

A békalencse (*Lemna minor*), mint biológiai szűrő integrálása a hibrid afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*) ivadéknevelési technológiájába

Molnár Péter István¹, Bak Henrietta², Ifj. Lévai Ferenc³, Bársony Péter⁴,
Antalovics Máté⁵, Fehér Milán⁴

¹Debreceni Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola,
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

²Debreceni Egyetem, Növénytan Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

³Aranypony Halászati Zrt, 2440 Százhalombatta, Arany János utca 7. földszint 1.

⁴Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet,
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

⁵Pécsi Tudományegyetem, Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskola, 7624 Pécs, Ifjúság útja 62.

Received/Érkezett: 07. 10. 2024
Accepted/Elfogadva: 10. 02. 2025.

Összefoglalás: Az emberiség állati-fehérje szükségletének kielégítésére az akvakultúrás termelés adhat megoldást. A *Clarias gariepinus* és a *Heterobranchus longifilis* harcsafajok keresztezésével előállított *Heteroclarias* jó növekedési eréllyel, magas technológiai és környezeti tűrőképességgel rendelkező fajhibrid. A hibridben rejlő genetikai potenciál kihasználásának érdekében intenzív takarmányozást igényel, így nevelése nagy környezeti terhelést jelenthet. Kísérletünk célja ezért az volt, hogy megvizsgáljuk, milyen hatással van az apró békalencse (*Lemna minor*), mint biológiai szűrő integrálása egy intenzív haltermelő rendszer vízminőségi paramétereire. Kísérletünkben két turnusban állítottunk elő *Heteroclarias* ivadékot félüzemi körülmények között 15 köbméteres víztérfogatú recirkulációs rendszerben (RAS). Az első turnus volt a kontroll (K), a második turnusban pedig a rendszerbe biológiai szűrőként integráltuk a *Lemna minor* békalencse fajt (BL). A békalencse biofilterként történő alkalmazása nem befolyásolta a halak termelési paramétereit. A vízminőségi paraméterek vizsgálata ugyanakkor azt mutatta, hogy a békalencse alkalmazása csökkentette a rendszervíz átlagos ammónia ((K) 1,26 mg/l és (BL) 0,29 mg/l) és nitrit ((K) 1,81 mg/l; (BL) 0,17 mg/l) koncentrációját a kontroll csoporthoz képest. Ennek eredményeként jelentősen csökkent a megfelelő vízminőség fenntartása érdekében végrehajtott vízcserék száma, amely nemcsak gazdasági előnyt jelent, de fenntarthatóbbá is teszi az ivadéknevelés folyamatát is.

Kulcsszavak: afrikai harcsa, békalencse, akvakultúra

Integration of duckweed (*Lemna minor*) as a biological filter in the larval rearing technology of hybrid African catfish (*Clarias gariepinus* $\times$ *Heterobranchus longifilis*)

István Péter Molnár¹ , Henrietta Bak² , Ferenc Lévai Jr.³, Péter Bársony⁴,
Máté Antalovics⁵, Milán Fehér⁴ 

¹University of Debrecen, Doctoral School of Animal Sciences,
4032 Debrecen, Böszörményi 138.

²University of Debrecen, Department of Botany, 4032 Debrecen, Egyetem 1.

³Aranypony Halászati Ltd., 2440 Százhalombatta, Arany János str. 7., 1.

⁴University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental
Management, Institute of Animal Science, Biotechnology and Nature Conservation,
4032 Debrecen, Böszörményi 138.

⁵University of Pécs, Institute of Biology, Doctoral School of Biology, 7624 Pécs, Ifjúság 62.

Abstract: Aquaculture can provide the solution to meet humanity's animal protein needs. *Heteroclarias*, produced by crossing the catfish species *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus longifilis*, is a hybrid species with good growth parameters and high technological and environmental tolerance. To exploit the genetic potential of the hybrid, intensive feeding is required, therefore rearing can have a negative impact on the environment. The aim of our experiment was to investigate the impact of the integration of *Lemna minor* as a biological filter on the water quality parameters of an intensive fish production system. In our experiments, we produced *Heteroclarias* fry in two cycles under semi-farm conditions in a recirculating aquaculture system (RAS) with a water volume of 15 m³ in the first cycle as control (K), and in the second cycle, we integrated *Lemna minor* (BL) as a biofilter. The use of the duckweed as a biofilter did not affect the production parameters of the fish. However, the analysis of water quality parameters showed that the use of duckweed reduced the average ammonia ((K) 1.26 ± 0.64 mg/l and (BL) 0.29 ± 0.29 mg/l) and nitrite ((K) 1.81 ± 1.39 mg/l; (BL) 0.17 ± 0.22 mg/l) concentrations in the system water compared to the control group. As a result, the number of water exchanges to maintain good water quality was significantly reduced, providing an economic benefit and making the rearing process more sustainable.

