 cm-es talaj mélységben, szénsavas mésztartalma kevesebb, mint 0,05 m/m%, fizikai talajfélesége agyag (Michéli és mtsai., 2015; Schad, 2016). A talaj nitrogén-ellátottsága gyenge, a foszfor-tartalom magas/túlzott, a talaj sok (250 mg/kg-nál több AL-K₂O) káliumot tartalmaz (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti terület talaj jellemzői 0-30 cm-es mélységben (Szarvas, 2023)

Minta mélység	pH (KCl)	KA	Vízben oldható összes só (m/m%)	Szénsavas mész (m/m%)	Humusz (m/m%)	Nitrit+ nitrát- N (KCl)	PO ₅ (AL)	K ₂ O (AL)	Na (AL)
0-30 cm	6,74	55,75	0,08	<0,05	1,9	11,61	768,25	383,42	237,92

Meteorológiai adatok

A 2023-as kísérleti évben a betakarításig (2023.08.03.) 129,2 mm-rel hullott kevesebb csapadék, mint átlagosan az 1981-2010 közötti 30 éves időszakban. Az áprilisi tölevélrózsás állapotban, a júniusi virágzási-kötődési időszakban, illetve a júliusi kaszattelítődési stádiumban jelentős csapadékhiányt rögzítettünk az átlaghoz képest. A vizsgált időszak átlaghőmérséklete közel 2 °C-kal volt magasabb a 30 éves átlagnál (2. táblázat).

2. táblázat. A kísérleti időszak és az 1981-2010 átlagos meteorológiai adatai (Szarvas, 2023)

	Havi csapadék-összeg (mm) 2023	Átlag-hőmérséklet (°C) 2023	Havi csapadék-összeg (mm) 1981-2010	Átlag-hőmérséklet (°C) 1981-2010
Január	49,9	4,6	29,1	-1,0
Február	15,1	3,0	29,9	0,5
Március	25,3	8,0	27,8	5,6
Április	19,3	9,9	42,0	11,5
Május	56,0	17,0	50,6	16,8
Június	20,1	20,6	61,3	19,8
Július	33,3	24,2	57,5	21,9
Augusztus 4-ig	0,8	23,3	50,7	21,4
Összeg/ Átlag	219,8	13,8	348,9	12,1

Módszer

Egy tényező, az öntözés hatását vizsgáltuk kezelésenként 4-4 liziméterben, összesen 30 db egyéves konyhakömény növény egyedi megfigyelésével és 12 m²-nyi termőfelület elemzésével.

A megfigyelés során három öntözési kezelést alkalmaztunk: Ö0: öntözetlen kontroll, Ö1: termásvíz eredetű intenzív afrikai harcsa nevelésből származó elfolyóvíz, Ö2: 312 g/m³ gipsszel javított és 1 elfolyóvíz: 2 Holt- Körös víz arányban hígított öntözővíz. 7 alkalommal juttattunk ki 15 ml öntözővizet a természetes csapadékhöz igazítva.

Teljes virágzásban (2023.07.20.) mértük az álló kultúrában a növénymagasságot (cm), a tövenkénti ernyőszámot (db/tő) és kiástunk kezelésenként 10 növényt, lemostuk a gyökereket, majd 15 percig szikkadni hagytuk és mértük a főgyökér hosszát (cm). A betakarítás alkalmával (2023.08.03.) megszámloltuk a m²-nyi felületen található egyedszámot, így kaptuk meg a sűrűséget (tő / m²). A kezelésenkénti teljes biomasszát (g/m²) CAS 25 típusú mérleggel (CAS Co. Ltd., Korea) mértük. Kézi cséplést végeztünk, majd 2 hetes természetes szárítást követően mértük a száraz kaszattömeget CAS MWP-1500 típusú mérleggel (CAS Co. Ltd., Korea).

Az egyéves konyhakömény illóolaj-tartalmát (ml/ 100 g szárazanyag) és összetételét (%) a MATE KTI Gyógy- és Aromanövények Tanszék Laboratóriumában vizsgáltuk. Az illóolaj-tartalom meghatározás a VII. Magyar Gyógyszerkönyv leírása alapján vízdesztillációval, az illóolaj-összetétel meghatározása GC-MS módszerrel történt, korábban kidolgozott eljárásunk alapján (Sárosi és mtsai., 2013). A vizsgálatokat kezelésenként 3 ismétlésben végeztük.

A vetőmagminőség meghatározásához kezelésenként 3 ismétlésben leszámoltunk 50 kaszatot, melyeket lemértünk Saltorius 2218 (Göttingen, Németország) analitikai mérleggel és ebből számoltuk az Ezer kaszat tömeget (Emt) (g). A kaszatok felületi fertőtlenítése 50 ml háztartási hypo-klorit és 60 ml desztilláltvíz keverékbe merítéssel

(30 sec) és desztilláltvizes lemosással (10 sec) történt. A csíráztatást szűrőpapírral bélelt Petri csészében végeztük 21°C-on, 65%-os páratartalom mellett, sötétben WTC Binder típusú klímasekényben 21 napig, 2 szűrőpapírcserével (5. nap és 14. nap). A csíráztatás kezdete: 2024.03.20.

Statisztikai értékelés

Az eredmények értékeléséhez MS Excel 2012 és az IBM SPSS 25 programokat alkalmaztuk. Leíró statisztikákkal határoztuk meg az átlag és szórás értékeket. Egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA, Tukey test, Games-Howel test) hasonlítottuk össze a három kezelés vizsgált paramétereinek varianciáit ($p=0,05$).

Eredmények és következtetések

Az egyéves konyhakömény növénymagassága, tövenkénti ernyőszáma és állománysűrűsége esetében nem találtunk szignifikáns kezeléshatást. Az azonban szembeűnő, hogy a halászlati elfolyóvízzel (Ö1) öntözött területen 54%-kal nagyobb volt az állomány sűrűsége az öntözetlenhez képest (Ö0) (3. táblázat).

3. táblázat. Az egyéves konyhakömény növény és állomány jellemzői az öntözési kezelések hatására (Szarvas, 2023)

	Ö0	Ö1	Ö2
Magasság (cm)	68,3±5,29 ^a	65,80±5,9 ^a	71,00±11,76 ^a
Ernyőszám (db/tő)	14,8±5,43 ^a	12,14±0,69 ^a	13,56±4,48 ^a
Sűrűség (db/m ²)	84,00±16,00 ^a	129,67±22,81 ^a	123,50±73,04 ^a

A gyökérhosszt vizsgálva megállapítottuk, hogy a legrövidebb gyökérrel az öntözetlen liziméterekből származó növények rendelkeztek, de nem volt igazolható kezeléshatás (4. táblázat).

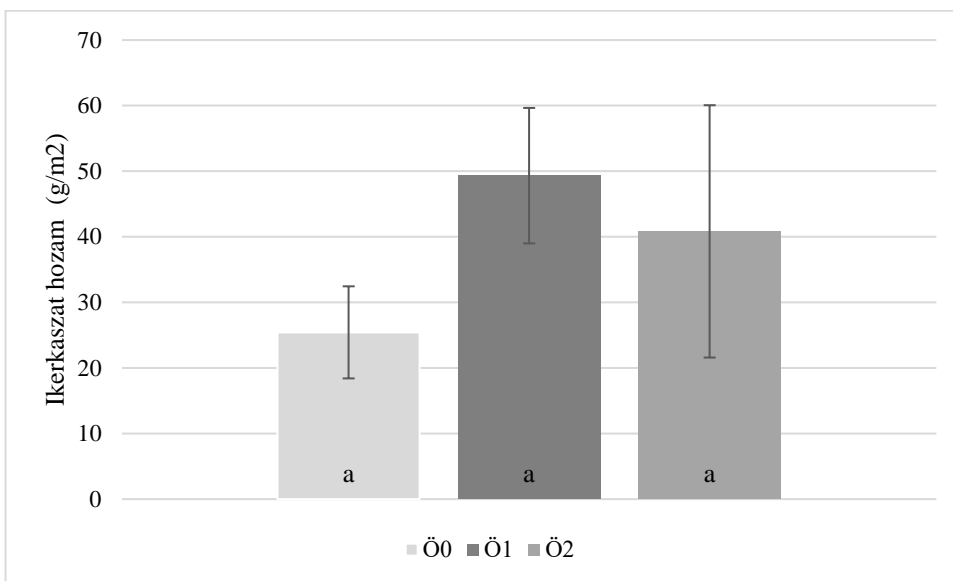
4. táblázat. Az egyéves konyhakömény gyökérhossza (cm) az öntözési kezelések hatására (Szarvas, 2023)

	Ö0	Ö1	Ö2
Gyökérhossz (cm)	11,00±1,94 ^a	12,40±2,80 ^a	14,00±4,52 ^a

A biomasszát vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az Ö0 kezelésből nyertük a legnagyobb növénytömeget, de a különbség statisztikailag nem bizonyítható. A tövenkénti hozamnál az Ö2 kezelés, míg az egységnyi felületről betakarított hozamnál az Ö1 kezelés eredményezte a legnagyobb értékeket (5. táblázat). Az öntözetlen kezeléshez képest a halnevelésből származó elfolyóvíz hatására majdnem megduplázódott a száraz kaszat hozam (93,94%-kal magasabb), de statisztikailag nincs bizonyítható kezeléshatás (1. ábra).

5. táblázat. Az egyéves konyhakömény biomassza (g/m^2) és hozam (g/tő) eredményei az öntözési kezelések hatására (Szarvas, 2023)

	Ö0	Ö1	Ö2
Biomassza (g/m^2)	246,67±48,56 ^a	238,33±28,43 ^a	229,67±36,20 ^a
Tővenkénti hozam (g/tő)	0,32±0,14 ^a	0,40±0,16 ^a	0,44±0,30 ^a



1. ábra. Az egyéves konyhakömény egységnyi felületről betakarított kaszat eredményei (g/m^2) az öntözési kezelések hatására (Szarvas, 2023)

Illóolaj-tartalom tekintetében igaz, hogy az öntözetlen kezelésből származó kaszatoknak volt magasabb az értéke $\text{ml}/100\text{ g}$ szárazanyagra vonatkoztatva (Ö0:6,02±1,60, Ö1:4,25±0,26, Ö2:5,08±1,24), mégis az egységnyi felületről az elfolyóvízes kezelések adták a nagyobb illóolaj hozamot (Ö0:1,53 ml/m^2 , Ö1:2,10 ml/m^2 , Ö2:2,07 ml/m^2). 16 illóolaj komponenst tudunk azonosítani. A d-karvon (Ö0: 52,32±3,72, Ö1:54,43±3,14, Ö2:56,16±0,64) és a limonén (Ö0:41,65±2,77, Ö1:40,00±2,08, Ö2:34,91±1,87) tekinthető fő komponenseknek. Az illóolaj-minőséget vizsgálva szignifikáns kezeléshatást tudunk bizonyítani a limonén, a béta-mircén, a p-cimol, a béta-elemén és a germakrén-D komponensek estében. Az öntözés hatására lecsökkent a limonén aránya, ezzel párhuzamosan pedig nőtt a d-karvon aránya az illóolajon belül (6. táblázat).

6. táblázat. Az egyéves konyhakömény illóolaj-tartalma (ml/100 g szárazanyag) és illóolaj komponensei (%) az öntözési kezelések hatására (Szarvas, 2023)

	Ö0	Ö1	Ö2
Illóolaj-tartalom (ml/100 g sza.)	6,02±1,60 ^a	4,25±0,26 ^a	5,08±1,24 ^a
<i>β</i> -mircén	0,54±0,02 ^{ab}	0,59±0,04 ^b	0,49±0,03 ^a
p-cimol	0,21±0,08 ^b	0,18±0,02 ^{b*}	0,11±0,01 ^{a*}
limonén	41,65±2,77 ^b	40,00±2,08 ^{ab}	34,91±1,87 ^a
<i>γ</i> -terpinén	0,26±0,02 ^a	0,33±0,07 ^a	0,22±0,01 ^a
cisz-limonén-oxid	0,63±0,24 ^a	0,38±0,06 ^a	0,36±0,10 ^a
transz-pinokarveol	0,27±0,10 ^a	0,17±0,02 ^a	0,15±0,04 ^a
cisz-dihidrokarvon	0,18±0,30 ^a	0,14±0,02 ^a	0,17±0,01 ^a
<i>transz</i> -dihidrokarvon	0,39±0,03 ^a	0,44±0,12 ^a	0,66±0,09 ^b
<i>transz</i> -karveol	0,50±0,13 ^a	0,37±0,04 ^a	0,31±0,14 ^a
cisz-karveol	0,25±0,08 ^a	0,24±0,11 ^a	0,29±0,14 ^a
d-karvon	52,32±3,72 ^a	54,43±3,14 ^a	56,16±0,64 ^a
perilla-aldehid	0,37±0,00 ^a	0,34±0,02 ^a	0,34±0,03 ^a
<i>β</i> -elemén	0,19±0,02 ^a	0,24±0,16 ^a	0,73±0,06 ^b
béta-kariofillén	0,28±0,02 ^a	0,34±0,16 ^a	0,52±0,09 ^a
<i>germakrén</i> -D	0,22±0,03 ^a	0,42±0,32 ^a	1,41±0,43 ^b
kariofillén-oxid	0,21±0,01 ^a	0,16±0,03 ^a	0,46±0,52 ^a

* Games-Howel

A vetőmag minőség szempontjából az elfolyóvízes kezelés hasonlóan jónak tekinthető, mint az öntözetlen területekről származó kaszatok csírázási százaléka, statisztikailag igazolható különbség nincs közöttük (Ö0:75,33±7,57%, Ö1:68,67±5,77%, Ö2: 66,67±11,37%). Az ezer kaszat tömeg (Emt) tekintetében az Ö2 kezelés adta a legjobb eredményt. A csírázási erély szempontjából, és a legkevésbé fertőzött kaszatokat tekintve is az öntözetlen kezelés tekinthető a legjobbnak, de a különbség itt sem szignifikáns (7. táblázat).

7. táblázat. Az egyéves konyhakömény vetőmagminőséget meghatározó eredményei az öntözési kezelések hatására (2024, Szarvas)

	Ö0	Ö1	Ö2
Ezer kaszat tömeg (g) (Emt)	3,51±0,13 ^a	3,48±0,36 ^a	4,41±0,71 ^a
Csírázási erély (%) 7. nap	61,33±8,08 ^a	60,67±6,11 ^a	60,67±11,37 ^a
Csírázási százalék (%) 21. nap	75,33±7,57 ^a	68,67±5,77 ^a	66,67±11,37 ^a
Fertőzött kaszatok (%)	22,00±6,00 ^a	30,00±4,00 ^a	33,33±11,37 ^a

Összefoglalás

Eredményeink alapján az egyéves konyhakömény a jövőben csak öntözött körülmények között lesz sikeresen termesztendő Magyarországon. Bizonyítani tudtuk, hogy az intenzív afrikai harcra nevelésből származó elfolyóvíz jelentős kaszat és illóolaj hozamnövelő hatású az egyéves konyhaköménynél. A halnevelésből származó, termásvíz eredetű mezőgazdasági hulladékvíz alkalmazása nem okoz káros hatást a konyhakömény fejlődésében, terméshozamában, és drog-, valamint vetőmag minőségében. A jövőbeli célunk, hogy folytassuk a kísérleteket, és azok eredményeire alapozva kidolgozzuk a körforgásos gazdálkodásban alkalmazható öntözési természetstechnológiát.

Köszönetnyilvánítás

A MATE KÖTI ÖVKI valamennyi kollégájának köszönjük a lelkiismeretes munkáját!

Irodalom

- Acimović, M.G., Dolijanović, Ž.K., Oljača, S.I., Kovačević, D.D., Oljača, M.V. **2015**. Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 14(1), 95–103.
- Alobaidy, N.A., Ali, H.H., Thabit, Z.A. **2019**. Study of the effect of crude extracts and oil extract for the seeds of the (Carum carvi L.) plant on the cancerous cellular lines L20B and SR. *Journal of Garmian University*, 6(1), 625–639.
- András, Cs.D., Salamon, V.R., Volf, I., Barabás, I., Dobri, E., Szép, A. **2015**. A kinyerési módszer befolyása a vadkömény-illóolaj kihozatalára és főkomponenseire: The Effect of Extraction Methods on Caraway Essential Oil Yield and Composition / Influența metodelor de extracție asupra gradului de extracție și a componenților majori din uleiul volatil de chimen sălbatic. *Műszaki Szemle*, 14(2), 341–350.
- Bhuiyan, M. **2010**. Antimicrobial Activity of Essential Oil from Seeds of &iCarum carvi&i and Its Composition. *Bangladesh Journal of Microbiology*. https://www.academia.edu/22291276/Antimicrobial_Activity_of_Essential_Oil_from_Seeds_of_i_Carum_carvi_i_and_Its_Composition
- Eddoukus, M., Lemhardi, A., Michel, J.B. **2004**: Caraway and caper: potential anti-hyperglycaemic plants in diabetic rats. *Journal-of-Ethnopharmacology*. 94. (1) 143-148.
- ESCOPE Monographs **2019** Caraway. www.escop.com

- Haggat, E.G., Abou-Moustafa, M.A., Boucher, W., Theoharides, T.C. **2003**. The effect of a herbal water extract on histamine release from mast cells and on allergic asthma. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 3. (4) 41-54.
- Hartmans, K.J., Osterhaven, K., Gorris, L.G.M., Smid, E.J. **1998**: Application of S-carvone as potato sprout suppressant and control agent of fungal storage diseases. In CARAWAY, The Genus Carum Edited by Éva Németh. Harwood Academic Publishers. 175-193.
- Hassan, F., Ali, E. **2016**. Water Requirements of Drip Irrigated Cumin and Their Effects on Growth, Yield and Some Physiological As Well As Biochemical Parameters. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(3), 178–191.
- Khater, R., Abd-Allah, W.H.A., El Shafay, R.M.M. **2020**. Effect of Organic Fertilization and Spraying Aloe Vera Extract on the Growth and Productivity of Carum Carvi L. Plant Under Shalateen Conditions in Egypt. *Plant Archives*, 20(2), 4959–4971.
- Kidlovics, S. **2023**. Annual report Hungarian Medicinal Plant Association EUROPEAN Winter Meeting, 5th December 2022, Paris
- Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B. **2009**. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.005>
- Michéli, E., Fuchs, M., Láng, V., Szegi, T., Dobos, E., Szabóné Kele, G. **2015**. Javaslat talajosztályozási rendszerünk megújítására: Alapelvek, módszerek, alapegységek. *Agrokémia És Talajtan*, 64(1), 285–297.
- Mirmazloun, I., Kiss, A., Erdélyi, É., Ladányi, M., Németh, É.Z., Radácsi, P. **2020**. The Effect of Osmopriming on Seed Germination and Early Seedling Characteristics of *Carum carvi* L. *Agriculture*, 10(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040094>
- Németh, É., Sváb, J-né **2013**. *Carum carvi*-Konyhakömény In: Bernáth, J. vadon termő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 210-214.
- Raal, A., Arak, E., Orav, A. **2012**. The content and composition of the essential oil Found in *Carum carvi* L. commercial fruits obtained from different countries. *Journal of Essential Oil Research*, 24(1), 53–59. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.646016>
- Sadowska, A., Obidoska, G. **1998**. Pharmacological uses and toxicology of caraway. In: NÉMETH É.(Szerk.) Caraway: The Genus Carum. Harwood Academic Publishers, Amsterdam. 165-174.
- Şanlı, A. **2016**. Caraway (*Carum carvi* L.) seed treatments and storage temperature influences potato tuber quality during storage. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. https://www.academia.edu/105512746/Caraway_Carum_carvi_L_seed_treatments_and_storage_temperature_influences_potato_tuber_quality_during_storage
- Sárosi, S., Sipos, L., Kókai, Z., Pluhár, Z., Szilvássy, B., Novák, I. **2013**. Effect of different drying techniques on the aroma profile of *Thymus vulgaris* analyzed by GC-MS and sensory profile methods. *Industrial Crops and Products*, 46, 210–216.
- Schad, P. **2016**. The International Soil Classification System WRB, Third Edition, 2014. In L. Mueller, A. K. Sheudshen, & F. Eulenstein (Eds.), *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia* 563–571. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24409-9_25
- Seghatoleslami, M., Mousavi, G., Nassiri, H. **2014**. Effect of Irrigation and Planting Date on the Selected Morphophenological and Quality Traits of Ajowan (*Carum copticum* BENTH. & HOOK.F. *Journal of Medicinal Plants and By-Products (JMPB)*, 2, 97–106.
- Shivran, A., Dudwal, B., Mittal, G., Kumawat, G., Ram, M., Mandeewal, R., Karan, S. **2023**. Effect of irrigation management on growth, yield, water use efficiency and economics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). 54, 12467–12475.
- da Silva, V. de P., de Sousa, I.F., Tavares, A.L., da Silva, T.G.F., da Silva, B.B., de Holanda, R.M., de Brito, J.I.B., Braga, C.C., de Souza, E.P., Silva, M. T. **2018**. Evapotranspiration,

- crop coefficient and water use efficiency of coriander grown in tropical environment. *Horticultura Brasileira*, 36, 446–452. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180404>
- Soliman, Y. **2022**. Growth and yield of caraway plants (*Carum carvi* L.) As influenced by organic fertilizer and moringa leaves extract under newly reclaimed soils. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 187–196.
- Valkovszki, N.J. **2011**. Az egyéves konyhakömény (*Carum carvi* var. *Anuum*) termesztéstechnológiai feltételeinek optimalizálása csernozjom réti talajon. *Doktori dolgozat*, 1–123.

A FENNTARTHATÓSÁG ÉS ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSOK ELEMZÉSÉNEK MÓDSZEREI A HALTERMELÉSBEN

**BARDÓCZ Tamás¹, GYALOG Gergő², BÉKEFI Emese²,
SHARMA Priya², KEREPECZKI Éva³, FERINCZ Árpád⁴,
HALASI-KOVÁCS Béla⁵, URBÁNYI Béla⁶**

¹*ECOVISION Consulting, e-mail: bardocz@ecovision.hu*

²*MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont*

³*GFE, Pedagógiai Kar*

⁴*MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi
Halökológiai Tanszék, Agárd*

⁵*SCIAP Kutatás-fejlesztési és Tanácsadó Kft.*

⁶*MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék*

Kivonat

Az elmúlt években több hazai és külföldi tanulmány is vizsgálta a különböző akvakultúrák termelési rendszereinek és termékeik fenntarthatóságát, környezeti hatásait és ökoszisztéma szolgáltatásait. Az akvakultúra rendszerek környezeti fenntarthatóságának értékelésére általánosan használt eszköz az életciklus-elemzés (life-cycle assessment - LCA). Az LCA egy ISO-szabványosított módszertan, amely számszerűsíti a termékek és rendszerek teljes életciklusa során, azaz a nyersanyagok kitermelésétől a gyártáson és felhasználáson vagy üzemeltetésen keresztül a végső leszerelésig és ártalmatlanításig az ökoszisztémákra, az emberi egészségre és a természeti erőforrásokra gyakorolt hatásokat. Míg a fenntarthatósági mutatók számítása és értékelése módszertanilag jól meghatározott és az akvakultúra rendszerekről számos adat áll rendelkezésre, addig a hazai haltermelés számára különösen fontos, haltermelés által létrehozott és fenntartott természeti értékek, valamint az azokhoz kapcsolódó ökológiai szolgáltatások mérési rendszere nem ennyire kidolgozott. Javasoljuk, hogy a halastavi ökoszisztéma élő és élettelen elemeit, valamint azok működési folyamatait, tekintsük a halastavak természeti értékeinek, amelyet a nemzetközi szakirodalom „environmental benefits” megnevezéssel határoz meg. Megfeleltetve a CICES osztályozási rendszerének, a halastavak által létrehozott és fenntartott természeti értékekből eredeztethetőek a különböző ökoszisztéma szolgáltatások. A fenntarthatósági mutatók mérésére egyelőre hiányoznak az átfogó hazai kutatások és a nemzetközi szakirodalomban is csak kevés adat áll rendelkezésre a ponty termelésre vonatkozóan. Ezen mutatók meghatározása a hazai akvakultúra termékekre, azért is nagyon fontos lenne, mert minél hamarabb el kell készíteni a hazánkban termelt halak, termék környezeti lábnyom (PEF) elemzését is.

Kulcsszavak: haltermelés, akvakultúra, fenntarthatóság, természeti érték, ökoszisztéma szolgáltatás

Abstract

METHODS FOR ANALYSING SUSTAINABILITY AND ECOSYSTEM SERVICES IN AQUACULTURE

In recent years, a number of national and international studies have studied the methodological framework for integrating available data and new research findings to measure, monitor and verify key performance indicators (KPIs) for sustainability and ecosystem services. A commonly used tool for assessing the environmental sustainability of aquaculture systems is life-cycle assessment (LCA). LCA is an ISO-standardised methodology that quantifies the impacts on ecosystems, human health and natural resources throughout the life cycle of products and systems, from raw material extraction, through production to final decommissioning and disposal. While the calculation and assessment of sustainability indicators are methodologically well defined and a large pool of data on aquaculture systems is available, the measurement system for the natural values created and maintained by pond fish aquaculture and the associated ecological services are much less researched. We propose to consider the intermediate ecosystem services including biophysical structures and processes with their function elements of the fish ponds as environmental benefits. In line with the CICES classification system, the environmental benefits created and maintained by fishponds can create different ecosystem services. There is also a lack of comprehensive national research data on sustainability indicators of carp production in the international literature. We identified the main data gaps where further research is needed to develop the environmental footprint (PEF) measurement framework for freshwater pond aquaculture products.

Keywords: sustainability, environmental impacts, ecosystem services, pond aquaculture, flow-through system, RAS

Bevezetés

A magyar haltermelés számára fontos lehetőség és ugyanakkor jelentős kihívás is, hogy mind ágazati, mind pedig tudományos szempontból leírja a hazánkban elterjedt haltermelési technológiák környezeti fenntarthatóságát és ökoszisztéma szolgáltatásait. Az elmúlt években több hazai és külföldi tanulmány is vizsgálta ezeket a kérdéseket, amelyek áttekintésével meghatározható az a módszertani keretrendszer, amelybe az elérhető adatokat és az új kutatási eredményeket beillesztve, mérhetővé, nyomonkövethetővé és ellenőrizhetővé válnak a fenntarthatóság és az ökoszisztéma szolgáltatások kulcsfontosságú teljesítménymutatói (KTM). Ezen mutatók alapján alakíthatóak ki azok a tanúsítási rendszerek, amelyek jelentősen segíthetik az ágazat termékeinek marketingjét és piac védelmét. A kulcsfontosságú teljesítménymutatók tudományos alapú mérése és publikálása elengedhetetlen a fenntarthatóságot és ökoszisztéma szolgáltatásokat elősegítő támogatási rendszerek megvalósításához is. Ezeknek a mutatóknak a mérése és dokumentálása a haltermelő vállalatok számára is egyre fontosabb lesz. Kéziratunkban összefoglaljuk a fenntarthatóság és az

ökoszisztéma szolgáltatások mérésének legfontosabb módszereit és az elérhető adatokat.

Anyag és módszer

Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) a fenntarthatóságot úgy határozza meg, hogy az egy olyan fejlesztési folyamat, amely lehetővé teszi a jelen szükségleteinek kielégítését anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk lehetőségeit arra, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket. Ez magában foglalja a gazdasági, társadalmi és környezeti tényezők egyensúlyát, hogy fenntartható legyen az emberi fejlődés. A FAO fenntarthatósági definíciója hangsúlyozza az erőforrások megőrzését és azoknak a jövőbeli generációkhoz való fenntartható átadását és ez alapján fogalmazta meg a 17 Fenntartható Fejlődési Célkitűzést (Sustainable Development Goals - SDGs), amely alapján a föld növekvő népességének ellátását biztosító élelmiszer termelést is fejleszteni kell.

Az Európai Unió (EU) fenntartható fejlesztési céljai az ENSZ fenntartható fejlesztési célokkal (SDG-k) összhangban lettek megfogalmazva és különböző területekre fókuszálnak, amelyek a fenntarthatósághoz hozzájárulnak. Az Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal - EGD) az EU átfogó környezetvédelmi stratégiája az éghajlatváltozás és a környezetromlás kezelésére. A "Farmtól a villáig" stratégia (Farm to Fork Strategy) az európai zöld megállapodás egyik legfontosabb szakpolitikai programja, amelynek célja az élelmiszerrendszerek igazságossá, egészségessé és környezetbaráttá tétele. A stratégia szerint át kell alakítanunk élelmiszer-rendszereinket, amelyek ma a globális üvegház hatású gázok (ÜHG) kibocsátásának közel egyharmadáért felelősek. A "Farmtól a villáig" stratégia célja, hogy felgyorsítsa a fenntartható élelmiszerrendszerre való átállást, amely átállás nem valósulhat meg az emberek étrendjének megváltoztatása nélkül. Ennek megvalósulásához egyrészt fejleszteni kell a fenntartható élelmiszer termelési rendszereket, másrészt a fogyasztókat is tájékoztatni kell az adott élelmiszer termék fenntarthatósági mutatóiról.

Ezen mutatók mérésére az élelmiszertermelő rendszerek környezeti fenntarthatóságának értékelésére általánosan használt eszköz az életciklus-elemzés (life-cycle assessment - LCA). Az LCA egy ISO-szabványosított módszertan, amely számszerűsíti a termékek és rendszerek teljes életciklusa során, azaz a nyersanyagok kitermelésétől a gyártáson és felhasználáson vagy üzemeltetésen keresztül a végső leszerelésig és ártalmatlanításig az ökoszisztémákra, az emberi egészségre és a természeti erőforrásokra gyakorolt hatásokat. Ritka kivételtől eltekintve az LCA vizsgálatok során csak az agártevékenység környezetre gyakorolt negatív hatásait veszik figyelembe, a temelt fajok élettani funkcióihoz, illetve az agrotechnológiai beavatkozásokhoz kapcsolódó ökoszisztéma szolgáltatásokat nem (Ulgiati és mtsai. 2006). Egyes tanulmányokban egyébként a karbonlábnyom és eutrofizációs lábnyom számítása során ellenkező előjellel figyelembe veszik az alacsonyabb táplálkozási szinten lévő fajok anyagforgalomban beöltött pozitív szerepét, pl. a kagylók élettani folyamataihoz kötődő szénmegkötést (Martini és mtsai. 2022; Turolla és mtsai. 2020).

A termék környezeti lábnyoma (product environmental footprint - PEF) az Európai Bizottság által 2021-ben bevezetett szabványosított módszer, amely a termékek

környezeti teljesítményének értékelését harmonizálja az Európai Unióban. Bár mind az LCA, mind a PEF a termékek környezeti hatásainak értékelésére szolgáló eszközök, alkalmazási körük, céljuk és módszertani megközelítésük tekintetében különböznek egymástól. Az LCA tágabb és rugalmasabb keretet kínál a környezeti értékeléshez, míg a PEF egy szabványosított módszert biztosít, amely a fogyasztók és a politikai döntéshozók tájékoztatására szolgál a termékek környezeti teljesítményéről az Európai Unióban.

Míg a fenntarthatósági mutatók számítása és értékelése módszertanilag jól meghatározott és az akvakultúra rendszerekről számos adat áll rendelkezésre, addig a hazai haltermelés számára különösen fontos, haltermelés által létrehozott és fenntartott természeti értékek, valamint az azokhoz kapcsolódó ökológiai szolgáltatások mérési rendszere nem ennyire kidolgozott.

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség ugyan meghatározta a CICES (Common International Classification of Ecosystem Goods and Services) osztályozási rendszert, az ökoszisztéma-szolgáltatások közös nemzetközi osztályozására, de ennek elsődleges célja az ökoszisztémák és a biológiai sokféleség jelentőségének gazdasági indoklása, például az ökoszisztémák és szolgáltatásaik monetáris értékelésén keresztül. Összességében a szakirodalomban nincs egységesített eljárás az akvakultúra ökoszisztéma-szolgáltatásainak nyilvántartására és értékelésére, pedig ezek egyes elemei jelentősen hozzájárulhatnak a haltermelés fenntarthatósági mutatóinak javításához is.

A közös nemzetközi osztályozás gondolata fontos, mert felismerték, hogy az ökoszisztéma-számítási módszerek kidolgozásához és az összehasonlítások elvégzéséhez szükség van az ökoszisztéma-szolgáltatások leírásának némi egységesítésére. A szabványosítást különösen fontosnak tartották ott, ahol a gazdasági értékeléssel való kapcsolatot kell megteremteni. Mostanra világossá vált, hogy a környezet gazdasági értékelésével kapcsolatos szabványosítás szükségessége mellett, a tógazdasági akvakultúra komplex gazdasági és környezeti értékeléséhez is elengedhetetlen az ökoszisztéma-szolgáltatások elnevezésének és leírásának szisztematikusabb megközelítése.

Eredmények és következtetések

A magyar tógazdasági haltermelés fenntarthatósági szempontjai és környezeti értékei, már az Európai Unió csatlakozás előtt előtérbe kerültek, amikor részben az előcsatlakozási alapok felhasználásával, lehetővé vált a halastavak természeti érték teremtő szerepének támogatása. A csatlakozás után ez a nemzeti támogatási program, az agrár-környezetgazdálkodási programban keretében tudott tovább élni, amelyhez kidolgozásra került a Jó Tógazdálkodási Gyakorlat is (Szűcs és mtsai. 2007). Ebben a dokumentumban már meghatározták a szerzők a halastavak legfontosabb természeti értékeit és a fenntartásukhoz szükséges technológiai lépéseket. A halastavak természeti értékeit, először Kerepeczki és munkatársai (Kerepeczki és mtsai. 2010) helyezték az ökológiai szolgáltatások közgazdasági értékelésére szolgáló keretrendszerbe De Groot és munkatársai tipológiája alapján (Groot és mtsai. 2002). Később több hazai kutató írta le a halastavak természeti értékeit (Bozáné Békefi és mtsai. 2020; Halasi-Kovács és mtsai. 2012), de a természeti értékeket az ökológiai szolgáltatásokat egymástól

függetlenül vizsgálva. A CICES rendszer alapjául szolgáló újabb tanulmányok azonban, bevezetik az úgynevezett „köztes ökológiai szolgáltatások” fogalmát, amelyek olyan konkrét ökológiai jellemzőket jelölnek, amelyek így vagy úgy, de megalapozzák a "végső" ökoszisztéma-szolgáltatás kimenetelét. (Haines-Young and Potschin 2018). A témában meghatározó kutatók, azt javasolják, hogy ezeket a köztes ökoszisztéma szolgáltatásokat, inkább az ökoszisztéma működési tulajdonságainak kellene tekinteni, hogy feltárjuk azokat a tényezőket, amelyek meghatározzák az ökoszisztémák ökoszisztéma-szolgáltatások létrehozására való képességét (Potschin-Young és mtsai. 2017). Ebben az értelemben, az ökoszisztéma élő és élettelen elemei, valamint azok működési folyamatai, véleményünk szerint, a halastavak természeti értékeinek felelnek meg, amelyre a nemzetközi szakirodalom többnyire „environmental benefits” megnevezéssel hivatkozik. Megfeleltetve a CICES osztályozási rendszerének, az alábbi, halastavak által létrehozott természeti értékekből eredeztethetőek, a különböző ökoszisztéma szolgáltatások:

- A tenyésztett halak biomasszájának előállítás
- Vadon élő halak biomasszájának termelése
- A víz alatti és úszó makro- és mikrovegetáció termelése
- Part menti növényzet létrehozása és fenntartása
- Élőhely és táplálék biztosítása védett és egyéb állatok számára
- Mezőgazdasági melléktermékek felhasználása a tavak elsődleges termelésének javítására
- A tavak természetes hozamának hasznosítása
- Vízyűjtés időszakos patakokból és folyókból
- A termelő víz visszatartása az év legszárazabb periódusaiban
- A halastavi üledék tápanyag csapdaként működik
- A szárazon tartott halastavakból, növénytermesztéssel újrahasznosíthatóak az üledékben raktározott tápanyagok

Ezek teszik lehetővé a következő fő kategóriákba sorolható ökoszisztéma szolgáltatások biztosítását:

- Ellátási szolgáltatások
- Szabályozási és fenntartási szolgáltatások
- Kulturális szolgáltatások

A magyarországi halastavakról számos adat áll rendelkezésre a tavak tápanyag gazdálkodásban betöltött, szabályozási ökoszisztéma szolgáltatásairól (Gál és mtsai. 2016), a halastavak vízgazdálkodási szabályozási szolgáltatásairól (NAIK-HAKI, 2018), kulturális ökoszisztéma szolgáltatásairól (Palásti és mtsai. 2020) és újabban vannak adataink a specifikus élőhely fenntartási szolgáltatásokról (Sharma és mtsai. 2023).

A haltermelő gazdaságok ökológiai állapotának, biodiverzitás fenntartó képességének standard módszerekkel való értékelésének szükségességére, a módszertan kidolgozásának időszerűségére több tanulmány is rámutat (Ferincz és mtsai. 2023; Rosset és mtsai. 2013). Ennek legfőbb alapja, hogy a haltermelő gazdaságokhoz hasonló, jellemzően kis méretű, mesterséges eredetű víztestek lokális biodiverzitási hotspotnak tekinthetők, összességük vízyűjtő szinten igen jelentős, a természetes

vizekkel összevethető mértékben járulnak hozzá a tájlejtékű biodiverzitás fenntartásához (Hill és mtsai. 2018; Zamora-Marín és mtsai. 2021)

Az ökoszisztéma szolgáltatások monetizálásának legnagyobb nehézsége, hogy az egyes ökoszisztéma szolgáltatások mérésére szolgáló különböző módszerek, nem ugyanazon szeletét ragadják meg a közgazdasági értelemben vett értékfogalomnak. Ezeket az adatokat azonban valamennyi ökoszisztéma szolgáltatási kategóriában bővíteni szükséges, mert ezek az információk felhasználhatóak a tógazdasági termelés főbb termékeinek az életciklus-elemzésében is (LCA).

A fenntarthatósági mutatók mérésére egyelőre hiányoznak az átfogó hazai kutatások és a nemzetközi szakirodalomban is csak kevés adat áll rendelkezésre a ponty termelésre vonatkozóan. Az LCA kutatások a meghatározott funkcionális termék egység minden életciklusában vizsgálják a környezetre gyakorolt egyes hatás kategóriákban. Ezek közül az egyik legtöbbször használt mutató, a funkcionális egységre jutó széndioxid egyenérték kibocsátást. Ezt a mutatót hazai szakemberek (Bürgés és mtsai. 2020) a tógazdaságban termelt pontyra is meghatározták egy speciálisan az ÜHG kibocsátásra kidolgozott számítási módszerrel (MacLeod és mtsai. 2020). Eredményeik alapján az 1 kg ponty termelése által keletkező karbon lábnyom 3,02 kg CO₂ egyenérték volt, ami jóval alacsonyabb, mint például ketrecből frissen lehalászott lazacra LCA módszerrel számított 3,8 kg CO₂ egyenérték (Johansen és mtsai., 2022). A hazai szerzők számításában ráadásul a CO₂ egyenérték 26%-a csak a nehezen és potantlanul becsülhető vízi N₂O kibocsátásból származott. Az LCA módszerrel a németországi halastavakra vonatkozó kutatás eredményei szerint ez az érték viszont 5,98 kg volt a konvencionális módon üzemelő halastavakra, míg bio termeléssel előállított pontyra 4,32 kg értéket kaptak a kutatók (Biermann and Geist 2019). Ez a nagy eltérés is azt jelzi, hogy érdemes lenne részletesebb kutatásokat végezni, nem csak a tógazdasági termelés, hanem valamennyi hazai akvakultúra technológia életciklus elemzésére vonatkozóan. Ez azért is nagyon fontos, mert minél hamarabb el kell készíteni a hazánkban termelt halak termék környezeti lábnyom (PEF) elemzését is, amelyhez nélkülözhetetlenek lesznek a pontos alapadatok. Ebben az elemzésben ki kell dolgozni a természeti értékek pozitív környezeti hatásainak beépítését az adatállomány elemzésébe és az egyes hatás kategóriák végső értékeinek számításába.

Irodalom

- 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>
- Bozáné Békefi, E., Ferincz, Á., Gyalog, G., Halasi-Kovács, B., Juhász, V., Kerepeczki, É., Kovács, E., Palásti, P., Staszny, Á., Sziráki, B., Tarnai-Király, Z., Urbányi, B., Weiperth, A. **2020**. Halastavak szerepe a természeti értékek fenntartásában.
- Bürgés, J., Berzi-Nagy, L., Gyalog, G. **2020**. A magyar tógazdasági akvakultúra karbonlábnyoma, in: HALÁSZATFEJLESZTÉS 37 Pp. 24-26. , 3 p. (2020).
- Ferincz, Á., Müller, T., Weiperth, A., Lente, V., Hegedűs, A., Csenki, Z., Bányai, Z., Dérer, I., Urbányi, B. **2023**. A klímaváltozás lehetséges hatásai a halgazdálkodásra - esettanulmányok és kezelési lehetőségek. *Állattenyésztés és takarmányozás* 72. évf, 283–295.

- Gál, D., Pekár, F., Kerepeczki, É. **2016**. A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary. *Aquacult Int* 24, 1543–1554. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0034-9>
- Groot, R., Wilson, M., Boumans, R. **2002**. A Typology for the Classification Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecol Econ* 41. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Haines-Young, R., Potschin, M. **2018**. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure. Available from www.cices.eu.
- Halasi-Kovács, B., Puskás, N., Szűcs, I. **2012**. A magyarországi halastavi vízgazdálkodás jellemzői, komplex természeti-gazdasági-társadalmi jelentősége, valamint a fenntartható gazdálkodást veszélyeztető problémák értékelése. *Halászatfejlesztés 34 - Fisheries & Aquaculture Development 34* 2012 ISBN 978-963-7120-32-9 78.
- Hill, M.J., Hassall, C., Oertli, B., Fahrig, L., Robson, B.J., Biggs, J., Samways, M.J., Usio, N., Takamura, N., Krishnaswamy, J., Wood, P.J. **2018**. New policy directions for global pond conservation. *Conservation Letters* 11, e12447. <https://doi.org/10.1111/conl.12447>
- Johansen, U., Nistad, A.A., Ziegler, F., Mehta, S., Langeland, M., Wocken, Y., Hognes, E.S. **2022**. Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products.
- Kerepeczki É., Gyalog G., Halasi-Kovács B., Gál D., Pekár F. **2010**. Extenzív halastavak ökológiai értékei és funkciói.
- MacLeod, M.J., Hasan, M.R., Robb, D.H.F., Mamun-Ur-Rashid, M. **2020**. Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Sci Rep* 10, 11679. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>
- Martini, A., Cali, M., Capoccioni, F., Martinoli, M., Pulcini, D., Buttazzoni, L., Moranduzzo, T., Pirlo, G. **2022**. Environmental performance and shell formation-related carbon flows for mussel farming systems. *Science of The Total Environment* 831, 154891. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154891>
- NAIK-HAKI **2018**. Halastavi vízvédelmi útmutató.
- Palásti, P., Kiss, M., Gulyás, Á., Kerepeczki, É. **2020**. Expert Knowledge and Perceptions about the Ecosystem Services and Natural Values of Hungarian Fishpond Systems. *Water* 12, 2144. <https://doi.org/10.3390/w12082144>
- Potschin-Young, M., Czúcz, B., Liqueste, C., Maes, J., Rusch, G.M., Haines-Young, R. **2017**. Intermediate ecosystem services: An empty concept? *Ecosystem Services* 27, 124–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.001>
- Rosset, V., Simaika, J., Arthaud, F., Bornette, G., Vallod, D., Samways, M., Oertli, B. **2013**. Comparative assessment of scoring methods of the conservation value of biodiversity in ponds and small lakes. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 23, 23–36. <https://doi.org/10.1002/aqc.2287>
- Sharma, P., Varga, M., Kerezsi, G., Kajári, B., Halasi-Kovács, B., Békefi, E., Gaál, M., Gyalog, G. **2023**. Estimating Reed Bed Cover in Hungarian Fish Ponds Using NDVI-Based Remote Sensing Technique. *Water* 15, 1554. <https://doi.org/10.3390/w15081554>
- Szűcs, I., Váradi, L., Békefi, E., 2007. Coherence and connection between the good pond culture practice and the environment conscious management. *Acta agrar. Debr.* 60–73. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/25/3038>
- Turolla, E., Castaldelli, G., Fano, E.A., Tamburini, E. **2020**. Life Cycle Assessment (LCA) Proves that Manila Clam Farming (*Ruditapes Philippinarum*) is a Fully Sustainable Aquaculture Practice and a Carbon Sink. *Sustainability* 12, 5252. <https://doi.org/10.3390/su12135252>
- Ulgianti, S., Raugei, M., Bargigli, S. **2006**. Overcoming the inadequacy of single-criterion approaches to Life Cycle Assessment. *Ecological Modelling* 190, 432–442. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.022>

Zamora-Marín, J.M., Ilg, C., Demierre, E., Bonnet, N., Wezel, A., Robin, J., Vallod, D., Calvo, J.F., Oliva-Paterna, F.J., Oertli, B. **2021**. Contribution of artificial waterbodies to biodiversity: A glass half empty or half full? *Science of The Total Environment* 753, 141987. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141987>

Szaporodásbiológia és genetika

AZ INTERSPECIFIKUS HIBRIDIZÁCIÓ ÉS A TRIPLOIDIZÁCIÓ EGYÜTTES HATÁSA A FOGASSÜLLŐ (*SANDER LUCIOPERCA*) ÉS A FOGASSÜLLŐ (♀) X KŐSÜLLŐ (♂) (*SANDER VOLGENSIS*) HIBRIDEK KORAI IVARFEJLŐDÉSÉRE

STANIVUK Jelena¹, LJUBOBRATOVIĆ Uroš¹, KÁLDY Jenő¹,
VÁRKONYI Eszter³, MOLNÁR Mariann³, FAZEKAS Georgina Lea¹,
KITANOVIĆ Nevena², LEFLER Kinga Katalin², HORVÁTH Ákos²,
MARINOVIĆ Zoran²

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet, Halászati Kutatóközpont, email: Stanivuk.Jelena@uni-mate.hu

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

³Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, 2100 Gödöllő

Kivonat

A vizsgálat során megállapítottuk, hogy a fogassüllő (*Sander lucioperca*), valamint a fogassüllő és a kősüllő (*Sander volgensis*) diploid hibridjének (♀ fogassüllő x ♂ kősüllő) ivarszerve hasonlóan fejlődik, így mindkét csoport esetében feltételezhető az ivarérettség kialakulása. A triploid fajazonos fogassüllők esetében a gonádok felépítése jellemzően interszex fenotípust mutat, feltételezhetően sterilek is. Azonban a fogassüllő és kősüllő triploid hibridek (♀ fogassüllő x ♂ kősüllő) esetében két különböző gonádtípus figyelhető meg: egy hím-szerű és egy nőstény-szerű. Míg az előbbi esetben észlelhető steril jelleg, addig az utóbbi esetben nem állíthatjuk bizonyossággal, hogy ezen hibrid egyedek funkcionálisan sterilek lesznek. Eredményeink további kutatásokat tesznek szükségessé a hibridizáció és a triploidizáció együttes hatásainak alaposabb megértéséhez, valamint a fenotípusos változásokkal kapcsolatos részletesebb vizsgálatokhoz.

Kulcsszavak: fogassüllő, kősüllő, triploidizáció, hibridizáció, korai ivarfejlődés

Abstract

During the study, it was observed that both the pikeperch (*S. lucioperca* ♀) and its diploid hybrid with the Volga pikeperch (*S. volgensis* ♂) develop similarly in terms of gonadal development, suggesting that both groups could reach sexual maturity. In the case of triploid pikeperch, they can be considered sterile due to the typically ambiguous gonadal structures. Triploid hybrids (♀ pikeperch x ♂ Volga pikeperch) exhibit two distinct types of gonads: pro-male and pro-female, and cannot be declared infertile. These results do not exclude that the further development of the gonads will cause functional sterility. These findings call for further research to gain a deeper

understanding of the combined effects of triploidization and hybridization and to conduct more detailed investigations into the phenotypic changes associated with it.

Keywords: pikeperch, Volga pikeperch, triploid, hybridization, early gonad development

Bevezetés

A triploidizáció, a kromoszómaszám manipulációjának egyik gyakori technikája az akvakultúrában, a triploidok alacsony termékenységen vagy sterilitásán keresztül ígéretes előnyöket jelenthet a mennyiségi tulajdonságok növelésében. Ennek oka a homológ kromoszómák párosodásának inkompatibilitása az első meiózis során, mely gátolja a megfelelő gamétaképződést, ezáltal a megtermékenyítő képességet (Lee és mtsai, 2018). A steril halak előállítása különösen értékes lehet olyan esetekben, mikor a szexuális érés negatívan befolyásolja a halak növekedését és fejlődését, mint például a szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*), a kínai sáros csík (*Misgurnus mizolepis*) vagy a Mandzsu csík (*Misgurnus anguillicaudatus*) termelése esetében (Janhunen és mtsai, 2016; Park és mtsai, 2006). Ezen kívül a triploidizáció hozzájárulhat az agresszív viselkedés csökkentéséhez a megváltozott hormonális és metabolikus homeosztázis révén úgy, ahogy a királylázac (*Oncorhynchus tshawytscha*) esetében leírták (Garner és mtsai, 2008). A steril triploid halakat továbbá recipiensként is felhasználják az embrionális őssejtek átültetése során, mely segíthet a genetikai diverzitás megőrzésében és a tenyésztési programok hatékonyságának növelésében. Csökkent termékenységgű, de megfelelő vitalitással rendelkező fogassüllő állomány előállítása különösen nagy kihívást jelentő folyamat, mivel a fogassüllő rendkívül érzékeny a stresszre, továbbá a triploid halak még érzékenyebben reagálnak a stresszhelyzetekre, mint a diploid egyedek (Fraser és mtsai, 2012). Ezért, a fogassüllő triploidizációjának alkalmazása előtt alaposan meg kell vizsgálni ezen érzékeny egyedek életképességére gyakorolt hatásokat. Az interspecifikus hibridizáció egy másik fontos genetikai eszköz az akvakultúrában, amely lehetővé teszi a fajok betegségekkel szembeni ellenálló képességének és környezeti toleranciájának javítását (Jiang és mtsai, 2022). Annak ellenére, hogy ezt a módszert széles körben alkalmazzák, eddig még nem vizsgálták meg alaposan, hogy a triploidizáció és hogyan befolyásolhatja a termékeny hibridek gamétaképződését és ezzel a termelési programok hosszú távú hatékonyságát.

Anyag és módszer

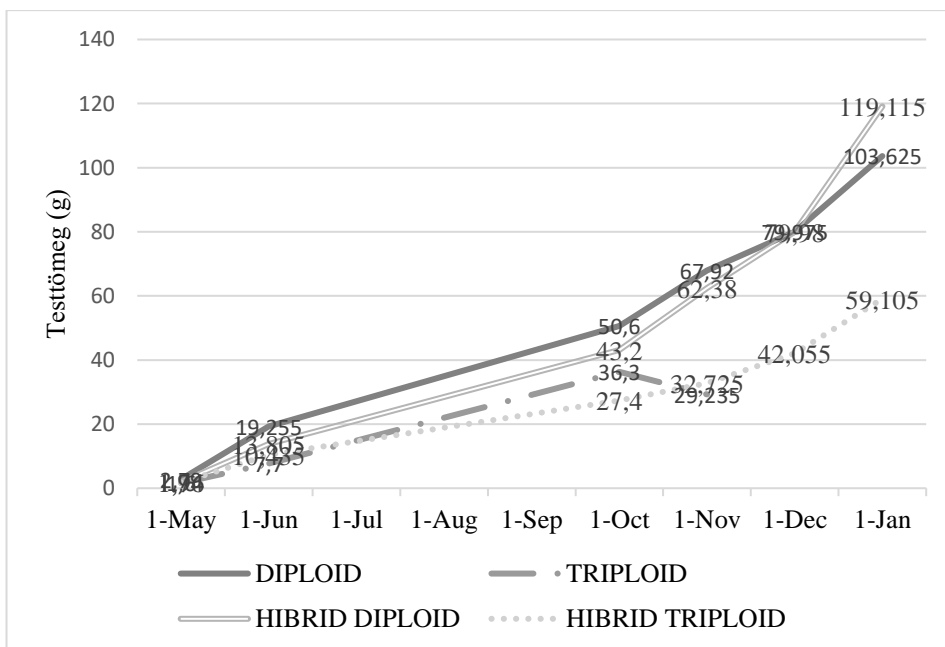
A triploid hibridek sikeres előállítása fogassüllő nőstények és kősüllő hímek keresztezésével, valamint triploidizáció alkalmazásával történt, mely során hidrosztatikus nyomást alkalmaztunk 8000 PSI értékben 10 percig Káldy és mtsai (2021) módszere alapján. A frissen kelt lárva ploiditásának meghatározására áramlási citometria és kromoszóma analízist alkalmaztunk.

A kísérlet során négy csoportot vizsgáltunk: hibrid diploid, hibrid triploid, fajazonos diploid- és triploid fogassüllő. Ezeket a csoportokat recirkulációs rendszerben tartottuk kelés után 330 napig (DPH) természetes fényviszonyok mellett, 16 és 22°C közötti hőmérsékleten.

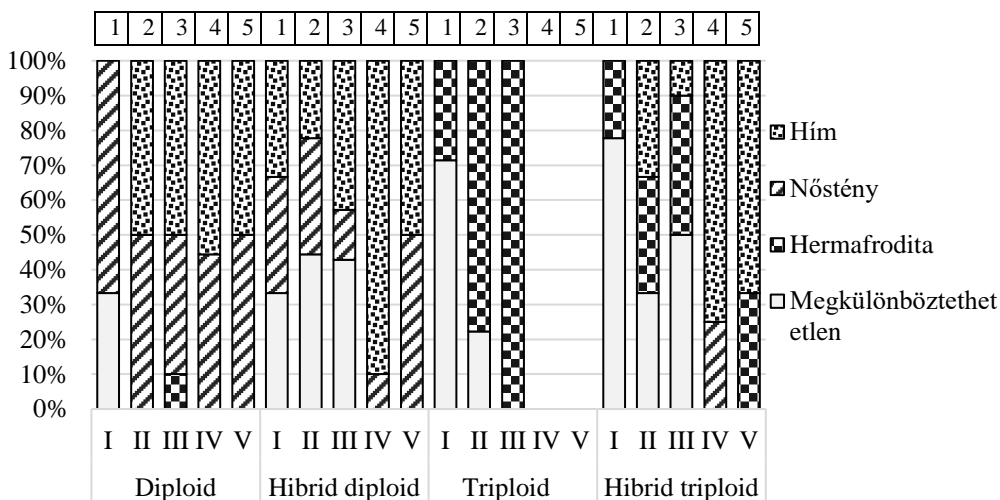
A gonádfejlődés értékeléséhez a nem ivarérett halak ivarszerveit izoláltuk, és módosított Davidson-oldatot használtunk a szövetek fixálására. A szövetmintákat hagyományos szövettani technikákkal vizsgáltuk. A dehidrációt különböző töménységű alkohol oldatokban végeztük el (Leica TP1020 rotary tissue processor), majd a szövetminták 5 mikrométeres metszését követően (RM2255, Leica microtome, Leica) hematoxilín és eozin festést alkalmaztunk (Shandon Varistain™ 24-4 Automatic Slide Stainer, Thermo Scientific) (Latendresse és mtsi, 2002). Végül mikroszkóppal (Olympus BX 60 Fluorescence Microscope) 10-es és 40-es nagyítással, illetve kamerával (Olympus U-TVO.5XC) készült képek elemzését végeztük el. Ez a részletes és multidiszciplináris megközelítés lehetővé tette a gonádmorfológia- és érés alapos vizsgálatát a különböző kísérleti csoportokban, melynek során értékes betekintést nyerhettünk a fajazonos triploid fogassüllő, valamint a triploid hibridek reprodukzív biológiájába és lehetséges alkalmazásába az akvakultúrában.

Eredmények és diszkusszió

A kromoszóma analízis kimutatta, hogy a triploidizációs eljárás teljes hatékonysággal, 100%-ban sikeres volt mindkét nyomáskezelt csoportban. Diploid vagy mozaikos kariotípusú egyedeket egyik csoportban sem találtunk. Az egyedek méretbeli különbsége statisztikailag szignifikáns volt annak ellenére, hogy azonos körülmények között tartottuk a halakat, ezt a fejlődési stádiumok meghatározásánál is figyelembe kellett venni (1. ábra).



1. ábra. A süllő és a fogassüllő*kősüllő hibridek-, valamint mindkét csoport triploid formájának átlagos testtömege az idő függvényében.



2. ábra. A süllő, a fogassüllő*kősüllő hibridek, valamint mindkét csoport triploid formájának ivarmegoszlása az idő függvényében (1-5 mintavételi pont).

A diploid csoportok nőstényeinél az oogónia stádiumtól a kortikális alveolus stádiumig folyamatos fejlődés, míg a hímeknél a spermatogóniától a spermatidáig történt fejlődés volt megfigyelhető.

A hibrid triploidoknál két típusú gonádot is észleltünk. A hímeknél az előleges ivarsejtek mellett spermatociták és spermatidák is láthatóak voltak ötből egy mintában. Azoknál a hibrid triploidoknál, akiknél a gonádok fenotípusa nőstényre utalt, petesejtek (ugyanolyan stádiumúak, mint a diploidok esetében) és spermatidák is kifejlődtek. Ezeknél a halaknál nem normális nőstény gonádok, hanem interszex szerkezetű gonádok alakultak ki.

Ezzel szemben a fenotípusos hímek ebben a fejlődési szakaszban még nem mutattak strukturális rendellenességeket. A triploid fogassüllők egységes gonádokkal rendelkeztek, ahol domináns volt az előleges hím ivarsejt (PPGC), és időnként elsődleges petesejt is előfordult. Ez a részletes elemzés jelentős betekintést nyújt a triploidizáció hatékonyságába és a gonádfejlődés során bekövetkező változásokba.

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy mind a fogassüllő, mind pedig a fogassüllő és kősüllő hibridek esetében, mindkét nemből hasonló módon fejlődnek a gonádok, ami arra utal, hogy ivaréretté válhatnak. A triploid fogassüllők esetében megfigyelhető, hogy a vizsgált minták mindegyikében nagyszámú ivarsejt található, amelyek nem léptek be a meiózis folyamatába, továbbá szórványosan előfordulnak elsődleges petesejtek és spermatociták is, ami alátámasztja azt a következtetést, miszerint a triploidok sterilmek lehetnek a fenotípusosan interszex gonádok miatt.

A triploid hibridek esetében megfigyelhető, hogy két különböző típusú gonád fejlődött ki: egyrészt az ún. pro-hím típus, mely morfológiailag nem tér el jelentősen a diploid fiatal hímivarú halak heréitől sem alakjában, sem méretében. Ebben a fejlődési szakaszban ezeket a hibrideket nem tekinthetjük sterilmek. Másrészt megfigyelhető a pro-nőstény típusú gonádfejlődés is, ahol a spermatociták és petesejtek is nagy számban

fordulnak elő a gonádban, amelyből arra következtethetünk, hogy ezek interszekes egyedek, és nagy valószínűséggel funkcionálisan sterilek. További vizsgálatokra van szükség az idősebb korosztályokban annak érdekében, hogy ezeket az eredményeket megerősítsük és részletesebben megértsük a triploidizáció hatásait a fogassüllő, valamint a triploidizáció és hibridizáció együttes hatását a fogassüllő és kőszüllő hibridjeinek reprodukív biológiájára.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a projektet az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs program finanszírozta (Támogatási szám: 871108 (AQUAEXCEL3.0)).

Irodalom

- Garner, S. R., Madison, B. N., Bernier, N. J., & Neff, B. D. **2008**. Juvenile growth and aggression in diploid and triploid Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *Journal of Fish Biology*, 73(1), 169–185. doi:10.1111/j.1095-8649.2008.01923.x
- Janhunnen, M., Vehviläinen, H., Koskela, J., Forsman, A., Kankainen, M. **2019**. Added value from an added chromosome: Potential of producing large fillet fish from autumn to spring with triploid rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research*, 50(3), 818–825. doi:10.1111/are.13952
- Jiang, G., Li, Q., Xu, C. **2022**. Growth, survival and gonad development of two new types of reciprocal triploid hybrids between *Crassostrea gigas* and *C. angulata*. *Aquaculture*, 559, 738451.
- Káldy, J., Patakiné Várkonyi, E., Fazekas, G.L., Nagy, Z., Ljubobratović, U. **2021**. Effects of Hydrostatic Pressure Treatment of Newly Fertilized Eggs on the Ploidy Level and Karyotype of Pikeperch Sander *lucioperca* (Linnaeus, 1758). *Life (Basel)*;11 (12): 1296. doi: 10.3390/life11121296.
- Latendresse, J. R., Warbritton, A. R., Jonassen, H., Creasy, D. M. **2002**. Fixation of testes and eyes using a modified Davidson’s fluid: comparison with Bouin’s fluid and conventional Davidson’s fluid. *Toxicologic pathology*, 30(4), 524-533.
- Lee, H. B., Kim, D. S., Gil, H. W., Park, I. S. **2018**. Physiological responses of diploid and triploid far eastern catfish, *Silurus asotus* to water temperature stress. *Development & Reproduction*, 22(2), 165.
- Park, I. S., Nam, Y. K., Kim, D. S. **2006**. Growth performance, morphometric traits and gonad development of induced reciprocal diploid and triploid hybrids between the mud loach (*Misgurnus mizolepis* Günther) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus* Cantor). *Aquaculture Research*, 37(12), 1246-1253.

A VÁGÓTOK (♀) (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*) ÉS AZ AMERIKAI LAPÁTORRÚ TOK (♂) (*POLYODON SPATHULA*) HIBRIDEK IVARÁNAK MEGHATÁROZÁSA ÉS KORAI GONÁD FEJLŐDÉSÉNEK VIZSGÁLATA.

KÁLDY Jenő¹, BOGÁR Katalin^{1,2}, STANIVUK Jelena^{1,2}, GÉCZI Aliz^{1,2}, FAZEKAS Georgina Lea^{1,2}, KOVÁCS Balázs³, MOLNÁR Mariann^{4,2}, ARDÓ László¹, LJUBOBRATOVIĆ Uroš¹, KOVÁCS Gyula¹, PÉTER Dániel³, LÁZÁR Bence^{4,5}, VÁRKONYI Eszter⁴

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont, 5540, Szarvas, Anna-liget u. 35. e-mail: Kaldy.Jeno@uni-mate.hu

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

³Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, 2100, Gödöllő, Páter Károly u. 1.

⁴Nemzeti Biodiverzitás és Génmegőrzési Központ, Haszonállat-Génmegőrzési Intézet, 2100, Gödöllő, Isaszegi u. 200.

⁵Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Állatbiotechnológiai Tanszék, 2100, Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Kivonat

A vizsgálat során 12 triploid és 14 pentaploid amerikai lapátorrú tok (*Polyodon spathula*) és vágótok (*Acipenser gueldenstaedtii*) hibrid genetikai ivarát, valamint gonádszövetét vizsgáltuk meg. Mindkét ploiditási szinten sikeres volt a hibridek genetikai ivarmeghatározása, mind hím, mind nőtény egyedek esetén. A gonád szövettani meghatározása a hat hónapos korú hibridek esetében nem volt sikeres, azonban a 40 hónapos korú egyedek esetében egy triploid és egy pentaploid egyednél hereszövetet határoztunk meg. A triploid egyed hereszöveve fejletlen volt és nagy mennyiségű apoptikus sejtet tartalmazott, míg a pentaploid egyed hereszöveve nagyon hasonló volt a fajazonos vágótok hereszövevéhez, de a spermatogónia sejtek mennyisége lényegesen kevesebb volt, mint a fajazonos vágótok esetében. Vizsgálataink kimutatták, hogy bizonyos esetekben, a két ploiditási szinten van hereszövet fejlődés, azonban annak megállapítása, hogy ezen gonádok termékenyítőképes sperma termelésére képesek-e, csak az egyedek ivarérettségének elérése után lesz lehetséges.

Kulcsszavak: tokhibrid, genetikai ivar, here, ploeditási szint, spermatogónia

Abstract

In this study, the genetic sex and gonadal tissue of 12 triploid and 14 pentaploid hybrids of American paddlefish (*Polyodon spathula*) and Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) were examined. Genetic sexing of the hybrids was successful, in both ploidy levels were determined male and female individuals. However, histological determination of the gonad was not possible for hybrids at six months of age, but testes were identified in one triploid and one pentaploid individual at 40 months of age. The testes of the triploid individual were undeveloped and contained a high rate of apoptotic cells, whereas the testes of the pentaploid individual were very similar to that of the purebred Russian sturgeon with low spermatogonia density. Our studies have shown that in some cases, testes development is present at both ploidy levels, but it is only possible to determine whether these gonads are capable of producing fertile sperm when these individuals reach sexual maturity.

Keywords: sturgeon hybrid, genetic sex, testes, ploidy level, spermatogonia

Bevezetés

A tokfélék rendje (*Acipenseriformes*) két családból áll, az *Acipenseridae* és a *Polyodontidae* családból. Az *Acipenseridae* családot alkotó ma is élő fajok három különböző ploeditási szintre oszthatók fel. Vannak köztük funkcionális értelemben véve diploid, tetraploid és oktoploid fajok. Ezeket a ploeditási szinteket nagy kromoszómaszámok jellemzik, melyek makro- és mikrokromoszómákból tevődnek össze. A diploid fajok ~120, a tetraploid fajok ~240, míg az oktoploid faj ~360 kromoszómával rendelkeznek. Ennek is köszönhető, hogy az *Acipenseridae* család fajai között a hibridizáció lehetséges. Függetlenül attól, hogy mennyi az adott fajra jellemző kromoszómaszám, az egyes fajok közötti hibridizáció könnyen végbemenő folyamat. Attól függően, hogy a szülőfajok kromoszómaszáma eltérő, vagy egyezik, páros, vagy páratlan ploidiájú hibridek fejlődnek ki. Mind a páros, mind a páratlan ploidiájú hibridek életképesek, azonban a gonádfejlődésük különböző lehet. A leginkább elfogadott álláspont az, hogy a páros ploidiájú hibridek fertilisek, míg a páratlan ploidiájú hibridek sterilek. Azonban léteznek olyan különleges esetek fajazonos tokféléknél, mikor a páratlan ploidiájú hím egyedek részben termékenyítőképesek lesznek.

A tokfélék másik családja a *Polyodontidae* család, melybe ma már csak egy élő faj tartozik, az amerikai lapátorru tok. Ez egy diploid faj, mely kb. 120 kromoszómával rendelkezik. A két család szétválása kb. 180,4 millió évvel ezelőtre tehető (Peng és mtsai, 2007) és a két család fajainak fejlődése jelentősen különvált. Azonban az eltérő fejlődés ellenére is, a tokfélékre jellemző lassú evolúciós előrehaladás eredményeként számos esetben megőrizték ősi genetikai tulajdonságaikat. Ezért mesterséges termékenyítéssel sikerült létrehozni először amerikai lapátorru tok tejes és vágótok ikrás hibridet (Káldy és mtsai, 2020), később amerikai lapátorru tok tejes és kanalas tok (*Scaphirhynchus albus*) ikrás (Flamio és mtsai, 2021) valamint amerikai lapátorru tok tejes és kecsége ikrás hibridet is (Káldy és mtsai, 2024). Az első esetben eltérő ploidiájú szülőfajokról lévén szó, páratlan ploidiájú hibridek jönnek létre. Azonban, ezen

hibrideknek is két jól elkülöníthető formája van, ugyanis abban az esetben, ha a hibridizáció következményeként az embriófejlődés során a második poláros sarki test visszamarad, a hibridek nem triploidok, hanem pentaploidok lesznek. A két hibrid csoport mind morfológiai, mind genetikai tulajdonságaikban eltérnek egymástól. A második és harmadik esetben az azonos ploidijú szülőfajok hibridizációjának eredményeképpen diploid utódok jönnek létre.

Mai legjobb tudásunk szerint a tokfélék mindkét családjának fajainál feltételezhetően a ZZ-ZW genetikai ivaröröklődési rendszer működik. A hímek ZZ homogametikus, míg a nőtények ZW heterogametikus halak. Számos jel mutat arra, hogy az ivar kialakulásánál környezeti tényezőknek is szerepe van, azonban ez még nem teljesen tisztázott. A tokfélékre jellemző spontán poliploidizáció szintén oka lehet annak, hogy egyes fajoknál nagy arányban fordulnak elő hermafrodita egyedek is, mely jelenség kialakulására napjainkban még szintén nincs egyértelmű magyarázat.

Jelen kutatás célja volt megállapítani, hogy az amerikai lapátorrú tok tejes és vágótok ikrás hibridek esetében az egyes ploidia szinteken elkezdődik-e a gonádfejlődés az anyai fajhoz hasonlóan, valamint hogyan alakul az ivarfejlődés folyamata több, mint hároméves hibrid halak esetében.

Anyag és módszer

A halak keresztezését a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Halászati Kutatóközpontjában (Szarvas) végeztük el két részletben 2019-ben és 2022-ben. A tenyészhalak a Halászati Kutatóközpont tok génbankjából származtak. Az egyedeket hormoninjekció után mesterségesen szaporítottuk a halászati gyakorlatnak megfelelően, az ikratételeket külön Zuger-üvegekben inkubáltuk a kelésig. A kikelt hallárvákat a MATE AKI HAKI Recirkulációs Üzemének vályús lárvanevelő rendszerében neveltük, majd a már 2-3 cm testhosszúságú ivadékokat 1 m³ térfogatú ivadéknevelő kádakba helyeztük át további nevelésre. Az állományokat kezdetben sórákkal (*Artemia sp. nauplii*), vágott vörös szúnyoglárvával (*Chironomus sp.*), valamint méretüknek megfelelő száraz táppal (Aller Aqua, Denmark) *ad libitum* takarmányoztuk. Később, mikor elérték a 300-400 g-os testtömeget, 200 m² tavakba helyeztük ki a halakat, melyekben továbbra is kereskedelmi táppal takarmányoztunk őket 1-2 testtömeg % mennyiségben.

A lapátorrú tok és vágótok hibridek két korosztályát (hat és 40 hónapos) vizsgáltuk meg. A halak két különböző ploiditási fokra oszthatók, triploid és pentaploid egyedek. A ploiditási fok meghatározásának alapja a hasi és háti vértek számának meghatározása, mely merisztikus bélyegek szignifikánsan különböznek a két ploiditási fok esetében. A hibridek ivarának meghatározására SSM4 nőivar-specifikus markert (Ruan és mtsai., 2021) alkalmaztunk, míg a gonádok vizsgálata szövettani metszet készítése után fénymikroszkóppal (BX51, Olympus, Japan 40#) történt.

Eredmények és következtetések

A hibrid egyedek genetikai ivarának meghatározása mindkét ploiditási szinten sikeres volt. Mindkét csoport esetében azonosítottunk genetikailag nő- és hímivarú egyedeket. Azonban a hat hónapos hibrid egyedek esetében sem a triploid, sem a pentaploid

ploiditási szintű halaknál nem tudunk gonádszövetet azonosítani. A 40 hónapos korú egyedek esetében egy triploid és egy pentaploid egyednél találtunk hereszövetet (1. táblázat).

1. táblázat. A hat és a 40 hónapos korú hibrid egyedek genetikai ivara és gonádszöve.

Életkor (hónap)	Azonosító	Genetikai ivar (♀/♂)	Gonádszövet	Testtömeg (g)
	TripH1	♀	-	37,5
	TripH2	♀	-	27,1
	TripH3	♂	-	28,8
	TripH4	♂	-	19,3
	TripH5	♂	-	23,7
	TripH6	♀	-	29,4
	TripH7	♂	-	50,7
	TripH8	♂	-	23,4
	TripH9	♂	-	41,7
	TripH10	♀	-	44,2
	PentH1	♀	-	72,75
	PentH2	♀	-	71,25
	PentH3	♀	-	44,55
	PentH4	♀	-	56,85
	PentH5	♀	-	79,75
	PentH6	♂	-	73,5
	PentH7	♀	-	53,8
	PentH8	♂	-	53,7
	PentH9	♂	-	62,35
	PentH10	♀	-	47
	TripH11	♂	-	1326
	TripH12	♂	+	2542
40	PentH11	♀	-	1654
	PentH12	♂	-	1866
	PentH13	♀	-	2650
	PentH14	♂	+	3422

TripH1-TripH12: triploid hibrid egyedek; PentH1-PentH14: pentaploid hibrid egyedek; szimbólumok: ♀ női ivar; ♂ hím ivar; - differenciálatlan/meghatározatlan gonádszövet; + gonádszövet spermatogóniával.

A triploid egyed esetében azonban ez a hereszövet gyengén fejlett volt és nagyszámú apoptikus sejtet tartalmazott. A pentaploid egyed esetében a hereszövet nagyon hasonló

volt a kontroll vágótok egyed hereszövetéhez, azonban a spermatogóniák száma alacsonyabb volt a fajazonos vágótokhoz viszonyítva. Különböző ploiditású szülők hím hibridjeinek termékenyítő képességét igazolták már a kecsge x kaluga (*Huso dauricus*) hibridek esetében úgy, hogy ezen hibrideket a szülői fajok női egyedével keresztezték és életképes utódok keltek ki (Vasil'ev és mtsai, 2014). Hat éves hím kecsge és női vágótok hibridek esetében részlegesen fejlett herét írtak le spermatogóniákkal (Linhartová és mtsai, 2018). Morfológiailag differenciálatlan gonádot írtak le még kilenc hónapos növendék vágótok egyedek esetében is (Hagihara és mtsai, 2014). Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy míg a hat hónapos hibrid halak esetében nem lehet differenciált gonádot kimutatni, addig egy 40 hónapos 3nALT hal esetében részlegesen fejlett herét találtunk, spermatogóniákkal. Egy 5nALP egyed esetében a here második fejlődési stádiumban volt hasonlóan az azonos korú fajazonos vágótokhoz, azonban a hibrid hereszövetében a spermatogónia sejtek mennyisége alacsony volt. Az *Acipenseridae* családba tartozó fajok esetében női heterogametikus ivari rendszert írtak le (Kuhl és mtsai, 2020) csakúgy, mint az amerikai lapátorrú tok esetében (Shelton és mtsai, 2012). Eszerint az 3nALT hím hibridek genotípusa ZZZ, míg a hím 5nALP hibridek ZZZZZ genotípusúak. Amennyiben jelen van a W-kromoszóma, abban az esetben női ivarú egyedek jönnek létre. Azonban, a női ivar sterilitása sem zárható ki, ugyanis eltérő ploidiájú szülők hibridjeinél az *Acipenseridae* családban, magas arányú apoptikus sejteket tartalmazó petefészkeket azonosítottak, melyek feltételezhetően sterilek lehetnek (Linhartová és mtsai, 2018).

Azokban az esetekben, amikor nem sikerült gonádot meghatározni, csak zsírszövetet, vagy rugalmas rostos kötőszövetet találtunk, feltételezhető, hogy a petefészkek helyét kitöltő szövetet találtuk meg, de ezt további vizsgálatokkal kell megerősíteni. Az *Acipenseridae* családba tartozó egyes fajok esetében leírták a gerincesek legősibb ivari determinációs rendszerét differenciálatlan nemi kromoszómákkal (Kuhl és mtsai, 2020). Feltételezhetjük, hogy ezek a differenciálatlan ivari kromoszómák jelen vannak az amerikai lapátorrú tok esetében is, mely még a Polyodon-Acipenser közös ősrre vezethető vissza. Azonban az kérdéses, hogy a 3nALT hibridek esetében miért csak részlegesen fejlett herét találtunk, míg az 5nALP hibrid esetében a fajazonos vágótokkal azonos fejlettségű herét, mely azonban kevesebb spermatogóniát tartalmazott. Ennek oka egyrészt a megvizsgált egyedek alacsony száma lehet, de feltételezhető ok a hibridek ploiditása is. Amíg az 5nALP hibridek esetében négy vágótok eredetű Z-kromoszóma és egy amerikai lapátorrú tok eredetű Z-kromoszóma található, addig a 3nALT hibridek esetében egy Z-kromoszóma amerikai lapátorrú tok és kettő vágótok eredetű van jelen. Feltételezhető, hogy az 5nALP hibridek esetében az egy fajból származó több allél és a másik fajból származó kevesebb allél kisebb zavart okoz az ivari szervrendszer kialakulásában.

Összefoglalás

Megállapítottuk, hogy az amerikai lapátorrú tok tejes és a vágótok ikrás hibrideknek van genetikai ivara ploiditási szinttől függetlenül. Azonban érdekes, hogy a 12 megvizsgált triploid egyed közül nyolc hal volt hím- és négy egyed nőivarú. A triploid egyedek ZZZ-ZZW-ZWW genotípusúak lehetnek és ezért 2/3-ad arányban kellene női ivarúnak és csak 1/3-ad arányban hím ivarúnak lenniük. Mi ezzel éppen ellentétes

eredményt kaptunk. Ennek az ellentmondásnak a feloldása további kutatásokat tesz szükségessé több egyedből kialakított csoportok vizsgálatával.

Bizonyítottuk továbbá, hogy mind a 3nALT hibridek, mind az 5nALP hibridek esetében van gonádfejlődés, amely az 5nALP hibrid esetében megegyező fejlettségű, mint a fajazonos azonos korú és hasonló testtömegű vágótok gonádjá, annyi különbséggel, hogy az 5nALP hibrid heréjének spermatogónia mennyisége kevesebb. A 3nALT hibridek esetében részleges gonádfejlődést állapítottunk meg.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Bercsényi Miklósnak a halak keresztezésében és a vizsgálatokban nyújtott önzetlen segítségéért.

Irodalomjegyzék

- Flamio, R.Jr., Chojnacki, A.K., DeLonay, J.A., Dodson, J.M., Gocker, M.R., Jenkins, A.J., Powell, J., Heist, J.E. **2021**. Production of haploid gynogens to inform genomic resource development in the paleotetraploid pallid sturgeon (*Scaphirhynchus albus*). *Aquaculture* 2021, 538, 736529. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736529>
- Hagihara, S., Yamashita, R., Yamamoto, S., Ishihara, M., Abe, T., Ijiri, S., Adachi, S. **2014**. Identification of genes involved in gonadal sex differentiation and the dimorphic expression pattern in undifferentiated gonads of Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833. *J. Appl. Ichthyol.* 2014, 1–8. <https://doi.org/10.1111/jai.12588>
- Káldy, J., Mozsár, A., Fazekas, G., Farkas, M., Fazekas, D.L., Fazekas, G.L., Goda, K., Gyöngy, Zs., Kovács, B., Semmens, K., Bercsényi, M., Molnár, M., Várkonyi, E.P. **2020**. Hybridization of Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt and Ratzeberg, 1833) and American Paddlefish (*Polyodon spathula*, Walbaum 1792) and evaluation of their progeny. *Genes* 2020, 11, 753. <https://doi.org/10.3390/genes11070753>
- Káldy, J., Fazekas, G., Kovács, B., Molnár, M., Lázár, B., Pálinkás-Bodzsár, N., Ljubobratović, U., Fazekas, G., Kovács, G., Várkonyi, E. **2024**. Unidirectional hybridization between American paddlefish *Polyodon spathula* (Walbaum, 1792) and sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758). *PeerJ* 2024, 12:e16717. <https://doi.org/10.7717/peerj.16717>
- Kuhl, H., Guiguen, Y., Höhne, C., Kreuz, E., Du, K., Klopp, C., Lopez-Roques, C., Yebra-Pimentel, S.E., Ciorpac, M., Gessner, J., Holostenco, D., Kleiner, W., Kohlmann, K., Lamatsch, K.D., Prokopov, D., Bestin, A., Bonpunt, E., Debeuf, B., Haffray, P., Morvezen, R., Patrice, P., Suci, R., Dirks, R., Wuertz, S., Kloas, W., Schartl, M., Stöck, M. **2021**. A 180 Myr-old female-specific genome region in sturgeon reveals the oldest known vertebrate sex determining system with undifferentiated sex chromosomes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2021, 376, 20200089. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0089>
- Linhartová, Z., Havelka, M., Pšenička, M., Flajšhans, M. **2018**. Interspecific Hybridization of Sturgeon Species Affects Differently Their Gonadal Development., *Czech J. Anim. Sci.* 2018, 63(1), 1–10. <https://doi.org/10.17221/37/2016-CJAS>
- Peng, Z., Ludwig, A., Wang, D., Diogo, R., Wei, Q., He, S. **2007**. Age and biogeography of major clades in sturgeons and paddlefishes (Pisces: Acipenseriformes). *Mol. Phyl. Evol.* 2007, 42, 854–862. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.09.008>
- Ruan, R., Feng, T., Li, Y., Yue, H., Ye, H., Du, H., Liu, Q., Ruan, J., Li, C., Wei, Q. **2021**. Screening and identification of female-specific DNA sequences in octaploid sturgeon using comparative genomics with high-throughput sequencing. *Genomics* 2021, 113, 4237–4244. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.11.012>

- Shelton, L.W., Mims, D.S. **2012**. Evidence for female heterogametic sex determination in paddlefish *Polyodon spathula* based on gynogenesis. *Aquaculture* 2012, 356–357, 116–118. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.029>
- Vasil'ev, V.P., Rachek, E.I., Lebedeva, E.B., Vasil'eva, E.D. **2014**. Karyological study in backcross hybrids between the sterlet, *Acipenser ruthenus*, and kaluga, *A. dauricus* (Actinopterygii: Acipenseriformes: Acipenseridae): *A. ruthenus* × (*A. ruthenus* × *A. dauricus*) and *A. dauricus* × (*A. ruthenus* × *A. dauricus*). *Act. Ichth. et Pisc.* 2014, 44(4), 301–308. <https://doi.org/10.3750/AIP2014.44.4.04>

INSZEMINÁCIÓ MÓDSZERŰ AFRIKAI HARCSEA (*CLARIAS GARIEPINUS*) SZAPORÍTÁS ALTERNATÍV HORMONKEZELÉSSSEL (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

HORVÁTH József¹, TÓTH András¹, VARGA Ádám¹,
IVÁNOVICS Bence², KALOCSAI Levente¹, URBÁNYI Béla³,
MÜLLER Tamás¹

¹Magyar 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
²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Kivonat

Afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) halfajban indukált halszaporítási kísérletben vizsgáltuk a frissen gyűjtött afrikai harcsa hipofízis hormonkezelés hatásait az ikrások ovulációjára. Előzetes eredményeink alapján a frissen gyűjtött hipofízissel kezelt csoport nem különbözött a kontroll csoporttól a legfőbb mutatók (termékenyülési és kelési értékek) tekintetében.

Kulcsszavak: indukált szaporítás, petefészekmosás, hipofízis kivonat

Abstract

In our present study, the effects of freshly collected pituitary extract treatment of African catfish (*Clarias gariepinus*) on ovulation were investigated. Our preliminary results showed that the freshly collected hypophysis-treated group did not differ from the control group in terms of the main indicators (fertilization and hatching values).

Keywords: induced breeding, ovarian lavage, pituitary extract

Bevezetés

A *Clarias* nembe tartozó halfajok – beleértve az afrikai harcsát (*Clarias gariepinus*) is - a világ szárazföldi haltermelésének jelentős hányadát adják (1,249 millió tonna, FAO, 2022). Az Európai Unióban Magyarország piacvezető szerepet tölt be az afrikai harcsa termelésben, hazánkban az intenzív rendszerben előállított halhús 93,6%-át adja a faj (Lukácsik és mtsai., 2021, Kiss, 2023). Ezen kedvező pozíció megtartásának fontos eleme a fajjal kapcsolatos intenzív K+F munka.

Az afrikai harcsa indukált szaporításával kapcsolatban számos hazai vonatkozású munka született, a magyar szakemberek élen járnak a fajjal kapcsolatos kutatómunkában. Hazánkban engedélyezett a hipofizissal (agyalapi mirigy) történő hormonkezelés (hipofizálás) alkalmazása az indukált halszaporítás során (Horváth és mtsai., 2014). A faj szaporítási technológiájának alapvető részét képezi, hogy a száraz termékenyítéshez (*in vitro* fertilizáció) a spermagyűjtés a here műtéti úton történő eltávolításával történik (anatómiai okok miatt nem fejhető), ami az egyed elpusztításával jár (Péteri és mtsai., 1989; Péteri és mtsai., 2015). Elgondolásunk alapján érdemes lenne a spermagyűjtéssel egyidejűleg a hím hipofizisét is eltávolítani, amelyet ezután fel lehetne használni az ikrások hormonkezelésére. Ennek az egyik módja az inszeminációs szaporítás lenne, ahol lehetőség van a beérési idő alatt (10-12h) a sperma petefészekbeli tárolására (Müller és mtsai., 2018b; Müller és mtsai., 2020a,b). Korábban bizonyították, hogy a spermiumok a petefészek ozmocomform környezetében akár 36 órán keresztül is képesek megőrizni aktivitásukat külső megtermékenyítésű halfajok esetében (Müller és mtsai., 2020b).

Célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a frissen gyűjtött natív afrikai harcsa hipofizis szuszpenzió hormonkezelés hatását az ikrások ovulációjára, valamint a hormonpreparátum alkalmazhatóságát az inszeminációs szaporítás során.

Anyag és módszer

A kísérlethez használt ikrások ($n = 12, 249 \pm 32,1$ g) saját szaporításból származtak, míg a hím egyedet ($n = 1, 3402$ g) a megfelelő hipofizis-, és spermamennyiség miatt a Bajcsihal Kft.-től szereztük be. Az ikrás anyahalakat a kísérlet során a tartásukat szolgáló recirkulációs rendszerben ($200 \times 45 \times 145$ cm, szűrőkáddal kiegészített teljes térfogat kb. 1300 l) egyenként keltető ketrecekben (Fyllen szennyestartó kosár, magasság: 50 cm, átmérő: 45 cm, térfogat: 79 l, szembőség: 0,75 mm) helyeztük el. A kísérlet előtt a víz hőmérsékletet az addigi 26°C -ról 27°C -ra emeltük.

Két csoportot hoztunk létre: *in vitro* fertilizáció (kontroll, $n = 6$) és inszemináció csoportok ($n = 6$). A kontroll csoport ikrásait 1 Ovopel (GnRH-a és metoklopramid, Interfish Kft.) pellet/testtömeg kg intramuszkulárisan hormonkezeltek a spermagyűjtést 12 órával megelőzően. A tejes egyed ($n = 1$) túlaltatását követően műtéti úton eltávolítottuk a herét, majd ebből nyertük ki a spermát. A kontroll csoport minden ikrásától fejt ikratételből Petri-csészénként 0,1 ml ikrát ($83,11 \pm 12,74$ ikraszem) adagoltunk ki anyahalanként 3 normál méretű Petri-csészébe (átmérő \times magasság: $90 \times 14,2$ mm), amelyeket 1 csepp spermával (kb. 5 mm^3) *in vitro* termékenyítettünk. Ezt követően az alsó állkapocs eltávolításával, valamint a koponya felnyitásával eltávolítottuk az agyalapi mirigyét is, amelyet Petri-csészébe helyeztünk (1. ábra, felső képek). A frissen gyűjtött afrikai harcsa hipofizisből 0,9% NaCl oldat segítségével szuszpenziót készítettünk. Az inszemináció csoport ikrásait az intramuszkuláris natív hipofizis hormonkezeléssel egyidejűleg 1 ml sperma/testtömeg kg mennyiségben inszemináltuk mindkét petefészeklebebe egyenlően elosztva a Müller és mtsai. (2018a) bemutatott módon (1. ábra, alsó kép). A katétert (hossz: 400 mm, külső átmérő: 1,3 mm, belső átmérő: 1 mm (GALMED Wytwórnia Sprzętu Medycznego®, Lengyelország) a petefészeklebebe belső csúcsáig vezettük, majd az injektálást ezt követően egy pontba végeztük. A 12 órás beérési időt követően a halakat lefejtük, és a

kontroll csoporthoz hasonlóan a kevert gamétaadagokat (0,1 ml/csésze) anyahalanként 3 normál méretű Petri-csészébe helyeztük, majd minden egyes csészéhez állott csapvizet adtunk (vízaktiváció). A Petri-csészékben 12 óránként vizet cseréltünk az elhalt embriók és a nem termékenyült ikrák eltávolításával egyidejűleg. A kísérlet során meghatároztuk a termékenyülési és kelési értékeket, amelyeket a következő képletek segítségével végeztünk:

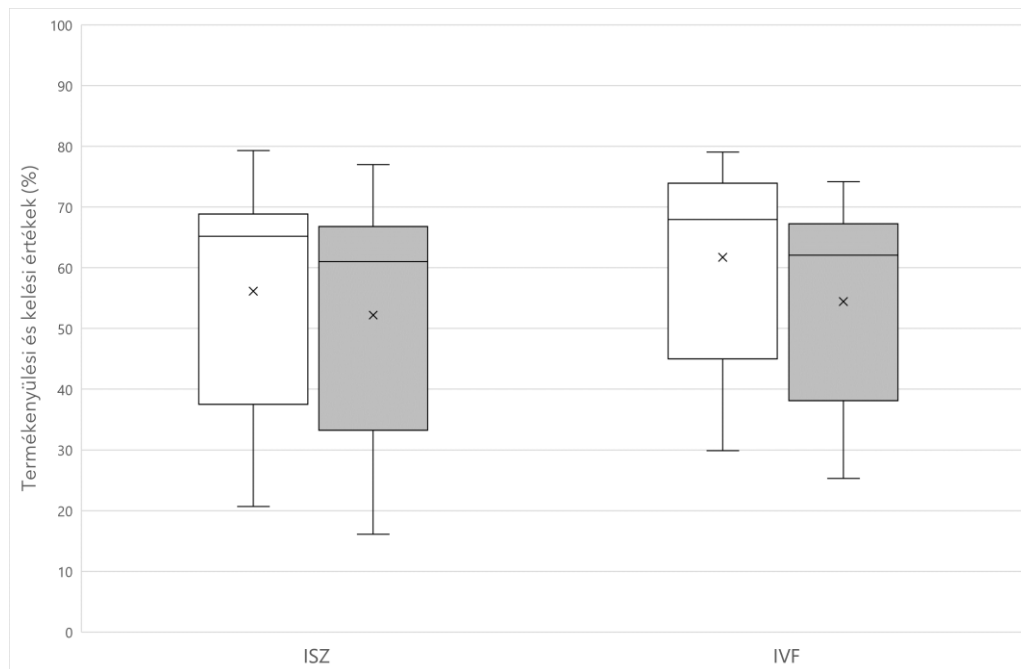
- ovulációs ráta = $(\text{ovulált ikrások száma} / \text{összes ikrás száma}) \times 100$
- termékenyülési arány = $(\text{élő embriókat tartalmazó ikraszemek} / \text{összes ikraszem}) \times 100$
- kelési arány = $(\text{kelt lárvák száma} / \text{összes ikraszem}) \times 100$



1. ábra. Balra fent: Az agyalapi mirigy elhelyezkedése, jobbra fent: kioperált agyalapi mirigy, lent: inszemináláshoz a katéter felhelyezése az urogenitális papillán keresztül.

Eredmények és következtetések

A kísérlet során az összes hal ovulált, a fejt ikratételek termékenyültek mindkét csoportban. Az *in vitro* fertilizáció csoport termékenyülési és kelési értékei statisztikailag igazolható mértékben nem különböztek az inszemináció csoport értékeitől (kétmintás t-próba, $p < 0,05$). A vizsgált értékek mindkét csoportban nagy egyedi különbségeket mutattak (2. ábra).



2. ábra. Termékenyülési (fehér) és kelési (szürke) értékek (ISZ – inszemináció, IVF – *in vitro* fertilizáció).

Összefoglalás

Kutatásunk során afrikai harcsa halfajban összevetettünk egy alternatív szaporítási módszert (egy tejesből származó spermaadagok inszeminálása és belőle származó friss hipofízis kezelés) a hagyományos kezelési eljárással (kereskedelemben kapható hormonkészítménnyel történő kezelés és *in vitro* fertilizáció). Előzetes eredményeink alapján szaporodásbiológiai mutatókat tekintve (termékenyülési és kelési arányok) nem tapasztaltunk különbséget.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a következő pályázati munkák támogatták: NKFI Alap (NKFI_K_135824), 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015). A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4 kódszámú (ÚNKP-23-4-II-MATE-4), ÚNKP-23-2 kódszámú (ÚNKP-23-2-I-MATE-6), ÚNKP-23-3 kódszámú (ÚNKP-23-3-I-MATE/22) Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alapról finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- FAO **2022**. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. FAO, Rome.
- Horváth, L., Csorbai, B., Szabó, T., Urbányi, B., Müller, T. **2014**. *A hormonális halszaporítás túlélte a szigorú vizsgálatot*. Halászat 107(4), 22-25.
- 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.
- Müller, T., Ács, E., Beliczky, G., Makk, J., Földi, A., Kucska, B., Horváth, L., Ittész, Á., Hegyi, Á., Szabó, T., Urbányi, B., Quyên, N. N., Orbán, L., Havasi, M. **2020b**. New observations about the fertilisation capacity and latency time of sperm inseminated into the ovary of African catfish (*Clarias gariepinus*), an oviparous model fish. Aquaculture 522, 735109.
- 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., Kucska, B., Szabó, T., Horváth, L., Horváth, Á., Ittész, I., Havasi, M., Urbányi, B. **2020a**. A magyar halszaporítás technológiai kutatások sarokkövei és egy új indukált szaporítási mód bemutatása. Állattenyésztés és takarmányozás 69(3), 305-316.
- Péteri, A., Horváth, L., Radics, F., Puppáné, B. F. **1989**. Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) tenyésztése. Halászat 82(3), 86-91.
- 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.

Technológia és takarmányozás

ROVAROLAJ, MINT A HALTAKARMÁNYOK POTENCIÁLIS OLAJFORRÁSA

**EGESSA Robert¹, BIRÓ Janka¹, SZŰCS Anita Annamária¹,
LENGYEL-KÓNYA Éva², NAGY Zoltán¹
ILIC Petar³, J. SÁNDOR Zsuzsanna¹**

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont, Szarvas
e-mail: jakabne.sandor.zsuzsanna@uni-mate.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet, Élelmiszertudományi Kutatócsoport, Budapest

³Novi Sad University, Institute of Food Technology, Újvidék, Szerbia

Kivonat

A fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) eredetű lárvaolaj (FKLO) alkalmasságát vizsgáltuk a halolaj és a növényi olaj helyettesítésére a harcsafélék étrendjében. Az összeállított tápok között szerepelt egy halolajat és repceolajat tartalmazó kontrolltáp (CTR), valamint két kísérleti táp, amelyekben a fentiek 50%-os, illetve 100%-os helyettesítésére FKLO-t használtunk. A 8 hetes takarmányozási kísérlethez európai harcsa (*Silurus glanis*) ivadékokat használtunk recirkulációs akvakultúra-rendszerben. A vizsgálatunk célja az FKLO hatásának vizsgálata a fiatal halak növekedésére és tápanyag-felhasználására, a lipidanyagcserére, az antioxidáns és az immunrendszerrel kapcsolatos válaszreakciókra. A kapott eredmények azt mutatták, hogy valamennyi táp elősegítette a halak megfelelő növekedését és takarmányhasznosítását, és nem voltak jelentős különbségek a paraméterek tekintetében az egyes tápokkal táplált halcsoportok között. Szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a szövetek zsírsav (FA) összetételében. A CTR-táppal etetett halakhoz képest a FKLO-alapú táppal etetett halaknál a teljes testben található összes telített zsírsav és az arachidonsav szignifikánsan magasabb szintje, a teljes testben található egyszeresen telítetlen zsírsavak és az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (n-3 PUFA) szignifikánsan alacsonyabb szintjével járt együtt. A májban azonban némi eltérés volt megfigyelhető ettől a tendenciától, a laurinsav depozíció alacsony volt, valamint a hosszú láncú Lc-PUFA-k megőrzését tapasztaltuk. Ezek az eredmények az FKLO100 táplálékkal etetett halak szabályozott anyagcsere-aktivitását jelezték, bizonyítva, hogy a halaknak több közepes szénláncú telített zsírsavat kellett oxidálniuk és több Lc-PUFA-t elraktározniuk a szövetekben a zsírsavegyensúly fenntartása érdekében. A bélrendszeri emésztőenzimek aktivitásának és a bélfal szerkezetének változásai nagyon minimálisak voltak, és azt jelezték, hogy a halolaj és/vagy növényi olajok teljes helyettesítése közepes láncú telített zsírsavakban gazdag rovarolajokkal nem befolyásolja negatívan a bélfal integritását és az emésztőenzimek működését. Összeségében a kísérleti

eredményekből arra következtettünk, hogy a fekete katonalégy lárvaolaj kiválóan alkalmas a harcsafélék takarmányában a szükséges olajforrás biztosítására.

Kulcsszavak: harcsa, fekete katonalégy, zsírsav metabolizmus, génexpressziós vizsgálatok, antioxidáns és emésztőenzimek

Abstract

In this study, we investigated the black soldier (*Hermetia illucens*) larvae oil (BSLO) as a replacement of fish oil and vegetable oil in the diets of European catfish. The formulated diets included a control diet (CTR) containing fish oil and rapeseed oil, and two experimental diets replacing them with 50% and 100% BSLO, respectively. The nutritional trial was conducted for 8 weeks in a recirculation aquaculture system using European catfish juveniles. The study was focused on evaluating the impact of BSLO on fish growth and nutrient utilization, lipid metabolism, antioxidant, and immune-related responses in juvenile fish. Results obtained indicated that all the diets promoted adequate fish growth and feed utilization, with no significant differences in these parameters between the dietary fish groups. Significant differences were observed in tissue fatty acid (FA) composition. The significantly higher levels of whole-body total saturated fatty acids and arachidonic acid in fish fed BSL-based diets relative to those fed CTR diet were accompanied by significantly lower levels of whole-body monounsaturated fatty acids and n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFA). However, some deviations in this trend were observed in the liver highlighting the sparing effect for long chain Lc-PUFA and low lauric acid deposition. These results indicated upregulated metabolic activities in fish fed the BSLO100 diet, creating the need for fish to oxidize more medium chain saturated fatty acid and to deposit more Lc-PUFA in the tissues in order to maintain fatty acid balance. Overall, from the experimental results we concluded that black soldier fly larval oil is excellent for providing the necessary oil source for dietary application in catfish feed.

Keywords: catfish, black soldier fly, fatty acid metabolism, gene expression

Bevezetés

Az akvakultúra intenzív fejlődése világviszonylatban a tengeri források szűkülését eredményezte. A halolaj helyettesítése növényi eredetű olajokkal egyre elterjedtebb, de amíg ezek az olajok biztosítják a szükséges energiabevitelt, addig a gyulladással kapcsolatos folyamatok gátlásában is szerepet játszó hosszú szénláncú zsírsavak hiányával kell számolni. Az állatkísérletek során felhalmozódó bizonyítékok azt mutatják, hogy a bélmikrobióta, az n-3 zsírsavak és az immunitás közötti kölcsönhatás segít megőrizni a bélfal integritását, és ez az interakció a gazdaszervezet immunsejtjeivel gyulladáscsökkentő hatással bír, továbbá befolyásolja a fertőzéssel szembeni ellenállást (Delzenne et al., 2015; Zhu et al., 2020). Mára egyre több bizonyíték van arra, hogy a halolaj teljes kiváltása növényi olajokkal a halak egészségi állapotának romlását okozza a magas arányban előforduló n-6 zsírsavak gyulladást okozó hatásának következményeként (Huang et al., 2022).

A rovareredetű takarmány-alapanyagok széleskörű vizsgálatának eredményei már bizonyították, hogy alkalmasak akár a tengeri, akár az édesvízi halfajok takarmányozására, ugyanakkor a feldolgozott rovarliszt/olaj eredete és minősége döntő hatással van a takarmányba történő keverés mértékére (Dumas et al., 2018; Belghit et al., 2019; Nogales-Mérida et al., 2019; Xu et al., 2020). A fekete katonalégy lárva (*Hermetia illucens*) olaj n-3 zsírsavtartalma szintén alacsony, habár a nevelési szubsztrátumon keresztül ez jelentősen manipulálható (Liland et al., 2017; El-Dakar et al., 2020). Zsírsav-összetétele hasonló a kókuszolajéhoz, és a közepes szénláncú zsírsav, a laurinsav (C12:0) dominál, amely az összes zsírsav 21-50%-át teszi ki és a közepes láncú trigliceridek fő alkotóeleme (Tran et al., 2015; Li et al., 2016). Ezen trigliceridek (MCT) szerepét ismerjük az állati és a humán táplálkozásban is gyors felszívódásuk és oxidációjuk miatt (St-Onge et al., 2008). Befolyásolja a fehérje, a szénhidrát és zsír felszívódását, a takarmány felvételét és gátolja a zsírdeponálást (St-Onge et al., 2008; Ooyama et al., 2009). Az étrendi MCT a fehérje, a lipid és a keményítő fokozott felszívódását eredményezte az atlanti lazacban (*Salmo salar*) (Nordrum et al., 2000) és a pöttyös sügérben is (*Cromileptes altivelis*) (Williams et al., 2006), míg a növekedés, a takarmányfelvétel és a zsírlerakódás negatívan korrelált az MCT-bevitellel. Ezen túlmenően kimutatták a laurinsav magas szintű β -oxidációját a pöttyös sügérben, mely a lipid retenció csökkenését okozta (Williams et al., 2006). Ugyanakkor a szívárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) szervezetében, a laurinsav felhalmozódása összefüggésbe hozható volt az MCT-ben gazdag táplálékkal (laurinsavban gazdag kókuszolaj, több mint 20%-a zsírsavtartalom) (Figueiredo-Silva et al., 2012). Továbbá Belghit et al. (2019) arról számoltak be, hogy a FKLO tartalmú takarmánnyal történő etetés hatására, a magas laurinsavtartalom csökkentette a máj lipidraktározását az atlanti lazac fiatal egyedeiben, szemben azzal, mint amikor a halakat rovarok nélküli kontroll táppal etették. Figyelembe véve az eddig halakon végzett vizsgálatokat és az eredményeket, (Li et al., 2016) feltételezzük, hogy a fekete katonalégy olaj mindenképpen valamilyen módon befolyásolja a lipidanyagcserét és szerepe lehet a halak egészségének védelmében is.

Az édesvízi akvakultúra termelés a világ termelésének több mint 75%-ához járult hozzá a 2017-es évben (Naylor et al., 2021). A Siluriformes rendbe tartozó fajok, úgymint a cápaharcsa (*Pangasianodon hypophthalmus*), az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), az európai harcsa (*Silurus glanis*) vagy a sárga tüskésharcsa (*Pelteobagrus fulvidraco*) az akvakultúrában tenyésztett harcsafajok fontosabb képviselői. Ezért a fekete katonalégy olaj, mint takarmány-összetevő alkalmasságának tesztelése a harcsafajok étrendjében fontos annak megértéséhez, hogy milyen hatással van ez lipidforrás a takarmányhasznosításra vagy egyéb haljóléti paraméterekre. Ez különösen fontos szempont a hazai harcsatermelés számára is, melynek egyre nagyobb jelentősége van a haltermékek piacán.

Anyag és módszer

Az etetési kísérlethez három tápot (egy kontrolltápot: CTR, és két kísérleti tápot: FKLO50 és FKLO100 állítottunk össze azonos fehérje- (43%), zsír- (10%) és energia tartalommal (17,9 MJ/kg) (1. táblázat). A CTR-táp halolaj és repceolaj keverékét tartalmazta (1:1 arányban), az FKLO50 táp 50% fekete katonalégy olajat (FKLO)

tartalmazott, helyettesítve a halolajat és repceolajat, míg a FKLO100-táp pedig csak FKLO-t tartalmazott (100%). A tápok közötti legnagyobb különbség az olajforrásban volt, így a tápok zsírsav összetétele eltért (2. táblázat).

1. táblázat. Takarmányok összetétele (g/kg)

Összetevők	CTR	FKLO50	FKLO100
Búza ¹	250	250	250
Baromfi liszt (65% Pr) ²	190	190	190
Halliszt ³	110	110	110
Szójaliszt (50% Pr) ⁴	100	100	100
Szójafehérje koncentrátum ⁵	100	100	100
Szójabab ¹	100	100	100
Búzaglutén ⁶	74	74	74
Vitamin-Mineral Premix ⁷	15	15	15
Mono-kalcium-foszfát	10	10	10
Ittrium (III)-oxid ⁸	1	1	1
Halolaj ⁹	25	12.5	0
Repceolaj ¹⁰	25	12.5	0
Rovarolaj (IO) ¹¹	0	25	50

1 Nutricija DOO, Novi Sad.

2 SONAC Poultry meal 65 Premium, Sonac Usnice SP. z.o.o., Usnice, Poland.

3 999 Fish meal LT, TripleNine Fish Protein A/S, Esbjerg, Denmark.

4 SOPRO 200, Sojaprotein, Bečej, Serbia.

5 Tradkon SPC500-F, Sojaprotein, Bečej, Serbia.

6 Fidelinka Skrob, Subotica, Serbia.

7 Cargill Ltd., Budapest, Hungary

8 Sigma Aldrich, 99.99 %

9 FF Skagen, Skagen, Denmark.

10 Victoria oil, Šid, Serbia.

11 Agroloop, Budapest, Hungary

2. táblázat. A rovarolaj és takarmányok zsírsav profilja (w%)

Zsírsavak	FKLO	CTR	FKLO50	FKLO100
12:0	52.38	0.31	11.75	23.67
14:0	12.46	2.34	4.32	6.47
16:0	15.16	13.67	14.36	15.25
16:1n-7	0.00	2.83	2.68	2.58
18:0	0.00	3.50	3.74	3.91
18:1n-9	0.511	31.89	24.33	17.18
18:2n-6	13.42	24.52	24.31	23.52
18:3n-3	0.02	3.69	3.00	2.19
20:1n-9	0.09	3.10	1.96	0.74
20:4n-6	0.02	0.29	0.25	0.00
20:5n-3	0.03	2.07	1.39	0.54
22:1n-9	0.02	0.34	0.19	0.00
22:6n-3	0.03	2.50	1.80	0.77
24:1n-9	0.08	0.42	0.27	-
ΣSFA	82.35	20.55	34.86	50.22
ΣMUFA	3.96	38.57	29.43	20.49
ΣPUFA	13.68	34.31	31.53	27.80

ΣSFA: C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C22:0, C:23:0, C:24:0, ΣMUFA: C14:1n-5, C16:1n-7, C15:1n-5, C17:1n-7, C18:1n-9, C18:1n-9t, C20:1n-9, C22:1n-9, C24:1n-9, ΣPUFA: C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-6, C20:4n-6, C20:5n-3, C22:6n-3, SFA, telített zsírsavak; MUFA, egyszeresen telítetlen zsírsavak; PUFA, többszörösen telítetlen zsírsavak.

Az etetési kísérletben összesen 630 darab európai harcsaivadékot (átlagos testtömegük $28,1 \pm 0,17$ g) osztottunk szét három ismétlésben kilenc 1 m^3 -es üvegszálas kádba a HAKI recirkulációs akvakultúra-rendszerében és etettünk 8 héten keresztül. A kísérlet ideje alatt $24.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ vízhőfokot tartottuk, az etetést automata etetővel végeztük óránkénti kiszórással. Az etetési kísérlet végén rögzítettük a halak egyedi testtömegét, a teljes hosszát, valamint boncolás után máj, lép és fejvese mintákat vettünk enzim és génexpressziós vizsgálatokhoz. Továbbá vérmintát gyűjtöttünk a vér biokémiai és immunológiai vizsgálataira, majd bélmintát az emésztőenzim aktivitások meghatározására és a bélhisztológiai vizsgálatokra. Májból és egészhalból zsírsav profil vizsgálatokat végeztünk. A kémiai, biokémiai és molekuláris vizsgálatokat a Gebremichael és mtsai, 2023 alapján végeztük. Az emésztőenzim vizsgálatokhoz Ljubobratovic által ismertetett módszertant követtük (Ljubobratovic et al., 2017). A májminták glutation peroxidáz aktivitásának vizsgálatára GSH kitet (Abbexa, UK-abx096005), a szuperoxidáz aktivitásra SOD Assay kitet (SIGMA, USA -CS0009), malondialdehid peroxidációs termék mennyiségének meghatározására MDA Assay kitet (SIGMA, USA -MAK085), és a Total antioxidáns kapacitás meghatározásra TAOC Assay kitet (SIGMA-MAK187) használtuk, a gyártó utasításait követve.

Eredmények és következtetések

A takarmányos kísérletből származó átfogó analitikai és élettani vizsgálatok eredményei közül jelen dolgozat a máj zsírsav profiljának adatait, valamint a májból (3. táblázat) és bélből kivont antioxidáns és emésztőenzimek aktivitását mutatja be (4. táblázat). Ugyanakkor a következtetések levonásánál más tanulmányokban közölt eredményeinkre is hivatkozunk. A FKLO-ban nagy arányban előforduló laurinsav a májszövetben csupán kisarányú depozíciót mutatott a FKLO50 és FKLO100 csoportokban és a telített zsírsavak összege (Σ SFA) sem különbözött szignifikánsan a kontroll csoportnál meghatározott értéktől. Továbbá a Σ MUFA és a Σ PUFA-tartalom kismértékű, nem szignifikáns csökkenése volt tapasztalható a táplálék rovarolaj-frakciójának növekedésével. Az n-6 PUFA-k, mint például a 18:3n-6 (γ -linolénsav), a 20:3n-6 (dihomo- γ -linolénsav) és a 20:4n-6 (arachidonsav) szintje a halak májában jelentősen megnőtt a rovarolaj alapú táplálékkal etetett halak esetében. Ezek a zsírsavak korlátozottan voltak jelen a táplálékban, és jelenlétük a halszövetekben a 18:2n-6 (n-6 PUFA prekursorok) 20:4n-6 (ARA) biokonverzióját bizonyítja, amely az FKLO100 csoporttal etetett halaknál kifejezettebb volt. A linolsav (18:2n-6) étrendi szintje hasonló volt a különböző tápokban, míg az ARA esetében az FKLO100 tápban volt a legalacsonyabb.

3. táblázat. Máj zsírsav összetétele (w%) and össz lipid tartalma (eredeti anyagra) (átlag \pm SD).

Zsírsavak	CTR (n=6)	FKLO50 (n=8)	FKLO100 (n=6)	p-érték
Össz lipid (g/100g)	1.36 \pm 0.49	1.56 \pm 0.37	1.19 \pm 0.41	0.205
12:0	0.34 \pm 0.24 ^a	0.44 \pm 0.12 ^{ab}	0.97 \pm 0.62 ^b	0.004
14:0	1.20 \pm 0.32 ^a	1.54 \pm 0.18 ^{ab}	1.78 \pm 0.41 ^b	0.016
15:0	0.30 \pm 0.25 ^a	1.00 \pm 0.50 ^{ab}	1.13 \pm 0.78 ^b	0.035
16:1n-7	4.76 \pm 0.90 ^a	5.92 \pm 1.42 ^{ab}	7.26 \pm 1.85 ^b	0.027
18:1n-9	32.27 \pm 2.80	30.10 \pm 2.79	28.13 \pm 4.11	0.116
18:2n-6	12.09 \pm 5.53	9.52 \pm 3.05	7.63 \pm 1.91	0.103
18:3n-6	0.11 \pm 0.13 ^a	0.30 \pm 0.17 ^{ab}	0.44 \pm 0.08 ^b	0.003
18:3n-3	0.48 \pm 0.16	0.38 \pm 0.19	0.26 \pm 0.17	0.124
20:1n-9	3.06 \pm 0.78 ^a	3.13 \pm 0.48 ^a	2.18 \pm 0.48 ^b	0.017
20:3n-6	2.05 \pm 0.68 ^a	2.97 \pm 0.78 ^{ab}	3.00 \pm 0.40 ^b	0.032
20:4n-6	2.23 \pm 0.74 ^a	3.72 \pm 1.22 ^b	4.75 \pm 0.54 ^b	<0.001
20:5n-3	0.58 \pm 0.29	0.53 \pm 0.14	0.40 \pm 0.01	0.369
22:6n-3	5.08 \pm 1.81	5.68 \pm 2.01	5.96 \pm 1.79	0.712
Σ SFA	33.52 \pm 6.98	33.70 \pm 3.47	34.12 \pm 3.77	0.749
Σ MUFA	41.72 \pm 1.94	41.39 \pm 2.97	35.32 \pm 2.19	0.678
Σ PUFA	24.76 \pm 6.17	24.91 \pm 2.35	24.64 \pm 3.69	0.993

A statisztikai elemzés az egyes takarmányokhoz tartozó csoportok (CTR, FKLO50 és FKLO100) közötti összehasonlításra vonatkozik. Az egyes statisztikai jelek (a,b,c) az azonos sorban található értékek közötti szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést mutatják.

Σ SFA: c60, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C22:0, C:23:0, C:24:0, Σ MUFA: C14:1n-5, C16:1n-7, C15:1n-5, C17:1n-7, C18:1n-9, C18:1n-9t, C20:1n-9, C22:1n-9, C24:1n-9, Σ PUFA: C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-6, C20:4n-6, C20:5n-3, C22:2n-6, C22:6n-3

SFA, telített zsírsavak; MUFA, egyszerűen telítetlen zsírsavak; PUFA, többszörösen telítetlen zsírsavak.

A rovarolaj-alapú táplálékkal etetett halak májának magasabb ARA és más n-6 sorozatú zsírsav tartalma a takarmány n-3 Lc-PUFA tartalmának csökkenő irányát követte, ehhez hasonló megfigyelést tapasztaltak a fiatal fekete durbincson (Jin et al., 2017). Érdekes módon az n-3 bioszintézis útvonalában köztes zsírsavak, mint például a 20:3n-3 vagy a 18:4n-3, nem voltak megfigyelhetők az összes csoportból származó halak májának zsírsav profiljában. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy az Lc-PUFA bioszintézis nagy része az n-6 LC-PUFA felé irányult, és korlátozott szintézis irányult az n-3 Lc-PUFA felé, ami a $\Delta 5$ és $\Delta 6$ deszaturáz enzimek közötti kompetíciót tükrözi. Ezért valószínűnek tűnik, hogy a halak májában megfigyelt 22:6n-3 (DHA) tartalom elsősorban a szelektív visszatartásnak tulajdonítható, mivel a DHA a jelentések szerint általában magasabb szinten halmozódik fel a szövetekben, mint a megfelelő tápok szintje (Brodtkorb, et al., 1997). Következtetésként eredményeink azt mutatják, hogy megfelelő növekedés és tápanyag-felhasználás érhető el, ha az európai harcsa táplálékába közepes láncú telített zsírsavakban gazdag rovarolajat (MCSFA) kevernek.

4. táblázat. Emésztő- és antioxidáns enzimek aktivitása a májban az etetési kísérlet végén

Enzimek	CTR (n=6)	FKLO50 (n=6)	FKLO100 (n=6)	p-érték
Amiláz (mU/mg protein)	9.73±3.55	9.38±0.87	10.88±1.60	0.719
Lipáz (mU/mg protein)	9.01±2.40	6.16±1.23	8.32±0.76	0.159
Tripszin (mU/mg protein)	26.91± 8.64	27.98±11.61	18.29± 5.54	0.405
SOD (units/mg protein)	22.10±4.28	21.47±3.06	21.21±1.08	0.941
MDA (nmol/mg protein)	4.47± 0.51	3.92±1.17	4.07±1.31	0.530
GSH (nmol/mg protein)	7.19±1.10	8.09±0.70	8.10±0.87	0.068
TAOC (nmol/μL)	4.63±0.20	4.74±0.15	4.66±0.22	0.771

SOD: szuperoxid dizmutáz, MDA: malonaldehid, GSH: redukált glutation, TAOC: total antioxidáns kapacitás

A bélrendszeri emésztőenzimek aktivitásának és a bélfal szerkezetének változásai nagyon minimálisak voltak, és azt jelezték, hogy a halolaj és/vagy növényi olajok teljes helyettesítése MCSFA-ban gazdag rovarolajokkal nem befolyásolja negatívan a bélfal integritását és az emésztőenzimek működését. A 100% rovarolajat tartalmazó táplálékkal etetett halaknál a mitokondriális β -oxidációban (pl. *cpt1a*), a plazma lipoproteinekben jelen lévő triacilglicerinnel hidrolízisben (pl. *lpl* gén), valamint a *hmf4a* transzkripció faktorban szerepet játszó májgének jelentős túlműködést mutattak, ami emelkedett lipidanyagcsere-folyamatokra utal (nem közölt génexpressziós és bélhisztológiai eredmények alapján). A szuperoxid-dizmutáz expressziós szintje és aktivitása, valamint a teljes antioxidáns kapacitás, a malondialdehid és a redukált glutation tartalom a rovarolaj alapú táppal etetett és a kontroll táppal etetett halak között nem volt szignifikáns. Néhány immunrendszerrel kapcsolatos gén kifejeződése alapján a rovarolaj-alapú tápok szintén javíthatják az immunitást ennél a fajnál, azonban ez a megfigyelés további vizsgálatokat igényel magasabb FKLO tartalom alkalmazásával.

Köszönetnyilvánítás

Robert Egessa munkáját a Stipendium Hungaricum Ösztöndíj program támogatta.

Irodalomjegyzék

- Belghit, I., Waagbø, R., Lock, E.J., Liland, N.S. **2019**. Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition* 25, 343–357. <https://doi.org/10.1111/anu.12860>
- Brodtkorb, T., Rosenlund, G., Lie, Ø. **1997**. Effects of dietary levels of 20: 5n-3 and 22: 6n-3 on tissue lipid composition in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, with emphasis on brain and eye. *Aquac. Nutr.* 3, 175-187. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1997.00085.x>
- Delzenne, N. M., Cani, P. D., Everard A., Neyrinck A. M., Bindels L. B. **2015**. Gut microorganisms as promising targets for the management of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 58(10):2206–17
- Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., Weltzien, E. **2018**. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of

- rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 492, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.038>
- El-Dakar, M. A., Ramzy, R. R., Ji, H., Plath, M. **2020**. Bioaccumulation of residual omega-3 fatty acids from industrial Schizochytrium microalgal waste using black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *J. Clean. Prod.* 268, 122288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122288>
- Figueiredo-Silva, A. C., Kaushik, S., Terrier, F., Schrama, J. W., Médale, F., Geurden, I. **2012**. Link between lipid metabolism and voluntary food intake in rainbow trout fed coconut oil rich in medium-chain TAG. *British Journal of Nutrition*, 107(11), 1714–1725. <https://doi.org/10.1017/s0007114511004739>
- Gebremichael, A., Kucska, B., Ardó, L., Biró, J., Berki, M., Lengyel-Kónya, É., Tömösközi-Farkas, R., Egessa, R., Müller, T., Gyalog, G., Sándor, Z. J. **2023**. Physiological response of grower African catfish to dietary black soldier fly and mealworm meal. *Animals*, 13(6), 968. <https://doi.org/10.3390/ani13060968>
- Huang, X., Sun, J., Bian, C., Ji, S., Ji, H. **2022**. Docosahexaenoic acid lessens hepatic lipid accumulation and inflammation via the AMP-activated protein kinase and endoplasmic reticulum stress signalling pathways in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food & Function*, 13(4), 1846-1859.
- Jin, M., Lu, Y., Yuan, Y. E., Li, Y. I., Qiu, H., Sun, P., Zhou, Q. C. **2017**. Regulation of growth, antioxidant capacity, fatty acid profiles, hematological characteristics and expression of lipid related genes by different dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*). *Aquaculture*, 471, 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.004>
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., Yu, H. **2016**. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus Carpio* var. Jian). *Aquaculture* 465, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.020>
- Liland, N.S., Biancarosa, I., Araujo, P., Biemans, D., Bruckner, C. G., Waagbø, R., Torstensen, B. E., Lock, E.-J. **2017**. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. *PLoS ONE* 12(8): e0183188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183188>
- Ljubobratovic, U., Kosanovic, D., Vukotic, G., Molnar, Z., Stanisavljevic, N., Ristic, T., Peter, G., Lukic, J., Jeney, G. **2017**. Supplementation of lactobacilli improves growth, regulates microbiota composition and suppresses skeletal anomalies in juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared in recirculating aquaculture system (RAS): A pilot study. *Research in Veterinary Science*, 115, 451-462.
- Nogales-Merida, S., Gobbi, P., Jozefiak, D., Mazurkiewicz, J., Rawski, M., Dudek, K., Kieronczyk, B., Jozefiak, A. **2019**. Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 11(4), 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/raq.12281>
- Nordrum, S., Krogdahl, Å., Røsjø, C., Olli, J. J., Holm, H. **2000**. Effects of methionine, cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids along the intestinal tract and nutrient retention in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under pair-feeding regime. *Aquaculture*, 186(3), 341–360. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00385-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00385-3).
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, S.E., Troell, M. **2021**. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551-563.
- Ooyama, K., Kojima, K., Aoyama, T., Takeuchi, H. **2009**. Decrease of food intake in rats after ingestion of medium-chain triacylglycerol. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 55(5), 423–427. <https://doi.org/10.3177/jnsv.55.423>
- St-Onge, M.-P., Bosarge, A., Goree, L. L. T., Darnell, B. **2008**. Medium chain triglyceride oil consumption as part of a weight loss diet does not lead to an adverse metabolic profile when

- compared to olive oil. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(5), 547–552. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719737>
- Tran, G., Heuzé, V., Makkar, H. P. S. **2015**. Insects in fish diets. *Animal. Frontiers*, 5(2), 37–44. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0018>
- Williams, I., Williams, K. C., Smith, D. M., Jones, M. **2006**. Polka-dot grouper, *Cromileptes altivelis*, can utilize dietary fat efficiently. *Aquaculture Nutrition*, 12(5), 379–387. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00437.x>
- Zhu, L., Sha, L., Li, K., Wang, Z., Wang, T., Li, Y. Wang, H. **2020**. Dietary flaxseed oil rich in omega-3 suppresses severity of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in rats. *Lipids in health and disease*, 19, 1-16.
- Xu, H., Turchini, G.M., Francis, D.S., Liang, M., Mock, T.S., Rombenso, A., Ai, Q. **2020**. Are fish what they eat? A fatty acid's perspective. *Prog. Lipid Res.* 80, 101064. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2020.101064>

AFRIKAI HARCSEA (*CLARIAS GARIEPINUS X HETEROBRANCHUS LONGIFILIS*) TAKARMÁNYOZÁSA FEKETEKATONALÉGY LÁRVA (*HERMETIA ILLUCENS*) KIEGÉSZÍTÉSSEL

**CSORBAI Balázs, VÁRKONYI Dávid, BARTUCZ Tamás,
GYURCSÁK Márk, MOLNÁR József, URBÁNYI Béla,
BERNÁTH Gergely, BOKOR Zoltán**

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő,
Páter Károly utca 1.*

A halliszt az intenzív halnevelő rendszerekben alkalmazott egyik legfontosabb takarmánykomponens, melynek kiváltása szükséges a fenntartható halgazdálkodás érdekében. Erre lehet alkalmas a kedvező beltartalmi értékekkel rendelkező fekete katonalégy lárva, melynek etetéséről azonban kevés adat áll rendelkezésre, így célul tűztük ki takarmányozási szempontból történő vizsgálatát. A kísérleti állomány minden esetben 2 m³-es ivadéknevelő medencékbe került kihelyezésre 320 egyed/medence népesítési sűrűséggel (vízhőmérséklet: 26±1 °C). A 28 napos etetési ciklusok 0.; 14. és 28. napján mintáztuk az állományt, a vizsgálati napokon takarmánymegvonást alkalmaztunk. Tömeggyarapodást, takarmányhasznosítási együtthatót, specifikus növekedési rátát, túlélési rátát és kondíciófaktor értékeket számítottunk, majd a kapott eredményeken statisztikai elemzést végeztünk (egyszempontos varianciaanalízis). Kísérleteink során a Haltáp Takarmánygyártó, Forgalmazó és Fejlesztő Kft. 3 mm-es szemcsenagyságú extrudált teljesértékű keveréktakarmányát használtuk (élősúly 3%-a). Az első etetési ciklus során a tápot 15%-os mértékben váltottuk ki légylárvával, míg a kontroll csoport csak tápot fogyasztott, majd a második etetési ciklusnál 30%-kal helyettesítettük az etetett takarmányt és a 15%-os helyettesítési arányt tekintettük kontrollnak. Az első etetési ciklusnál az összes medence állományára vetített átlagos induló testtömeg 85,75±18,3g, a testhossz 23,06±1,4 cm volt. Az első kísérlet végén a halak testtömegében (kezelt medencék 178,21± 36,65g; 181,77±38,96 g) (kontroll medencék 168,87±57,92 g; 178,91±36,55 g), testhosszában (kezelt medencék 28,71±1,77 cm; 28,53±1,99 cm), (kontroll medencék 27,92±2,77 cm 28,74±1,66 cm) és az egyéb kalkulált paraméterekben sem volt kimutatható szignifikáns különbség. A második etetési ciklus esetében a népesítéskor az átlagtömeg 81,39±13,84 g, a testhossz pedig 22,75±1,27 cm volt. A kísérlet zárásakor a halak testtömegében 30%-os helyettesítési arány (208,8 ± 40,23g; 185,87 ± 35,05g) 15%-os helyettesítési arány (196,7 ± 34,51; 195,57 ± 44g) és testhosszában 30%-os helyettesítési arány (30,55 ±1,85cm; 30,57±1,6cm) 15%-os helyettesítési arány (30,12±1,46cm; 29,9±1,91cm) mellett nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 3-as számú 15%-os kiegészítésű medence kondíció faktora (0,64) szignifikánsan alacsonyabb lett, mint a másik 15%-os, (5-ös medence 0,72) valamint a további két 30% lárvával kiegészített medence (2-es medence 0,72; 4-es medence 0,71). A kísérletekben a halak megmaradása minden

esetben 95% felett maradt. A kísérlet során kapott eredmények alapján a 30%-os fekete katonalégy lárva kiegészítés nincs negatív hatással az afrikai harcsa intenzív rendszerben történő takarmányozására és nevelésére. Kutatásunk megvalósulását az Agroloop Hungary Kft., AQUAGEOCOMPONIA EIP 1924257877 pályázata tette lehetővé.

BUBORÉKFÜGGÖNY HATÁSA A TENYÉSZTETT PISZTRÁNGOK VISELKEDESÉRE

**FAZEKAS Georgina¹, AMICHAUD Océane², LAFOND Thomas²,
KLEIBER Aude², KERNEIS Thierry³, BATARD Axel³,
GOARDON Lionel³, LAURENT Labbé³, LAMBERT Sophie⁴,
MILLA Sylvain⁴, LJUBOBRATOVIĆ Uros¹, COLSON Violaine²**

¹*Halászati Kutatóközpont, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 5540 Szarvas, Anna-liget u. 35.,*

e-mail: Fazekas.Georgina.Lea@uni-mate.hu

²*INRAE, LPGP, F-35042 Rennes, Franciaország*

³*INRAE, PEIMA, F-29450 Sizun, Franciaország*

⁴*Université de Lorraine, INRAE, AFPA, F-54505 Vandoeuvre-lès-Nancy, Franciaország*

Kivonat

A halak jóléte egyre inkább prioritássá válik a haltenyésztési ágazatban. A tenyésztett halak jólétét elősegítő gyakorlatias, könnyen megvalósítható módszerek keresése ezért alapvető fontosságú. A környezetgazdagítás célja, hogy a fogságban tartott állatok pszichológiai és fiziológiai szükségletei javuljanak a környezetük összetettségének növelésével. Ebben a tanulmányban egy olyan innovatív gazdagítási stratégia hatásait vizsgáltuk, amely abból áll, hogy a legkorábbi életszakaszban egy légbuborékokból álló függönyt generáló csövet vezetünk be az akváriumba. A szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*), mint fogságban tartott halmodell segítségével összehasonlítottuk ennek a napi négyszer egy órán keresztül szórt buborékfüggönynek (buborékkal dúsított) hosszú távú (~21 hét) hatásait egy buborékok nélküli standard állapottal (kontroll) a halak agresszív és abnormális viselkedésére, valamint a halak buborékfüggönyhöz való hozzáférési motivációjára, érzelmi reakcióira és tanulási képességeire. Azt találtuk, hogy a buborékdiffúzió csökkentette az agresszív és abnormális viselkedést a diffúzió során a gazdagított kádakban. Ez a csökkenés az etetések és a semleges időszakok alatt is megfigyelhető volt, amikor a diffúzor nem működött. Az érzelmi reaktivitás teszt során a buborékkal nevelt halak kevésbé tűntek ijedtnek, alacsonyabb maximális sebességet mutattak a teszt során, mint hagyományosan nevelt társaik. A térbeli tanulási teszt során megfigyelt jutalom elfogyasztásáig eltelt látenciós idő a buborékkal nevelt halaknál csökkent a kontroll halakhoz képest, ami a 21 héten át környezetgazdagítva nevelt halak fokozott tanulási képességeit mutatja. Így, arra a következtetésre jutottunk, hogy az ismételt buborékdiffúzió környezeti gazdagításként hat a halak számára, amely a fizikai, foglalkoztatási és érzékszervi gazdagodást kombinálja a légbuborékok által nyújtott taktilis stimulációkon keresztül. Ez a fajta dúsítás hosszú távon pozitív hatással volt a tenyésztett szivárványos pisztráng viselkedésére, és lehetővé tenné a "pozitív jólét"

fogalmának beépítését a halgazdaságokba, miközben garantálja a könnyű technikai karbantartást.

Kulcsszavak: állatjólét, pisztráng, viselkedés, környezetgazdagítás

Bevezetés

Az állatok jólétét, és különösen a pozitív jólétét úgy lehet meghatározni, mint olyan fizikai és mentális állapotokat, amelyek meghaladják a rövid távú túléléshez szigorúan szükséges mértéket (Mellor, 2016; Fife-Cook and Franks, 2019). A halgazdálkodási ágazat számára egyre fontosabbá válik a halak jólétét és a kórokozók elleni védekezést összeegyeztető megelőző és fenntartható módszerek keresése. Az egyik ilyen stratégia az állatok környezeti gazdagításban való részesítése, amelyet úgy határoznak meg, mint bármely olyan technikát, amelynek célja az állatok, köztük a halak maladaptív és aberráns tulajdonságainak csökkentése a környezeti komplexitás és a fogságban lévő környezet biológiai relevanciájának növelése révén (Newberry, 1995; Näslund és Johnsson, 2016; Arechavala-Lopez és mtsai. 2022). A környezeti dúsítás felosztható szociális, táplálkozási, kognitív/foglalkozási, érzékszervi és fizikai dúsításra (Bloomsmith és mtsai. 1991). Ezek a kategóriák nem zárják ki egymást. A környezetgazdagítás célja a fogságban tartott állatok pszichológiai és fiziológiai szükségleteinek javítása a környezetük komplexebbé tételével.

A fizikai környezetgazdagítás (főként struktúrák és/vagy búvóhelyek hozzáadásával) jótékony hatását az állatjólétre számos esetben igazolták kísérletileg tenyésztett halak esetében. A komplex környezet jó hatással volt a növekedésre szívárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) (Kientz és mtsai. 2018), az agresszivitás csökkenésére tilápia esetében (*Tilapia rendalli*) (Torrezani és mtsai. 2013). Továbbá a környezetgazdagítva nevelt pisztrángok izolált környezetben kevesebb szorongással kapcsolatos viselkedésmintát mutattak, kevesebb agresszió, ugrálás, hirtelen sebességváltozás volt megfigyelhető a nevelőmedencében, mint hagyományos körülmények között nevelt társaiknál (Brunet és mtsai. 2022), emellett hozzájárul a kognitív képességek, főleg a térbeli tanulás fejlődéséhez és az agyi plaszticitás beindításához (Salvanes és mtsai. 2013, Zhang és mtsai. 2021). Kleiber és mtsai. (2022) előző tanulmányában kimutatta, hogy buborékok etetést előrejelző használata során az kognitív, fizikai/és vagy érzékszervi gazdagításként működött a pisztrángok esetében - az etetések előtt kevesebb agonista és abnormális viselkedésminták voltak megfigyelhetők - továbbá érdekes módon a buborékok rendkívül vonzóak voltak a halak számára függetlenül attól, hogy diffúziójuk előre jelezte-e az etetést vagy sem. Következésképpen, a buborékok etetést előrejelzőként történő használata érdekes megközelítést jelenthet a tenyésztett szívárványos pisztrángok jólétének javítására.

Bár a környezeti dúsítás gyakorlata már létezik a szárazföldi állatok esetében, a haltenyésztési ágazat még nem alkalmazza, valószínűleg a tudományos ismeretek és a halak jólétére vonatkozó speciális előírások hiánya miatt. Ezenkívül a komplex szerkezetek hozzáadásával történő gazdagítás karbantartást igényel, nehezítheti a lehalásztást és olyan baktériumtárolót hozhat létre, amely hatással van a halak egészségére, ami szintén magyarázza az ágazat vonakodását e gyakorlatok bevezetésétől.

A fentebb említett tanulmány eredményei alapján egy innovatív, biztonságos és könnyen alkalmazható környezetgazdagítási stratégiának mutatkozhat buborékfüggöny időszakos alkalmazása nevelőmedencékben. A buborékok szórása (i) fizikai gazdagításként működhet a környezet összetettebbé tételével, (ii) foglalkozási gazdagításként a monotónia korlátozásával, ha a buborékszórás nem folyamatos, és a fizikai aktivitás ösztönzésével, valamint (iii) érzékszervi gazdagításként a buborékok által nyújtott tapintási ingerek révén.

Az buborékdifúzió a legkorábbi életszakasztól volt biztosítva egészen a halak 21 hetes koráig. A kísérlet végén a környezetgazdagítás hatását vizsgáltuk a növekedésre, agresszivitásra és abnormális viselkedésre. Továbbá vizsgáltuk a halak motivációját a buborékokkal történő interakcióra, a halak érzelmi reakcióit számukra ismeretlen körülmények között és a térbeli tanulási képességüket. Feltételezésünk szerint az ismételt buborékoknak (naponta négyszer 1 h) való kitettség környezetgazdagításként funkcionálhat mind fizikai, foglalkoztatási és/vagy érzékszervi környezetgazdagítási módon, mely összességében javíthatja az tenyésztett pisztráng jólétét.

Anyag és módszer

A halak az INRAE PEIMA (PEIMA, INRAE, Fish Farming System Experimental Facility, France) kísérleti pisztráng telepének saját tenyésztésű és nevelésű állománya. 40 nappal a termékenyülés után (40 dpf, day post fertilization) a halakat 10 db egyforma kádba osztottuk szét 250 lárva/kád sűrűségben (66x66x39 cm; 170 L), forrásvíz ellátottságú átfolyóvízes rendszerben. A víz kémiai paramétereit hetente, a hőmérsékletet naponta ellenőriztük: 12 ± 4 °C. A kádak felett két izzót helyeztünk el, amelyek egy programozó panel segítségével szimulálták a napfelkeltét és napnyugtát a megfelelő fotoperiódusban (13N:11É). A halakat naponta négy alkalommal kereskedelmi forgalomban kapható táppal etettük (BioMar; Le Gouessant Aquaculture, Franciaország). A tápok mennyiségét és szemcseméretét a biomasszához és a halak méretéhez igazítottuk. A halak számát 111 dpf után 100 egyed per kádra, majd 174 dpf után 80 egyed per kádra csökkentettük.

Két kezelést alkalmaztunk a kísérlet során: a standard kádakban nem volt jelen buborékdifúzió, azonban a porlasztó igen (Kontroll); a környezetgazdagított kádakban a diffúzor naponta négyszer 1 órán keresztül működött (Buborék) eltérő időpontokban a hét minden napján a habituáció és az érdeklődés elvesztésének elkerülése érdekében. Kezelésenként 4 kád került beállításra.

A kísérlet alatt a halak csoportos viselkedését vizsgáltuk egy nap ötször 5 perces periódusokban: periódus1: neutrális periódus végén-buborékdifúzió kezdetétől; periódus2: buborék difúzió végén-neutrális periódus kezdetétől; periódus3: neutrális periódus vége etetés előtt-etetés közben; periódus4: buborék difúzió végén-neutrális periódus kezdetétől; periódus5: neutrális periódus végén-buborékdifúzió kezdetétől. A kádokról videófelvétel készült.

A környezetgazdagítás viselkedésre való hatásának vizsgálatára további három viselkedési tesztet végeztünk el:

Érzelmi reaktivitás teszt, mely során a halakat egymástól elkülönítve 4 egymástól elválasztott teszt kádba helyeztük el, ahol összesen 40 percet töltöttek. 35 perc után 20 db pelletet szórtunk a kádba. A megmaradt pelletet a kísérlet végén megszámláltuk.

12 egyedet használtunk kezelésként. A tesztekéről videofelvétel készült, melyet az Ethovision® XT viselkedési szoftverrel elemeztünk ki. A következő változókat vizsgáltuk: maximum sebesség (cm/s), megtett teljes távolság (cm), thigmotaxissal töltött idő (s), szögsebesség (°/s), forgások száma, el nem fogyasztott pelleték száma (/20).

Motivációs teszt, mely során a halak pszichológiai motivációját vizsgáltuk, amely megmutatja, hogy a hal hajlamos-e legyőzni egy averzív akadályt annak érdekében, hogy elérjen egy erőforrást vagy környezeti állapotot (Maia és mtsai. 2017). Egy 60 x 40 cm-es kísérleti kádban zajlott a kísérlet, amely a nevelő kádakhoz hasonlóan került megvilágításra. A kiindulási start zónát elsötétítettük, míg a két egymástól fallal részlegesen elválasztott teszt zónát erősen megvilágítottuk. A fal mindkét oldalán egy-egy légdiffúzor helyezkedett el, amely csak az egyik oldalon szórta a buborékokat. A kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a halak motiváltak-e arra, hogy elhagyják a búvóhelyet és belépjenek egy megvilágított területre annak érdekében, hogy hozzáférjenek a buborékfüggönyhöz. Az eltérő tesztzónákban eltöltött időt mértük. 12 egyedet használtunk fel a teszt során kezelésként.

Illetve a halak tanulási képességét egy térbeli megkülönböztető teszt segítségével vizsgáltuk, amely 3 egymást követő napot vett igénybe. Az első napon a habituációs fázis, míg a második és harmadik napon a tréning vagy teszt fázis zajlott le. A kád (40 x 60) hosszabbik oldalán a két ellenkező oldali sarok egyikét megjelöltük egy sötét műanyag panellel, amely a jutalmazási zónát jelölte. A kádak szélén elhelyezkedett 1-1 fehér PVC cső, melyen keresztül a táplálék bejuttatása zajlott a halak zavarása nélkül. A habituációs fázis során a halakat a start zónába helyeztük, 5 perc akklimatizáció után a start zóna elválasztó falát eltávolítottuk, és pelletet szórtunk a megfelelő sarokba. Ha az állat beúszott a megfelelő zónába ismét jutalomban részesült. A habituációs fázis során háromszor ismételtük meg a tesztet, először 30 majd 15-15 percig. A további két napon hasonló protokollal dolgoztunk, azonban a tesztek között közvetlenül egymás után ötször ismételtük meg 15 perces időintervallumokban. A kísérlet során vizsgáltuk a start elhagyásához szükséges látenciós időt, az első pelleték elfogyasztásáig eltelő időt, az elfogyasztott táplálék mennyiségét, illetve a jutalmazó zónába történő belépésig eltelt látenciós időt. Külön feljegyeztük, hogy a teszt egyedek elhagyták-e a start zónát vagy sem.

Az adatok R statisztikai szoftver (4.2.0 verzió) segítségével kerültek kiértékelésre.

Eredmények és következtetések

Szignifikánsan kevesebb agresszióra utaló és abnormális viselkedés volt megfigyelhető a buborékkal gazdagított kádakban a buborék diffúzió kezdetén és végén ($P < 0.001$), pozitív tendencia mutatkozott a táplálkozási időszak során ($P = 0.050$) és a neutrális periódus kezdetén ($P = 0.051$).

Az érzelmi reaktivitási teszt végén szignifikáns különbséget találtunk a fordulások számában és a maximum sebesség elérésében, mely változók a buborékkal nevelt kezelésben voltak alacsonyabbak. A kezelések között sem a megtett távolságban, sem táplálékfogyasztási szempontból nem volt különbség.

A motivációs teszt során mind a kontroll, mind pedig a buborékkal gazdagított kádakban nevelt halak szignifikánsan több időt töltöttek a búvóhelyként szolgáló

lesötétített start zónában, mint a kontroll és buborék zónában, míg a zóna*kezelés interakcióban nem volt különbség. Azonban a tesztben résztvevő egyedek összességét tekintve (mind a buborékkal gazdagított, mind pedig a kontroll egyedek) kimutatható volt, hogy a pisztrángok szignifikánsan több időt töltöttek a buborék zónában, mint a kontroll zónában ($P=0.0211$).

A térbeli tanulási teszt eredményei alapján nem volt szignifikáns interakció a jutalmazó zóna eléréséhez szükséges látenciós idő tekintetében a kezelésekre és a tesztnapok között ($P=0.461$), továbbá nem volt kimutatható sem a kezelésekre ($P=0.331$), sem az eltelt napok számának ($P=0.166$) a hatása. Azonban a jutalom elfogyasztásáig eltelt látenciós idő a napok számával szignifikánsan csökkent a kontroll és buborékkal gazdagított csoportoknál az 1. és 2. nap ($P<0.001$), illetve a buborékkal gazdagított csoportnál a 2. és 3. teszt napok között ($P=0.005$). Tehát a napoknak, mint tényezőnek erősen szignifikáns hatása ($P<0.001$), míg a kezelés*nap interakció marginálisan szignifikáns volt a táplálék elfogyasztásáig eltelt látenciós időre ($P=0.059$). A 3. teszt napon a táplálékfogyasztás alapján kimutatható volt, hogy a buborékkal gazdagított csoport szignifikánsan több pelletet fogyasztott el, mint a kontroll csoport ($P=0.009$).

A kísérlet buborékfüggöny nevelőkádakban történő alkalmazását, mint új környezetgazdagítási stratégia hatását vizsgálta a tenyésztett pisztrángok állatjóléti viselkedési indikátoraira. Az eredmények alapján elmondható, hogy az averzív viselkedési mintázatok és az agresszió csökkent azon egyedek között, melyek nevelőmedencéje időszakosan buborékokkal voltak gazdagítva. Számos tanulmány bizonyította, hogy a környezet komplexitásának növelése csökkenti ezeknek a viselkedésformáknak az előfordulását (Torrezani és mtsai. 2013; Zhang és mtsai. 2020; Brunet és mtsai. 2022). A pisztrángok esetében a gyakori agresszió együtt jár fizikai sérülésekkel, és ez gyakran a nevelőmedencék monotonitásának is köszönhető. A buborékdifúzió random működése segített elkerülni a hozzászokás jelenségét, így alátámasztva azt a hipotézist, hogy ez a környezetgazdagítási forma halak számára nemcsak fizikai környezetgazdagításként működhet. A buborékok továbbá vizuális, akusztikus és taktilis stimulációként is szolgálhat a nevelőmedencékben, amely szintén csökkentheti stressz szintet.

A motivációs teszt során a kezelésekre között nem volt kimutatható különbség a két teszt zónában eltöltött időt tekintve, ugyanakkor a halak összessége több időt töltött a buborék zónában, mint a kontroll zónában, amely magyarázható a taktilis ingerek pozitív hatásával. Számos tanulmány bebizonyította, hogy a taktilis ingerlés csökkenti a stresszt és a félelmet más halfajoknál (Soares és mtsai 2011; Bolognesi és mtsai. 2019).

Az érzelmi reaktivitás teszt alatt a buborékkal nevelt halak kevesebb fordulást és alacsonyabb maximum sebességet produkáltak, mint a kontroll csoportba tartozó halak, azonban hasonló távolságok megtétele mellett. Ez arra enged következtetni bennünket, hogy habár a szögsebességben és a thigmotaxisban különbséget nem tapasztaltunk, a légbuborékok tartósan pozitív affektív állapotot idézhetnek elő, ami itt lényegében az alacsonyabb maximális sebességgel mérhető, amely a stresszhelyzet ellenére valamilyen szintű biztonságérzetet tükröz.

Végül a tanulási teszt eredményei alapján látható, hogy az 5 hónapon keresztül buborékkal gazdagított kádakban nevelt halak esetében a jutalom elfogyasztásáig eltelt

idő szignifikánsan csökkent a teszt napok elteltével, jelezve ezzel a halak jobb tanulási képességét. Ez az eredmény egyezik a Kleiber és mtsai. (2022) által publikált eredményekkel, mely szerint 3 hétig buborékkal környezetgazdagított kádakban nevelt halak jobban teljesítettek a hasonló térbeli tanulási teszt során, mint a standard körülmények között nevelt társaik.

Összefoglalás

A kísérlet célja egy új, innovatív és biztonságos környezetgazdagítási stratégiának az alkalmazása és kiértékelése a tenyésztett pisztráng állatjóléti viselkedési mutatóira. A kísérlet 5 hónapos időtartama alatt porlasztóköveken keresztül légbuborékokat engedünk a kádakba buborékfüggőnyt hozva létre a kádak közepén. A halak csoportos viselkedését a nevelés folyamán, illetve az azt követő viselkedési tesztek rögzítettük, majd kielemeztük. A környezetgazdagítva nevelt halak között sokkal kevesebb agresszió és averzív viselkedésmódot volt megfigyelhető, továbbá fejlettebb térbeli tanulási képességgel rendelkeztek, mint a hagyományos körülmények között nevelt társaik. Megállapítottuk, hogy a buborékdifúzió megfelelő fizikai, foglalkoztatási és érzékszervi környezeti gazdagításként szolgált a fiatal pisztrángok hosszútávú nevelése során.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani a INRAE PEIMA kísérleti pisztrángtelepének a szakmai segítség és az infrastruktúra biztosításáért.
A kutatást az Európai AQUAEXCEL3.0 TNA projekt (PID: 24658) finanszírozta.

Irodalom

- Archavala-Lopez, P., Cabrera-Alvarez, M.J., Maia, C.M., Saraiva, J.L. **2022**. Environmental enrichment in fish aquaculture: a review of fundamental and practical aspects. *Rev. Aquac.* 14, 704–728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>.
- Bloomsmith, M.A., Brent, L.Y., Schapiro, S.J. **1991**. Guidelines for developing and managing an environmental enrichment program for nonhuman primates. *Lab. Anim. Sci.* 41, 372–377.
- Bolognesi, M.C., dos Santos Gauy, A.C., Gonçalves-de-Freitas, E. **2019**. Tactile stimulation reduces aggressiveness but does not lower stress in a territorial fish. *Sci. Rep.* 9, 40. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36876-1>.
- Brunet, V., Kleiber, A., Patinote, A., Sudan, P.-L., Duret, C., Gourmelen, G., Moreau, E., Fournel, C., Pineau, L., Calvez, S., Milla, S., Colson, V. **2022**. Positive welfare effects of physical enrichments from the nature-, functions- and feeling-based approaches in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 550, 737825. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737825>.
- Fife-Cook, I., Franks, B. **2019**. Positive welfare for fishes: rationale and areas for future study. *Fishes* 4. <https://doi.org/10.3390/fishes4020031>.
- Kientz, J.L., Crank, K.M., Barnes, M.E. **2018**. Enrichment of circular tanks with vertically suspended strings of colored balls improves rainbow trout rearing performance. *N. Am. J. Aquac.* 80, 162–167. <https://doi.org/10.1002/naaq.10017>.

- Kleiber, A., Le-Calvez, J.M., Kerneis, T., Batard, A., Goardon, L., Labbe, L., Brunet, V., Ferreira, V.H.B., Guesdon, V., Calandreau, L., Colson, V. **2022**. Positive effects of bubbles as a feeding predictor on behaviour of farmed rainbow trout. *Sci. Rep.* 12, 11368. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15302-7>.
- Maia, C.M., Ferguson, B., Volpato, G.L., Braithwaite, V.A. **2017**. Physical and psychological motivation tests of individual preferences in rainbow trout. *J. Zool.* 302:108-118. <https://doi.org/10.1111/jzo.12438>.
- Mellor, D.J. **2016**. Updating animal welfare thinking: moving beyond the “five freedoms” towards “a life worth living”. *Animals* 6. <https://doi.org/10.3390/ani6030021>.
- Näslund, J., Johnsson, J.I. **2016**. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish Fish.* 17, 1.
- Newberry, R.C. **1995**. Environmental enrichment - increasing the biological relevance of captive environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 229–243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-z).
- Salvanes, A.G., Moberg, O., Ebbesson, L.O., Nilsen, T.O., Jensen, K.H., Braithwaite, V.A. **2013**. Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish. *Proc. R. Soc. B* 280, 20131331. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1331>.
- Soares, M.C., Oliveira, R.F., Ros, A.F.H., Grutter, A.S., Bshary, R. **2011**. Tactile stimulation lowers stress in fish. *Nat. Commun.* 2 <https://doi.org/10.1038/ncomms1547>.
- Torrezani, C.S., Pinho-Neto, C.F., Miyai, C.A., Sanches, F.H.C., Barreto, R.E. **2013**. Structural enrichment reduces aggression in *Tilapia rendalli*. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 46, 183–190. <https://doi.org/10.1080/10236244.2013.805053>.
- Zhang, Z., Fu, Y., Shen, F., Zhang, Z., Guo, H., Zhang, X. **2021**. Barren environment damages cognitive abilities in fish: behavioral and transcriptome mechanisms. *Sci. Total Environ.* 794, 148805 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148805>.
- 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>.

KARIKAKESZEG (*BLICCA BJOERKNA*) IVADÉKOK NEVELÉSE MEGVILÁGÍTOTT TAVI KETRECEKBEN

VANNAPHAR Tamajedy, SADIA Sultana, KALOCSAI Levente,
KISS Péter, FERINCZ Árpád, MÜLLER Tamás, KUCSKA Balázs

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Kaposvár,
Guba S. u. 40., e-mail: kucska.balazs@uni-mate.hu

Kivonat

Nyolc hetes nevelési ciklus során megvizsgáltuk a telepítési sűrűség hatását a karikakeszeg ivadékok ($w_0=0,035\text{g}$) tavi ketrecben történő nevelése során. A táplálékot a tóban keletkező plankton szervezetek adták, melynek ketrecen belüli feldúsulását időszakos megvilágítással értük el. Három telepítési sűrűséget alkalmaztunk (T1=10 hal/ketrec, T2=20 hal/ketrec és T3=30 hal/ketrec; V ketrec=79L), háromszoros ismétlésben. A kísérlet alapján elmondható, hogy a legkedvezőbb növekedés (SGR=2.46±0.51) a legkisebb telepítési sűrűséggel (T1) érhető el. Mindhárom kezelésben kedvező megmaradást tapasztaltunk (T1=90%; T2=98,3% valamint T3=96,7%). A kezelések között a különbség mind megmaradásban, mind a növekedésben szignifikánsnak bizonyultak ($p<0,05$ ANOVA).

Kulcsszavak: karikakeszeg, megvilágított ketrec, telepítési sűrűség

Abstract

The effect of stocking density in the rearing of silver bream fry ($w_0=0.035\text{g}$) in a net cage placed in an experimental pond was examined. The experimental cycle lasted 8 weeks. The food was provided by the plankton organisms produced in the pond, and the accumulation of zooplankton in the cage was achieved by periodic lighting. Using three stocking densities (T1=10 fish/cage, T2 20 fish/cage and T3=30 fish/cage; V cage=80L) in triplicate, it can be stated that the most favourable growth (SGR=2.46±0.51) was achieved with the lowest stocking density (T1). In each treatment, the survival rate was high (T1=90%; T2 98.3%, T3=96.7%, respectively) the differences in growth and survival were significant between the treatments ($p<0,05$ ANOVA).

Keywords: Silver bream, illuminated cage, stocking density

Bevezetés

A karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*) hazánkban őshonos halfaj. Viszonylag tág alkalmazkodó képességnek köszönhetően széles körben elterjedt. A hazai vizekben ökológiai szerepe megkérdőjelezhetetlen, lassú növekedése révén a ragadozó halaink

fontos tápláléka. Ugyanennek a tulajdonságának köszönhetően a haltenyésztésben inkább másodrendű haszonhalként tartották számon, a többi őshonos keszegfajjal együtt (Pintér 2015). A horgászvizeken történő tervszerű halgazdálkodás indokolja az őshonos fajok –így például a karika keszeg– kihelyezését, az ökológiai sokszínűség megőrzése és fejlesztése érdekében. Ezért nem csak a ragadozó halállományban gazdag horgászvizek esetében mutatkozik igény a keszegfélék populációjának utánpótlására. Mivel jogszabály tiltja a halak természetes vizekből más természetes vízbe, illetve horgászati kezelésű vizekbe történő telepítését (2013. évi CII. törvény a halgazdálkodásról és a hal védelméről) a telepítést akvakultúrás termelésből kell megoldani. A keszegfélék ivadék utánpótlása jelenleg korlátozott (Urbányi és mtsai. 2021). A megnövekedett igények kielégítése indokolja a keszegfélék, így a karika keszeg tenyésztésének üzemi szintű technológiájának kidolgozását. Ehhez a munkához kapcsolódóan kísérletünkben megvizsgáltuk a karikakeszeg ivadékok megvilágított ketrecben történő nevelését hogyan befolyásolja a telepítési sűrűség.

Anyag és módszer

A vizsgálatainkat a MATE Kaposvári Campus hallaboratóriumának 40m² alapterületű kísérleti tavában végeztük. Az anyák a Balatonból, Fonyód térségéből származnak, elektromos halászat során kerültek megfogásra. A szaporítás hormon indukció (1,5 Ovopel/ttgk) segítségével, műfüre ivatva történt. A kikelő zsenge ivadékokat recirkulációs rendszerben artémián (3 nauplius/ml) neveltük, majd a 2. héttől kezdődően az artémiát fokozatosan (5 napos átmenettel) táppal (Aller futura 0,5 mm) váltottuk ki. A keltetőházi nevelés 25 napig tartott.

A kísérlet során összesen 12 ketrecet (bruttó térfogata: 79 L) állítottunk be, ebből 9 ketrecbe telepítettünk halakat ($w_0=0,035g$). Három telepítési sűrűséget ($T_1=10$ hal/ketrec, $T_2=20$ hal/ketrec és $T_3=30$ hal/ketrec); háromszoros ismétlésben alkalmaztunk, további 3 ketrec pedig plankton minta felvételezésre szolgált. A ketreceket belülről megvilágítottuk a napnyugtát követő 15 percben (1,5 V, 9 LED, meleg fehér fény). Heti rendszerességgel 2 ponton vettünk planktonmintát a tóból és az erre a célra kihelyezett ketrecekéből. Az utóbbiból nappal, illetve az éjszakai megvilágítást követően. A kísérletek kezdetén egyedi testhosszt, 15 egyed egyedi testtömeget, a 28. napon össztömeget, darabszámot, a 56. napon egyedi testtömeget és testhossz vettünk fel. A testhossz fénykép alapján ImageJ software-el mértük. Naponta mértünk víz hőmérsékletet, oldott oxigént (Hannah Instruments), valamint heti rendszerességgel a fontosabb vízkémi paramétereket: pH, ammónia, nitrit és nitrát és foszfát ion koncentrációt (PF-12 Macherey -Nagel).

Eredmények és következtetések

A kis alapterületű fóliás tóban a víz hőmérséklet átlaga 26,8 Celsius fok (minimum érték: 22,4°C a maximum 29,7°C), a napnyugta előtt mért oldott oxigén átlagosan 10,2 mg/L volt (minimum érték: 4,8 mg/L a maximum: 14,9mg/L). A legmagasabb ammónium koncentrációt (3 mg/L) a hetedik héten, a legmagasabb nitrit koncentrációt (0,23 mg/L) az első héten, nitrát koncentrációt (7,3 mg/L) pedig a második héten

mértük. Egyik nitrogén forma sem érte el a halak számára toxikus szintet a kísérlet során.

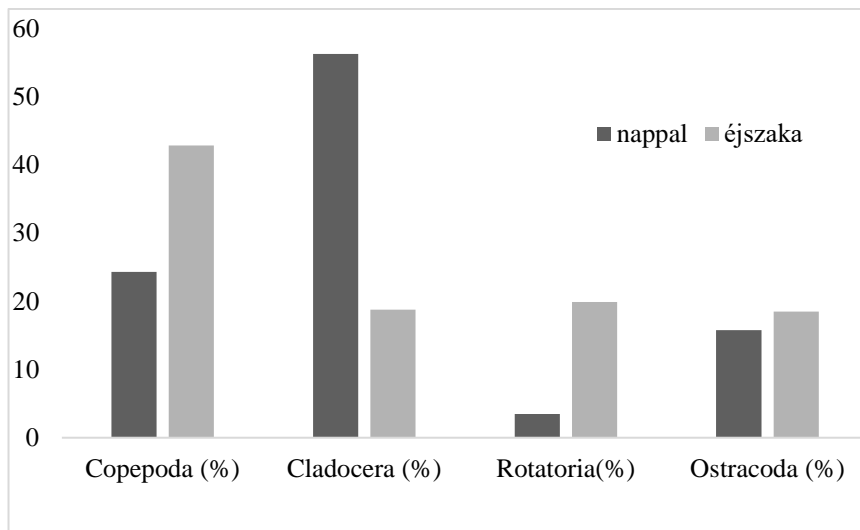
A halak egyenletes növekedés mellett a T1-es kezelésben érték el a legnagyobb súlyt és testhosszt (*1. táblázat*) A legnagyobb biomassa növekedés pedig a T3-as kezelésben volt. A kezelések közötti szignifikancia különbségek szintén a 1-es táblázatban láthatóak.

1. táblázat. összesítés a karikakeszeg termelési adatairól

	T1	T2	T3
kezdő testsúly (g)	0,035		
záró testsúly (g)	1,51 ± 0.309a	0,94 ± 0,157b	0,75±0.121c
kezdő testhossz (mm)	14,90 ± 1,313	14,24 ±1,487	14,49±1,36
záró testhossz (mm)	55,57±4.153a	48,69 ±3.469b	46,42 ± 3.66b
súlygyarapodás (g)	1,47± 0.309a	0,90± 0.157b	0,72±0.121c
hosszgyarapodás (mm)	40,31 ±4.668a	34,38± 4,039b	31,93 ± 3.914c
biomassa (g)	13,11±1,5a	17,9±0,7b	22,33±0,1c
SGR (% /nap)	2,46±0,515a	1,51±0,262b	1,21± 0,209c

T1: 10 hal/ketrec; T2: 20 hal/ketrec; T3: 30 hal/ ketrec; átlag ±szórás; a különböző betűk a szignifikáns különbségeket jelölik (p<0,05 ANOVA)

A megvilágítás is jelentős planktondúsulást eredményezett a ketrecekben. A tóban átlagosan 1 liter vízben 0,011ml, a ketrecekben nappal 0,024ml, míg éjszaka 0,09 ml plankton biomasszát mértünk, ami közel háromszorosa a tóban és a nappal a ketrecekben mért értékekének. A plankton taxonok százalékos megoszlásának alakulását a megvilágítás hatására az *1. ábra* mutatja be. Az evezőlábú rákok és a kerekcsérfégek aránya jelentősen, a kagylós rákok aránya kis mértékben megnövekedett, míg az ágascsapú rákok a nappali időszakban a megvilágítástól függetlenül magasabb arányban volt jelen a mintavételi ketrecekben.



1. ábra. A plankton taxonok arány a mintavételi ketrecekben.

Összefoglalás

A vizsgálataink alapján a megvilágított ketrecben történő karika keszeg ivadék nevelés eredményes lehet horgásztavaknál keszeg populáció pótlásra, illetve fejlesztésére. Az legnagyobb egyedsúly a 10, illetve a 20 hal/ 79L ketrecekben, míg a legnagyobb biomassa növekedés a 30 hal / 79L ketrecben érhető el.

Köszönetnyilvánítás

A munka az Agrártudományi projekt Guba Sándor örökségért (NTP-SZKOLL-23-0028) támogatásával zajlott.

Irodalom

Pintér, K. **2015**. Magyarország halai. Budapest. Mezőgazda kiadó. 360 p. (ISBN 978-963-286-708-3)

Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á. **2021**. Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia Print 262 p (ISBN 978-963-269-978-3)

A MAGYAR AKVAKULTÚRA ÁGAZAT MŰSZAKI INFRASTRUKTÚRÁJÁNAK FELMÉRÉSE – ELŐZETES EREDMÉNYEK

URBÁNYI Béla¹, FEKETE Rita², HORVÁTH Ákos¹, MEZEI Tibor³

¹*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő,
Páter K. u. 1. e-mail: Urbanyi.Bela@uni-mate.hu*

²*Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar, 6800 Hódmezővásárhely,
Andrássy út 15.*

³*Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet,*

Kivonat

A magyar akvakultúra ágazatban a gépesítettség és a műszaki színvonal folyamatos fejlesztése kulcsfontosságú a versenyképesség fenntartása és a fenntartható termelés biztosítása szempontjából. Fontos azonban, hogy ezek a fejlesztések ne csak a hatékonyságot növeljék, hanem figyelembe vegyék az ökológiai fenntarthatóságot és a környezeti hatások minimalizálását is. Az akvakultúra termékek iránti növekedő kereslet, a munkaerő piaci helyzet romlása, valamint a haltermelés és haltenyésztés gazdaságosságának fenntartása ösztökéli arra az akvakultúra ágazatot, hogy az alkalmazott technológiákat fejlessze, okos megoldások bevezetésével csökkentse a külső hatások okozta kitéettséget és veszélyeket. Az utóbbi években látható tendencia, hogy az akvakultúra ágazatban egyre inkább előtérbe kerülnek az automatizált rendszerek és az informatikai megoldások. Az ilyen technológiák segítségével optimalizálni lehet a termelési folyamatokat, a vízminőség monitorozását és a halak állapotának figyelemmel kísérését. Az akvakultúra ágazat műszaki és gépesítettségi állapot felmérés előzetes eredményeit mutatja be a jelen tanulmány, mely alapját képezheti az ágazat ilyen jellegű fejlesztési irányainak és stratégiájának kidolgozásának.

Kulcsszavak: akvakultúra, felmérés, kérdőív, műszaki színvonal, gépesítettség, fejlesztés

Abstract

In the Hungarian aquaculture sector, continuous improvement of mechanisation and technical standards is key to maintaining competitiveness and ensuring sustainable production. However, it is important that these improvements not only increase efficiency, but also consider ecological sustainability and minimise environmental impacts. The increasing demand for aquaculture products, the deteriorating labour market situation, and the need to maintain the economic viability of fish production and

fish farming are driving the aquaculture sector to improve the technologies used and to reduce exposure and risks from external influences by introducing smart solutions. In recent years, there has been an increasing trend towards the use of automated systems and IT solutions in the aquaculture sector. Such technologies can be used to optimise production processes, monitor water quality, and monitor fish health. This study presents the preliminary results of a technical and mechanisation assessment of the aquaculture sector, which can serve as a basis for the development of a strategy for the sector.

Keywords: aquaculture, survey, questionnaire, technical quality, mechanisation, development

Bevezetés

A magyar halgazdálkodási és akvakultúra ágazat a rendszerváltás előtt a mezőgazdasági szektor egyik legnagyobb külföldi szakértésekből és fejlesztésekből származó bevételi forrását generálta. A rendszerváltást követően a szellemi potenciál továbbfejlődött, viszont az 1990-2004 évi időszak között elkezdődött az ágazat műszaki eszközparkjának leépülése és öregedése. Az EU csatlakozást követően (2004. május 1.) az ágazat számára megnyíló források (az akvakultúra ágazatot támogató egyedi és saját Operatív Program) lehetőséget biztosítottak az ágazat termelő infrastruktúrájának fejlesztésére. Ezt az ágazatban működő gazdasági társaságok elsősorban az évtizedekkel korábban épített halastavak rekonstrukciójára és korszerűsítésére fordították, kevésbé a műszaki és gépesítettségi igények kielégítésére. Ez alól azon kevés halfeldolgozó vállalkozás kivétel, melyek elsősorban a feldolgozás és tárolás technológiai háttér megteremtését és fejlesztését hajtották végre az elmúlt 20 évben (Agrárminisztérium-MNAST 2022).

Az elmúlt 5 évben, a változó nemzetközi gazdasági és geopolitikai okok, valamint a krónikus munkaerőhiány, illetve a rendelkezésre álló munkaerő szakképzettségének szintje miatt intenzív igény mutatkozik az ágazat szereplői részéről, hogy a még mindig jelentős fizikai munkát igénylő munkafolyamatokat a gépesítettség színvonalának fejlesztésével segítse (Agrárminisztérium-MNAST 2022).

Anyag és módszer

Mivel a halgazdálkodási és akvakultúra ágazat csekély mértékben járul hozzá jelenleg a hazai GDP-hez, mindenképp hipotetikusán más ágazati analógiák alapján át kellett gondolnunk, hogy e hivatkozott ágazat műszaki eszközrendszerének, technológiai fejlesztésének milyen eredménye, hatása lehet az ágazat eredményességére. Önmagában már az is jelzi az ágazat nemzetgazdasági súlyát, hogy a csekély nemzetgazdasági szerep ellenére is kormányzati stratégiai fejlesztési terv foglalkozik a halgazdálkodási és akvakultúra ágazat fejlesztésével.

A magyar mezőgazdaság, erdészet és halászat nemzetgazdasági ág (együttesen) a bruttó hazai termék, a GDP termeléséhez 2022-ben 3,8 százalékkal járult hozzá a KSH (2023) adatai szerint. A magyar halászati ágazat kibocsátási értéke évek óta folyamatosan emelkedik, 2022-ben az állattenyésztés kibocsátási értékének 1,9

százalékát adta, ezzel a hazai összes mezőgazdasági termelés 0,70 százalékát érte el. A halászati ágazat étkezési haltermelése évek óta csekély, 0,013 százalékkal járul hozzá a nemzetgazdaság bruttó hozzáadott értékéhez (KSH 2023).

Feltételezzük, hogy ágazat jelentőségét nem a bruttó nemzeti össztermékhez való hozzájárulása, hanem az élelmezésben, egészségmegőrzésben (beleértve a rekreációs és szociokulturális szerepét is) és a turizmusban (horgászturizmus) játszott szerepe alapján ítéljük meg.

Az édesvízi halak az alapvető tápanyagok, például fehérjék, omega-3 zsírsavak, vitaminok és ásványi anyagok gazdag forrásai, amelyek létfontosságúak az emberi egészség számára. Fogyasztásuk különféle egészségügyi előnyökkel jár, beleértve a szív- és érrendszeri egészség és a kognitív funkciók javulását. A hosszú távú édesvízi hal fogyasztás összefüggésbe hozható az aritmia, a szívritmuszavar elleni védelemmel, elősegítheti a gyermekek korai kognitív fejlődését (Oehlenschager 1989; Mackie 1997; Kiss 2000).

Magyarországon az egy főre jutó halfogyasztás 2022-ben 6,7 kilogramm volt, ami 2,1 százalékkal nőtt 2021-hez képest (KSH 2023). Összehasonlításként: a FAO (2022) adata szerint ugyanez a világ átlagában 20,4 kilogrammra rúgott 2021-ben, vagyis a hazai egy főre vetített halfogyasztás a világátlag harmadát sem éri el. Ugyanakkor az EUMOFA (2023) rendelkezésre álló adatai szerint 2021-ben az egy főre vetített halfogyasztás az EU-ban 23,7 kilogramm volt, vagyis Magyarország elmaradása az uniós szinthez képest még jelentősebb. Az ágazat eredményeinek táplálkozásban és az egészségmegőrzésben betöltött funkciói révén keletkezett előnyök közvetlen, multiplikatív hatással vannak a GDP előállítására. A halfogyasztás növelése érdekében, ezért a haltermelés hatékonyságának, mennyiségi és minőségi jellemzőinek javítása a műszaki eszközrendszer, a műszaki technológiák fejlesztése kiemelt fontosságú nemzetgazdasági érdek.

A műszaki fejlesztések során ezeket a kockázatokat, az előrejelzési lehetőségeiket és kezelésüket figyelembe kell venni.

Ugyancsak figyelemmel kell lenni a környezeti hatásokra, mivel a halgazdálkodással kapcsolatos tevékenységek, mint például gátak építése, kotrás és élőhely-módosítás, degradálhatják, elpusztíthatják a halfajok számára kritikus élőhelyeket, befolyásolva szaporodásukat és túlélésüket. A halgazdálkodási tevékenységekből származó szennyezés, beleértve a kezeletlen szennyvíz, vegyszerek és salakanyag kibocsátását, szennyezheti az édesvízi ökoszisztémákat, károsítva a halpopulációkat és más vízi szervezeteket (Robinson és Thorn 2005; Newman 2015; Urbányi és mtsai. 2020).

További fontos szempont a műszaki fejlesztések irányultságára, hogy a halgazdálkodási és akvakultúra ágazatban is meg kell küzdeni a munkaerőhiánnyal, a szezonális munkaerő szükséglet kielégítésnek és a szakképzetlenség problémáival.

A felsorolt élelmezés-egészségügyi előnyök, a környezeti kockázatok, a munkaerőpiaci problémák együttesen erősen aláátamasztják azokat az erőfeszítéseket, amelyeket az akvakultúra ágazat műszaki fejlettségi szintjének felmérése és a fejlesztési utak kijelölése érdekében teszünk. Az ágazat műszaki fejlettségi szintjének problémás területekre fókuszáló módon történő emelése céljából az akvakultúra ágazat egészét átfogó online kérdőívrendszert dolgoztunk ki.

A kérdőíves felmérés jelenleg folyik. Dolgozatunk ezért nem hagyományos kutatási jelentés, hanem a felmérés módszerének, céljainak bemutatásával ösztönözni kívánjuk az érdekelt vállalati szereplőket a kérdőívek minél nagyobb arányú, valóságot hűen tükröző kitöltésre.

A kérdőívek szerkesztésekor az akvakultúra ágazat műszaki fejlettségi szintjének átfogó felmérése érdekében áttekintettük az ágazat vállalatainak méretstruktúráját, termelési szerkezetét, földrajzi elhelyezkedését, a víz és energiaellátás kérdéseit, vízi és szárazföldi szállítások eszközrendszerét, a termelésbe vont halfajokat a kapcsolódó termeléstechológiákkal együtt. A vállalatokon belüli értéklánc nyomon követhetősége miatt, vizsgáltuk milyen termelési feladatokra terjed ki az üzemek tevékenysége a szaporítástól az elsődleges feldolgozásig és értékesítésig.

A műszaki fejlettségi szint felmérését nem statikus állapotjelentésként kezeljük, hanem kiindulási alapként ahhoz, hogy a legfontosabb fejlesztési és fejlesztéstámogatási irányok megalapozottan meghatározhatók legyenek.

A felmérés eredményei alapján kimunkálásra kerülő fejlesztési célokat differenciálni kívánjuk az üzemmérethatékonyság, a fajtaspecifikus technológiák, a termelés irányultsága – szaporítás, tógazdasági termelés, intenzív termelés, halfeldolgozás illetőleg ezek együttes termelési jelenléte – szerint.

A kérdőív szerkesztésekor a termelési jellemzők szerinti differenciálás mellett, a minden üzemet érintő közös műszaki technológiai szükségletek figyelembevétele is fontos cél volt. Ilyen az energiaellátás, vízellátás, vízkezelés, vízminőség ellenőrzés, őrzés, vagyonvédelem stb. fejlesztése, amely függetlenül az üzemmérettől, termelés technológiáktól stb., minden üzem számára kulcsfontosságú kérdés. A felsoroltak közül néhány (pl. energiaellátás, őrzés-védelem) nem csak az akvakultúra ágazathoz kapcsolódó támogatásokból, hanem azoktól függetlenül is fejleszthető, de a műszaki és digitális eszközrendszer komplexitása, összehangolt fejlesztése megkívánja, hogy a teljes vertikumában tekintsük át a szükségleteket.

Kiemelten, minden üzemet érintően megkerülhetetlenül fontos az akvakultúra digitalizációja és ehhez kapcsolódóan a precíziós technológiák rendelkezésre állásának és fejlesztésének kérdése. A precíziós technológiák fixen telepített illetőleg mobil eszközökre szerelt szenzor rendszereinek adatszolgáltatására alapozott, döntések, autonóm, vagy távfelügyelt beavatkozások, optimalizálhatják az anyagfelhasználást, az élőmunka ráfordítást, mérsékelhetik a szubjektív hibák hátrányos következményeit.

Különösen fontos célként kezeljük a kérdőívben a tógazdasági termelés természeti környezetnek való kitettsége miatti kedvezőtlen hatások digitális műszaki eszközrendszerrel való előre jelzése iránti üzemi igények feltárását.

A fejlesztési fókuszok vállalati célokkal való összehangolt megfogalmazhatósága miatt fontos megismernünk, hogy a gyakorlati szakemberek milyen üzemi, technológiai jellemzők mellett igénylik, milyen szintű digitális fejlesztéseket, milyen termelési tevékenységekre, műszaki kiszolgáló rendszerekre kiterjedően terveznek megvalósítani.

A célok elérése érdekében 28 területen (1. táblázat) átlagosan 10 kérdést fogalmaztunk meg, amelyekre a keltetőházi, tógazdasági, intenzív haltenyésztési, halfeldolgozási illetőleg ezek valamilyen kombinációjának megfelelő alrendszerekben lehet a kérdéseket megválaszolni.

1. táblázat. A vizsgálat tárgyában azonosított és vizsgált területek

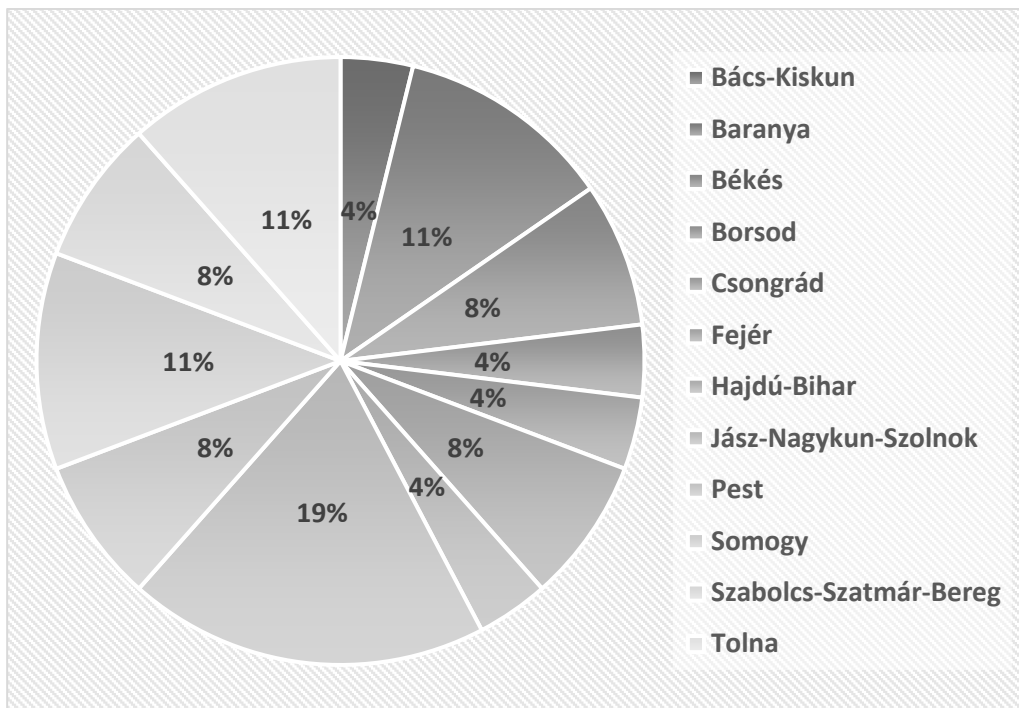
Az azonosított területek megnevezése	
A gazdaság alapjellemezői	Oxigén bejuttatás eszkörendszere
A gazdaság általános műszaki fejlettségi szintje	Szárzaföldi szállítás, logisztika
Műszaki fejlesztési tervek	Vízi szállító eszközök
Épület infrastruktúra	Medencék
A gazdaság energiaellátása	Tókarbantartó eszközök, műtárgyak
A villamos energiaellátás fejlettségi szintje	Etetés, etetők, tápanyag-, takarmány tárolás, kezelés, kijuttatás eszkörendszere
Földgázellátás fejlettségi szintje	Trágyázás eszköz-rendszere
Vízellátás fejlettségiszintje	Halfogás, eszkörendszere
A vízellátás műszaki megoldásai	Halkiemelés, eszkörendszere
A vízellátás vízforgatás műszaki feltételei	Halmérlegelés, eszkörendszere
A víz minősége	Keltetőházi szaporítás eszkörendszere
Vízminőség ellenőrzés műszaki feltételei	Elsődleges halfeldolgozás eszkörendszere
Vízszűrés, ülepítés	Őrzés, biztonság műszaki megoldásai
Vízszűrés	Vízfertőtlenítés műszaki megoldásai

Minden területen részletesen fel kívánjuk mérni a meglévő eszkörendszert, annak műszaki állapotát és a kapcsolódó fejlesztési elképzeléseket. A kérdőív struktúrája és szűrési lehetőségei átfogó és komplex elemzési lehetőségeket nyújt a halgazdálkodási és akvakultúra ágazat műszaki eszkörendszereinek, technológiáinak fejlesztéséhez kapcsolódó igények meghatározásához, a támogatási célok súlyozásához, ütemezéséhez, tartalmi elemeinek kijelöléséhez.

Eredmények és következtetések

Az alábbiakban összefoglaljuk a felmérésünk előzetes eredményeit.

Az eddig visszaérkezett adatok alapján több, mint 7000 hektárnyi halgazdaságról van információnk, amik együttesen 9000 tonnánál több halat termeltek a 2023-as évben. Az ország jelentős részéről, szinte minden méretű gazdaság és minden alágazat képviselteti már magát a mintában (1. ábra).



1. ábra. A felmérésben résztvevő gazdaságok területi eloszlása

Az eddigi adatok Az általános műszaki állapot megítélése 1-től 10-ig terjedő skálán átlagosan 5,34, ami alapján elmondható, hogy az ágazat műszaki állapota jelentős fejlesztéseket igényel.

Az ágazatban rendelkezésre álló épület infrastruktúráról elmondható, hogy nem csak a felújítási (28%), hanem az új épületek iránti igény is jelentős (28%). A válaszadók több mint 30% látja úgy, hogy a telepek energia ellátása bővítést, felújítást igényel, amihez szükséges az energiatároló kapacitások növelése és több mint 60% megújuló energiaforrás lehetőségének biztosításával tervez megoldani. A válaszadók egy része az energiaellátás megbízhatatlanságában látja a digitalizáció egyik korlátját is. A digitalizáció másik korlátjaként a bekerülés és az üzemeltetés költsége jelentkezik.

Több mint 50%-a kitöltőknek szükségesnek érzi az őrzés-védelem műszaki rendszerének fejlesztését, aminek egyik megvalósításának a digitalizációt, a távfelügyeletet tervezik.

Míndezekből látható, hogy az ágazat minden területén van mit hozzátenni az alkalmazott eszközök, módszerek, fejlesztéséhez.

Ahhoz, hogy mindezt ágazati méretben, a lehetséges támogatási források minél hatékonyabb becsatornázásával legyen lehetőség elérni szükséges, hogy minél több szervezet helyzetét, igényeit megismerjük, így tovább bővítjük a válaszadók körét.

Összefoglalás

A jelen publikáció alapvető célja az, hogy halgazdálkodási és akvakultúra ágazat vállalati szereplőinek figyelmét felhívja arra a folyamatban lévő kutatásra, amely

jelenleg folyik és célja, összegyűjteni, feltárni azokat a legfontosabb tényeket, adatokat, információkat, amelyek ismeretében az ágazat műszaki fejlesztésének legfontosabb irányai, céljai, prioritásai megalapozottan meghatározhatók. A kezdeti eredmények bemutatásával ösztönözni kívánunk minden ágazati szakembert, hogy segítse az ágazat jövőjére kiható kutatási tevékenységünket.

A kezdeti eredmények alapján visszaigazolják a hipotézisünket, hogy az ágazat érzékeli a műszaki fejlesztési lehetőségekben rejlő potenciált, és összességében minden vizsgált területen fontosnak tartják a szaporítási, tenyésztési, termelési, értékesítési folyamatokat kiszolgáló műszaki fejlesztések megvalósítását.

A felmérések alapján elsődlegesnek érzékeljük az infrastrukturális alapok (épület, létesítmények, energiaellátás) megerősítésének szándékát és az arra épülő technológiák legfejlettebb digitális szintre történő emelésére való határozott törekvést.

A kérdőívekben a szakterületekhez kapcsolódó mintegy 300 alkérdés elemzése akkor teszi lehetővé a műszaki fejlesztési stratégiák kialakításához szükséges belső összefüggések feltárását a felmérés teljeskörűvé válik. Ehhez kérjük a vállalati szakértők megértő közreműködését.

Köszönetnyilvánítás

A közleményben szereplő kutatómunkát az Agrárminisztérium HAGF/213/2023nyilvántartási számú pályázati projektje támogatta. Köszönet illeti a kérdőívet kitöltő gazdaságokat.

Irodalom

- Agrárminisztérium-MNAST **2022**. Magyarország Nemzeti Akvakultúra Stratégiai Terve, 2021-2030. Agrárminisztérium, 2022. november 15.
- EUMOFA **2023**. <https://www.eumofa.eu/hu/consumption>
- FAO **2022**. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Food Outlook, November 2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2864en>
- Kiss, I. **2000**. A halak testfelépítése és biológiája. In: Horváth, L. (Ed.) Halbiológia és Haltenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 28–29.
- KSH **2023**. <https://statinfo.ksh.hu/Stainfo>
- Mackie, I.M. **1997**. Methods of identifying species of raw and processed fish. In: Hall, G.M. (Ed.) Fish Processing Technology. Springer US, Boston, MA, 160–199. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1113-3_6
- Newman, M.C. **2015**. Fundamentals of Ecotoxicology. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 633 p.
- Oehlenschlager, J. **1989**. Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Kochbuch und Lexikon von Fisch und Meeresfrüchten. Teubner Edition, München, 21.
- Robinson, L., Thorn, I. **2005**. Toxicology and Ecotoxicology in Chemical Safety Assessment. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 157 p.
- Urbányi, B., Kriszt, B., Szoboszlai, S., Kaszab, E., Háhn, J., Bernáth, G., Csenki-Bakos, Zs., Czimmerer, Zs., Bock, I., Jónás, G., Friedrich, L., Kasza, Gy., Csenki, E., Izsó, T., Palotás, P., Rákóczi, K., Nyíró-Fekete, B., Micsinai, A., Zanathy, L. **2020**. Boldog halak és boldog fogyasztók? - avagy a happyfish projekt összefoglaló eredményei. Allattenyésztés és Takarmányozás, 2020.69.3., 345-363.

Halegészségügy

NYÁLKAPÓRÁSOK AKTINO- ÉS MYXOSPÓRA STÁDIUMAINAK VIZSGÁLATA TERENGGANU (MALAJZIA) ÉDESVÍZI ÖKOSZISZTÉMÁIBAN: ELŐZETES TANULMÁNY

**SUHAIMI Nadhirah Syafiqah^{1,2}, SELLYEI Boglárka¹, CECH Gábor¹,
SZÉKELY Csaba¹, BORKHANUDDIN Muhammad Hafiz³**

¹*HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, Budapest*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és
Állattudományi Doktori Iskola, Gödöllő,
e-mail nadhirah.syafiqah@vmri.hun-ren.hu*

³*Faculty of Science & Marine Environment, Universiti Malaysia Terengganu,
21030 Kuala Nerus, Malaysia.*

A nyálkaspórások (Myxozoa) a Cnidaria törzsbe tartozó mikroszkópikus paraziták és több mint 2400 fajuk ismert. A nyálkaspórások iránti megnövekedett nemzetközi érdeklődést az új fajok leírásának emelkedő száma is jelzi. Ennek ellenére, Malajziában, a nyálkaspórások biológiai sokfélesége még kevésbé ismert, elsősorban a célirányos kutatások és maláj szakértők hiánya miatt: napjainkig 15 tanulmányban csak 39 faj került leírásra édesvízi, tengeri és brakkvízi környezetben élő halakból. (A korábbi fajleírások többsége intézeti kutatócsoportunkhoz kötődik).

Jelen tanulmány újabb adatokat közöl a nyálkaspórák fauna sokféleségéről a malajziai Terengganu egyes édesvízi élőhelyeiről.

2023 júliusában kevésertéjű gyűrűsférgeket (oligocheata) tartalmazó üledéket gyűjtöttünk a Tasik Telabak víztározóból, melyet a Kuala Terengganui Egyetem (UMT) egyik laboratóriumába szállítottunk. A gyűjtést követő napon az oligochaetákat egyenként egy 48 lyukú sejttenyésztő lemezre helyeztük klórmentes csapvízbe. Az aktinospórák megjelenését a tartóvízben inverz mikroszkóppal naponta ellenőriztük.

A myxospóra vizsgálatokat a Sungai Tong (Setiu körzetben) és Sungai Kuala Berang (Hulu Terengganu körzetben) befogott halakon végeztük melyeket a helyi halpiacon szereztünk be, 2023 július-augusztusában. Az egyedeket élve szállítottunk a laboratóriumba, ahol felboncoltuk őket, szerveiket fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk. A talált plazmódiumokból kiszabadított myxospórákat mikroszkóppal vizsgáltuk, majd 90%-os etanolban fixáltuk. A további morfológiai vizsgálatokra és molekuláris analízisre Magyarországon került sor. A fertőzött halak és férgek szöveteit 10 %-os neutrális formalinban tartósítottuk a későbbi hisztológiai vizsgálatokhoz. A fixált myxospórákról 100x-os nagyításban fényképfelvételeket készítettünk.

A megvizsgált oligochaeták mindössze 0,5%-át (7/1312) találtuk fertőzöttnek. Összesen 3 aktinospóra típust azonosítottunk (triacinomyxon, raabeia és aurantiactinomyxon). Témacsoportunk részéről korábban már történtek próbálkozások aktinospórák kimutatására, a Tasik Kenyir víztározóból, valamint Terengganu és

Kelantan halgazdaságaiban is, de sikertelenül, így mostani felmérésünk az első sikeres próbálkozás e téren Malajziában.

A megvizsgált 47 hal-egyed 14 fajhoz tartozott, amiből 12-ben tudtuk nyálkaspórák fertőzést kimutatni. *Myxobolus*, *Henneguya*, és *Thelohanellus* okozta kopoltyú-fertőzéseket 8 halfajban, *Myxobolus* és *Henneguya* kiváltotta izomfertőzést 7 halfajban mutattunk ki. Emellett, 6 halfaj epehólyagjában *Zschokkella*, míg egy halfajban *Ceratomyxa* fajba tartozó parazitákat figyeltünk meg. Továbbá, *Thelohanellus* okozta fertőzést azonosítottunk egy halfaj farokúszóján. Vizsgálataink során, a törpe kígyófejű halban (*Channa gachua*) detektáltuk a legtöbb nyálkaspórák megtelepedését, számos szervében (kopoltyú, izomzat, vese, bél, epeutak, (mell)úszósugarak) is kimutattunk plazmódiumokat. A vizsgált halfajokból a korábban már leírt, ismert nyálkaspórák fajok közül a *Myxobolus dykova*, *Myxobolus leptobarbi*, *Thelohanellus zahrahae* és *Henneguya shaharini* fajokat is sikerült újra kimutatni.

Jelen tanulmány rávilágít a halakban és oligochaetákban fellelhető nyálkaspórák fauna változatosságára Malajziában, melynek jelentős része még ismeretlen. További tervezett munkánk magába foglalja a gyűjtött myxo- és aktinospórák morfológiai, molekuláris és a szövetminták hisztológiai vizsgálatait a nyálkaspórák fajok pontos azonosítása, valamint az általuk okozott betegségek leírása céljából.

A kutatás Stipendium Hungaricum támogatásával készült.

**SURVEY ON ACTINOSPORES AND MYXOSPORES (MYXOZOA) IN
THE FRESHWATER ECOSYSTEMS OF TERENGGANU,
MALAYSIA: A PRELIMINARY STUDY**

**Nadhirah Syafiqah SUHAIMI^{1,2}, Boglárka SELLYEI¹, Gábor CECH¹,
Csaba SZÉKELY¹, Muhammad Hafiz BORKHANUDDIN³**

¹*HUN-REN VETERINARY MEDICAL RESEARCH INSTITUTE, Budapest,
Hungary.*

²*Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Doctoral School of
Animal Biotechnology and Animal Science (Agricultural Science), Gödöllő,
Hungary, e-mail nadhirah.syafiqah@vmri.hun-ren.hu*

³*Faculty of Science & Marine Environment, Universiti Malaysia Terengganu,
21030 Kuala Nerus, Malaysia.*

Myxozoans are microscopic parasites that belong to the phylum Cnidaria and comprise more than 2,400 identified species. This accounts for about 18% of the recognized diversity within the phylum Cnidarian. Worldwide interest in studies of myxozoans has steadily increased, as evidenced by the growing number of publications presenting new species. However, the myxozoan biodiversity in Malaysia has not been comprehensively documented, mainly due to limited research and expertise in this field. Currently, 15 studies on myxozoans have been conducted in which 39 species described from Malaysian fishes in freshwater, marine, and estuarine environments. However, the corresponding actinosporean stages and their oligochaete hosts have not yet been investigated. This study presents preliminary data on the diversity of myxozoan fauna in the freshwater habitat of Terengganu, Malaysia.

In July 2023, sediment containing oligochaetes was collected at Tasik Telabak and transported to the Marine Science Biodiversity laboratory, University Malaysia Terengganu. The following day, the oligochaetes were isolated individually in 48 cell-well plates filled with de-chlorinated water and inspected daily for actinospores using an inverted microscope. For the study of myxospores, live fish specimens from Sungai Tong, Setiu, and Sungai Kuala Berang, Hulu Terengganu, Terengganu were procured fortnightly from the local fish market between July and August 2023. All the fishes were then transported alive to the laboratory. A thorough examination of various tissues and organs was conducted to detect myxosporean parasites under dissecting and light microscopes. Myxozoan spores were examined under the compound microscope, fixed in 90% ethanol, and transported back to Hungary for further morphological examinations and molecular analysis. The infected worm and infected fish tissues were also preserved in 10% formalin for subsequent histological analysis. Upon return to Hungary, all spores were photographed at 100× magnification under a light microscope with a mounted camera using fixed samples.

Of 1,312 examined oligochaetes, only 0.5% (7/1312) were classified as infected. A total of 3 actinosporean types were identified, namely triactinomyxon, raabeia and aurantiactinomyxon. In the past, several unsuccessful attempts have been made to find actinospores in various locations such as Tasik Kenyir and fish farms in Terengganu and Kelantan. Thus, our survey is the first fruitful effort to detect actinosporean stages of myxosporeans in Malaysia.

The examined 47 fish belonged to 14 taxa from which myxosporean infection was discovered in 12 species. Gill infections caused by *Myxobolus* spp., *Henneguya* spp., and *Thelohanellus* spp. were observed in 8 species, while muscular infections of *Myxobolus* spp. and *Henneguya* spp. were recorded in 7 species. Additionally, six *Zschokkella* spp. were found in the gallbladder of 6 fish species, while *Ceratomyxa* sp. was identified in only 1 fish species in the gallbladder. Furthermore, infection of *Thelohanellus* sp. was detected in the caudal fin ray of a single fish species. In this survey, *Channa gachua* had the highest infection rates affecting various organs, including the gills, muscles, kidneys, intestines, gallbladder ducts, and pectoral fin radials. Known myxozoans such as *Myxobolus dykova*, *Myxobolus leptobarbi*, *Thelohanellus zahrahae*, and *Henneguya shaharini* were also identified during this investigation.

This preliminary study revealed that Malaysia has a diverse myxozoan fauna within the fish and oligochaete populations. These data suggest that more myxozoan species remain to be discovered in Malaysia. Our subsequent investigations will include further morphological, molecular, and histological studies to identify properly the detected myxozoan species and characterize diseases caused by them.

Funding: Stipendium Hungaricum Program

DIGENETIKUS FEJLŐDÉSŰ MÉTELYEK A HAZAI HALAKBAN: A ZONÓTIKUS FERTŐZÉS KOCKÁZATA

CECH Gábor

HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, Budapest

A digenetikus metelyek (Trematoda: Digenea) metacerkáriái a halak gyakori parazitái. Kutatócsoportunk immár egy évtizede aktívan tanulmányozza a hazai tenyésztett és természetesvízi halállományok metacerkáriás fertőzöttségét. Ennek során vizsgálataink kiterjedtek olyan fajokra is, amelyek összefüggésbe hozhatók humán fertőzésekkel is.

Négy hazai akvakultúrában, az ország különböző területein, egyenként 258 egynyaras ponty izomzatát ellenőriztük metacerkáriák jelenlétére. A metacerkáriákat sósavas-pepszines emésztéssel szabadítottuk ki a halak izomzatából, amelyet előbb morfológiai, majd molekuláris vizsgálat követett. Három tógazdaság szinte teljesen mentesnek bizonyult a metacerkária fertőzésektől. Ellenben az egyik kelet-magyarországi mintavételi helyen 13,9%-os prevalenciát tudtunk kimutatni. A morfológiai vizsgálat során a preparálásra került metacerkáriákat a Cyathocotyliidae család *Holostephanus* nemébe sikerült besorolni. Az ITS régió szekvenciavizsgálata ezt az eredményt megerősítette, de tovább pontosítani nem tudta. A következő évben 30-30 egy-, két- és háromnyaras egyedeket vizsgáltunk meg a fertőzöttként azonosított tógazdaságban, melynek során 100%, 80% és 90% prevalenciát észleltünk. Ezek a paraziták gyakori élősködői a halaknak, de kifejlett példányaik csak a végleges gazdáiban, főként a hlevő madarakban alakulnak ki, emlősök fertőzéséről szóló beszámolók csak szórványosan fordulnak elő. A morfológiai alapon történő pontos taxonómiai azonosításhoz szükséges adult alakok nyerése érdekében baromfi és rágcsáló-fertőzési kísérleteket hajtottunk végre a halhúsból gyűjtött metacerkáriák felhasználásával. Azonban negatív eredményt kaptunk, ezért a zoonótikus fertőzés kockázatát is alacsonynak értékelhetjük. A metacerkáriák túlélési képességét fizikai (-20, 20, 40 és 60°C) és kémiai (2,5%, 5%, 10% ecetsav és 5%, 10% konyhasó-oldat) kezelés segítségével vizsgáltuk, amelyekkel a hagyományos tartósítási eljárásokat (pl. füstölés, savanyítás, sózás stb.) igyekeztünk modellezni. Valamennyi eljárás jelentősen felgyorsította a metacerkáriák elpusztulását a kontrollhoz (4°C) képest, ami garantálja az így kezelt halételek biztonságos fogyaszthatóságát.

Az akvakultúrák vizsgálatát követően, a természetes vizeket is tanulmányoztuk, mintavételezéseink többnyire a Duna Budapesthez közeli szakaszaira, illetve a Balatonra terjedtek ki. A Balatonból csak szórványosan sikerült zoonótikus metelyeket kimutatni, két alkalommal került elő *Clinostomum complanatum* sűgerek izomzatából. A dunai pontyfélék közé tartozó halak pikkelyein ugyanakkor gyakoriak voltak a *Metagonimus* metacerkáriák, a prevalencia, olykor 100%-ot is elérte. E paraziták jelenléte a Duna magyarországi szakaszán korábbról már ismert volt, a fertőzéseket a *Metagonimus yokogawai* (Katsurada, 1912) fajnak tulajdonították. A metacerkáriák morfológiai és molekuláris (28S rDNS, ITS régió, COI) analízise, valamint fertőzéses

kísérletben kinevelt egyedek további vizsgálata azonban a *Metagonimus romanicus* (Ciurea, 1915) jelenlétét igazolta. A leírt *Metagonimus* fajok többsége képes humán fertőzésre, de a *Metagonimus romanicus*-ról nincsenek közvetlen adatok. A *Metagonimus* nemzetségben előforduló gyakori zoonótikus képesség, tovább az általunk sikeresen elvégzett rágcsáló fertőzések valószínűsítik az emberi fertőzés lehetőségét. A metacerkáriák túlélési képességének vizsgálata ugyanakkor azt mutatta, hogy a szokványos konyhai és tartósítási technikák elpusztítják a metacerkáriákat, így azok elfogyasztása nem jelent valós veszélyt.

Köszönetnyilvánítás/finanszírozás: A tanulmány az NKFI OTKA FK 140350, az NKFI OTKA PD 108813 és a Horizon 2020 634429 (ParaFishControl) pályázatok segítségével valósult meg.

**KÉT KÖZELI ROKON NYÁLKASPÓRÁS PARAZITA FAJ
TAXONÓMIAI MEGKÜLÖNBÖZTETÉSE: *MYXOBOLUS
TIHANYENSIS* N. SP. ÉS *MYXOBOLUS SANDRAE* REUSS, 1906**

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

¹HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet Budapest,

e-mail: graciela.colunga@vmri.hun-ren.hu

²Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola, Magyar Agrár- és
Élettudományi Egyetem, Gödöllő

A nyálkaspórások taxonómiai leírása hagyományosan a spórák morfológiai és morfometriai sajátosságain, valamint olyan biológiai tulajdonságokon alapul, mint a gazda- és szervspecifitás, továbbá a szöveti elhelyezkedés. Sok esetben azonban a legtöbb tulajdonság átfedő jellegzetességeket mutat, ami nehézséget okozhat a fajok megkülönböztetésében. Ezen probléma kiküszöbölésére a hagyományos morfológiai azonosítás mellett a molekuláris vizsgálatok eredményeit veszik figyelembe. Balatonból gyűjtött csapósüger (*Perca fluviatilis*) rutin parazitológiai vizsgálata során az úszósugarak bőrrel borított bázisa közelében, a gerincoszlop környékén az izomzatban, valamint a szájüregben érett spórákat tartalmazó plazmódiumokat figyeltünk meg. A morfológia alapján a megvizsgált myxospórák rendkívül hasonlóságot mutattak a *M. sandrae* myxospóráihoz. Ez utóbbi faj, azonban, süllyben okozhat gerincoszlop torzulást. Az ellentmondások tisztázása érdekében morfológiai és molekuláris adatainkat összevetettük a *M. sandrae* meglévő leírásaival, és egy új fajt írtunk le *Myxobolus tihanyensis* n. sp. néven.

Egy 2023 márciusában végzett felmérés során összesen 23 csapósügeret gyűjtöttünk a Balatonból, Tihanynál. A halak kiirtása után minden szervüket megvizsgáltuk, beleértve a csontvázat és az uszonyokat is. A morfológiai és molekuláris vizsgálatokhoz myxospórákkal telt plazmódiumokat izoláltunk. Ezzel párhuzamosan *M. sandrae* mintákat is feldolgoztunk, melyek 1996-ban és 2005-ben kerültek begyűjtésre a Balatonból süllyök (n=3) és egy kősülly (n=1) fertőzött izomzatából. A friss, valamint a Lugol-oldattal festett spórákat tárgylemezre helyeztük, majd Lom és Arthur (1989) irányelvei szerint lemértük. A szövettani elemzéshez a fertőzött szerveket 10%-os neutrális formalin oldatban konzerváltuk. Végül a genomiális DNS-t kivontuk a myxospórákból, és PCR-rel amplifikáltuk, majd szekvenáltuk a 18S rDNS gént. A kapott szekvenciákat filogenetikai és genetikai távolságanalízishez használtuk fel.

Minden megvizsgált csapósügerben találtunk kötőszövethez kapcsolódó plazmódiumokat. Az érett spórák tojásdad alakúak voltak, 8-10 suturális varrat volt megfigyelhető. A spórák hossza $9,74 \mu\text{m} \pm 0,33$ (8,6-10,19), szélességük $7,69 \mu\text{m} \pm 0,23$ (7,2-8,15) és vastagságuk $5,35 \mu\text{m} \pm 0,21$ (5,08-5,78) között volt. Spórák két, körülbelül azonos méretű poláris kapszulával rendelkeztek, amelye hossza $4,9 \mu\text{m} \pm$

0,39 (4,05–5,87), szélessége $2,27 \mu\text{m} \pm 0,24$ (1,78–2,75) volt. A poláris tubulusokon 6-7 fordulat volt megfigyelhető, hosszuk $38,15 \mu\text{m} \pm 2,70$ (32,36–42,61) közé esett. A szövettani vizsgálatok plazmódiumokat mutattak ki a kötőszövetben, nevezetesen az úszósugarak közötti lepidotrichiális régióban, valamint a csigolyák és az izomrostok között. Ezzel a parazitával kapcsolatban nyilvánvaló elváltozások vagy torzulások nem voltak megfigyelhetők. A myxospórák morфомetriailag és morfológiailag megegyeznek a *M. sandrae*-vel. A 18S rDNS génszekvenciák azonban szignifikáns eltérést mutattak (hasonlóság $\leq 89\%$), és a filogenetikai elemzések alapján a vizsgált faj, a *M. tihanyensis* n. sp. testvércsoportot alkotott a jelen tanulmányból származó *M. sandrae* szekvenciákkal, valamint Ferguson és mtsai. által közölt *M. sandrae* mintával (2008). A genetikai különbségek a *M. tihanyensis* n. sp. és *M. sandrae* (EU346379, Ferguson et al. 2008), illetve *M. sandrae* (AF085181, Andree et al. 1999) 16,8%, illetve 27,7% volt.

Eredményeink igazolták, hogy a csapósügerben kimutatott parazita egy új *Myxobolus* faj. Bár a *M. tihanyensis* n. sp. és *M. sandrae* morfológiái alapon nem elkülöníthető; a molekuláris vizsgálatok egyértelműen megkülönböztetik a két fajt, melyek két közeli rokon testvércsoportokhoz tartoznak. Jelen tanulmány bizonyítja, hogy a megfelelő molekuláris markerek morfológiái elemzéssel kombinálva döntő szerepet játszhatnak a nyálkaspórák diverzitásának feltérképezésében.

Köszönetnyilvánítás/finanszírozás:

A tanulmány a Stipendium Hungaricum Program támogatásával készült. Köszönetünket fejezzük ki Zöldi Gergelynek a halászatban, Pataki Györgyinek és Gregory Arjona Torresnek a szövettani metszetek elkészítésében nyújtott segítségével. Graciela Colunga-Ramírez tudományos munkáját és tanulmányait a mexikói CONAHCYT is támogatja (CVU 769732).

TAXONOMIC RESOLUTION OF TWO CLOSELY RELATED MYXOZOAN PARASITE SPECIES: *MYXOBOLUS TIHANYENSIS* N. SP. AND *MYXOBOLUS SANDRAE* REUSS, 1906

**Graciela COLUNGA-RAMÍREZ^{1,2*}, Nadhirah Syafiqah SUHAIMI^{1,2},
Gábor CECH¹, Kálmán MOLNÁR¹, Csaba SZÉKELY¹,
Boglárka SELLYEI¹**

¹*HUN-REN Veterinary Medical Research Institute, Hungarian Research Network Budapest, Hungary, e-mail: graciela.colunga@vmri.hun-ren.hu*

²*Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary*

Taxonomic descriptions of myxozoans have been traditionally based on the spore morphological and morphometric characters, together with biological traits such as host/organ specificity and tissue tropism. In many cases, however, most attributes are analogous, resulting in overlapping features that cause difficulties in species distinction. To resolve this situation, it was suggested that molecular analysis should be considered in addition to traditional identification. In a routine parasitological survey of the European perch (*Perca fluviatilis*) collected from Lake Balaton, we observed some plasmodia containing mature spores in the musculature near to the skin-covered base of the fin rays, in the vicinity of the vertebral column and in the buccal cavity. Interestingly, the observed myxospores were remarkably similar to those of *M. sandrae* which cause vertebral column deformities in the European perch. To clarify the contradictions, our morphological and molecular data were compared with the existing descriptions of *M. sandrae*, and established a new species, *Myxobolus tihanyensis* n. sp.

During a survey conducted in March 2023, 23 European perch were collected at Tihany, Lake Balaton. Fish were anaesthetised and slaughtered by a cervical cut, and all organs, including the skeleton and fins, were examined. Plasmodia containing myxospores were collected for morphological and molecular analyses. In parallel, *M. sandrae* samples also were processed from infected muscles of pikeperch (n=3) and Volga pikeperch (n=1) collected in Lake Balaton in 1996 and 2005, respectively. Fresh and Lugol-stained spores were mounted on glass slides and measured according to the guidelines of Lom and Arthur (1989). For histological analysis, infected organs were preserved in a 10% neutral formalin solution. Finally, genomic DNA was extracted from myxospores and the 18S rDNA gene region was amplified and sequenced. The resulting sequences were used for phylogenetic and genetic distance analysis. In all European perch plasmodia associated with the connective tissue were detected. Mature spores were ovoid with 8–10 sutural markings symmetrically distributed. Spore length $9.74 \mu\text{m} \pm 0.33$ (8.6–10.19). Width $7.69 \mu\text{m} \pm 0.23$ (7.2–8.15) and thickness $5.35 \mu\text{m} \pm 0.21$ (5.08–5.78). Spores with 2 polar capsules of approximately equal size, length $4.9 \mu\text{m} \pm 0.39$ (4.05–5.87), width $2.27 \mu\text{m} \pm 0.24$ (1.78–2.75). Polar tubule coiled 6–7 times, with a length of $38.15 \mu\text{m} \pm 2.70$ (32.36–42.61). The histology examinations

showed plasmodia in the connective tissue, namely in the lepidotrichial region between the fin rays or near the proximal pterygiophores of the fins and between the hemal spines and muscle fibers. However, no lesions or deformities related to this parasite were observed. The myxospores overlap morphometrically and morphologically with *M. sandrae*. However, the 18S rDNA gene sequences showed no significant similarity ($\leq 89\%$), and the phylogenetic analyses revealed that the detected species, *M. tihanyensis* n. sp. formed a sister group with *M. sandrae* sequences from the present study and those of Ferguson et al. (2008). The genetic differences between *M. tihanyensis* n. sp. and *M. sandrae* (EU346379, Ferguson et al. 2008), and *M. sandrae* (AF085181, Andree et al. 1999) were 16.8%, and 27.7%, respectively.

Our results provided evidence for the discovery of a novel species of *Myxobolus*. Furthermore, we demonstrated that the spores of *M. tihanyensis* n. sp. and *M. sandrae*, could not be distinguished by traditional taxonomy; however, it is possible to separate these two species by molecular analysis. In conclusion, morphologically similar spores such as *M. tihanyensis* n. sp., from the European perch and *M. sandrae*, inhabiting the pikeperch and the Volga pikeperch, could only be distinguished by 18S rDNA gene-based phylogeny. The two species belong phylogenetically to sister groups and are closely related. The present study supports the idea that appropriate molecular markers combined with morphological analysis, can play a crucial role in characterising the diversity of myxozoans.

Acknowledgements/Funding

This study was funded by the Stipendium Hungaricum Program. We thank Gergely Zöldi for fish collection, and Györgyi Pataki and Gregory Arjona Torres for the histological slides. Graciela Colunga-Ramírez is supported by CONAHCYT, Mexico (CVU 769732).

ÖNREPLIKÁLÓDÓ DNS- ÉS RNS- VAKCINÁK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA PONTYOK TAVASZI VIRÉMIÁJA (SVCV) ELLEN

**ABONYI Flóra¹, ESZTERBAUER Edit¹, BASKA Ferenc²,
HARDY Tímea¹, DOSZPOLY Andor¹**

¹HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, 1143 Budapest,
Hungária krt. 21., e-mail: abonyi.flora@vmri.hun-ren.hu

²ÁTE, Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszék, 1078 Budapest, István utca
2.

Az akvakultúra az egyik legdinamikusabban fejlődő mezőgazdasági ágazat az egész világon. Az intenzív állattenyésztésekben, s így a halgazdaságokban szintén megjelenő mikrobiális fertőzések jelentős károkat okoznak. A pontyok tavaszi virémiája (SVCV) a *Rhabdoviridae* családba tartozó RNS-vírus, mely az egész világon elterjedt, és elsősorban a ponty (*Cyprinus carpio*) állományokban okoz jelentős elhullásokat. Megfelelő nukleinsav alapú (DNS-, RNS-, és önreplikálódó-vakcinák) vakcinák fejlesztésének a járványok elleni védekezési stratégiában fontos szerepe lehet a jövőben. Halak számára már többféle hagyományos DNS-vakcinát fejlesztettek, például rhabdovírusok ellen is, amelyek a vírus glikoprotein (G) génjét kódolják és mérsékelt vagy teljes védelmet képesek nyújtani, akár egyetlen alacsony dózisban is. Egy másik ígéretes nukleinsav-vakcina konstrukció a Salmonid alphavírus alapú replikon (SAV), amely hatékonyan bizonyult atlanti lazacokban (*Salmo salar*) vírusos betegségek ellen. A SAV replikont azonban még csak atlanti lazacokon tesztelték *in vivo*. Munkánk célja SAV önreplikálódó prototípus DNS- és RNS- vakcinák tesztelése pontyfélekben, ezek hatékonyságának összehasonlítása a korábbi DNS-vakcina konstrukciókkal *in vivo* állatkísérletes vizsgálatokban.

A vizsgálatunkban az SVCV G génjét expresszáló SAV-replikont terveztünk, és hatékonyságát a korábban leírt pcDNA3-SVCV-G konstrukcióval hasonlítottuk össze pontyokban. A SAV-replikont burok nélküli RNS formában (pSAV-RNS-SVCV-G) és DNS alapú vektorként (pSAV-DNS-SVCV-G) is alkalmaztuk. A három különböző vakcina prototípust 20±1 °C-os vízhőmérsékleten, 0,1 µg/g dózisban (n=25 csoportonként) intramuszkulárisan adtuk be. A három vakcinázott csoportot és a kontrollcsoportot (üres pcDNA3 plazmiddal oltva) három héttel a vakcinázás után fertőztük SVCV-vel 15 °C-on, majd 30 napig megfigyeltük az állatokat. A vakcinázást követően 3 és 6 nappal izom és lép mintákból immungén expressziós vizsgálatot végeztünk real-time RT-PCR-rel.

A vírusfertőzés után 30 nappal a kontroll és a pSAV-RNS-SVCV-G vakcinázott csoportban 44%, a pcDNA3-SVCV-G csoportban 52%, míg a pSAV-DNS-SVCV-G csoportban a mortalitás csak 8% volt. Eredményeink alapján a burok nélküli RNS-ként alkalmazott SAV-replikon és a pcDNA3-alapú vakcina nem váltott ki védelmet az

SVCV-vel szemben, a DNS-ként alkalmazott SAV replicon azonban jelentős védelmet mutatott egyetlen alacsony dózisu oltást követően.

Eredményeink azt mutatják, hogy a SAV-alapú replikon vakcinák a jövőben potenciális vakcinajelöltként szolgálhatnak a nem lazacfélék akvakultúrájában is, azonban további klinikai és terepi vizsgálatok szükségesek a hatékonyság megerősítéséhez.

A kutatás a 2022-ben elnyert K142937 OTKA és 2023-ban elnyert NKB pályázat keretén belül valósulhatott meg.

**A FOKOZOTTAN VESZÉLYEZTETETT HÉVÍZI TÖRPENÖVÉSŰ
MAGYAR VADPONTYNÁL (*CYPRINUS CARPIO CARPIO MORPHA
HUNGARICUS*) ÉSZLELT SAJÁTSÁGOS GAZDA-PARAZITA
KAPCSOLAT VIZSGÁLATA (ELŐZETES EREDMÉNYEK)**

**VARGA Ádám¹, HORVÁTH József¹, TÓTH András¹, HEGEDŰS Anna¹,
FERINCZ Árpád¹, LEFLER Kinga², CECH Gábor³,
SPECZIÁR András⁴, URBÁNYI Béla², MÜLLER Tamás¹**

¹Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő

²Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő

³HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, Halkórtan és parazitológia
témacsoport, Budapest

⁴HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Hal- és Konzervációökológiai
Kutatócsoport, Tihany

Kivonat

Őshonos hévízi törpenövésű vadponty (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) kopoltyúféreg fertőzöttségét tanulmányoztuk különös tekintettel *Dactylogyrus minutus* fajra vonatkozóan. A szezonális vizsgálataink során a prevalencia magas volt (>90 %) a vizsgált halaknál, valamint a kopoltyúféreg paraziták *Dactylogyrus minutus* fajnak bizonyultak a határozóbélyegek alapján.

Kulcsszavak: kopoltyúféreg, prevalencia, törpenövésű vadponty, parazita

Abstract

We studied the gill parasite infestation of native Hévíz dwarf carp (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*) with special reference to *Dactylogyrus minutus*. In our seasonal inspection, prevalence was high (>90%) in the fish examined and gill parasites were identified as *Dactylogyrus minutus* species based on the morphological traits.

Keywords: gill fluke, prevalence, dwarf carp, parasite

Bevezetés

A tőzegmedrű Hévízi-tóban (4,4 ha) és védett területén (60 ha) különleges növény- és állatvilág található. Az unikális vízi ökoszisztéma faunáját alkotó halfaj változata az őshonos hévízi törpenövésű vadponty. A MATE kutatói közel 17 éve foglalkoznak ennek a halfajnak a kutatásával. A hévízi vadponty genotípus egy elszigetelt,

önfenntartó állománya található a tóban, amely a szélsőséges hőmérsékleti és kémiai viszonyokhoz alkalmazkodott. Mivel kizárólag a Hévízi-tóban fordulnak elő, egyedi genetikai tulajdonságokkal és környezeti tűrőképességgel rendelkeznek (Specziár és mtsai., 2013). A hévízi törpenövésű vadponty egyedi parazitafaunával is bír. A ponty parazitafaunája egy részét feltehetően Európába való betelepítése után (Római-kor) a közeli rokon, őshonos széles kárásztól (*Carassius carassius*) vette át (Molnár 2009). A ponty parazitái közé sorolható, kopoltyúférgességet a csákllyásférgekhez (Monogenea) tartozó *Dactylogyrus* fajok okozzák, amelyek a kapaszkodó horgaikkal károsítják a kopoltyú szövetét, valamint a bennük termelődő enzimekkel oldják a hámszövetet és szövetnedvet, nyálkát, esetenként vért fogyasztanak. Ezek a *Dactylogyrus* fajok közvetlen fejlődésű paraziták, köztigazda nélkül megy végbe a fejlődésük. Szaporodásuk petékké történik, amiket folyamatosan ürítenek a víztestbe (Molnár és Baska 2017). Hazánkban az 1940-es évekig a pontynak kizárólag 3 kopoltyúféreg faj (*D. vastator* Nybelin, 1924, *D. anchoratus* Dujardin, 1845, *D. minutus* Kulwiec, 1927) előfordulása volt ismert. A *D. minutus* kizárólag pontyelősködő, ellentétben a másik két kopoltyúféreg fajjal, amelyek a közeli rokon széles kárász (*Carassius carassius*) fertőzését is okozhatják (Molnár 2012). Az 1960-as évek eleje utáni időszakban a *D. minutus* fajt nem mutatták ki Magyarországon (Molnár és Németh 1962, Molnár 2012), tőlünk délebbre fekvő országokban található csak meg (Balkán-félsziget, Kis-Ázsia). A *D. minutus* hévízi törpenövésű vadpontyon való előfordulása új adat, ezért célul tűztük ki a szezonálisan gyűjtött hévízi törpenövésű pontyok kopoltyúféreg-fertőzöttségének vizsgálatát a környezeti paraméterek felvétele mellett.

Anyag és módszer

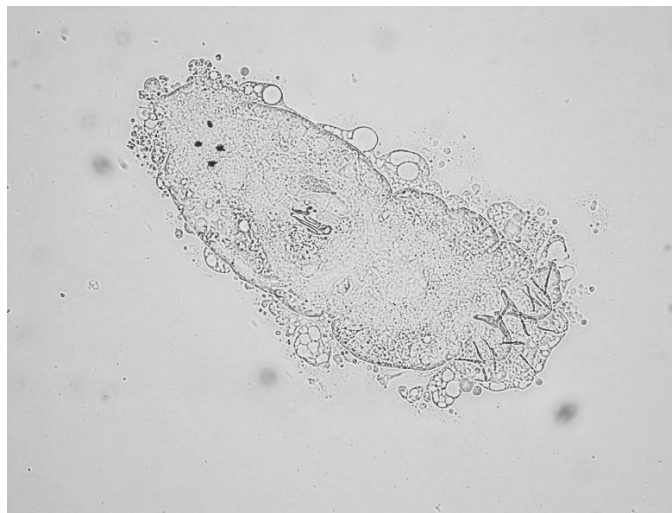
A halak befogása standard kopoltyúhálóval történt az esti órákban a Hévízi-tavon. A Hévízi-kifolyó alsó szakaszán pedig elektromos halászgéppel fogtuk meg az egyedeket. A halak begyűjtése után történt a testparaméterek felvétele (testtömeg, testhossz). A boncolás során a kopoltyúveket kivettük és mikroszkóp 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. A legfontosabb határozóbélyegek *Dactylogyrus* fajoknál a párzószervek kitinképletei, kapaszkodóhorg (középhorog) alakja és méretei. Emellett további kifejlett féreg egyedek kerültek gyűjtésre (80 % alkohol) genetikai vizsgálat céljából. A parazitológiai vizsgálatokkal párhuzamosan a mintázások alkalmával vízminőséget vizsgáltunk, vízkémiai paramétereket mértünk – NO₃, NO₂, NH₃, PO₄ (Hanna fotométer); DO, pH, ORP (Hanna multiparaméteres eszköz).



1. ábra. Vizsgált hévízi törpenövésű vadponty (*Cyprinus carpio carpio morpha hungaricus*).

Eredmények és következtetések

Előzetes eredményeink szerint a vizsgált parazita egyedek a morfológiai határozóbélyegek alapján *Dactylogyrus minutus* fajnak bizonyultak. Ez az 1962 utáni első és izolált előfordulás észlelése a fajnak Magyarországon. A szezonális vizsgálataink alapján a prevalencia értéke magas volt (>90 %), a hévízi törpenövésű vadponty adaptálódott a kopoltyúféreg parazita folyamatos fertőződéséhez alacsony oldotttoxigén-tartalom (<2-3,5 mg/l) mellett.



2. ábra. *Dactylogyrus minutus* kifejlett féreg 20× mikroszkóp nagyítás alatt.

Összefoglalás

Vizsgálataink során a hévízi törpenövésű vadponty kopoltyúféreg-fertőzöttségét tártuk fel. A fertőzött halak aránya magas volt (>90 %) a vizsgált egyedek között a szezonális vizsgálatok során. A mikroszkópos vizsgálat és a morfológiai határozóbélyegek szerint

a kopoltyúféreg paraziták *Dactylogyrus minutus* fajhoz tartoznak. A parazita faj közel 60 évvel későbbi újabb előfordulása mutatkozott meg.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az NKFI Alap (NKFI_K_135824) projekt támogatta és a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-2 kódszámú (ÚNKP-23-2-I-MATE-6), ÚNKP-23-3 kódszámú (ÚNKP-23-3-I-MATE/22) Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Molnár, K., Németh, I. **1962.** Beiträge zur Kenntnis der Fischparasiten in Ungarn. Acta Veterinaria Scientiarum Hungariae. 1962;12: 249-255.
- Molnár, K. **2009.** Data on the parasite fauna of the European common carp *Cyprinus carpio carpio* and Asian common carp *Cyprinus carpio haematopterus* support an Asian ancestry of the species. Aquacult. Aquarium Conserv. Legis. 2009;2(4):391-400.
- Molnár, K. **2012.** Ötvenéves megfigyelések a halak kopoltyúférgességét okozó *Dactylogyrus*-fajoknak az európai ponty (*Cyprinus carpio carpio* L.) kopoltyúján való előfordulásáról. Magyar Állatorvosok Lapja. 2012;134 (2):111-118.
- Molnár, K., Baska, F. **2017.** Halbetegségek. Magyar Állatorvosi Kamara, Budapest. 2017; pp. 167.
- 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.

Hidrobiológia

ÚJ CLADOCERA FAJ, A *CERIODAPHNIA RIGAUDI* (RICHARD 1894) MEGJELENÉSE A MAGYARORSZÁGI ÁGASCSPÚ RÁK FAUNÁBAN

TÓTH Flórián¹, FAZEKAS Dorottya Lilla², ZSUGA Katalin³

¹MTA-ÖK Lendület Folyóvízi Ökológia Kutatócsoport, Vízi ökológiai Intézet,
HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, e-mail: toth.florian@ecolres.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet, Halászati Kutatóközpont

³AGRINT Kft. 2100 Gödöllő, Fácán sor 56.

Kivonat

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem – Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet – Halászati Kutatóközpont (MATE AKI HAKI) szarvasi halastavaiban, 2015-ben egy hazai faunánkból eddig nem ismert Cladocera faj jelenlétét regisztráltuk. A *Ceriodaphnia rigaudi* (Richard, 1894) trópusi, szubtrópusi övezetre jellemző ágascspú rákfaj előfordulásának mindezidáig ez a legészakibb feljegyzett megjelenése. Földrajzi elterjedésére az európai kontinensen eddig csak Spanyolországból volt adat. Nyomon követését célzó vizsgálataink azt mutatják, hogy ugyan csökkenő dominanciával, de önfenntartó populációjával állandó tagját jelenti a faj a MATE AKI HAKI kísérleti tórendszerének és a közeli kákafoki Holt-Körös zooplankton közösségének. Megjelenésére számítani lehet a hazai vizekben, mint ahogy ez már megtörtént 2020-ban a Serházuzzi Holt-Tisza esetében.

Kulcsszavak: *Ceriodaphnia rigaudi*, zooplankton, Cladocera összetétel

Abstract

In 2015, we registered the presence of a previously unknown Cladocera species from the Hungarian fauna in the fishponds of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences - Institute of Aquaculture and Environmental Safety - Fisheries Research Center (MATE AKI HAKI). This is the most northerly recorded occurrence of *Ceriodaphnia rigaudi* (Richard, 1894), a species of Cladoceran crustacea typical of tropical and subtropical zones. So far, data on its geographical distribution on the European continent have only been available from Spain. Our monitoring studies show that the species is a permanent member of the zooplankton community of MATE AKI HAKI experimental lake system and the nearby Kákafok oxbow lake, with a decreasing dominance, but with a self-sustaining population. It can be expected to appear in Hungarian waters, as it already happened in 2020 in the case of Serházuzzi Oxbow Lake.

Keywords: *Ceriodaphnia rigaudi*, zooplankton, Cladocera composition

Bevezetés

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem – Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet – Halászati Kutatóközpont (MATE AKI HAKI) egy növényi eredetű takarmány összetevőket vizsgáló kísérletében vizsgáltuk a résztvevő halastavak zooplankton közösségi összetételének több éves (2013-2015) változását amikor egy, addig Magyarországról nem ismert Cladocera fajra bukkantunk. A későbbi határozás Dr. Forró László†, a Magyar Természettudományi Múzeum főmuzeológusának segítségével bebizonyította, hogy a hazai faunára új ágascsapú rákfaj, a *Ceriodaphnia rigaudi* jelenlétét regisztráltuk (Zsuga 2016) valamennyi (9) vizsgált mintavételi helyről.

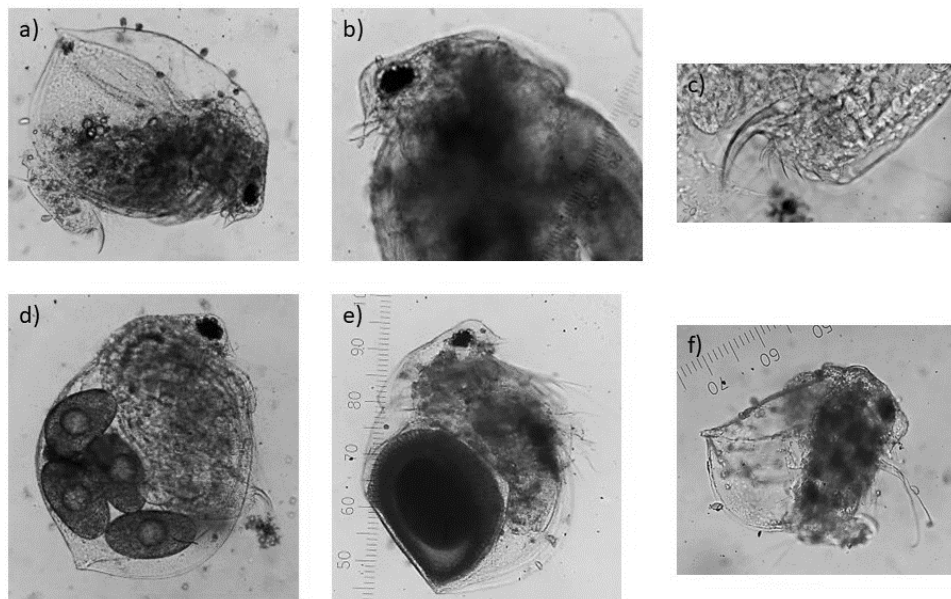
A *Ceriodaphnia rigaudi* a melegebb, trópusi, szubtrópusi övezet zooplankton közösségének tagja. Indiában széles körben elterjedt faj, egyéb területként Dél- és Kelet-Ázsia, Japán, Palesztina, Egyiptom, Dél-Afrika és Dél-Amerika területén fordul elő (Biswas 1971). Számos publikáció jelent meg Brazília különböző típusú élőhelyein való előfordulásáról, így tavakban (Pedrozo – Rocha 2005, Mortari – Henry 2015), tározókban (Leitao et al. 2006, Castillo-Noll et al. 2010), folyóvizekben (Lucena et al. 2015, Paranguá et al. 2005). Dél-Irak területéről Ajeel és Abbas (2012), Abbas et al. (2015) közölnek adatokat. Aung és Zin (2014) Közép-Myanmarban a Meikila tavat tanulmányozták, ahol adataik szerint a *Ceriodaphnia rigaudi* a zooplankton közösség gyakori tagja. Martinez-Jeronimo és Ventura-Lopez C. (2011) vizsgálatai szerint a faj populációdinamikáját a hőmérséklet és a táplálékösszetétel nagymértékben befolyásolja. Európában spanyolországi előfordulásáról Alonso (1996) közöl adatot. A Fauna Europaea (URL1), valamint Błędzki és Rybak (2016)-os munkája Alonso publikációjára hivatkozva szintén csak Spanyolországot jelöli meg a *Ceriodaphnia rigaudi* európai elterjedéseként.

Anyag és módszer

A MATE AKI Halászati Kutatóközpont takarmányozási kísérletben résztvevő halastavainak (saját nevelésű ponty monokultúras tavak) zooplankton összetételét 2013-2015 között vizsgáltuk április-szeptember közötti időszakban Szarvason. A faj azonosítása után viszont minden kísérlettől függetlenül célzottan kezdtük keresni a fajt az intézet halastavaiban valamint a kísérleti tórendszer feltöltésére szolgáló Kákafoki Holt-Körösben (2017. 08. 09., 2017. 09. 14., 2018. 06. 27., 2018. 08. 08., 2018. 09. 05., 2018. 09. 27.). A gyűjtések során minden esetben 50 µm szembőségű planktonhálóval 50-100 liter vizet szűrtünk át, a mintákat a helyszínen formalinnal 4 %-os végkoncentrációra tartósítottuk és elemzésig 4°C-on tartottuk. A határozáshoz Nikon Ec 200 típusú kutatómikroszkópot használtunk.

Eredmények és következtetések

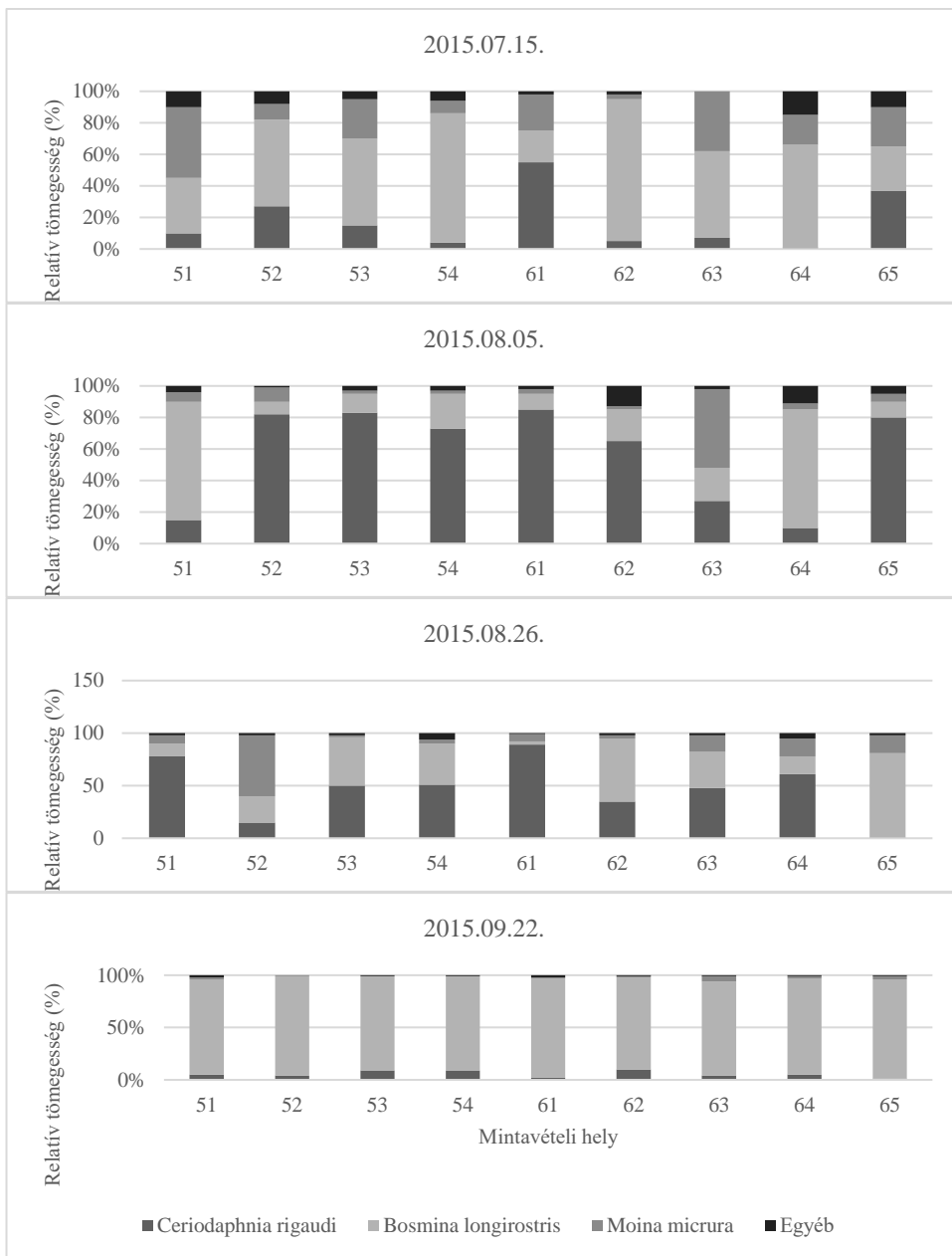
A *Ceriodaphnia rigaudi* legelső előfordulását 2015 júliusában regisztráltuk. A korábbi évek kísérletei során Györe (2014) és Zsuga (2015) vizsgálati adatai szerint nem volt jelen a faj a tavakban.



3. ábra. *Ceriodaphnia rigaudi* morfológiai jellemzői: a) partenogenetikus nőstény, b) fej, c) utópotroh, d) nőstény szubitán petéssel, e) tartós petés nőstény, f) him

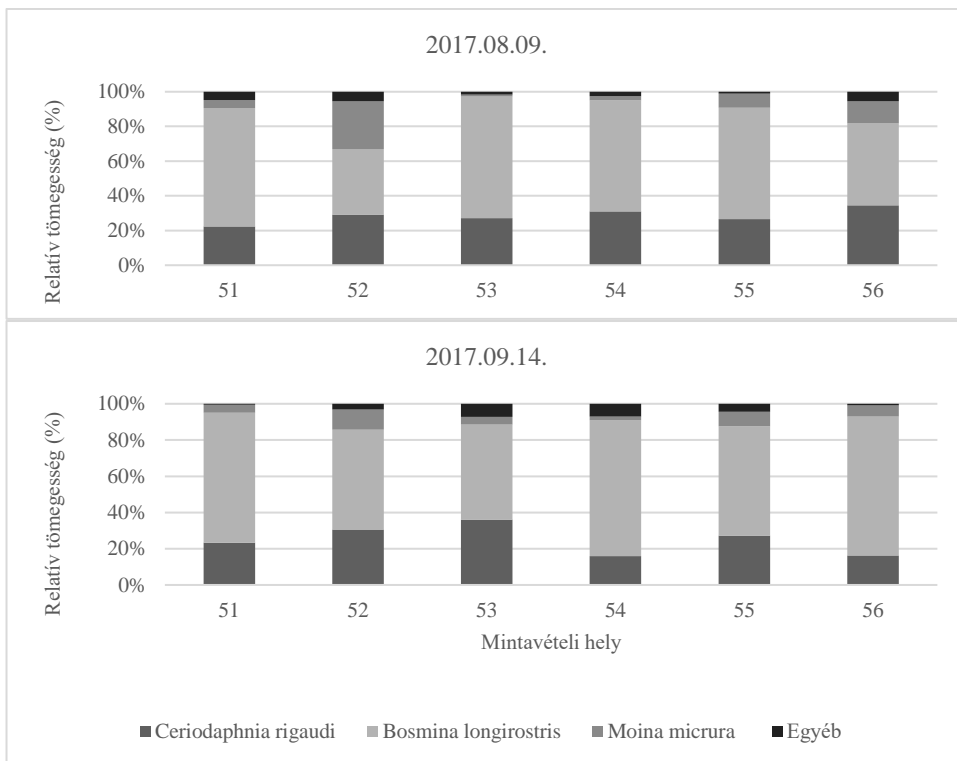
A nőstények héja 400-450 μm hosszúságú, finoman sokszögletű mezőkkel mintás (1. ábra a), hátsó felső vége rövid hegyes csücsökben végződik. Fején jellegzetes éles, csőrszerű rostrum található (1. ábra b). Az utópotroh vége ferdén lemetszett, rajta 4-6, a test vége felé növekvő tüske található, a végkarom sima (1. ábra c). A hímek háta egyenes, a héjon lévő csücsök hátrafelé irányul. Méretük valamivel kisebb a nőstényekétől (1. ábra f).

A 2015-ben a tavaszi és nyáreleji mintákban még nem fordult elő a faj, a kifejlett egyedek csak a nyári meleg időszaktól kezdődően jelentek meg. Népszégsmaximumát augusztusban érte el, ekkor a Cladocera közösség domináns csoportját alkotta. Szeptemberben az egyedszáma csökkent, helyét a hasonló méretű *Bosmina longirostris* vette át (2. ábra).



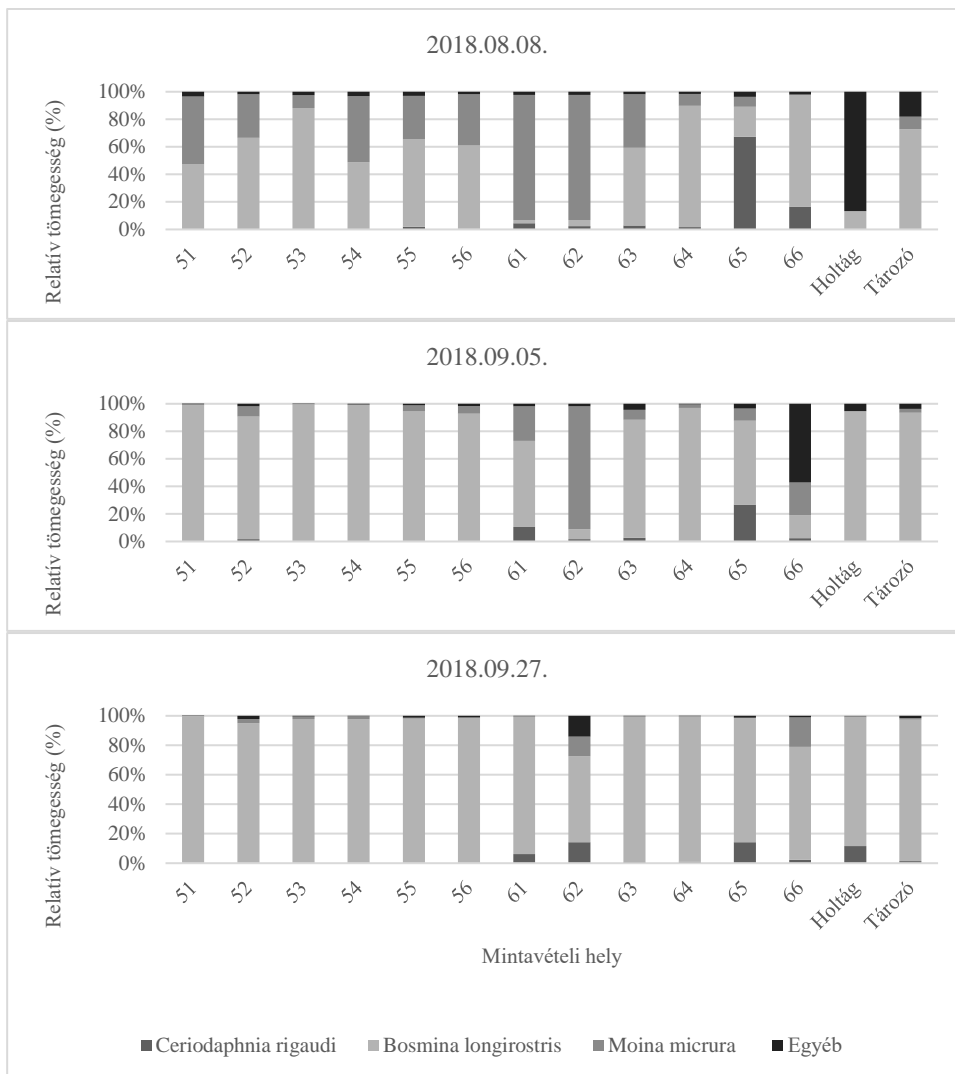
4. ábra. A Cladocera közösségben előforduló taxonómiai csoportok %-os aránya 2015-ben

A 2017-es, korábbi egyik kísérleti tórsorból történt gyűjtések az előzőektől kissé eltérő eredményt mutattak, mivel itt a *C. rigaudi* nyár végén és ősz elején is jelen volt, de mind a két esetben a *Bosmina longirostris* faj dominanciája mellett a második legnagyobb előfordulással rendelkező ágascsapú rákfajt jelentette (3. ábra).



5. ábra. A Cladocera közösségben előforduló taxonómiai csoportok %-os aránya 2017-ben

2018-ra a faj visszaszorulása volt tapasztalható. Ugyan a legtöbb vizsgált tóban előfordult, de a többi Cladocera fajhoz képest sokkal kisebb mértékben. Domináns fajjává furcsa mód csak egy, a 65-ös számmal jelölt tóban tudott válni. Ebben az évben a MATE AKI HAKI kísérleti telepének feltöltővizét szolgáltató Kákafoki Holt-Köröst érintő vizsgálatunk a fajt az említett holtmederben is kimutatta, a korábbiak alapján meglepő módon szeptemberben (4. ábra).



4. ábra. A Cladocera közösségben előforduló taxonómiai csoportok %-os aránya 2018-ban

Összefoglalás

A *Ceriodaphnia rigaudi* ágascápú rákfaj kimutatásával a faj eddigi legészakibb előfordulását regisztráltuk. Az eredmények azt mutatják, hogy valószínűleg az utóbbi évek időjárása (enyhe tél, meleg nyár) biztosítja a faj szaporodóképes állományának fennmaradását mérsékelt éghajlati viszonyok között is. Ugyanakkor a hosszabb időtávú vizsgálat azt mutatja, hogy a faj közösségi aránya évről évre csökken. Eredményeinkkel új adatokat szolgáltatunk a faj európai elterjedéséhez és ökológiai igényeinek ismeretéhez. A faj feltehetően vándorló madarak általi terjesztéssel került a tavakba vagy a holtágba, mivel a Halászati Kutatóközponttól kapott információink szerint feltehetően sem az ellenőrzött saját nevelésű halállománnyal, sem az ellenőrzött minőségű takarmánnyal nem juthatott a tavakba.

Mivel a *Ceriodaphnia rigaudi* hazánkban idegenhonos fajnak tekinthető, előfordulásának vizsgálata ajánlott. Célunk volt annak megállapítása, hogy a faj képes-e a mérsékelt égövi téli időszakot átvészelni, és továbbra is megtalálható-e a vizsgált tavakban. A faj nyomon követése a későbbi években is zajlott. Ezen eredmények kiértékelése folyamatban van, azonban meg kell jegyezni, hogy egy 2020-as átfogó Duna és Tisza holtágrendszerét elemző vizsgálat a fajt a Serházzugi Holt-Tiszában is kimutatta.

Köszönetnyilvánítás

A 2013-2015. évi kutatás az ARRANA EU FP7 projekt (No: 288925) támogatásával valósult meg. Hálánkat fejezzük ki továbbá Dr. Forró Lászlónak† a határozásban nyújtott segítségéért.

Irodalom

- Abbas, M.F., Salman, S.D., Al-Mayahy, S.H. **2015**. Diversity and seasonal changes of zooplankton communities in the Shatt Al-Arab River, Basrah, Iraq, with a special reference to Cladocera. - Int. Journal of Marine Science Vol.5.No.24, 1-14.
- Ajeel, S.G., Abbas, M.F. **2012**. Diversity of Cladocera of the Shatt Al-Arab River, Southern Iraq. – Mesopot. Journal Marine Science 27(2): 126-139.
- Alonso M. **1996**. Fauna Ibérica. Vol.7. Crustacea. Branchiopoda. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC, Madrid, Spain.
- Aung, T.T., Zin, T. **2014**. Zooplankton community in Meiktila Lake, Meiktila, Central Myanmar. – Universities Research Journal Vol. 7: 1-11.
- Biswas, S. **1971**. Fauna of Rajasthan, India, Part II. Crustacea: Cladocera. – Rec. Zool. Surv. India, 63 (1-4).
- Błędzki L. A., Rybak J. I. **2016**. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe (Cladocera and Copepoda). Springer. p. 918.
- Castillo-Noll, M.S., Camara, C.F., Chicone, M.F., Shibata, É.H. **2010**. Pelagic and littoral cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from reservoirs of the Northwest of São Paulo State, Brazil. – Biota Neotrop. Vol 10. No 1. 21-30.
- Györe, K. **2014**. ARRANA GOP harcsa és WETLAND projektek zooplankton mintáinak analízise (zárójelentés) Szarvas. p.40.
- Leitao, A.C., Rocha, R.H.F., Santaella, S.T. **2006**. Zooplankton community composition of two Brazilian semiarid reservoirs. – Acta Limnol. Brasiliensia, 18(4): 451-468.
- Lucena, L.C.A., Xavier de Melo, T., Medeiros, E.S.F. **2015**. Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. Acta Limnol. Brasiliensia, 27(1): 118-129.
- Martinez-Jeronimo, F., Ventura-Lopez, C. **2011**. Population dynamics of the tropical cladoceran *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, 1894 (Crustacea: Anomopoda). Effect of food type and temperature. – Journal of Environ. Biol. 32(4):513-521.
- Mortari, C.R., Henry, R. **2016**. Horizontal distribution of Cladocera in a subtropical lake marginal to a river. – Journal Limnol. 75(1): 109-120.
- Paranaguá, M.N., Nemann-Leitão, S., Nogueira-Paranhos, J.D., Silva, T.A., Matsumura-Tundisi, T. **2005**. Cladocerans (Branchiopoda) of a tropical estuary in Brazil. – Braz. J. Biol. 65(1): 107-115.
- Pedrozo, C. DA S., Rocha, O. **2005**. Zooplankton and water quality of lakes of the Northern Coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. – Acta Limnol. Brasiliensia, 17(4): 445-464.

- Zsuga, K. **2015.** Zooplankton állomány kvalitatív és kvantitatív összetételének vizsgálata különböző eredetű takarmányokkal etetett halastavak esetén. Kutatási jelentés. Gödöllő. p. 24.
- Zsuga, K. **2016.** Zooplankton állomány kvalitatív és kvantitatív összetételének vizsgálata különböző eredetű takarmányokkal etetett halastavak esetén. Kutatási jelentés. Gödöllő. p.30.
- URL1: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/search/results/taxon?ws=portal%2Ftaxon%2Ffind&query=ceriodaphnia+rigaudi

A NAGYKUNSAGI-FŐCSATORNA HALFAUNÁJA ÉS HALKÖZÖSSÉG-ALAPÚ ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTMINŐSÍTÉSE ELTÉRŐ MINTAVÉTELI PROTOKOLLOK ÉS MÓDSZEREK ALAPJÁN

**NAGY László¹, ANDALIK Patrik¹, SOMOGYI Dóra^{1,2},
NYESTE Krisztián^{1,3}, ANTAL László^{1,3}**

¹*Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen,
Egyetem tér 1., e-mail: nagylaszlo0002@gmail.com*

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

³*Debreceni Egyetem, Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti
Laboratórium, 4032 Debrecen Egyetem tér 1.*

Kivonat

A Nagykunsági-főcsatorna négy szakaszán végeztünk halfaunisztikai felmérést 2022 októberében az Európai Unió Víz Keretirányelv (EU VKI), valamint a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer (NBmR) protokolljai alapján, továbbá végrehajtottuk a főként bentikus fajok vizsgálatára alkalmas elektromos bentikus keretes húzóhálós (elektromos kecés) mintavételt is. A munkánk egyik fő célja volt, hogy feltárjuk a Nagykunsági-főcsatorna recens halfaunáját, valamint, hogy elemezzük az egyes szakaszok halközösségének funkcionális összetételét és elvégezzük azok halközösség alapú ökológiai állapotértékelését is, amihez két különböző indexet alkalmaztunk. Másik fő célkitűzésünk módszertani jellegű volt, ugyanis elsők között hasonlítottuk össze ugyanazon vízfolyásszakaszok ilyen jellegű eredményeit az eltérő protokollok, valamint az elektromos kecés mintavételek alapján. A Nagykunsági-főcsatornán összesen 23 faj 3458 egyedét azonosítottuk, ezek közül két faj áll természetvédelmi oltalom alatt, és 8 volt adventív eredetű. Az egyes szakaszok funkcionális értékelése az alföldi csatornák esetén megszokott tendenciát mutatták. Az ökológiai állapotértékelés alapján a vízfolyás zöme a mérsékelt, a legalsó szakasza pedig a gyenge kategóriába esett. A korábbi irodalmi adatokkal összevetve jelentős különbségeket nem tapasztaltunk, főként az egyes fajok populációnagyságában voltak eltérések (pl. megnőtt az idegenhonos fajok aránya). Az EU VKI és az NBmR protokolljai által végzett mintavételek eredményei között lényeges különbségeket nem tapasztaltunk. Az elektromos kecével történő mintavétel fontos új adatokat szolgáltatott, ugyanis sikerült kimutatni a védett halványfoltú küllöt, amiről korábban nem volt irodalmi adat a főcsatornából, illetve hatékonyan sikerült mintavételezni a ponto-kaszpikus gébféléket, melyek a hagyományos partmenti mintavételezés során csak igen kis hatékonysággal monitorozhatók.

Kulcsszavak: diverzitás, elektromos kece, Magyar Multimetrikus Halindex (HMMFI), pszeudodiverzitás, bentikus halfajok

Abstract

In October 2022, the fish assemblage of Nagykunság Main Channel was investigated at 4 sampling sites following two different protocols, which were based on the European Union Water Framework Directive (EU WFD) and the Hungarian Biodiversity Monitoring System (HBMS). Another sampling equipment, called the electric benthic trawl, was also applied to investigate benthic fish species. 3458 specimens of 23 fish species were identified. The functional assessment of the separate sections showed similar tendencies as other artificial lowland canals. Based on the ecological assessment, the majority of the watercourse had moderate, and the lower section had poor ecological status. Compared to previous literature data on the Nagykunság Main Channel, no significant differences were found; most changes were linked to the population size of some species (e.g., an increased proportion of alien species). No significant differences were found between the EU WFD and HBMS protocols. The electric benthic trawl sampling provided important new data, as the occurrence of the protected white-finned gudgeon, which had no previous data from the main channel in the literature. Furthermore, the equipment is capable of efficiently sampling Ponto-Caspian gobies, which can be monitored with very low efficiency using the conventional electric fishery device.

Keywords: diversity, electric benthic trawl, Hungarian Multimetric Fish Index (HMMFI), pseudodiversity, benthic fish species

Bevezetés

Magyarországon a halközösségek monitorozása legtöbbször elektromos halászgéppel történik. Ennek –az egyébként igen hatékony módszernek– az egyik legfőbb hátránya, hogy csak nagyjából 1,5-2 méteres vízmélységig hatékony. Épp ezért a nagyobb vízfolyások esetén a protokollok a sekélyebb parti régió mintázását írják elő. Azonban a mederfenékhez köthető (bentikus) fajok többnyire a mélyebb mederben tartózkodnak, ezért ezek egy része egyáltalán nem, vagy alulreprezentálva jelenik meg a mintákban a folyók esetén (Erős és mtsai. 2008). A mintavétel eredményét továbbá az is torzítja, hogy például az idegenhonos gébfélék (Gobiidae) elektromos áram hatására elkábulnak ugyan, de úszóhólyag hiányában többnyire a meder közelében maradnak (Erős és mtsai. 2015, Nyeste és mtsai. 2018). Erre a problémára jelenthet megoldást az elektromos kece, ami egy ősi halászeszköz, a hosszúkece kutatási célú halászathoz továbbfejlesztett változata (URL1, Olajos és mtsai. 2022). Az eszköz a jelenleg is használt elektromos halászgépek perifériájaként ötvözi az elektromos és a hagyományos, hálóval történő halászat előnyeit, viszont a tesztelési eredményekre alapozott használati módszertan és a vízfolyás jellegéhez igazítható mintavételi protokoll kidolgozása jelenleg még folyamatban van (Sallai és mtsai. 2019). Az ilyen jellegű fejlesztések nagymértékben hozzájárulhatnak a pontosabb ökológiai állapotfelmérésekhez, viszont egyúttal új kihívásokat is teremtenek, hiszen az eltérő eredményeket nehéz értékelni, amíg nem áll rendelkezésre elegendő referencia az adott eszközzel történt korábbi mintavételekről

(Szalóky és mtsai. 2011, Sallai és mtsai. 2019, Olajos és mtsai. 2022). A kutatásunk során megvizsgáltuk a Nagykunsági-főcsatorna közel teljes hosszszelvényét reprezentáló négy szakasz halközösségét, az Európai Unió Víz Keretirányelv (EU VKI, Erős és mtsai. 2015) és a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó rendszer (NBmR, Sallai és mtsai. 2019) protokolljai alapján, elvégeztük az NBmR protokollja alapján javasolt elektromos kecés mintavételt, továbbá értékeltük a csatorna ökológiai állapotát két különböző halközösség-alapú minősítési rendszerrel.

Anyag és módszer

A mintavételt 2022. október 3-án végeztük el az Európai Unió Víz Keretirányelv (EU VKI) halak élőlénycsoport mintázásnak előírásai (Erős és mtsai. 2015) valamint a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer (NBmR) halakra vonatkozó előírásai (Sallai és mtsai. 2019) alapján. Összesen négy mintavételi pontot jelöltünk ki kettőt a főágon, egyet a keleti, valamint egyet a nyugati ágon, Abádszalók, Kunhegyes, Kuncsorba és Mezőhék települések közelében (1. táblázat). A kuncsorbai, valamint a mezőhéki szakaszok esetében a mintavételt a keresztzárások alvízi szakaszán végeztük el.

1. táblázat. Mintavételi helyszínek kiindulási pontjai a Nagykunsági-főcsatornán

Mintavételi hely kódja	Település	WGS'84	
		Hosszúság	Szélesség
NK-1	Abádszalók	47.429925°	20.580388°
NK-2	Kunhegyes	47.335011°	20.586517°
NK-3	Kuncsorba	47.152108°	20.585311°
NK-4	Mezőhék	47.010377°	20.361247°

A mintavétel során először az EU VKI szerinti 500 méteres folyószakaszon végeztünk elektromos halászatot (Erős és mtsai. 2015) a víz folyásával megegyező irányba haladva, majd további 100 méteres szakaszt is bevonva kiegészítettük 600 méterre, az így meghosszabbított mintavételi szakasz már megfelelt a NBmR elvárásainak is (Sallai és mtsai. 2019). Az elektromos kecés kiegészítő mintavételt 300 méteren végeztük, ugyanabból a kezdőpontból kiindulva (meder közepén), ahol a hagyományos mintavétel is kezdetét vette.

Minden helyszínen egy német gyártmányú Hans Grassl EL64 II GI aggregátoros kutatói halászgépet használva, csónakból történtek a mintavételek. Az elektromos kecét szintén erről az eszköztől működtettük.

Eredmények és értékelés

A Nagykunsági-főcsatornán kijelölt négy mintavételi helyszínen összesen 23 faj 3458 egyedét azonosítottuk (2. táblázat). A 2. táblázat tartalmazza a mintavétel során előkerült összes fajt és azok eltérő protokollok és eszközök használatával kimutatott összegyűjtését. A 23 fogott faj közül 2 áll természetvédelmi oltalom alatt, az egyik

a halványfoltú küllő [*Romanogobio vladykovi* (Fang, 1943)] a másik pedig a szivárványos ökle, utóbbi igen nagy egyedszámban (431) fordult elő. A fogott halfajok közül 8 volt adventív eredetű.

A Nagykunsági-főcsatorna 2022. októberében végzett mintavétel eredményeinek halközösség alapú ökológiai minősítési rendszer alapján történő kiértékelése során a főcsatorna három mintavételi szakasza közepes/mérsékelt, egy pedig gyenge minősítést ért el mind a HMMFI, mind az EQIHRF esetében (a mérsékelt HMMFI és a közepes EQIHRF eredmény ebből a szempontból azonosnak tekinthető, hiszen mindkét megnevezés egy öttagú besorolási rendszer középső elemét takarja) (2. táblázat).

2. táblázat. A mintavételi helyszínek halalapú ökológiai állapota (a mintavételi szakaszok kódjai az 1. táblázat szerint lettek feltüntetve)

	HMMFI			EQIHRF		
	HMMFI	EQR	EQC	EQI érték /value	EQI minősítés /quality	
NK-1	VKI	35	0,47	mérsékelt	30	közepes
	NBmR	35	0,47	mérsékelt	30	közepes
	Kece	23	0,14	rossz	23	gyenge
	VKI+Kece	35	0,47	mérsékelt	29	közepes
	NBmR+Kece	35	0,47	mérsékelt	29	közepes
NK-2	VKI	33	0,42	mérsékelt	28	közepes
	NBmR	34	0,44	mérsékelt	27	közepes
	Kece	24	0,17	rossz	22	gyenge
	VKI+Kece	34	0,44	mérsékelt	31	közepes
	NBmR+Kece	34	0,44	mérsékelt	29	közepes
NK-3	VKI	37	0,53	mérsékelt	32	közepes
	NBmR	36	0,50	mérsékelt	32	közepes
	Kece	23	0,14	rossz	14	rossz
	VKI+Kece	37	0,53	mérsékelt	28	közepes
	NBmR+Kece	33	0,42	mérsékelt	30	közepes
NK-4	VKI	29	0,31	gyenge	24	gyenge
	NBmR	29	0,31	gyenge	24	gyenge
	Kece	24	0,17	rossz	20	gyenge
	VKI+Kece	29	0,31	gyenge	28	közepes
	NBmR+Kece	29	0,31	gyenge	28	közepes

Rövidítések: VKI = Európai Unió Víz Keretirányelv protokoll, 500 méteres mintaszakasz

NBmR = Nemzeti Biodiverzitás monitorozó Rendszer protokoll, 600 méteres mintaszakasz

Kece = Elektromos kecés mintavétel, 300 méteres mintaszakasz

Abbreviations: WFD = European Union Water Framework Directive Protocol, 500 m sample section

NBmR = National Biodiversity Monitoring System protocol, 600 m sample section

Kece = electric benthic trawl, 300 m sample section

A partmenti mintavétel során mind az EU VKI, mind az NBmR esetében hasonló eredmények születtek, a plusz 100 méter kiegészítő mintavétel sehol nem jelentett kategóriaváltást (2. táblázat). A mintavételi szakasz hosszának növelése nem változtatta érdemben a szakasz ökológiai állapotának megítélését, így az EU VKI protokoll szerinti 500 m hosszúságú mintavételi szakasz is reprezentatív képet adhat az alföldi csatornáink esetében. A hosszabb mintahossz esetén nagyobb az esély, hogy

több fajt mutatunk ki. A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer esetében, melynek egyik fő küldetése a ritka fajok monitorozása, előnyösebb a hosszabb mintavételi szakasz. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy egy-egy faj jelenlétéből vagy hiányából messzemenő következtetéseket nem lehet levonni az adott élőhely állapotára vonatkozóan.

Az elektromos kecével történő mintavétel értékelésekor a HMMFI minden esetben rossz minősítést kapott, az EQI_{HRF} esetében viszont csak a kuncsorbai szakasz kapott rossz értékelést, a másik három kecés mintavétel eredménye a gyenge kategóriába tartozott (2. táblázat). A különbség elsősorban abból adódik, hogy a HMMFI az egyes metrikákat súlyozottan értékeli (Sály & Erős 2016). Az alacsony pontszámok okai az alacsony fajszám, az adventív eredetű fajok magas aránya, valamint a nyílt vízi és omnivor fajok hiánya voltak.

A HMMFI és az EQI_{HRF} egyaránt parti mintavételre lett kidolgozva, a kecés mintavétel fogásait kísérleti célból értékeltük ezekkel az indexekkel. Az elektromos kecével végzett mintavétel a halközösség egészére nem reprezentatív, „mindössze” a bentikus létéről szolgáltat információt. A nagy folyóinkhoz képest kevésbé fajgazdag mesterséges csatorna esetében is sikerült az elektromos kecével olyan fajokat kimutatni, amelyekről nem volt korábbi irodalmi adat. Ilyen faj volt a halványfoltú küllő és a vágódurbincs.

A parti mintavételek és az elektromos kece eredményeinek összevonása a HMMFI-nél egyik esetben sem változtatott a minősítésen, az EQI_{HRF} esetén viszont igen, ugyanis a mezőhéki szakasznál a partmenti mintavétel gyenge, az elektromos kece szintén gyenge minősítésű eredményeivel együtt közepes értékelést adott (2. táblázat). A kecével és a partmenti reprezentatív mintavétellel fogott fajok lényegesen eltérő funkcionális guildekbe tartoztak, a kettő kombinálása növelte a sokféleséget, ami magasabb minősítésben mutatkozott meg.

A halfauna diverzitása és a halalapú ökológiai állapotértékelése nem mindig mutatott azonos képet, mivel több esetben a magas diverzitási értékek rosszabb ökológiai állapottal párosultak. Ilyenkor a magas diverzitás háttérében adventív, valamint generalista halfajok nagyobb száma állt, ezt a jelenséget pszeudodiverzitásnak nevezzük (Tóthmérész 2011).

Összefoglalás

Az elektromos kece használatának hasznosságát az ilyen és ehhez hasonló mesterséges alföldi vízfolyásokban bizonyítja az, hogy a halványfoltú küllőt csak az elektromos kece használata során került elő, a hagyományos partmenti mintavételezéssel sem mi, sem a korábbi kutatásokat végzők nem tudták kimutatni. Az elektromos kece különösen hasznosnak bizonyult a ponto-kaszpikus gébfélék monitorozása során, ugyanis a kece fogásai között akkor is nagy egyedszámban fordultak elő, mikor az adott szakaszon a partmenti mintavételezés során egyáltalán nem kerültek elő.

A funkcionális összetétel, valamint a halalapú ökológiai állapotértékelés sem mutatott jelentős különbséget az EU VKI 500 méteres és a NBmR 600 méteres mintavételi szakaszai között, viszont a ritka fajokra kiemelt figyelmet fordító NBmR esetében előnyös lehet a hosszabb mintavételi szakasz, mivel többször is előfordult, hogy a kiegészítő 100 méteres szakaszon előkerült olyan faj, amit az előző 500 méteren

nem sikerült kimutatni. A négy mintavételi szakaszból három mind a HMMFI, mind az EQI_{HRF} minősítés során közepes eredményt ért el, egy pedig gyengét. A kétféle halközösség-alapú ökológiai állapotértékelő rendszer összevetésében a parti mintavételek alapján nem tapasztaltunk különbségeket, egy esetben volt kategória eltérés, mikor a kecés adatokat is bevontunk az elemzésbe.

A Nagykunsági-főcsatorna mesterséges kialakítása ellenére gazdag halfaunával rendelkezik, és védett, ritkulófélben lévő fajoknak is megfelelő életteret biztosít. A víztérről az elektromos kecés mintavétel számos új információval szolgált, ezért kijelenthető, hogy érdemes további, hasonló jellegű, nagyobb vízhozamú alföldi csatorna halközösség-kutatásában is alkalmazni.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. Munkánkat ezen felül az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-23-3 és ÚNKP-23-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta. Munkánkat a Széchenyi Terv Plusz program támogatta a RRF 2.3.1-21-2022-00008 és a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00245 projektek keretében. Antal Lászlót a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. A jelen kutatást az Európai Unió és Bulgária is támogatta a BG-RRP-2.004-0001-C01 projekt keretében.

Irodalom

- Erős, T., Szalóky, Z., Sály, P. **2015**. Módszertani útmutató a halak élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és a felszíni vízfolyások halak alapján történő ökológiai állapotminősítéshez. MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tihany, pp. 36.
- Erős T., Tóth B., Sevcsik A. **2008**. A halállomány összetétele és a halfajok élőhely használata a Duna litorális zónájában (1786-1665 fkm) – monitorozás és természetvédelmi javaslatok. Halászat 101/3: 114-123.
- Nyeste, K., Gyöngy, M., Antal, L. **2018**. A feketeszájú géb [*Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)] terjedése a Tisza vízgyűjtőjén. *Pisces Hungarici* 12:53-56.
- Olajos, P., Kiss, B., Polyák, L., Sallai, Z. **2022**. Research on fish communities of watercourses in Hungary using benthic trawl net: faunistical data. *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 46:135-152.
- Sallai, Z., Varga, I., Erős, T. **2019**. Halközösségek monitorozása Magyarország különböző típusú állóvízeiben és vízfolyásokban (2001–2018). In: Váczi O. Varga I. & Bakó B. (szerk.) 2019: A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer eredményei II. Gerinces állatok. Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, Szarvas. 157-179.
- Szalóky, Z., György, Á. I., Csányi, B., Tóth, B., Sevcsik, A., Szekeres, J., Erős, T. **2011**. Elektromos kecével végzett vizsgálatok első eredményei a Duna Monitorozásában. *Pisces Hungarici* 5 37-42.
- Tóthmérész, B. **2011**. Diverzitás és mérése. Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 131.
URL1: <https://www.globecology.hu/> [Letöltve: 2024.04.18.]

Poszterszekció

IVARSPECIFIKUS MOLEKULÁRIS GENETIKAI MARKER ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK TESZTELÉSE EGY GÉNANKI KECSEGE (*ACIPENSER RUTHENUS*) TENYÉSZÁLLOMÁNYON

**BOGÁR Katalin^{1,2}, GÉCZI Aliz^{1,2}, KOVÁCS Gyula¹, FAZEKAS
Gyöngyvér¹, URBÁNYI Béla³, KOVÁCS Balázs³**

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági intézet, Halászati Kutatóközpont, 5540 Szarvas,
Anna liget utca 35., e-mail: Bogar.Katalin@uni-mate.hu

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és
Állattudományi Doktori Iskola, 2100 Gödöllő

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági intézet, Molekuláris Ökológia Tanszék, 2100 Gödöllő,
Páter Károly utca 1.

Kivonat

A tokfélék nem-invazív korai ivarmeghatározása az akvakultúra számára a költségek jelentős csökkentését jelenthetné a hím ivarú egyedek kizárásával a nevelésből. Az ivarszervek differenciálódását (3-5 éves kor) megelőzően erre hagyományos módszerekkel nincs lehetőség. Vizsgálataink során felmértük az AllWSex2 nőivar-specifikus genomi marker gyakorlati alkalmazhatóságát a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Akvakultúra és Környezetbiztonsági intézet (AKI), Halászati Kutatóközpont (HAKI) kecsége állományának vizsgálatával. A tesztekben szereplő minták tenyészerett kecsegétől származtak. A 119 ikrás egyed közül 106-ot (89,1%) genetikailag nőtényként azonosítottunk, míg 13 egyed (10,9%) negatív PCR eredményt mutatott háromszori tesztelés után is. A 72 tejes kecsége közül 60-at (83,3%) genetikailag is tejesnek, míg 12-t (16,7%) genetikailag ikrásnak azonosítottunk. A 11 hermafrodita egyed közül 7 (63,6%) genetikailag ikrásnak, míg 4 egyed (36,4%) genetikailag tejesnek határoztunk meg.

Kulcsszavak: *Acipenser ruthenus*, genetikai ivar, ivar-specifikus marker

Abstract

A non-invasive method of early sex determination of sturgeons prior to gonad differentiation (3-5 years of age) could reduce the costs of aquaculture by early exclusion of males from rearing. In this study, we assessed the practical usability of the AllWSex2 female-specific marker on the sterlet broodstock of Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Institute of Aquaculture and Environmental Safety (AKI), Research Center of Fisheries and Aquaculture (HAKI). The samples involved in this study were sourced from 119 females, 72 males and 11 hermaphrodite

breeding sterlets. From the group of 119 females, we detected 106 as genetically positive females (89,1%) while 13 individuals (10,9%) produced negative PCR results even after being tested three times. Among the 72 males, we identified 60 genetically males (83,3%) and 12 were detected as genetically females (16,7%). The genetic sex distribution among the hermaphrodites was as follows: 7 individuals (63.6%) were determined to be female, and 4 individuals (36.4%) were found to be male.

Keywords: *Acipenser ruthenus*, genetic sex, sex-specific marker

Bevezetés

A tokfélék által termelt kaviár rendkívül jövedelmező termék, ezért az ikrás egyedek értékesebbek az akvakultúrában. A tokfélék valamennyi faja váltivarú, de egyik faj sem mutat egyértelmű külső ivari dimorfizmust, és soha nem találtak olyan morfológiai különbséget egyetlen kromoszómapár között sem, amely heteromorf ivari kromoszómák jelenlétére utalna (Wuertz és mtsai. 2006, Du és mtsai. 2020). A tokfélék nagyszámú mikrokromoszómával rendelkeznek (Vasil'eva és mtsai. 2009), és az eddigi eredmények nem zárják ki annak lehetőségét, hogy az ivarfejlődést több kromoszóma szabályozza, több ivar-meghatározó lókusszal (Flynn és mtsai. 2006). Az ikrás egyedek azonosítása csak a differenciált ivarmirigyek vizsgálatával lehetséges, fajtól függően legkorábban 3-5 éves korukban (Keyvanshokoooh és Gharaei 2010). Ez ösztönözte a korai ivarazonosítást és az ivart kontrolláló módszerek keresését (Havelka és Arai 2018). Erre jelenleg a meglehetősen költséges és nehézkes hormonszint mérések vagy ultrahang vizsgálatok, valamint egy 2021-ben izolált (Kuhl és mtsai. 2021), de a gyakorlatban még nem tesztelt ivari marker ad lehetőséget. Kutatásunkban célul tűztük ki az ivar-specifikus marker széleskörű tesztelését a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Akvakultúra és Környezetbiztonsági intézet (AKI), Halászati Kutatóközpont (HAKI) kecsge (*Acipenser ruthenus*) tenyészállományán.

Anyag és módszer

A kutatás során használt kecsgek a MATE AKI HAKI élő tok génbankjához tartoznak. Összesen 202 db ivarérett egyedeket vontunk be a vizsgálatba. A teljes tenyészállomány egyedi azonosítóval (PIT tag – Passive Integrated Transponder) van jelölve, fenotípusos ivarukat az eddigi szaporítások során kinyert ivartermék adatok alapján vagy biopsziával határoztuk meg. Mindenegyedből farokúszó mintát vettünk, melyeket 96%-os etanolban tároltunk a DNS kivonásig. Az farokúszó mintákból E.Z.N.A.[®] Tissue DNA Kit (Omega Bio-tek, Inc.) segítségével izoláltuk a genomi DNS-t, a gyártó előírásai alapján. Az izolált DNS mennyiségi és minőségi ellenőrzését NanoDrop[™] 2000 (Thermo Scientific[™]) spektrofotométerrel végeztük. A spektrofotométer és a szoftver által meghatározott koncentráció alapján a kivont DNS-t egységesen 100 ng/μl töménységűre hígítottuk, a későbbiekben ez szolgált templátként a PCR reakciókhoz. A tömény DNS mintákat -20 °C-on, a hígítottakat pedig 4 °C-on tároltuk.

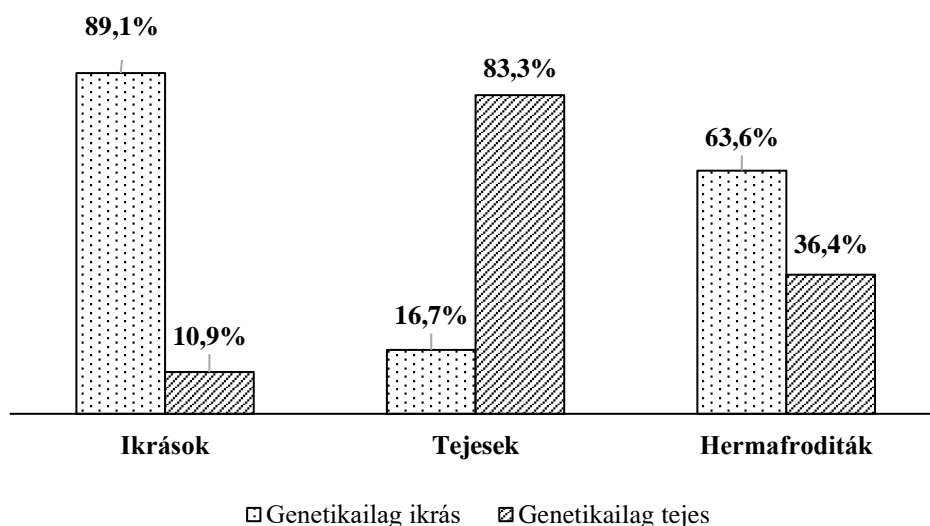
A vizsgálat során az AllWSex2 nőivar-specifikus markert (Kuhl és mtsai. 2021) használtuk, amelyet PCR-rel amplifikáltunk a hígított templát DNS-ből. A reakciók végső térfogata 15 μl volt: 1,5 μl 10X DreamTaq Green puffer (Thermo Scientific[™]), 0,3 μl dNTP (10 mM, Thermo Scientific[™]), 7,5 mM forward és reverse primer, 1 u

DreamTaq Green DNS polimeráz (Thermo Scientific™), 100 ng templát DNS és 10,5 µl nukleázmentes víz. A PCR (Kyratec SuperCycler Trinity Revision 2.0.0) első lépése egy 2 perces 95°C-os amplifikációt megelőző denaturáció volt. Ezt követte 45 cikluson keresztül 1 perc 94°C (denaturáció), 45 másodperc 56°C (primer feltapadás) és 45 másodperc 72°C (elongáció). Az utolsó lépésben 5 perc 72°C-on történt a végső lánchosszabbítás. A PCR termékeket 1,5%-os agaróz gélen futtattuk TBE pufferben 45 percig 70 V-on, majd meghatároztuk az egyedek genetikai ivarát.

Eredmények és következtetések

A vizsgálatba vont minták 119 db ikrás, 72 db tejes és 11 db hermafrodita tenyészegyedtől származtak. A 119 ikrás egyed között 106 db egyed (89,1%) hordozta a nőivar specifikus DNS szakaszt, míg 13 egyed (10,9%) háromszori tesztelés után is negatív PCR eredményt mutatott. A 72 tejesből álló csoportból 60 egyed (83,3%) bizonyult genetikailag hím ivarúnak, míg 12 db kecsge (16,7%) pozitív PCR eredményt hozott. A hermafroditák közül 7 egyed (63,6%) genetikailag nőivarúnak és 4 egyed (36,4%) genetikailag hím ivarúnak azonosítottunk (1. ábra).

Az ikrás csoportban 13 olyan egyedet azonosítottunk, ahol a nőivar-specifikus marker nem volt kimutatható. A tejes csoportban 12 olyan egyedet találtunk, melyek genetikailag nősténynek bizonyultak. Ebből a 12 tejesből 4 egyed nagy mennyiségű és jó minőségű spermát termelt az elmúlt évek mesterséges szaporításai során. Az ellentmondásos eredmények a kecsgek természetes ivarátfordulásából vagy az alkalmazott ivarspecifikus primerek tapadási helyén levő mutációból eredhetnek.



1. ábra. A fenotípusos csoportok genetikai ivar-eloszlása

Összefoglalás

Összegzésként elmondható, hogy az AllWSex2 nőivar-specifikus marker hatékony a genetikai ivar meghatározásában, még nagy mintaszám esetén is. Az ellentmondásos eredmények megértéséhez további kutatások szükségesek a genetikai ivar meghatározásban újabb ivari marker(ek) alkalmazásával, a lehetséges mutációk genetikai ivar-meghatározásra gyakorolt hatásainak vizsgálatával és a hermafrodita egyedek genetikai hátterének feltárásával. A genetikai ivar-meghatározásra alkalmas ivar-specifikus markerek számát bővíteni szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola és a 101074146 - LIFE21-NAT-AT-LIFE Boat 4 Sturgeon projekt támogatta.

Irodalom

- Du, K., Stöck, M., Kneitz, S., Klopp, C., Woltering, J.M., Adolphi, M.C., Feron, R., Prokopov, D., Makunin, A., Kichigin, I., Schmidt, C., Fischer, P., Kuhl, H., Wuertz, S., Gessner, J., Kloas, W., Cabau, C., Iampietro, C., Parrinello, H., Tomlinson, C., Journot, L., Postlethwait, J.H., Braasch, I., Trifonov, V., Warren, W.C., Meyer, A., Guiguen, Y., Schartl, M. **2020**. The sterlet sturgeon genome sequence and the mechanisms of segmental rediploidization. *Nature Ecology & Evolution*, 4: 841-852.
- Flynn, S.R., Matsuoka, M., Reith, M., Martin-Robichaud, D.J., Benfey T.J. **2006**. Gynogenesis and sex determination in shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum* Lesuere. *Aquaculture*, 253: 721-727.
- Havelka, M., Arai, K. **2018**. Hybridization and Polyploidization in Sturgeon. *Sex Control in Aquaculture*, 669-687.
- Keyvanshokoo, S., Gharaei, A. **2010**. A review of sex determination and searches for sex-specific markers in sturgeon. *Aquaculture Research*, 41: e1-e7.
- Kuhl, H., Guiguen, Y., Höhne, C., Kreuz, E., Du, K., Klopp, C., Lopez-Roques, C., Yebra-Pimentel, E.S., Ciorpac, M., Gessner, J., Holostenco, D., Kleiner, W., Kohlmann, K., Lamatsch, D.K., Prokopov, D., Bestin, A., Bonpunt, E., Debeuf, B., Haffray, P., Morvezen, R., Patrice, P., Suci, R., Dirks, R., Wuertz, S., Kloas, W., Schartl, M., Stöck, M. **2021**. A 180 Myr-old female-specific genome region in sturgeon reveals the oldest known vertebrate sex determining system with undifferentiated sex chromosomes. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 376: 20200089.
- Vasil'eva, E.D., Grunina, A.S., Recoubratsky, A.V., Barmintsev, V.A., Barmintseva, A.E., Volkov, A.A. **2009**. Genetic mechanisms of sex determination of sturgeon. *Problems and perspectives. 6th international symposium on sturgeon. October 25-31, Wuhan, Hubei Province, China. Abstracts Oral Presentations*, pp. 68-70.
- Wuertz, S., Gaillard, S., Barbisan, F., Carle, S., Congiu, L., Forlani, A., Aubert, J., Kirschbaum, F., Tosi, E., Zane, L., Grillasca, J. **2006**. Extensive screening of sturgeon genomes by random screening techniques revealed no sex-specific marker. *Aquaculture*, 258: 685-688.

**PETEFÉSZEK INSZEMINÁCIÓ UTÓDGENERÁCIÓRA
GYAKOROLT IMMUNOLÓGIAI KÖVETKEZMÉNYEINEK
VIZSGÁLATA ZEBRADÁNIÓBAN (*DANIO RERIO*) (ELŐZETES
EREDMÉNYEK)**

**IVÁNOVICS Bence¹, CSENKI-BAKOS Zsolt¹, HORVÁTH József²,
VARGA Ádám², URBÁNYI Béla³, MÜLLER Tamás²**

¹*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológia Tanszék, 2100 Gödöllő,
Páter K. utca 1.*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, 2100
Gödöllő, Páter K. utca 1., e-mail: muller.tamas@uni-mate.hu*

³*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő,
Páter K. utca 1.*

Kivonat

A petefészkek inszemináció egy olyan új halszaporítási megközelítés és módszer, amely mind a természetvédelem mind a halgazdálkodás számára előremutató lehetőségeket kínál. Ugyanakkor kiemelten fontos, hogy feltérképezzük a sperma injektálás módszere által termékenyült utódgeneráció életképességét, különös tekintettel annak immunrendszerére. Ezért egy széles körben alkalmazott modellhalfaj, a zebradánió (*Danio rerio*) segítségével vizsgáltuk a különböző immunrendszer és gyulladás asszociált gének kifejeződésére, illetve a neutrofil granulocitákra gyakorolt hatásokat az utódgenerációban. Az injektált sperma által termékenyült utódok normális embrionális fejlődést mutattak és nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható eltéréseket sem a markergének kifejeződésében, sem a neutrofil granulociták eloszlásában. Eredményeink alapján feltételezhető, hogy az általunk kialakított petefészkek inszeminációs módszer a vizsgált paraméterek tekintetében nem befolyásolja szignifikáns mértékben a zebradánió embriók/lárvák veleszületett immunrendszerét.

Kulcsszavak: petefészkek, inszemináció, zebradánió, immunrendszer

Abstract

The ovarian insemination is a novel approach and method for fish reproduction, offering promising opportunities for both conservation and fisheries management. However, it is crucial to assess the viability of offspring generated through sperm injection, particularly concerning their immune system. Therefore, we investigated the expression

of various immune system and inflammation-associated genes, as well as the effects on neutrophil granulocytes in the F1 generation, using the widely used model species, zebrafish (*Danio rerio*). Embryos fertilized by injected sperm exhibited normal embryonic development, and we did not observe statistically significant differences in the expression of marker genes or the distribution of neutrophil granulocytes. Based on our results, it can be assumed that our developed ovarian insemination method does not significantly influence the innate immune system of zebrafish embryos/larvae in terms of the parameters investigated.

Keywords: ovary, insemination, zebrafish, immune system

Bevezetés

A halsperma mesterséges módon, petefészekbe történő injektálása (petefészek inszemináció) olyan halszaporítási módszert kínál külső termékenyüléssel szaporodó halfajok esetén, amely előnyöket biztosíthat veszélyeztetett halfajok megőrzése során, valamint a halgazdálkodás egyes szegmenseiben egyaránt. Mivel a petefészek inszemináció esetén tetszőleges számú hímtől nyerhető sperma és injektálható a kiválasztott nőstény(ek) petefészkébe, így növelhető az utódgeneráció genetikai diverzitása. A módszer alternatívát nyújthat azokban az esetekben, amikor a természetes ívás nem történik meg vagy a hagyományos szaporítási módszerek sikertelennek bizonyulnak. A petefészek inszemináció általi szaporítást zebraadánió és afrikai harcsa segítségével sikeresen modelleztük (Gazsi et al. 2021a, 2021b; Quyén et al. 2022). Mindezek alapján különösen fontossá válnak azok a további kutatómunkák, amelyek az injektált sperma által termékenyült utódok vitalitásában megmutatkozó potenciális eltéréseket helyezik fókuszba. Az ilyen irányú vizsgálatok nem csupán a módszer alkalmazásának biológiai következményeiről adhatnak részletesebb információkat, hanem párhuzamosan annak kifinomítását is szorgalmazzák.

A petefészek inszemináció utódok vitalitására gyakorolt hatásainak vizsgálata során érdemes figyelmet szentelnünk az F1 generáció immunrendszerében bekövetkező potenciális eltérések detektálására. A nem megfelelően működő immunrendszer a különböző fertőzésekkel, patogén ágensekkel és egyéb stresszhatásokkal szembeni fogékonyságot és ezzel együtt a mortalitás növekedését vonhatja maga után (Tort 2011; Bayha et al. 2017).

Kutatómunkánk célul tűzte ki a petefészekbe történő spermajektálás utódok immunrendszerére gyakorolt hatásainak feltérképezését. Ehhez egy széles körben alkalmazott modellhalfajt, a zebraadániót hívtuk segítségül. Kíváncsiak voltunk arra, hogy milyen különbségek mutatkoznak meg az injektált sperma által termékenyült utódok immunrendszer és gyulladás asszociált marker géneinek kifejeződésében a kontroll csoportokhoz viszonyítva. Mindemellett, fluoreszcens mikroszkópos képalkotás és transzgenikus zebraadánió vonal bevonásával vizsgáltuk a neutrofil granulociták eloszlását az embriókban.

Anyag és módszer

A kísérletekhez alkalmazott zebraadánió szaporító állomány a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet (Gödöllő)

recirkulációs rendszerű Zebradániós laboratóriumában volt fenntartva, 14 óra megvilágított – 10 óra sötét periódus mellett. A recirkuláló, szűrt és UV-sterilizált rendszervíz paraméterei az alábbiak voltak: 25.5 ± 0.5 °C hőmérséklet, 500 ± 50 μ S vezetőképesség, 7 ± 0.5 pH. A halak ivatását a fényperiódus első pár órája során, speciális rácsos aljú 1 l-es ivató kádakban hajtottuk végre. A petefészek inszeminációt sztereo mikroszkóp alatt, altatásban (minden esetben 168 mg/l trikain-metánszulfonát) végeztük. Elsőként az altatásba vitt transzgenikus (fluoreszcens jelet kibocsátó, Tg(MPX:EGFP)) hímeiktől üvegapilláris segítségével spermát nyertünk, majd a több hímről összegyűjtött, kevert spermát (pool) kapilláris-töltő pipettahegy és automata pipetta segítségével az altatott AB-típusú laboratóriumi (fluoreszcens jelet nem kibocsátó) nőtények petefészkebe injektáltuk (kb. 1 μ l sperma / nőtény). A nőtények az injektálást követően friss rendszervíz tartalmazó „ébresztő” kádakba kerültek, majd pedig az altatásból történő teljes visszatérés után ivató kádakba helyeztük át őket, laboratóriumi AB-típusú hímek mellé (az ivási folyamat biztosítása érdekében). Az injektált spermával termékenyült utódok így fluoreszcens mikroszkóp alatt elkülöníthetővé váltak. A kontroll csoportot a hagyományos ivatással (jelen esetben 1 hím és 1 nőtény ivása) termékenyült embriók/lárvák képezték. A technikai kontroll csoport esetén az injektálás műveletét elvégeztük, de nem történt sperma bejuttatása a petefészekbe. Pozitív kontrollként réz-szulfát által indukált gyulladási modellt állítottunk be, amelynek során a mintavételi időpontot (termékenyülést követő 5. nap) megelőző 6 vagy 12 óra során a lárvákat 3,2 mg/l réz-szulfát (CuSO₄) oldatban inkubáltuk.

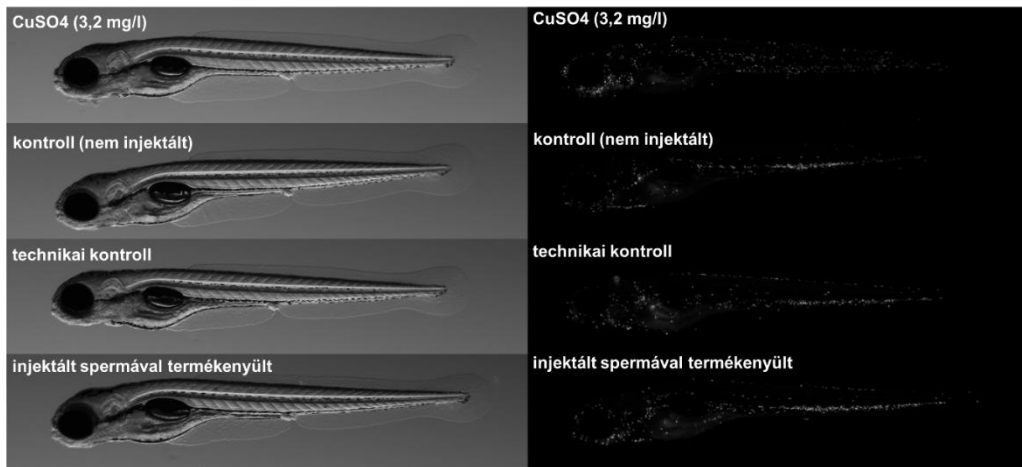
Az embrionális fejlődés végén (termékenyülést követő 5. napon) fluoreszcens mikroszkóp (Leica M205 FA) alatt oldalnézeti fényképeket készítettünk a lárvákról. A fényképek alapján megfigyeltük az esetlegesen bekövetkező test-torzulásokat és a neutrofil granulociták lárvákon belüli eloszlását. Az eloszlásbeli különbségek számszerűsítése érdekében, ImageJ szoftver segítségével meghatároztuk az oldalvonal régió mentén akkumulálódó neutrofil granulocita sejtszámot (EGFP+ sejtek). Az immunrendszer és gyulladás asszociált marker gének kifejeződésének méréséhez az 5 napos (termékenyüléstől számított) zebradániókat mikrocentrifuga csövekben, TRIzol reagensben homogenizáltuk (8 lárv/cső), majd pedig kloroform-izopropanol-os RNS izolálást végeztünk. Az izolált RNS minőségét és mennyiségét NanoDrop-One (Thermo Scientific) készüléssel határoztuk meg. A cDNS szintézist High Capacity cDNA reverz transzkripció kit (Applied Biosystems) segítségével végeztük. A marker gének kifejeződését EvaGreen-qPCR Supermix (Solis BioDyne) által LightCycler 480 készülékben mértük, és az adott expressziós szinteket a háztartási génnel (*ef1a*) történő normalizálást követően adtuk meg.

Az eredmények statisztikai elemzését az adatok eloszlásától függően Kruskal-Wallis teszttel vagy egyutas ANOVA segítségével hajtottuk végre. Az eredményeket átlag \pm szórás formában ábrázoltuk. Statisztikailag igazolható különbség $p < 0.05$ esetén lett meghatározva.

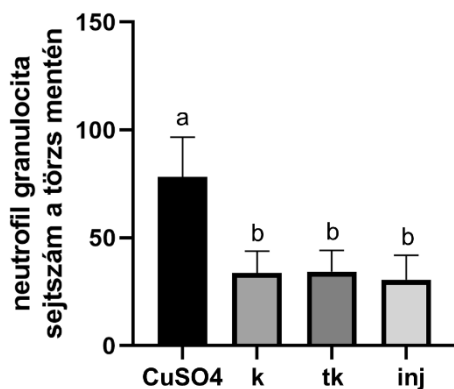
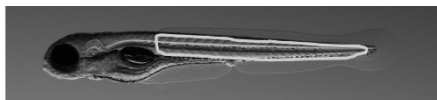
Eredmények és következtetések

Az injektált spermával termékenyült utódok nem mutattak szemmel látható drasztikus morfológiai elváltozásokat, ahogy az a kontroll csoportokban sem volt megfigyelhető

(1. ábra). A réz szulfát által kiváltott gyulladás (pozitív kontroll) a neutrofil granulociták szemmel látható, erőteljes szóródását eredményezte a lárvaikon belül, amely a legszembetűnőbb mértékben a törzs területén, illetve az oldalvonal mentén mutatkozott meg. A granulocitáknak ez a típusú, gyulladásos folyamatokat jelző eloszlása jól elkülöníthető volt az összes többi csoporttól, függetlenül attól, hogy injektált vagy nem injektált sperma által termékenyült az utód (1. ábra). A lárvák törzse, illetve oldalvonala mentén akkumulálódó neutrofil granulociták számszerűsítése esetén is megfigyelhetjük, hogy az injektált sperma által termékenyült utódokban nem volt szignifikáns különbség a (nem injektált és technikai) kontroll csoportokhoz képest (2. ábra). A pozitív kontroll (réz-szulfát expozíció) viszont statisztikailag igazolható mértékben elkülönül minden más csoporttól (2. ábra).

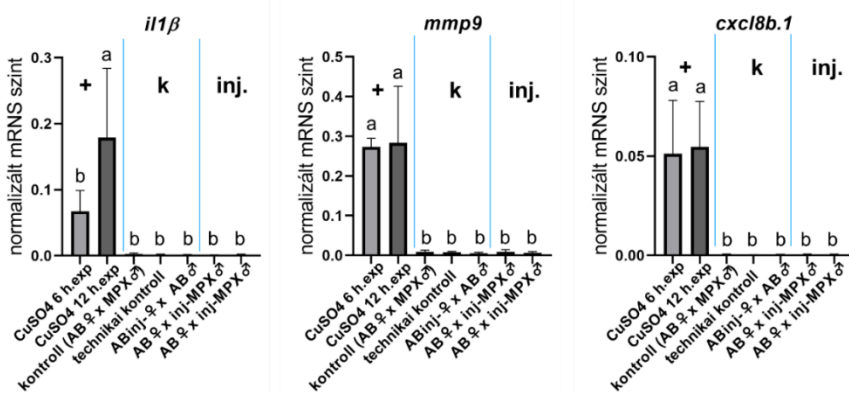


1. ábra. Petefészek injektálás hatása az F1 generáció lárvaiknak morfológiájára (bal oldal) és a neutrofil granulociták eloszlására (jobb oldal) zebradánióban. Pozitív kontroll: CuSO₄ által indukált gyulladás.



2. ábra. Petefészek injektálás hatása a neutrofil granulociták eloszlására az F1 generációban, zebradánió lárvákban. Pozitív kontroll: CuSO₄ által indukált gyulladás. Az EGFP-pozitív sejtek száma a felső képen jelölt területre vonatkozóan lett meghatározva. k: nem injektált kontroll, tk: technikai kontroll, inj: injektált sperma által termékenyült. Statisztikailag igazolható különbséget az eltérő betűk jelölik.

Az immunrendszer és gyulladás-asszociált markergének kifejeződése tekintetében szintén nem tapasztaltunk számottevő különbségeket az injektált spermával termékenyült csoport és a nem-injektált (kontroll), technikai kontroll, illetve az injektálást követően nem az injektált spermával, hanem az ivatáshoz alkalmazott hímtől származó spermával termékenyült csoportokhoz képest (3. ábra). A rész-szulfát expozíció (pozitív kontroll) ugyanakkor, a vártak megfelelően, kiemelkedő mértékben indukálta a vizsgált gének kifejeződését (3. ábra).



3. ábra. Petefészek injektálás hatása egyes immunrendszer és gyulladás asszociált gének kifejeződésére az F1 generációban, zebradánió lárvákban. +: pozitív kontroll, k: kontroll csoportok, inj: injektált sperma által termékenyült. Statisztikailag igazolható különbséget az eltérő betűk jelölik.

Összefoglalás

Kutatómunkánk külső termékenyüléssel szaporodó halakon kialakított, petefészkekbe történő sperma-injektáláson alapuló mesterséges halszaporítási módszer utódok immunrendszerére gyakorolt hatásait vizsgálta zebradánión, mint modellszervezeten. Összességében elmondható, hogy az injektált sperma által termékenyült utódok kontroll körülmények között tapasztalt, normális embrionális fejlődést mutattak. Gyulladásra és az immunrendszer befolyásolására utaló jeleket nem tapasztaltunk a vizsgált markergének kifejeződése, illetve az embriók veleszületett immunrendszerének egyik fő képviselői, a neutrofil granulociták eloszlása tekintetében. Minden vizsgálati csoport egységesen eltért az általunk pozitív kontrollként beállított gyulladás-indukált csoporttól. Munkánk folytatásaként a továbbiakban vizsgálni kívánjuk a petefészkek inszemináció anyai szervezetre gyakorolt hatásait és annak immunológiai következményeit.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk megköszönni a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet munkatársainak a kutatómunkánk során nyújtott segítségüket! Munkánk a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4-II-MATE-4; ÚNKP-23-3-I-MATE/22 és ÚNKP-23-2-I-MATE-6 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával, valamint az NKFI K–135824 kódszámú OTKA pályázat támogatásával készült.

Irodalom

- Bayha, K. M., Ortell, N., Ryan, C. N., Griffitt, K. J., Krasnec, M., Sena, J., Griffitt, R. J. **2017**. Crude oil impairs immune function and increases susceptibility to pathogenic bacteria in southern flounder. *PloS one*, 12(5), e0176559
- Gazsi, G., Butts, I. A., Zadmajid, V., Ivánovics, B., Ruffilli, L., Urbányi, B., Müller, T. **2021**. Ovarian inseminated sperm impacts spawning success in zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton, 1822) even in the absence of a male stimulus. *Theriogenology*, 172, 315-321.
- Gazsi, G., Ivánovics, B., Izabella, R. B., Szabó, T., Daniel, Z., Kucska, B., Müller, T. **2021**. Artificial sperm insemination in externally fertilised fish as a novel tool for ex situ and in situ conservation of valuable populations. *Endangered Species Research*, 45, 169-179.
- Quyén, N. N., Alebachew, G. W., Kucska, B., Kovács, G., Halasi-Kovács, B., Ferincz, Á., Müller, T. **2022**. Model experiment for practical application of inseminated sperm method for production of interspecific hybrids (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*). *Aquaculture Reports*, 27, 101418.
- Tort, L. **2011**. Stress and immune modulation in fish. *Developmental & Comparative Immunology*, 35(12), 1366-1375.

INTENZÍV ÜZEMŰ HALNEVELŐ TELEP ELFOLYÓVIZÉVEL ÖNTÖZÖTT TERÜLET UTÓHATÁS VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A VÖRÖS HERE BIOMASSZA PRODUKCIÓJÁRA

**KOLOZSVÁRI Ildikó¹, KUN Ágnes², JANCSÓ Mihály², BOZÁN Csaba²,
VALKOVSZKI Noémi Júlia², SZÉKELY Árpád², SZALÓKI Tímea
Pálma², KOVÁCS Gergő Péter¹, GYURICZA Csaba¹**

¹*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok
Intézet, e-mail: kolozsvari.ildiko@uni-mate.hu*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet,
Öntözési és Vizgazdálkodási Kutatóközpont*

Kivonat

Az éghajlatváltozás globális kihívásokat vet fel az agrárium számára, különösen az olyan régiókban, ahol az aszály és a vízhiány egyre sürgetőbb problémát jelent. Az akvakultúra rendszerekből származó elfolyóvíz újrahasznosítása öntözési célokra egy potenciálisan fenntartható megoldás lehet, különösen olyan területeken, ahol a vízforrások korlátozottak. Azonban a magas sótartalmú elfolyóvíz használata nemcsak előnyöket, hanem kihívásokat is jelent a talaj és a növényzet számára. Célunk az, hogy jobban megértsük ezeket a kihívásokat és hatásokat, és javaslatokat fogalmazzunk meg a termásvíz eredetű intenzív afrikai harcsanevelő telep elfolyóvizének öntözéses hasznosításáról szántóföldi kultúrák esetében, valamint a talajparaméterekben bekövetkezett változásokról. A kutatás során az eltérő vízminőségi paraméterekkel rendelkező öntözővizek utóhatását vizsgáltuk 2021-ben, amely során a területen már nem történt öntözővízes kezelés. A talajmintavételek és a vörös here biomassza meghatározásával arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az öntözővizek miként befolyásolják a terület termékenységét, a magasabb sótartalom okoz-e termésdepressziót. A mérésekből arra a következtetésre jutottunk, hogy az első növedék vágásakor a korábban heti 45 mm vízádaggal öntözött területen nőtt vörös here biomassza tömege alacsonyabb értékekkel rendelkezett, mint a heti 30 mm-rel öntözött területek értékei. A harmadik növedék biomassza meghatározása során ugyanakkor azt tapasztaltuk, hogy az elfolyóvízzel öntözött területről tudtunk több biomasszát betakarítani.

Kulcsszavak: elfolyóvíz, öntözés, vörös here, talaj, biomassza

Abstract

Climate change poses global challenges for agricultural sectors, particularly in regions where drought and water scarcity are becoming increasingly urgent issues. Using wastewater from aquaculture systems for irrigation could represent a viable sustainable

option, particularly in regions facing water scarcity. However, the use of high-salinity effluent water presents not only advantages but also challenges for soil and vegetation. Our aim is to better understand these challenges and effects, and to formulate recommendations for the irrigation use of effluent water from intensive African catfish farms for field crops, as well as changes in soil parameters. During the research, we examined the effects of irrigation waters with different water quality parameters during the 2021 growing season, where no irrigation treatment had been applied previously. By sampling soil and determining red clover biomass, we aimed to answer the question of how irrigation waters affect the fertility of the area and whether higher salt content causes yield depression. Our measurements led us to the conclusion that during the first cutting of vegetation, the biomass of red clover in the previously irrigated area with a weekly 45 mm water dose was lower compared to areas irrigated with 30 mm per week. However, during the determination of biomass in the third cutting, we observed that more biomass could be harvested from the area irrigated with effluent water.

Keywords: effluent water, irrigation, red clover, soil, biomass

Bevezetés

Az emberi populáció növekedése fokozza a szennyvíztermelést is, ennek következtében sok fejlődő országban nő a szennyvízzel és elfolyóvízzel való öntözés gyakorisága, és a mezőgazdaság számos területen erre a vízforrásra támaszkodik (Qadir és mtsai., 2010). A világ öntözött területeinek jelentős része a fejlődő országokban található, és a szennyvíz felhasználása nem csupán a száraz és félszáraz területekre korlátozódik. Az elfolyóvíz egyik fő előnye a mezőgazdasági költségek csökkentése. Ez a vízforrás egész évben rendelkezésre áll, és nincs időbeli korlátozása (Jiménez, 2006). A halfeldolgozás iparágában nagy mennyiségű vízfelhasználás jellemző a termelési folyamatok során, ennek eredményeként pedig nagy mennyiségű elfolyóvíz keletkezik (Ribeiro és Naval, 2019). Haque és munkatársai (2016) tanulmányukban az akvakultúra és a mezőgazdaság közötti összefüggéseket vizsgálták és kimutatták, hogy a halmaradványokat műtrágyaként felhasználva növekszik az akvakultúra-rendszerben a műtrágyázás hatékonysága (Haque és mtsai., 2016). Az állattenyésztés és a mezőgazdaság kombinációja lehetőséget kínál arra, hogy csökkentsük a friss zöldségkultúrák öntözési igényét (McMurtry és mtsai., 2007). Rossz minőségű talaj esetén az ilyen típusú elfolyóvízzel való öntözés növeli a paradicsom és a saláta szárazanyag-tartalmát és termésátlagát (Castro és mtsai., 2006). A világ élelmiszerforrásai jelentős mértékben függenek a nitrogén- és foszfor műtrágyák használatától, és a növekvő nitrogénfelhasználás számos kihívással jár, mint például a talajvíz szennyeződése és a globális felmelegedés (Crews és Peoples, 2004). Az elmúlt évtizedekben ezeknek a tápanyagoknak, különösen a foszfornak az ára tovább emelkedett. Az akvakultúra rendszerek legnagyobb problémája a fel nem használt elfolyóvizek mennyisége, ami rontja a vízminőséget és károsítja a környezetet. Kísérletek kimutatták, hogy a halak által felvett nitrogén hatékonysága 10-50%-os, míg az ásványi tápanyagok nagy része, ami a vízbe kerül, 70-80%-ban hulladékká válik (Pattillo és mtsai., 2020). Más kutatások is megerősítették a halgazdaságok szennyvizének hatékonyságát burgonya-, szója- és hagymatermesztésben, csökkentve

a műtrágyázási igényt és a költségeket. A mikroszórófejes öntözőrendszerrel kijuttatott elfolyóvíz nagyobb termést és vízfelhasználási hatékonyságot eredményezett, mint a hagyományos öntözés műtrágyázás mellett. A haltermelésből származó víz felhasználása a paradicsom öntözésében növelte a termésátlagot az első három betakarítási időszakban. Az akvakultúra rendszerekből származó elfolyóvizek öntözéses használatával hatékonyabb tápanyagfelvételt biztosít a növények számára, amely során a biomassa növekedésével egyenes arányban nő a tápelemek felszívódása és az anyagcsere-aktivitás (Abdelraouf, 2017).

A kutatás célja egy intenzív üzemű halnevelő telepről származó elfolyóvízzel öntözött terület vizsgálata, különös tekintettel a talaj N, P, K, Na és humusz paramétereinek és a vörös here biomassa tömegének változásának nyomon követése.

Anyag és módszer

A vizsgálat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Környezettudományi Intézet (KÖTI) Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (ÖVKI) Liziméter Telepén került beállításra 2021-ben. A kísérleti területen a megelőző években szemes és silócirok öntözési kísérletek folytak, ahol egy intenzív üzemű halnevelőtelep elfolyóvizét alkalmaztuk öntözésre (Kolozsvári és mtsai., 2022). Az öntözési kísérlet során két eltérő tulajdonsággal rendelkező víztípust használtunk (Szarvas-Békésszentandrás Holt-Körös vize: 30 mm (K30), 45 mm (K45) dózisban, valamint egy intenzív afrikai harcsanevelő-telep elfolyóvizét szintén 30 mm (E30), 45 mm (E45) dózisban. Mindemellett a kísérlet során egy öntözetlen kontrollt is beállítottunk (C). Heti öntözési fordulóban került kijuttatásra az öntözővíz csepegtető öntözőrendszerrel (Kolozsvári és mtsai., 2023). 2021-ben ezen a területen vörös here lett telepítve. A korábbi öntözési kezeléseket figyelme véve történt a terület kaszálása és mintavételezése, ahol kezelésenként 6 ismétléssel dolgoztunk. A vörös here vegetációs periódusában három alkalommal történt kaszálás (2021.június 29, július 21 és szeptember 01.). A betakarítás manuálisan sarló használatával történt, amely során kezelésenként 6 db 1 m²-es területet mintáztunk meg. A zöld tömeg méréséhez MetripondPlus SC típusú mérleget használtunk. A vetés előtt és az utolsó kaszálást követően kezelésenként kompozit talajmintavétel történt három ismétlésben. A talajminták elemvizelését a magyar szabványoknak megfelelően vizsgáltuk.

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

Eredmények és következtetések

A vizsgált terület talajtani paraméterei

Az 1. táblázat szemlélteti a 2021-es termesztési év talajkémiai paramétereit. A humusztartalom a tavaszi időszakban 1,7 és 2,0 m/m% körül alakult, az őszi mintavétel során kiegyenlített értékek mutatkoztak, ahol a legalacsonyabb humusztartalommal az E30 (1,8 m/m%) kezelés rendelkezett. A nitrogén esetében a tavaszi mintavétel során a K45 kezelés mintáiban mértük a legalacsonyabb (3,3 mg/kg) N értéket, amíg a legmagasabbat (4,7 mg/kg) a C kezelésbe. Az őszi időszakban a kezelésekek között nem mutatkoztak jelentős eltérések, ebben az esetben az N 4,0 és 4,6 mg/kg érték körül

alakult. A talaj foszfortartalma a tavaszi periódusban az E30 kezelésben volt a legalacsonyabb (1593 mg/kg), a legmagasabb P értékkel pedig a C kezelés (2573 mg/kg) rendelkezett. Ebben az esetben is kijelenthető, hogy az őszi mintavétel során a kezelések között nem mutatkozott értékelhető különbség. A kálium esetében megfigyelhető, hogy a tavaszi időszakban a K értékek 374 és 544 mg/kg érték körül mozogtak. Az őszi mintavétel eredményei hasonló lefutást mutattak, ahol a mért P értékek 344 és 469 mg/kg körül alakultak. Mindkét mintavételi időszakra jellemző, hogy a legalacsonyabb P értékeket az elfolyóvízes kezeléseknél, a legmagasabbakat pedig az öntözetlen kontroll mintákban mértünk. A nátrium nyomon követése kiemelt jelentőségű, mivel az intenzív üzemű halnevelő telep elfolyóvíze termásvíz eredetű, ezért jelentősebb Na tartalommal (222 mg/l) rendelkezik. A tavaszi mintavétel során a talajminták Na értékei 64-93 mg/kg között alakultak, ahol a legalacsonyabb értékeket az E45, a legmagasabbat pedig a K30-as kezelésben mértünk. Az őszi mintavétel során azt tapasztaltuk, hogy az elfolyóvízes kezeléseknél jelentősen megemelkedett a Na értéke 101-106 mg/kg, ez azzal magyarázható, hogy a talajban a nátrium mobilis, és a talajvízszint emelkedésével és a természetes csapadék hatására a mintázott rétegben is megjelent.

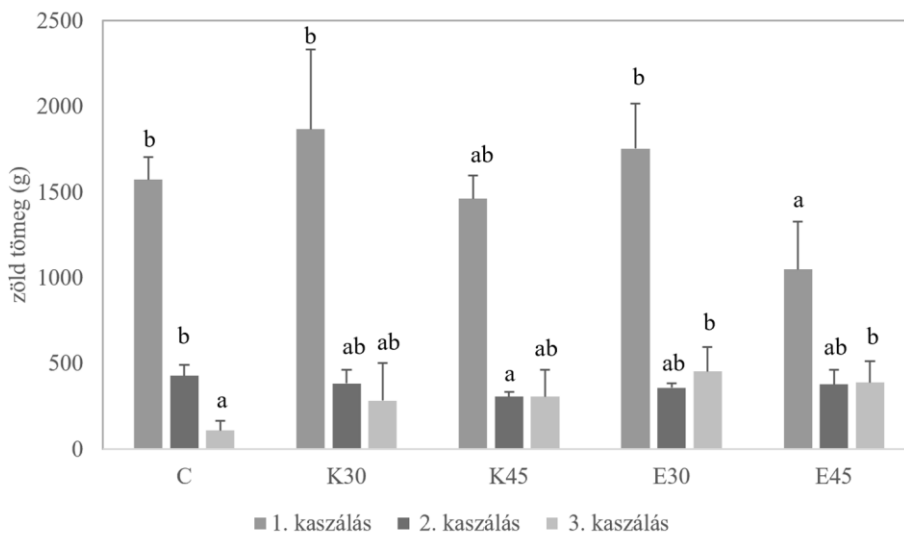
1. táblázat. Talajkémia paraméterek változása a termesztés során

mintavétel	kezelés	Humusz m/m%	Nitrit + nitrát - N (KCl) mg/kg	Foszfor- pentoxid (AL) mg/kg	Kálium- oxid (AL) mg/kg	Nátrium (AL) mg/kg
2021.05.25	C	2,0±0,12	4,7±0,65	2573±391	544±30	92±3
	K30	1,9±0,09	3,7±0,34	2103±341	458±33	93±5
	K45	1,8±0,11	3,3±0,31	1700±341	435±48	74±13
	E30	1,7±0,07	3,9±0,63	1593±397	374±69	79±23
	E45	1,8±0,11	4,6±0,47	1740±518	385±65	65±17
2021.10.05	C	1,9±0,08	4,6±0,58	1973±281	470±29	60±3
	K30	1,9±0,09	4,4±0,76	1767±361	433±50	78±11
	K45	1,9±0,14	4,1±0,71	1608±265	412±45	87±4
	E30	1,8±0,08	4,2±2,0	1515±368	349±39	106±6
	E45	1,9±0,09	4,6±1,31	1600±408	345±43	101±11

A vörös here biomassza meghatározása

Az 1. ábrán a 2021-es termesztési év vörös here biomassza tömeg változását látjuk. Az első kaszálás során mértük a legmagasabb biomassza értékeket. A legalacsonyabb tömeget az E45 kezelésnél mértük (1048 g/m²), amíg a legmagasabbat a K30-as kezelésnél (1867 g/m²). A statisztikai kiértékelés során a legkisebb zöldtömeeggel rendelkező E45 kezeléshez képest az E30 a C és a K30-as kezeléseknél szignifikánsan több termést tudunk betakarítani. A második kaszálás során jelentősen csökkent a betakarított vörös here tömeg, ami a rövidebb növekedési időnek és a csapadékhiánynak köszönhető. Ebben az esetben a biomassza tömeg 306 és 428 g/m² között alakult. A

kezelések összehasonlításakor megállapítottuk, hogy az öntözetlen kontroll területről szignifikánsan több biomasszát takarítottunk be. A harmadik kaszálás során a legalacsonyabb értékekkel a C kezelés (133 g/m²) rendelkezett, amíg a legmagasabbal a K30-as kezelés (466 g/m²). A statisztikai kiértékelés során a kezelések összehasonlításakor az E30 és az E45 kezelések rendelkeztek szignifikánsan több biomassza produktummal.



1. ábra. A vörös here biomassa meghatározása a 2021-es termesztési évben. A betűk szignifikáns különbséget jeleznek a kezelések között.

Összefoglalás

A mérésekből arra a következtetésre jutottunk, hogy az első növedék vágásakor a korábban heti 45 mm vízáddal öntözött területen nőtt vörös here biomassa tömege alacsonyabb értékekkel rendelkezett, mint a heti 30 mm-el öntözött területek értékei. A harmadik növedék biomassa meghatározása során, ugyanakkor azt tapasztaltuk, hogy az elfolyóvízzel öntözött területről tudtunk több biomasszát betakarítani. Vizsgálati eredményeinket alátámasztja az a kutatás is, amely kimutatta, hogy a réti here növekedését és újranövekedését nem befolyásolja szignifikánsan a műtrágya használata. Ez a jelenség megfigyelhető a fehér here és a bíborhere esetében is (Black és mtsai., 2009; Dillard és mtsai., 2015; Frame és mtsai., 1976).

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát az Agrárminisztérium OD001 számú determinációs témája támogatta.

Irodalom

- Abdelraouf, R.E. **2017**. Reuse of Fish Farm Drainage Water in Irrigation, in: Negm, A.M. (Ed.), *Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt, The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer International Publishing, Cham, pp. 393–410. https://doi.org/10.1007/698_2017_92
- Black, A., Laidlaw, A., Moot, D., O’Kiely, P. **2009**. Comparative growth and management of white and red clovers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48, 149–166.
- Castro, R.S., Borges Azevedo, C.M.S., Bezerra-Neto, F. **2006**. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae* 110, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.06.006>
- Crews, T.E., Peoples, M.B. **2004**. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102, 279–297. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018>
- Dillard, S.L., Wood, C.W., Wood, B.H., Feng, Y., Owsley, W.F., Muntifering, R.B. **2015**. Effects of nitrogen fertilization on soil nutrient concentration and phosphatase activity and forage nutrient uptake from a grazed pasture system. *J Environ Manage* 154, 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.035>
- Frame, J., Harkess, R.D., Hunt, I.V. **1976**. The effect of variety and fertilizer nitrogen level on red clover production. *Grass and Forage Science* 31, 111–115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1976.tb00782.x>
- Haque, M., Belton, B., Alam, M., Ahmed, A., Alam, M.R. **2016**. Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. *Agriculture Ecosystems & Environment* 216, 226–236. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.004>
- Jiménez, B. **2006**. *Irrigation in Developing Countries Using Wastewater* 6.
- Kolozsvári, I., Kun, A., Gyuricza, Cs. **2023**. Alternatív öntözővízként hasznosított halnevelő telep elfolyóvizének hatása a szemescirok makroelem tartalmára. *Halászatfejlesztés* 131–138.
- Kolozsvári, I., Kun, Á., Jancsó, M., Palágyi, A., Bozán, C., Gyuricza, C. **2022**. Agronomic Performance of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivars under Intensive Fish Farm Effluent Irrigation. *Agronomy* 12, 1185. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051185>
- McMurtry, M., Sanders, D., Cure, J., Hodson, R., Haning, B., Amand, E. **2007**. Efficiency of Water Use of an Integrated Fish/Vegetable Co-Culture System. *Journal of the World Aquaculture Society* 28, 420–428. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00290.x>
- Pattillo, D.A., Foshee, W.G., Blythe, E.K., Pickens, J., Wells, D., Monday, T.A., Hanson, T.R. **2020**. Performance of Aquaculture Effluent for Tomato Production in Outdoor Raised Beds. *HortTechnology* 30, 624–631. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04655-20>
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P.G., Drechsel, P., Bahri, A., Minhas, P.S. **2010**. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* 97, 561–568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004>
- Ribeiro, F., Naval, L. **2019**. Reuse Alternatives for Effluents from the Fish Processing Industry through Multi-Criteria Analysis. *Journal of Cleaner Production* 227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.110>

KÜLÖNBÖZŐ SZÁRMAZÁSÚ AFRIKAI HARCSA VONALAK NÖVEKEDÉS VIZSGÁLATA

**KOVÁCS Balázs¹, BALOGH Réka Enikő¹, CSORBAI Balázs¹,
KOBOLÁK Julianna¹, PÉTER Dániel¹, LEHOCZKY István³, EDVINÉ
Meleg Erika³, KOVÁCS Gyula², BOGÁR Katalin^{1,2}, FAZEKAS
Gyöngyvér², GÉCZI Aliz², BOROS Attila⁵, SZILÁGYI Gábor^{4,5},
URBÁNYI Béla¹**

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

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szarvas Campus, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont, Szarvas, H-5540,
Anna-liget u. 35.,

³National Centre for Biodiversity and Gene Conservation, Institute for Farm
Animal Gene Conservation, Gödöllő, H2100, Isaszegi út 200

⁴Bajcsfalvi Kft., Kisbajcs, H9062 Arany János út 22

⁵V95 Kft., Nagyatád, H7500, Halastópuszta

Kivonat

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*; Burchell, 1822) és annak hibridjei fontos szerepet játszanak afrikai, ázsiai és néhány európai ország intenzív akvakultúrás termelésében. Azonban nagy különbségek vannak a különböző származású és szelektált vonalak növekedési teljesítményében. Vizsgálataink során egy vietnámi és magyar vonal korai növekedési teljesítményét, valamint egy alacsony halliszt tartalmú takarmány hatékonyabb értékesítésére szelektált vonal teljesítményét vizsgáltuk több különböző takarmány felhasználásával. A nevelési teszt során a vietnámi eredetű afrikai harcsa, alacsonyabb specifikus növekedési rátát (7,21%) és FCR (0,53) értéket mutatott kisebb egyedsűrűség mellett, mint a magyar (8,84%, 0,44) vonal. Az alacsony halliszt tartalmú takarmány értékesítésére szelektált vonal F4 generációjában magasabb növekedési ráta volt megfigyelhető mind a négy vizsgált takarmány használata mellett, átfolyó vizes és recirkulációs rendszerben is, mint a kontroll nem szelektált vonalban. A szelekciós nyereség 12 % és 33% között változott. Recirkulációs rendszerben táp specifikus hatás is kimutatható volt (21%) az alacsony halliszt és normál táp között.

Kulcsszavak: *Clarias gariepinus*, afrikai harcsa, növekedés, szelekció

Abstract

The African catfish (*Clarias gariepinus*; Burchell, 1822) and its hybrids play an important role in intensive aquaculture production in many African, Asian and some European countries. However, there are large differences in the growth performance of lines of different origin and selection. In our studies, we examined and compared the early growth performance of a Vietnamese and a Hungarian line in larvae stage, as well as the performance of a line, which was selected for more effective utilisation of low fishmeal containing feed, using several different feeds. During the rearing test, the Vietnamese African catfish showed a lower specific growth rate (7.21%) and FCR (0.53) with a lower individual density than the Hungarian (8.84%, 0.44) line. The F4 generation selected line showed a higher growth rate with all the four tested feeds, in both flow through and recirculation systems compared to the non-selected control line. The selection gain varied between 12% and 33%. In the recirculation system, a feed-specific effect was also detectable (21%) between the low fishmeal and normal feed.

Keywords: *Clarias gariepinus*, African catfish, growth, selection

Bevezetés

A különféle harcsafajok világszerte egyre fontosabb szerepet játszanak az édesvízi akvakultúrában, közöttük az egyik leggyorsabban növekvő termelés a Clariidae (> 230 000 tonna) családhoz tartozó fajok és fajhibridek (FAO, 2019, 2023) esetében figyelhető meg. Számos genetikai fejlesztési programot végeztek ezeken a fajcsoportokon (Balogh et al., 2023; Kánainé Sipos et al., 2019; Kovács et al., 2000), de alkalmazzák a hibridizációt és szelekciót (Chaivichoo et al., 2020; Srimai et al., 2020) a termelés hatékonyságának növelésére. Ennek során a felhasznált technológiákhoz jobban alkalmazkodott genetikai háttérrel rendelkező vonalakat hoztak léte Ázsiában és Európában is, amelyek összehasonlítása még nem történt meg (Rosa et al., 2007; Wachirachai et al., 2009). Illetve a technológiák költségeinek csökkentésére is törekednek. A termelés legnagyobb költségét a magas fehérje tartalmú, drága hallisztet és halolajat tartalmazó takarmányok jelentik, amely összetevők mennyiségének csökkentése alacsonyabb termelést és/vagy jövedelmezőséget eredményezhet (Saba et al., 2023). Ugyanakkor az ilyen tápok hasznosíthatósága eredményesen javítható szelekcióval (Callet et al., 2017; Yamamoto et al., 2014)

Vizsgálataink során egy Vietnamból származó a mesterséges körülményekhez szelektált *Clarias gariepinus* vonal lárvakori növekedését hasonlítottuk össze a magyar vonaléval, illetve egy alacsony halliszt tartalmú takarmány hasznosítására szelektált vonal növekedését hasonlítottuk egy nem szelektált magyar vonaléhoz.

Anyag és módszer

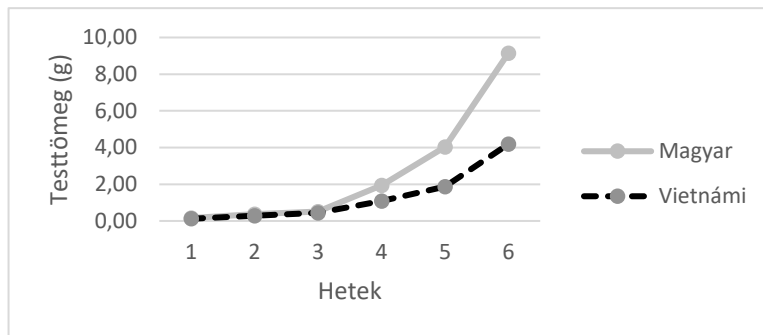
A lárva neveléshez az egyedeket az afrikai harcsa termelés akvakultúrák technológiájának megfelelően állítottuk elő. Az összehasonlító teljesítményvizsgálatot a szarvasi „HAKI” kis-recirkulációs kísérleti egységben végeztük öt héten keresztül. A magyar eredetű *C. gariepinus* állományból kísérletbe állítottunk 26 100 db egyedet 0,16 g kezdő átlagtömeggel. A vietnámi eredetű *C. gariepinus* állományból pedig 17100 db

egyedet 0,12 g kezdő átlagtömeggel. A rendszerben 6 db 250 literes kádban helyeztük el a kísérleti állományokat 25,0±0,5°C vízhőmérsékleten, 7,5-8 pH-n és 4 mg/L feletti oldott oxigénkoncentráció mellett. A halak takarmányozása a fajnak megfelelő teljes értékű takarmánnyal történt – Aller Infa Ex és Aller Futura Ex (Aller Aqua Group, Dánia). Minden héten egy alkalommal kádanként 50 db hal egyedi tömegét mértük le, hogy megfigyelhessük az átlaghoz képest a szórást.

A szelektált afrikai harcsa vonalak alacsony halliszt tartalmú és Kontrol - táppal végzett növekedési vizsgálata Kisbajcsón, a Bajcsihal telephelyén történt, átfolyó vizes rendszerben, 2m³ kádakban, 24-27 C° -on. Valamint a MATE gödöllői telephelyén recirkulációs rendszerben 1m³ tartályokban 25,0±0,5°C vízhőmérsékleten, az egyedek Pit-Tag jelölésével, kevert csoportokban neveltük a medencehatás kizárása céljából. Mindkét helyen ugyanazt a kontroll (Aller Bonaflo; Aller Aqua Group, Dánia) és csökkentett halliszt tartalmú kísérleti (Claria flost Aller Aqua Group, Dánia) tartalmú tápot etettük. A növekedési kísérlet mindkét esetben 6 hét volt.

Eredmények és következtetések

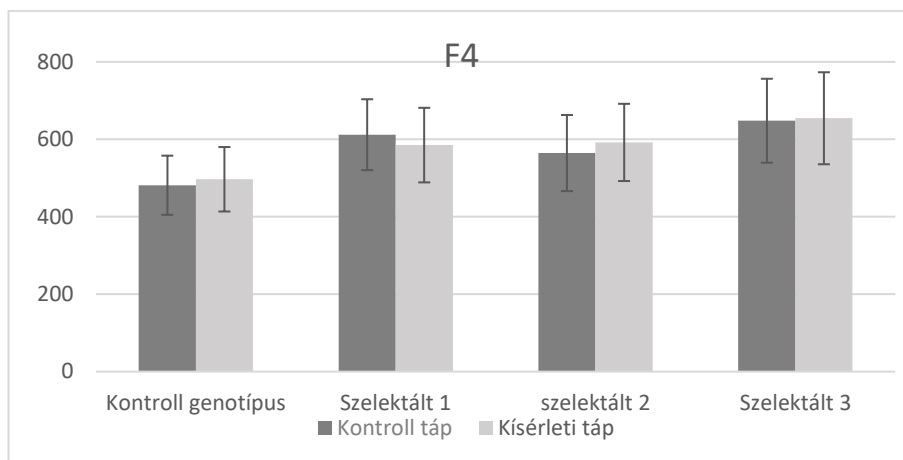
A kezdeti lárvák nevelési tesztjei során a magyar csoport mutatta a magasabb túlélési rátát 42,6%-ot, míg a vietnámi állomány túlélési rátája 39,4% volt. Mindkét csoport esetében a nem regisztrált elhullást (kannibalizmus = hiány-regisztrált elhullás) a kannibalizmusnak tulajdonítottuk. Az összes elhullásra vetített kannibalizmus aránya így a magyar csoportban 68%, míg a vietnámi eredetű csoportban 88% volt.



1.ábra. A magyar és vietnámi afrikai harcsa vonalak lárvakori növekedése

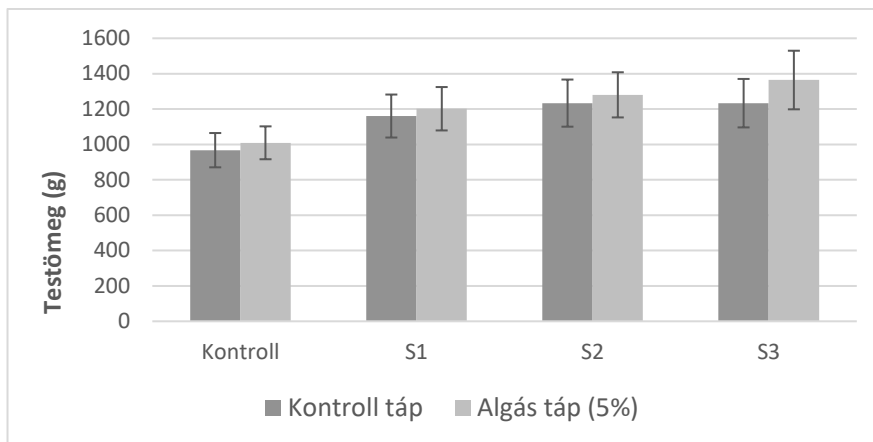
Ez is rámutat arra, hogy ezen faj ivadéknevelése során a kannibalizmus okozza a legnagyobb veszteséget. Növekedésben is a magyar csoport hozta a jobb eredményt 8,84%/nap növekedési rátával (SGR) és 9,15 g záró átlagtömeggel. A vietnámi állomány növekedési rátája (SGR) 7,21%/nap volt 4,19 g záró átlagtömeggel. A takarmányhasznosítás (FCR) terén a magyar csoport mutatta a kedvezőbb eredményt 0,44 kg takarmány/kg testtömeg növekedéssel, de a vietnámi állomány 0,53 kg takarmány/kg testtömeg növekedése is nagyon jó eredménynek számít. Összegzésként megállapítható, hogy a magyar afrikai harcsa csoport kedvezőbb megmaradási és növekedési eredményeket mutatott a vietnámi eredetű csoporttal szemben. A variációs koefficiens (CV%) a magyar eredetű csoport esetében 35,6% volt, míg a vietnámi

csoport esetében pedig 49,7%. Mindkét állomány esetében ez az érték a halak csoporton belüli túlzott szénnövéseire utal, mely korrelál a csoportokban becsült kannibalizmus mértékével.



2. ábra. szelektált és kontroll afrikai harcsa vonalak F4 generációjának testsúly megoszlása a 6 hetes nevelési időszak végén egy alacsonyabb hallisztartalmú és egy kontroll táp felhasználása esetén

Az alacsony halliszt tartalmú takarmány hatékonyabb értékesítésére szelektált afrikai harcsa vonalak F4 generációjában magasabb növekedési ráta volt megfigyelhető a nem szelektált genotípussal szemben négy különböző takarmány (Kontroll 1 - CD, Kontroll 2 - AC, alacsony halhús - ED, és alga tartalmú étrend - AD) használata mellett átfolyó vizes rendszerben (2. és 3. ábra). A testtömegre vonatkozó közvetlen szelekciós előny 21% volt az ED esetében, 19,3% az AC-vel, 26% a CD-vel és 21,3% az AD-vel. Míg recirkulációs rendszerben (RAS) a szelekciós előny 33% volt az ED-vel és 12% a CD-vel szemben. Ezenkívül jelentős, takarmány-specifikus szelekciós előnyt figyeltünk meg az ED és a CD között RAS rendszerben, ami 21% volt. Az alga tartalmú táp etetése nagyobb növekedést eredményezett (~5%) mindkét genotípus esetén, minimális hatást gyakorolt a hús színére a sárga tartományban, de nem volt hatása az illatra és az ízre. (3. ábra)



3. ábra. szelektált és kontroll afrikai harcsa vonalak F4 generációjának testsúly megoszlása a 6 hetes nevelési időszak végén egy 5% alga liszt tartalmú és egy kontroll táp felhasználása esetén

Összefoglalás

Végkövetkeztetésként levonható, hogy a vietnámi eredetű afrikai harcsa állomány használata a növekedési és túlélési eredmények alapján nem javasolt a Magyarországon alkalmazott nevelési technológiában, illetve a már meglévő állományokkal szemben sem. Az alacsony halliszt tartalmú takarmányra végzett szelekció sikeres volt, azonban a várt táp specifikus különbség csak RAS rendszerben mutatkozott meg. Ugyanakkor a szelektált vonal több tápot is hatékonyabban hasznosít, mint a kontroll vonal. Az alga kiegészítés szintén hatékonynak bizonyult és a halhús minőségét nem rontotta.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az EU Horizont 2020, iFishIENCI (No 818036) projektje, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal 2.1.1.-21-2022-00100 azonosító számú GINOP Plusz és 2017-2.3.3-TÉT-VN-2017-00004 azonosítószámú vietnámi TÉT pályázatai támogatták. A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Balogh, R. E., Csorbai, B., Guti, C., Keszte, S., Urbányi, B., Orbán, L., Kovács, B. **2023**. Validation of a male-specific DNA marker confirms XX/XY-type sex determination in several Hungarian strains of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Theriogenology*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.04.017>
- Callet, T., Médale, F., Larroquet, L., Surget, A., Aguirre, P., Kerneis, T., Labbé, L., Quillet, E., Geurden, I., Skiba-Cassy, S., Dupont-Nivet, M. **2017**. Successful selection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on their ability to grow with a diet completely devoid of fishmeal and fish oil, and correlated changes in nutritional traits. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186705>

- Chaivichoo, P., Koonawootrittriron, S., Chatchaiphan, S., Srimai, W., Na-Nakorn, U. **2020**. Genetic components of growth traits of the hybrid between ♂North African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) and ♀bighead catfish (*C. macrocephalus* Günther, 1864). *Aquaculture*, 521, 735082. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735082>
- FAO. **2023**. FishStatJ Version v4.03.05 (September 2023) Rome, Global Production by production source 1950-2021 (Release date: March 2023). <https://www.fao.org/fishery/en/topic/166235/en>
- Kánainé Sipos, D., Bakos, K., Ósz, Á., Hegyi, Á., Müller, T., Urbányi, B., Kovács, B. **2019**. Development and characterization of 49 novel microsatellite markers in the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Molecular Biology Reports*, 46(6), 6599–6608. <https://doi.org/10.1007/s11033-019-05062-5>
- Kovács, B., Egedi, S., Bártfai, R., Orbán, L. **2000**. Male-specific DNA markers from African catfish (*Clarias gariepinus*). *Genetica*, 110(3). <https://doi.org/10.1023/A:1012739318941>
- Rosa, R., Bandarra, N. M., Nunes, M. L. **2007**. Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): A positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01256.x>
- Saba, A. O., Fakoya, K. A., Elegbede, I. O., Amoo, Z. O., Moruf, R. O., Ibrahim, M. A., Akere, T. H., Dadile, A. M., Adewolu, M. A., Ojewole, A. E., Amal, M. N. A. **2023**. Replacement of Fishmeal in the Diet of African Catfish (*Clarias gariepinus*): A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* (Vol. 46, Issue 1). <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.1.09>
- Srimai, W., Koonawootrittriron, S., Chaivichoo, P., Manee-aphai, W., Phu-onnim, A., Koolboon, U., Na-Nakorn, U. **2020**. Selection response and genetic parameters for growth in North African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture*, 518, 734843. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734843>
- Wachirachaikarn, A., Rungsin, W., Srisapoome, P., Na-Nakorn, U. **2009**. Crossing of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), strains based on strain selection using genetic diversity data. *Aquaculture*, 290(1–2), 53–60. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2009.01.036>
- Yamamoto, T., Okamoto, H., Furuita, H., Murashita, K., Matsunari, H., Iwashita, Y., Amano, S., Suzuki, N. **2014**. Growth performance and physiological condition of F1 amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles obtained from broodstock with selective breeding for growth on a low fish-meal diet. *Fisheries Science*, 80(3). <https://doi.org/10.1007/s12562-014-0707-0>

GAZDASÁGI JELENTŐSÉGŰ ARANYHAL VÁLTOZATOK IVARSEJT ÉRÉSÉNEK VIZSGÁLATA

**NAGY Borbála¹, BERNÁTH Gergely¹, LEFLER Kinga Katalin¹,
CSORBAI Balázs¹, BARTUCZ Tamás¹, PETÉNYI Róbert¹, BARTOS
István¹, ITTÉS István², URBÁNYI Béla¹, BOKOR Zoltán¹**

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

e-mail: nagy.borbala.3@phd.uni-mate.hu

²*Egyéni vállalkozó, 2440 Százhalombatta,*

Kivonat

Munkánk során részletesen vizsgáltuk az aranyhal négy változatának ivarsejt érésének folyamatát ikrás és tejes egyedeknél egyaránt. A petefészek elemzése során jelentős eltéréseket tapasztaltunk a különböző stádiumokban az egyes változatok között. Megfigyeltük, hogy azonos hormonális kezelés eltérő hatékonysággal befolyásolja az ivarsejtek fejlődését a különböző változatokban. A here vizsgálata során azonban nem mutatkozott különbség a változatok között az érési stádiumok tekintetében. Eredményeink hozzájárulhatnak az aranyhal tenyésztésének optimalizálásához, melyhez elengedhetetlen a változatok sajátos ivarsejt érési folyamatának ismerete. Javasolt az eltérések részletesebb vizsgálata, valamint a változatspecifikus szaporítási gyakorlat kialakítása.

Kulcsszavak: spermatogenezis, oogenezis, szövettan, aranyhal

Abstract

Goldfish, belonging to the *Cyprinidae* family, have been selectively bred for centuries, resulting in a diverse range of color and morphological variations. Renowned globally as ornamental fish, their historical significance and unique characteristics also make them valuable model organisms in biological research. This study delves into the gamete maturation processes of four distinct goldfish variants. Histological analysis of ovary revealed significant differences among the variants at various stages of gamete maturation. The efficacy of hormonal induction on gamete development varied across strains. During the examination of the testes, however, no differences were observed among the variants in terms of maturation stages. These findings underscore the importance of customizing optimal gamete maturation protocols for each strain to facilitate effective selective breeding. Further investigation into these variations and refinement of breed-specific breeding strategies are recommended.

Keywords: spermatogenesis, oogenesis, histology, goldfish

Bevezetés

Az egyik legtöbb fajt számláló, *Cyprinidae* családba tartozó aranyhal évszázadokon keresztül zajló szelekciós tenyésztése számos különféle szín ű és morfológiai bélyeggel rendelkező változat kialakulásához vezetett (Smartt, 2001; Omori és Kon, 2019; Chen et al., 2022). Történelme és egyedi megjelenése az aranyhalat világszerte az egyik legnépszerűbb édesvízi díszhallá, és a biológia tudomány számos területén alkalmazott modellorganizmussá tette (Smartt, 2001; Tsai et al., 2013; Ota és Abe, 2016; Chen et al., 2019). A szaporodásra felkészült aranyhal végső ivarsejt érése hormonálisan indukálható, azonban korábbi, ivarszerven kívüli, mennyiségi és minőségi ivarsejt vizsgálatunk alátámasztotta, hogy a különféle változatok reprodukciós paraméterei között eltérés figyelhető meg (Bernáth et al. 2017, Nagy et al. 2022., Nagy et al. 2024). Jelentősége okán és az eddigi megfigyelések következtében fontos információt szerezni a változatok ivarszervében lezajló ivarsejt érési folyamatokról. Jelen tanulmány célja négy fenotípusosan eltérő változat, a közönséges aranyhal, a shubunkin, a fekete teleszkópszemű és az oranda oogenezisének és spermatogenezisének vizsgálata és azok érési stádiumainak változatok közötti összehasonlítása hormonális indukálást követően.

Anyag és módszer

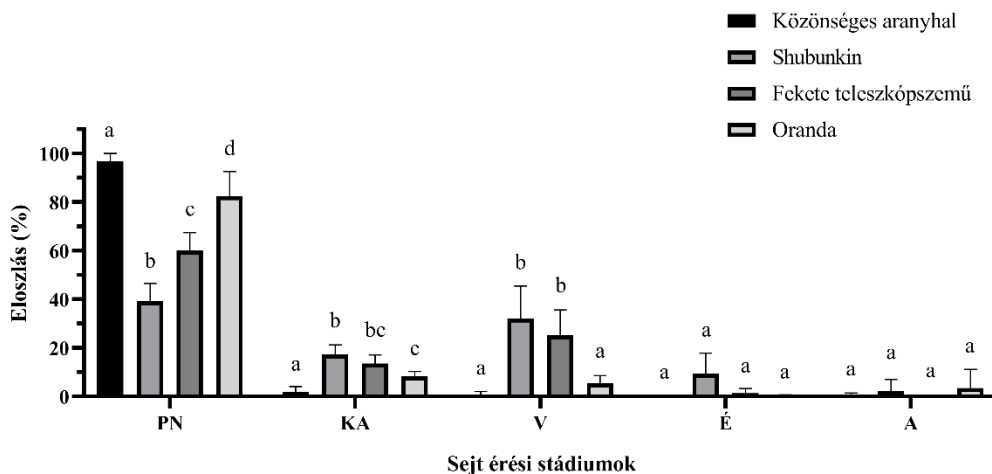
A kísérleteket a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának engedélyével (Iktatószám: MATE-SZIC/1744-1/2022) végeztük.

Az anyaállomány tartása a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék recirkulációs halnevelő rendszerében történt (T: $21\pm 0,5$ °C, oldott oxigén: 7 ± 1 mg/l) a vizsgálatok ideje alatt. Az oltást megelőzően a halak bódítását 2-fenoxietanollal (99%, 0,4 ml/l) végeztük. Az ikrás egyedeket [közönséges aranyhal $N=6$, standard hosszúság (sh): 13 ± 1 cm, átlagos testtömeg (át): 89 ± 19 g; shubunkin $N=5$ sh: 13 ± 1 cm, át: 86 ± 26 g; fekete teleszkópszemű $N=5$ sh: 8 ± 1 cm, át: 43 ± 11 g; oranda $N=5$ sh: 10 ± 1 cm, át: 114 ± 21 g] két részletben oltottuk 4 mg/testtömeg kilogramm (mg/ttkg) ponty hipofízissel (10% előadag 24 órával, 90% döntő adag), 12 órával a boncolást megelőzően. A tejes egyedek [közönséges aranyhal $N=6$, sh: 13 ± 1 cm, át: 73 ± 7 g; shubunkin $N=5$ sh: 13 ± 1 cm, át: 84 ± 13 g; fekete teleszkópszemű $N=5$ sh: 7 ± 1 cm, át: 35 ± 12 g; oranda $N=5$ sh: 11 ± 4 cm, át: 131 ± 40 g] esetén 2 mg/ttkg hormonkészítményt alkalmaztunk 12 órával a boncolást megelőzően. A vizsgálathoz a here és a petefészkek egészét gyűjtöttük be, majd feldolgozásig 8%-os pufferolt formaldehid oldatban tároltuk. A kimetszett szervrészeket szövettani kazettákba helyeztük. Automatizált szövet előkészítő gép segítségével a mintákat etanollal (75%-90%) dehidratáltuk, majd xilolos oldattal mosattuk át. A szervrészeket ezt követően beágyazó készülékkel paraffinba ágyaztuk. A beágyazott blokkokból 2-5 µm-es metszeteket készítettünk, amelyeket 42-45°C-os vízfürdőben rögzítettük tárgylemezre. Utolsó lépésben a minták festése, hematoxilinozinnal történt. Tejesek esetén a festett mintákról öt mezőt rögzítettünk. Ikrások esetén manuálisan, a mikroszkópon keresztül történt az ivarsejtek számának meghatározása, a metszetek egészéről (721 ± 408 sejt/metszet). Az sejteket ezt követően az oogenezis alábbi szakaszaiba soroltuk be: 'perinucleolus' stádium, kortikális alvelus stádium,

vitellogenetikus stádium, érett stádium, atretikus állapot. A hímivarsejtek különböző stádiumainak arányát Image J 1.53t képfeldolgozó programmal határoztuk meg. A vizsgálat során spermatogónium A, spermatogónium B, spermatocita, spermatida és spermium sejteket rögzítettünk, valamint meghatároztuk az üres lumen és a kötőszövet arányát. A kísérletek eredményeit Microsoft Excel és Word segítségével dolgoztuk fel. IBM SPSS 27 és GraphPad Prism 8 programokat alkalmaztuk az adatok statisztikai elemzéséhez. Az adatok normális eloszlásának vizsgálatára Shapiro-Wilk tesztet használtunk ($p < 0,05$). A nem normális eloszlást mutató adatsorokat árkusz szinusz négyzetgyök függvényvel ('perinucleolus', vitellogenetikus, érett, atretikus) transzformáltuk. Az oogenezis fázisaiban lévő sejtek arányát egyszempontos varianciaanalízissel (ANOVA), Tukey és Dunnett's T3 posthoc tesztekkel hasonlítottuk össze ($p < 0,05$) a változatok között. A spermatogenezis különböző szakaszaiban lévő sejtek arányának összehasonlítására a változatok között Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztunk ($p < 0,05$).

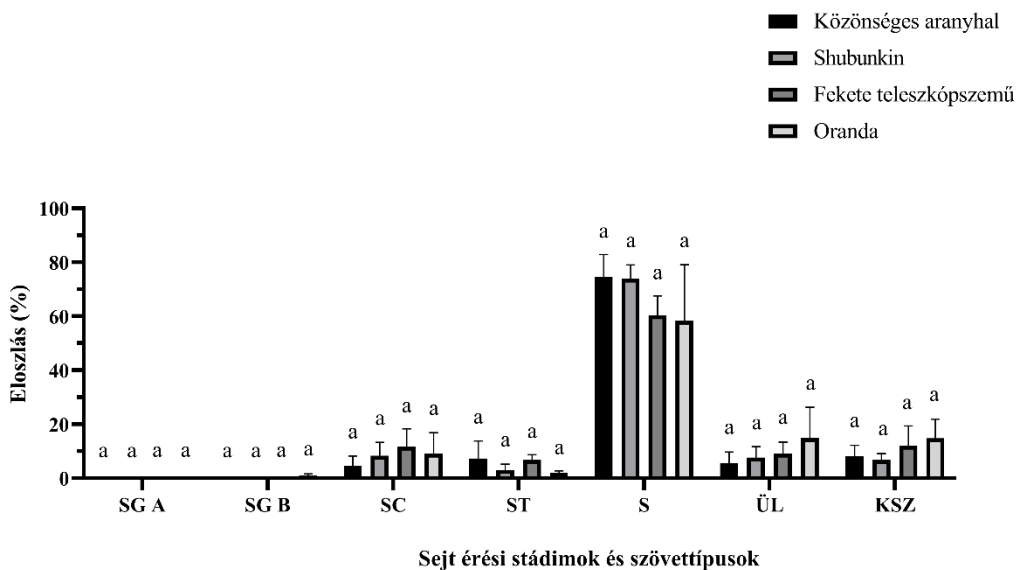
Eredmények és következtetések

A petefészek, indukálást követő vizsgálata során minden változat esetén a petesejt elsődleges növekedésének I. szakaszában, a 'perinucleolus' stádiumban lévő sejtek voltak a legnagyobb számban megfigyelhetőek (közönséges aranyhal: $96,9 \pm 3,1\%$; shubunkin: $39,2 \pm 7,3\%$; fekete teleszkópszemű: $59,9 \pm 7,4\%$; oranda: $82,4 \pm 10,1\%$). Az említett stádiumban mind a négy változat között szignifikáns különbség volt megfigyelhető. Az elsődleges növekedés II. szakaszában, a kortikális alveolus stádiumban lévő sejtek aránya a közönséges aranyhal ($1,8 \pm 2,2\%$) esetén szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott, mint a shubunkin ($17,2 \pm 4\%$), a fekete teleszkópszemű ($13,5 \pm 3,6\%$), valamint az oranda ($8,3 \pm 2\%$) változatoknál. A másodlagos növekedési szakasz vitellogenetikus stádiumában lévő sejtek aránya a shubunkin ($32,1 \pm 13,3\%$) és a fekete teleszkópszemű változatok ($25,2 \pm 10,4\%$) esetén szignifikánsan magasabb volt, mint a közönséges aranyhálnál ($0,6 \pm 1,4\%$) és az orandánál ($5,3 \pm 3,2\%$). Az érett oocyták és az atretikus állapotú sejtek aránya között nem volt szignifikáns különbség a változatok között. Az oogenezis különböző stádiumaiban fellelhető sejtek arányaiból megállapítható, hogy a változatok ugyan hasonlóan reagáltak a hormonkezelésre, azonban a jól látható szignifikáns különbségek az egyes sejt stádiumok között, a változatok kezelésre adott eltérő válaszreakcióját jelzik. Továbbá, megfigyelhető, hogy az oltást követő 12 óra ikrások esetén nem elegendő az oocyták érett állapotának kialakulásához (1. ábra).



1. *ábra.* Az oogenezis érési stádiumiban lévő sejtek aránya a négy változat esetén. 'Perinucleolus' stádium (PN), kortikális alvelus stádium (KA), vitellogenetikus stádium (V), érett stádium (É), atretikus állapot (A). Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelölnek a stádiumokon belül a változatok között ($p < 0,05$).

A here szövettani vizsgálata során az oltást követő 12 óránál minden változat esetén a spermium sejtek voltak a legnagyobb arányban megtalálhatók (közönséges aranyhal: $74,5 \pm 0,8\%$; shubunkin: $74 \pm 5,1\%$; fekete teleszkópszemű: $60,3 \pm 7,2\%$; oranda: $58,4 \pm 20,7$). A spermatogenezis különböző stádiumaiban nem állapítottunk meg szignifikáns különbséget a változatok között (2. ábra). A hímivarsejt érésének végső stádiumában (spermium) lévő sejtek arányából megállapítható, hogy a négy változat egyedei hasonlóan reagáltak a hormonális kezelésre, és álltak készen az ivásra (és szaporításra).



2. ábra. A spermatogenezis érési stádiumaiban lévő sejtek és szövetek aránya a négy változat esetén. Spermatogónium A (SG A), spermatogónium B (SG B), spermatocita (SC), spermatida (ST), spermium (S), üres lumen (ÜL), kötőszövet (KSZ). Az ábrán átlagértékek és a hozzájuk tartozó szórások láthatók. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelölnek a stádiumokon belül a változatok között ($p < 0,05$).

A változatok szövettani vizsgálata alapján ikrások esetén javasolt az oltást követő 12 óra érési idő növelése, valamint az alkalmazandó hormon dózis változatonkénti pontos meghatározása. Továbbá, ajánlott a tejesek ehhez igazított kezelése.

Köszönetnyilvánítás

Munkánk a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Kutatásunkat továbbá, a Kulturális és Innovációs Minisztérium megbízásából a Nemzeti Kulturális Támogatáskezelő által meghirdetett Nemzeti Tehetség Program Szakkollégiumok tehetséggondozó programja támogatta (NTP-SZKOLL-23-0043).

Irodalom

- Bernáth, G., Ittész, I., Szabó, Z., Horváth, Á., Krejszeff, S., Lujić, J., Várkonyi, L., Urbányi, B., Bokor, Z. **2017**. Chilled and post-thaw storage of sperm in different goldfish types. *Reprod. Domest. Anim.* 52(4), 680-686.
- Chen, H.C., Wang, C., Li, I.J., Abe, G., Ota, K.G. **2022**. Pleiotropic functions of chordin gene causing drastic morphological changes in ornamental goldfish. *Sci. Rep.* 12(1). 19961.
- Chen, Z., Omori, Y., Koren, S., Shirokiya, T., Kuroda, T., Miyamoto, A., Wada, H., Fujiyama, A., Toyoda, A., Zhang, S., Wolfsberg, T.G., Kawakami, K., Phillippy, A.M., Mullikin, J.C., Burgess, S.M. **2019**. De novo assembly of the goldfish (*Carassius auratus*) genome and the evolution of genes after whole-genome duplication. *Sci. Adv.* 5(6), eaav0547.

- Ferrão, M.L., Rocha, M.J., Rocha, E. **2020**. Histological characterization of the maturation stages of the ovarian follicles of the goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(6), 749-762.
- Mañanos, E., Duncan, N., Mylonas, C.C. **2009**. Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. In: Cabrita E., Robles V., Herraez P. (Eds.), *Methods in Reproductive Aquaculture*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 3–80.
- Nagy, B., Bernáth, G., Várkonyi, L., Molnár, J., Láng, L.Z., Izsák, T., Bartucz, T., Ittzés, I., Ittzés, Á., Urbányi, B., Bokor, Z. **2022**. The comparison of sperm motility and density in four different goldfish (*Carassius auratus*) types. *Acta Agraria Debreceniensis*, (1), 135-140.
- Nagy, B., Csorbai, B., Várkonyi, L., Staszny, Á., Molnár, J., Láng, Z.L., Bartucz, T., Ittzés, I., Urbányi, B., Bokor, Z., Bernáth, G. **2024**. Comparative study on the gamete quality, artificial propagation and larval development of common goldfish, shubunkin, black moor, and oranda variants of goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 582, 740502.
- Smartt, J. **2001**. *Goldfish varieties and genetics: handbook for breeders*. Fishing News Books, Oxford
- Omori, Y., Kon, T. **2019**. Goldfish: an old and new model system to study vertebrate development, evolution and human disease. *J. Biochem.* 165(3), 209-218.
- Ota, K.G., Abe, G. **2016**. Goldfish morphology as a model for evolutionary developmental biology. *Wiley Interdiscip. Rev. Dev. Biol.* 5(3), 272-295.
- Tsai, H.Y., Chang, M., Liu, S.C., Abe, G., Ota, K.G. **2013**. Embryonic development of goldfish (*Carassius auratus*): a model for the study of evolutionary change in developmental mechanisms by artificial selection. *Dev. Dyn.* 242(11), 1262-1283.

ÚJ ADATOK KÜLÖNBÖZŐ HORMONBEJUTTATÁSI MÓDSZEREK HATÁSÁRÓL SZÉLESFEJŰ HARCSA (*CLARIAS MACROCEPHALUS* GÜNTHER, 1864) SZAPORÍTÁSÁBAN (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

NGUYỄN Ngọc Quyên¹, NGUYỄN Tâm Thanh¹, THẠCH Anh Pha¹, LÝ Anh Thuật¹, NGUYỄN Ngọc Lợi¹, NGUYỄN Thị Trúc Quyên², MÜLLER Tamás³

¹*Faculty of Fishery, Nong Lam University, Block 6, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Vietnam, e-mail: quyenaqua@gmail.com, thanhtamts25@gmail.com, thachanhpha@gmail.com,*

²*Department of Agricultural and Rural Development, Dong Khoi street, Bien Hoa city, Dong Nai province, Vietnam*

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

Kivonat

Szélesfejű harcsa indukált szaporítási módszerénél vizsgáltuk a következő kezelések hatását a szaporítási paraméterekre: intramuszkuláris, intraperitoneális, petefészekmosás, az alkalmazott hormon Ovatide (sGnRHa + domperidon, Hemmo Pharmaceuticals Pvt. Ltd., Mumbai, India) volt. A mért reprodukciós paraméterek közül a beérési időtől eltekintve (beérési arány, PGSI, termékenyülési-, kelési arány) nem volt szignifikáns különbség. A katéterrel végzett petefészekmosás hormonkezelés esetén a beérési idő átlagosan 3 órával rövidebb volt a hormoninjektált csoportokhoz képest.

Kulcsszavak: petefészekmosás, intramuszkuláris kezelés, intraperitoneális kezelés.

Abstract

The effects of the hormone administrations of intramuscular, intraperitoneal, ovarian lavage of Ovatide (sGnRHa + domperidone, Hemmo Pharmaceuticals Pvt. Ltd., Mumbai, India) on reproductive parameters of broadhead catfish were investigated. There were no significant differences in the measured reproductive parameters (ovulation ratio, PGSI, fertilisation rate, hatching rate). Ovarian lavage performed with a catheter resulted in an average 3-hour shorter time to ovulation compared to the hormone-injected groups.

Keywords: ovarian lavage, intramuscular treatment, intraperitoneal treatment.

Bevezetés

A szélesfejű harcsa (*Clarias macrocephalus* Gunther, 1864) gazdaságilag jelentős halfaj az ázsiai országokban, különösen Vietnam akvakultúra termelésében. Ugyanakkor a faj természetes élőhelyein drámai és gyors csökkenés tapasztalható (Duong et al., 2017). A faj szaporítása indukált módon történik, melyhez különböző hormonpreparátumokat (például hipofízis kivonat, hCG, GnRHa+pimozid vagy domperidon) intramuszkuláris injekcióval javasolnak alkalmazni (Tan-Fermin et al., 2008). Korábbi kísérleteinkben szélesfejű harcsában és afrikai harcsában (*C. gariepinus*) vizsgáltuk az intramuszkuláris, intraperitoneális, és petefészekmosás kezelés hatását Ovopel kezeléssel (mGnRH-a + metaklopramid, Interfish Kft), akkor nem találtunk hatékonyságban különbséget (Kucska et al., 2022; Nguyễn et al. 2023). Jelen kísérletünkben egy másik kereskedelemben kapható hormonkészítmény (Ovatide: sGnRH + domparidon, Hemmo Pharmaceuticals Pvt. Ltd., Mumbai, India) hatását mértük fel a szélesfejű harcsa reprodukciós paramétereire különböző invazív, vagy nem-invazív kezelések mellett.

Anyag és módszer

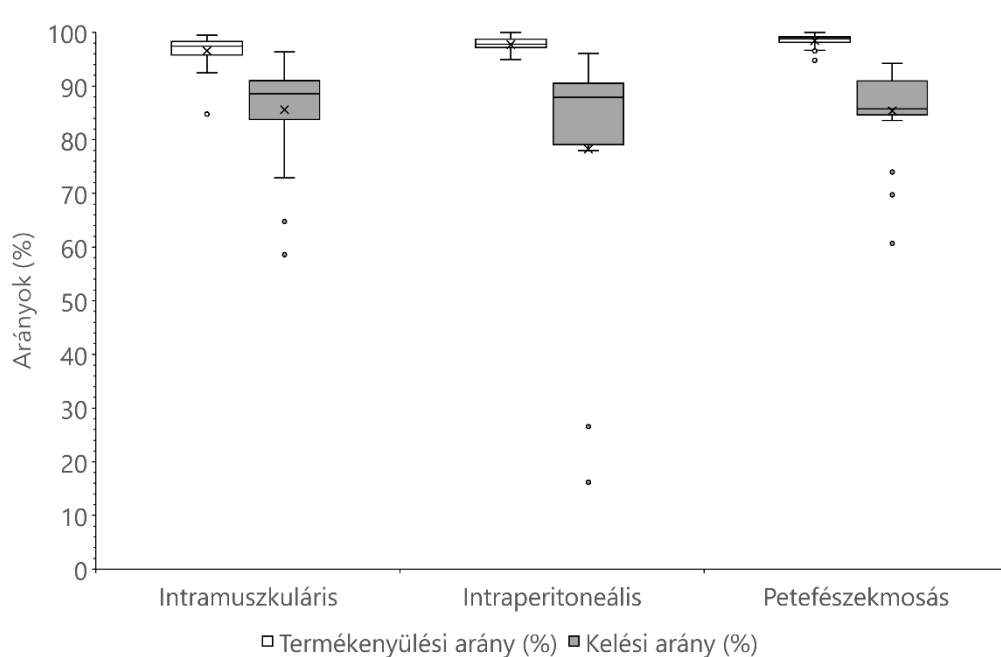
Az ikrásokat Ovatide-tel (1 ml tartalmaz 20 µg sGnRHa (D Arg6 Pro-NHET9 Des-Gly10) + 10 mg domperidon) kezeltük 0,2 ml/ testtömeg kg adaggal, n=9 hal/csoport. A következő kezelési módszerekkel:

- intramuszkuláris kezelés, hátúszó hossz felénél (IM), testtömeg 210,1±45,1 g
- intraperitoneális kezelés, hasúszó tövénél (IP), testtömeg 221,8±48,7g
- katéteres petefészekmosás (Kucska et al., 2022, Nguyễn et al., 2023) katéterrel (PM-h), testtömeg 204,2±47,7g

In vitro módszerrel termékenyítettünk több hím egyedből származó kevert spermamintával (n=10 hormonkezelés nélküli tejes). A következő paramétereket vizsgáltunk: beérési arány, beérési idő, lefejt ikratömeg, termékenyítési arány 12h-val a termékenyítést követően, keléskori arány (25. órában a termékenyítést követően).

Eredmények és következtetések

A halak beérési arányában nem volt különbség (IM, IP, PM egyaránt 77,8% volt). A beérési időben a PM csoport egyedeit (átlag 12,7 h) statisztikailag igazolhatóan korábban lehetett lefejni, mint az injektált csoport halait (IM_{átlag} 15,5 h, IP_{átlag}: 16 h). A pszeudo-gonado-szomatikus index (PGSI) értékekben nagy egyedi különbségek voltak csoporton belül, azonban a kezelések között nem volt statisztikailag igazolható különbség (IM: 8,08 ± 2,16%, IP: 9,65 ± 1,76%, PM: 9,07 ± 2,7%, egytényezős ANOVA, p>0,05). A termékenyülési érték és kelési értékek között nem volt statisztikailag igazolható különbség (1. ábra).



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.

A *C. macrocephalus* fajban hasonlóan a *C. gariepinus* fajhoz nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget a PGSI-, termékenyülési-, beérési- és kelési arányban a különböző hormonbejuttatási módok között, habár a kezelési csoportok között nagy individuális különbségek mutatkoztak (szélsőértékek, lásd 2. ábra). Ez a kísérletsorozat megalapozza a kutatócsoportunk által kifejlesztett inszeminációs módszer (Müller et al., 2018; 2019, Quyen et al., 2022) fejlesztését ebben a fajban is.

Összefoglalás

Szélesfejű harcsa indukált szaporítási módszerénél vizsgáltuk, hogy a hormon bejuttatási módszerek milyen mértékben hatnak a reprodukciós paraméterekre. A következő kezeléseket alkalmaztuk: intramuszkuláris, intraperitoneális, petefészekmosás, az alkalmazott hormon Ovotide volt (sGnRH-a + domperidon, 0.2 ml / testtömeg kg). Habár a kezelési csoportok között nagy individuális különbségek mutatkoztak, azonban a beérési időtől eltekintve egyik mért reprodukciós paraméterben sem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni (beérési arány, PGSI, termékenyülési érték, kelési arány). Az eredmények azt mutatják, hogy a nem-invazív, katéteres hormonbejuttatási módszer (petefészekmosás) a beérési időt jelentősen csökkenti (átlag ~ 3 órával), valamint állatvédelmi (animal welfare) szempontból előnyösebb lehet a szélesfejű harcsa szaporítása során.

Köszönetnyilvánítás

A munkát részben az NKFI Alap (NKFI_K_135824) projekt támogatta.

Irodalom

- Duong, T.Y., Nguyen, T.T., Pham, T.L. **2017**. Morphological differentiation among cultured and wild *Clarias macrocephalus*, *C. macrocephalus* x *C. gariepinus* hybrids, and their parental species in the Mekong Delta, Viet Nam. Int. J. Fish. Aqua. Stud. 2017, 5,233–240.
- Kucska, B., Quyen, N.N., Szabó, T., Gebremichael, A., Alebachew, G.W., Bógó, B., Horváth, L., Csorbai, B., Urbányi, B., Kucharczyk, D., Keszte, Sz., Müller, T. **2022**. The effects of different hormone administration methods on propagation successes in African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Reports 26, 101311
- Müller, T., Kucska, B., Horváth, L., Ittész, Á., Urbányi, B., Blake, C., Guti, Cs., Csorbai, B., Kovács, B., Szabó, T. **2018**. Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. Aquaculture 485, 197-200.
- Müller, T., Szabó, T., Kollár, T., Csorbai, B., Marinović, Z., Horváth, L., Kucska, B., Bodnár, Á., Urbányi, B., Horváth, Á. **2019**. Artificial insemination of African catfish (*Clarias gariepinus*) using cryopreserved sperm. Theriogenology 123, 145-150.
- Tan-Fermin, J.D., Fermin, A.C., Bombo, R.F., Evangelista, M.A.D., Catacutan, M.R., Santiago, C.B. **2008**. Breeding and seed production of the Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther). Aquaculture Extension Manual No. 40. Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo, Philippines, 27 pp.
- Quyen, N.N., Alebachew, G.A., Kucska, B., Kovács, Gy., Halasi-Kovács, B., Ferincz, Á., Staszny, Á., Horváth, L., Urbányi, B., Müller, T. **2022**. Model experiment for practical application of inseminated sperm method for production of interspecific hybrids (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*). Aqua. Rep. 101418.
- Nguyễn, N.Q., Nguyễn, T.T., Nguyễn, N.L., Thàch, A.P., Lý, A.T., Müller, T. **2023**. Különbözö hormonbejuttatási módszerek hatása szélesfejü harcса (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864) indukált szaporítása során (előzetes eredmények). Halászatfejlesztés 40, 152-156. ISBN: 978-963-623-055-5.

AFRIKAI HARCSEA (*CLARIAS GARIEPINUS*) HALFAJBAN ALKALMAZOTT ÚJSZERŰ HALSZAPORÍTÁSI MÓDSZER HATÁSA A LÁRVÁK ÉLETKÉPESSÉGÉRE (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

VARGA Ádám¹, HORVÁTH József¹, TÓTH András¹,
IVÁNOVICS Bence², URBÁNYI Béla³, MÜLLER Tamás¹

¹Magyar Agrár- és Élettudomány Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet, Környezettoxikológiai Tanszék, 2100 Gödöllő

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő

Kivonat

Kísérletünk során *in vitro* termékenyítésből és az inszemináció módszerű szaporításból származó utódok életképességét és növekedési tulajdonságait hasonlítottuk össze afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) modell halfaj alkalmazásával. Vizsgáltuk a termékenyülési értékeket, a kelési arányt és a 72. órában mért megmaradást. Továbbá egy 2 hetes periódusban tanulmányoztuk a kísérletből származó lárvák növekedését és megmaradását.

Kulcsszavak: inszemináció, petefészekmosás, *in vitro* fertilizáció, hormonkezelés, termékenyülés

Abstract

In our experiment, we compared the viability and growth characteristics of offspring from *in vitro* fertilisation and artificial sperm insemination method using a model fish species of African catfish (*Clarias gariepinus*). Fertilisation rate, hatching rate and survival rate at 72 h were determined. Furthermore, we inspected the growth and survival of fish larvae from the experiment over a 2-week rearing period.

Keywords: insemination, ovarian lavage, *in vitro* fertilisation, hormonal administration, fertilisation

Bevezetés

Az inszeminációs módszer alapja, hogy a spermium sejtek biológiai aktivitásukat megtartva hosszabb ideig (~40 óra) „tárolhatóak” petefészekben indukált szaporítás (szaporodás) előtt külső megtermékenyítésű halfajokban.

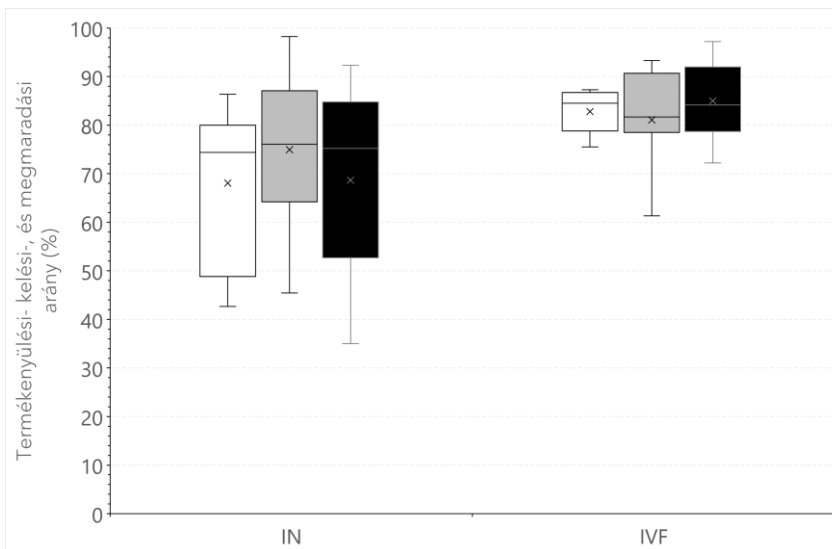
Íváskor (ovulációkor) a gaméták együtt ürülnek, és vízaktivációt követően történik az ivarsejtek egyesülése, a termékenyülés (Müller et al., 2018, Kucska et al., 2022, Okomoda et al., 2023). A petefészkek inszemináció módszere azon alapul, hogy a programozott íváásra felkészített ikrások petefészkelebe nyébe fecskendőn rögzített katéter vagy szonda segítségével juttatjuk az előzőleg gyűjtött és minőségellenőrzésen átesett, egy vagy több hímtől származó, kevert sperma adagot/adagokat (Müller et al., 2020). Célkitűzésünk az volt e kísérlet során, hogy megvizsgáljuk az inszemináció (ISZ) módszerű szaporítás, és az *in vitro* termékenyítésből (IVF) származó afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) utódok életképességét és növekedési tulajdonságait.

Anyag és módszer

A kísérlet során az inszeminációból és az *in vitro* termékenyítésből származó utódokat vizsgáltuk. Az ivartermék egy hímtől származott (testtömeg: 3990 g). A hormonkezelések és az inszeminációk alkalmazása előtt a hím egyedből kiműtöttük az egyik herelebenszövetet, majd a műtét helyét összevarrtuk. Az ikrásoknál (n=8, 256,6±23,16 g) csoporttól függetlenül a hormonkezelést 1 Ovopel pellet/testtömeg kg intramuszkulárisan végeztük. Az inszeminált csoportnál (n=4) a hormonkezeléssel azonos időben a halakat 1 ml sperma/testtömeg kg inszemináltuk a jobb oldali lebebebe. A sperma a tejes kiműtött herelebenszövetéből származott. A beérési idők utolsó szakaszát figyelembe véve kiműtöttük a másik herelebenszövetet is (*in vitro* fertilizáció csoporthoz) a tejes előlése után. Amikor megtörtént az ovuláció, a halakat lefejtük, az inszeminált csoport esetében további sperma hozzáadása nélkül vízaktivációval termékenyítettünk, míg az *in vitro* fertilizáció csoport (n=4) esetében az adott ikratételeket a frissen kiműtött lebebebebe származó spermával termékenyítettük. A kísérlet folyamán a következő értékeket határoztuk meg: termékenyülési ráta, kelési arány és a 72. órában mért megmaradás. Anyahalanként a már táplálkozó lárvákat 3 db óriás petricsészebe (átmérő×magasság: 140×20 mm) helyeztük (30 egyed/petricésze). A beállított csoportokban lévő lárvákat 2 hétig neveltük.

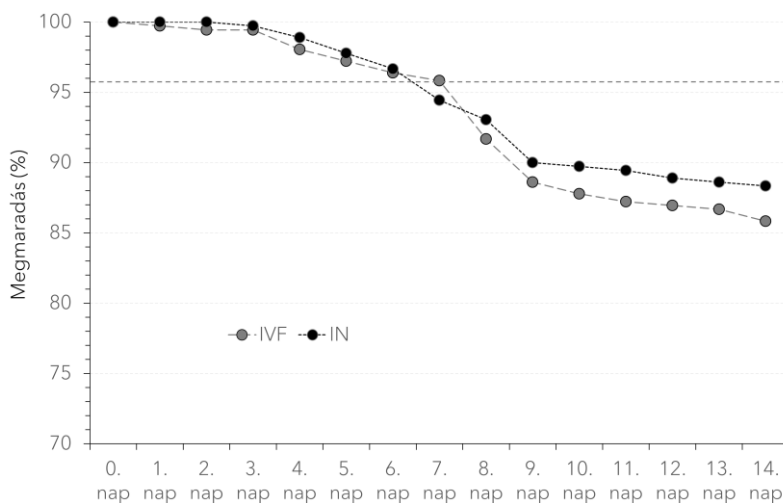
Eredmények és következtetések

Az inszeminált csoportból származó ikratételek értékei alulmaradtak az *in vitro* fertilizáció termékenyített ikratételek statisztikailag igazolhatóan magasabb termékenyülési értékeitől, és 72. órában mért megmaradási eredményeitől (1. ábra).



1. ábra. Termékenyülési, kelési, és túlélési értékek összefoglaló dobozdiagram és értékek (IN=inszemináció; IVF=*in vitro* fertilizáció)

A kéthetes nevelési periódus során az inszeminált csoport esetében a megmaradási értékek minimálisan meghaladták az IVF csoport értékeit, de statisztikailag igazolható különbség a két csoport között nem volt ($p > 0,05$) (2. ábra). Az első hét végén és második hét végén elért testhosszban nem tudtunk kimutatni statisztikailag igazolható különbséget a két csoport között ($p > 0,05$) a növekedési vizsgálat során. Mindamellett nem mutatkozott különbség a kezelési csoportok közötti méret eloszlásban.



2. ábra. Kezelési csoportonkénti megmaradás értékek változása a kísérlet 14 napja alatt (IN=inszemináció; IVF=*in vitro* fertilizáció)

Összefoglalás

Célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk az inszemináció módszerű szaporítás, és az *in vitro* termékenyítésből származó afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) utódok életképességét és növekedési tulajdonságait. A kísérlet folyamán meghatároztuk a termékenyülési értékeket, a kelési arányt és a 72. órában mért megmaradást.

Kísérletsorozatunk során nem igazoltuk azt a korábbi megfigyelést, hogy az inszemináció szaporítási módból származó utódok jobb megmaradással, vagy nagyobb növekedési eréllyel rendelkeztek volna, mint az *in vitro* módszerből származó ivadékok.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az NKFI Alap (NKFI_K_135824) és a 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) projektek támogatták. A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4 kódszámú (ÚNKP-23-4-II-MATE-4), ÚNKP-23-2 kódszámú (ÚNKP-23-2-I-MATE-6), ÚNKP-23-3 kódszámú (ÚNKP-23-3-I-MATE/22) Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Kucska, B., Quyen, N. N., Szabó, T., Gebremichael, A., Alebachew, G. W., Bógó, B., Horváth, L., Csorbai, B., Urbányi, B., Kucharczyk, D., Keszte, Sz., Müller, T. **2022**. The effects of different hormone administration methods on propagation successes in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquac Rep.* 2022, 26:101311.
- 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* 2018, 482:124-129.
- Müller, T., Kucska, B., Szabó, T., Horváth, L., Horváth, Á., Ittész, I., Havasi, M., Urbányi, B. **2020**. A magyar halszaporítás technológiai kutatások sarokkövei és egy új indukált szaporítási mód bemutatása = Milestones of Hungarian Fish Reproduction Technology Research and Introduction of a New Induced Reproduction Method. *Állattenyésztés és takarmányozás* 2020, 69(3):305-316.
- 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* 2023; 198:203-209.

**A THAPAROCLEIDUS VISTULENSIS (SIWAK, 1932)
(MONOPISTHOCOTYLA, ANCYLODISCOIDIDAE)
KOPOLTYÚFÉREG MOLEKULÁRIS ÉS PÁSZTÁZÓ
ELEKTROMIKROSKÓPOS (SEM) VIZSGÁLATA**

**WAN SAJIRI Wan Muhammad Hazim^{1,2}, SZÉKELY Csaba¹,
MOLNÁR Kálmán¹, KJELDGAARD-NINTEMANN Sebastian³,
KANIA Per Walter⁴, BUCHMANN Kurt⁴, SELLYEI Boglárka¹**

¹*HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézet, 1143 Budapest,
Hungária krt 2., e-mail: hazim.sajiri@vmri.hun-ren.hu*

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

³*Center for Advanced Bioimaging, University of Copenhagen, Frederiksberg
C, Denmark.*

⁴*Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and
Medical Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark*

A Monopisthocotyla osztályba (korábban Monogenea) tartozó férgek faji, morfológiai és ökológiai szempontból igen változatos csoportot alkotnak. A fajok elkülönítése szempontjából meghatározó jelentőségük van a különböző szklerotizált képleteknek, mint a közép- és szegély kapaszkodóhorgoknak, illetve mindkét nemnél a páرزószerveket szilárdító struktúráknak. Bár a morfológiai bélyegek jellemzése kulcsfontosságú a fajok azonosításában, a molekuláris adatok pontosítják és megerősítik a taxonómiai besorolást.

Jelen tanulmányunk új, pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) és molekuláris eredményeket szolgáltat a *Thaparocleidus vistulensis* (Siwak, 1932) (Monopisthocotyla, Ancylo discoididae), a lesőharcán (*Silurus glanis*) élősködő kopoltyúféreg faj jobb megismeréséhez. Vizsgálatainkhoz a parazita állományt egy hazai halgazdaságból származó, *T. vistulensis* kopoltyúféreggel fertőzött halak felhasználásával állítottuk elő. A halakat vízátfolyásos akváriumokban, 23±1°C-on tartottuk. A paraziták fenntartása érdekében, zárt rendszerünkben nevelt harcsaivadékokat fertőztünk folyamatosan, a fertőzött egyedekkel való együtt tartás útján. A fertőzött egyedek kopoltyújáról legyűjtöttük a kifejlett, fejlődő és lárva (oncomiracidium) stádiumú parazitákat. Közülük néhányat natívan mikroszkóp alatt megvizsgáltunk, míg másokat kimetszett kopoltyúívakkal vagy anélkül, 80% etanolban és 5% formalinban tartósítottunk további vizsgálatok céljára. Egyes példányok tisztítására és szklerotizált struktúrájuk lágyítására enyhe proteináz K enzimátikus emésztést végeztünk, majd tárgylemezen glicerin-ammónium-pikrát keverékével fixáltuk őket, másokat hematoxilin festés után AQUATEX (Merck, Darmstadt) készítménnyel rögzítettünk a tárgylemezen. A készítményeket fedőlemezzel lefedve mikroszkóp alatt vizsgáltuk (Leica DM5000B Microscope W/ CTR5000 Controller). A preparátumokról digitális

fényképezőgéppel (Leica MC170 HD) felvételeket készítettünk, melyek segítségével a paraziták jelentős struktúráiról, mint a haptor, hím ivarszerv és tartozékai, rajzokat készítettünk. A pásztázó elektromikroszkópos és a szövettani vizsgálatokat 5%-os formalinban tartósított parazitákon végeztük, követve az adott eljárás standard előírásait. A *T. vistulensis* faji szintű besorolását molekuláris módszerekkel is megerősítettük.

A *T. vistulensis*, a rokon fajokhoz (*T. magnus* és *T. siluri*) képest mutatott morfológiai különbségei főként a hím párzószervhez köthetők. A megnyúlt pénisz középtájt 5-7 hurkot vet, majd a lágy részt körülölelő hosszú, nyitott V-alakú szklerotizált struktúra következik, amely a végén kettéhasad. Ennek egyik ága vezeti és rögzíti a péniszcső végső részét. A molekuláris vizsgálataink során nyert 2694 bp hosszú rDNS (ITS1, 5.8S, ITS2, valamint részleges 18S és részleges 28S) szekvencia a GenBankban került elhelyezésre OR916383 azonosító számmal. Az ITS1 szekvenciákon alapuló filogenetikai analízis a *T. vistulensis* szekvenciákat egy jól körülhatárolható kládba sorolta, mely testvércsoportot alkot a *T. siluri* mintákkal. A *T. vistulensis* nagy felbontású, pásztázó elektronmikroszkópos morfológiai jellemzése, különös tekintettel a hím ivarszervre, molekuláris adatokkal kiegészítve jelentősen bővíti az ezzel a kopoltyúféreg fajjal kapcsolatos ismereteinket.

Támogatás: RASOPTA. European Union's Horizon 2020, Marie Skłodowska-Curie (956481)

MOLECULAR AND SEM STUDIES ON *THAPAROCLEIDUS VISTULENSIS* (SIWAK, 1932) (MONOPISTHOCOTYLA, ANCYLODISCOIDIDAE)

Wan Muhammad Hazim WAN SAJIRI^{1,2}, Csaba SZÉKELY¹, Kálmán MOLNÁR¹, Sebastian KJELDGAARD-NINTEMANN³, Per Walter KANIA⁴, Kurt BUCHMANN⁴, Boglárka SELLYEI¹

¹*HUN-REN Veterinary Medical Research Institute, Hungarian Research Network, 21, Hungária krt, H-1143, Budapest, Hungary.
e-mail: hazim.sajiri@vmri.hun-ren.hu*

²*Doctoral School of Animal Biotechnology and Animal Science (Agricultural Science), Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, 1. Páter Károly str, H-2100, Gödöllő, Hungary.*

³*Center for Advanced Bioimaging, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark.*

⁴*Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark*

Monopisthocotylans represent the most diverse group of parasites in terms of species, morphology, and ecology. They possess a distinctive structure with various sclerotized hooks and anchors, along with other hardened structures in the male copulatory organ and vagina, collectively important for species differentiation. While morphological analysis is crucial for species identification, molecular data enhance and strengthen the taxonomic classification. This study presents new molecular and scanning electron microscope (SEM) findings and provides data for better knowledge of *Thaparocleidus vistulensis* (Siwak, 1932) (Monopisthocotyla, Ancylo discoididae), a parasite of the European catfish *Silurus glanis* Linnaeus, 1758 (Siluriformes, Siluridae).

Laboratory parasite stock was established from fish infected with *T. vistulensis* collected from a commercial fish farm in Hungary and maintained at 23±1°C in a flow-through tank system. The infection of naïve *S. glanis* fingerlings were conducted via co-habitation. Adult, developing and larval (oncomiracidia) parasites were directly collected from the host's gills. Some parasites were freshly observed and others were preserved with or without excised gill arches in 80% ethanol and 5% formalin.

Some parasites were softened and cleared with mild enzymatic digestion of proteinase K before mounted individually in glycerine-ammonium-picrate on a slide, and other specimens were stained using hematoxylin before mounted on a glass slide using AQUATEX (Merck, Darmstadt). The prepared parasites were then lid with a coverslip and observed under a compound microscope (Leica DM5000B Microscope W/ CTR5000 Controller). Photomicrographs were performed using a digital camera (Leica MC170 HD), and line drawings of the monopisthocotylan's important parts (e.g., the haptor and the male copulatory complex) were prepared based on the photos.

SEM and histology were performed using parasites preserved in 5% formalin, following the SEM and histological standard procedure. Species identification of *T. vistulensis* was confirmed by molecular methods, as well.

The main morphological differences of *T. vistulensis* compared with congeneric species (e.g., *T. magnus* and *T. siluri*) are associated with the male copulatory organ. It possesses 5–7 loops in the middle of the penis length and a long open V-shaped sclerotized accessory piece divided into two parts at the end and securing the terminal part of the penis tube. The present study provides molecular characterization data based on the 2694 bp long nucleotide sequence of rDNA (ITS1, 5.8S, ITS2, and flanked with partial 18S and partial 28S) submitted in GenBank with the accession number OR916383. A phylogenetic tree based on ITS1 sequences supports a well-defined clade, including *T. vistulensis*, forming a sister group with *T. siluri* which is another species-specific monopisthocotylian parasite to *S. glanis*.

The morphological characterization of *T. vistulensis*, especially for the male copulatory organ together with the molecular data in the present study extend knowledge about this monopisthocotylian species and provide new information for future phylogeny studies.

Funding: The European Union’s Horizon 2020, Marie Skłodowska-Curie (956481)