Keywords: African catfish, duckweed, aquaculture

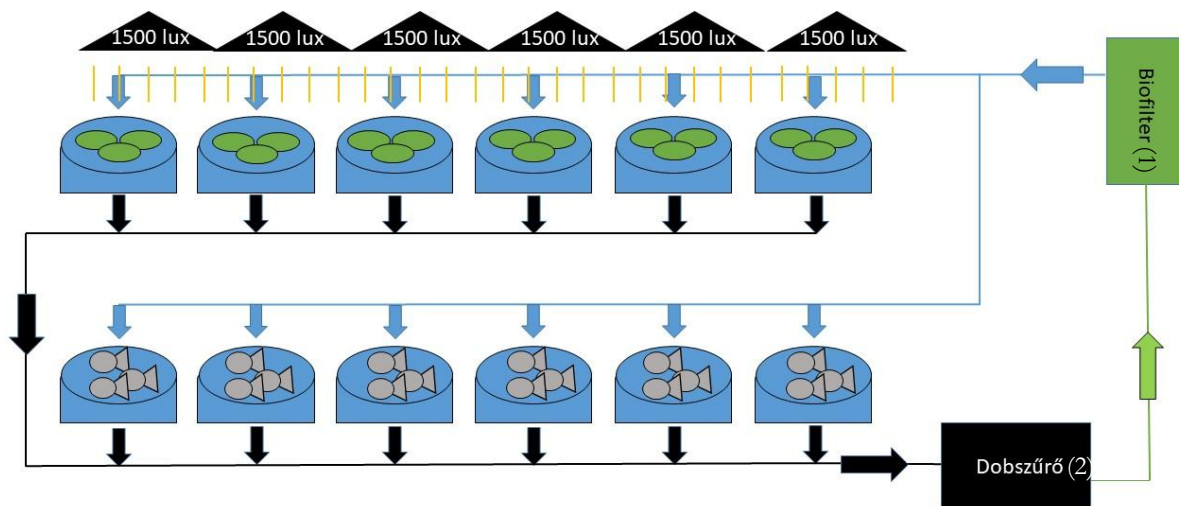
Bevezetés

A magyarországi intenzív haltermelés az utóbbi évtizedekben jelentős fejlődésen ment keresztül, ami a hibrid afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* $\times$ *Heterobranchus longifilis*) térhódításának is köszönhető. Ez a fajhibrid magas környezeti tűrőképességgel rendelkezik, továbbá kiemelkedő növekedési üteme miatt gyors megtérülést biztosít a termelők számára. A szálkátlan halhús pedig magas keresletnek örvend, hazai és külföldi piacokon egyaránt. Ezen kedvező tulajdonságai miatt a magyarországi intenzív haltermelés több, mint 90%-át az afrikai harcsa tette ki 2023-ban (AKI, 2024). Az afrikai harcsa nevelése intenzív takarmányozást igényel (Hecht, 2013), ami a nagy népesítési sűrűséggel kombinálva magas szervesanyag tartalmú elfolyóvizet, és nagyobb környezeti terhelést eredményez, mivel az elfolyóvíz szennyezőanyagokkal való terheltsége egyenesen arányos a haltermelés intenzitásával (Turcios et al., 2014). Az intenzív rendszerekbe magas fehérje tartalmú takarmánnyal bevitt nitrogén körülbelül 60%-a a halak anyagcsere folyamatainak keresztül a vízbe ürül (Skjölstrup et al., 1998), amelyet fizikai és biológiai szűrők segítségével szükséges ártalmatlanítani. A biológiai szűrés hatékonyságának növelése érdekében egyes vízinövények integrálása az akvakultúrák rendszerbe, azok tápanyagfelvevő képessége miatt, csökkentheti az akvakultúrák termelés környezetterhelő hatását. A békalencse (*Lemnaceae*) fajok számos tulajdonságuk miatt potenciális megoldásként szolgálhatnak, mint szennyvíztisztító növények (Körner et al., 2003). Ezek közé tartozik az a tény, hogy bár a békalencse fajok képesek generatív módon szaporodni, mégis a vegetatív szaporodás a meghatározó, emiatt lehetővé válik a gyors duplázódási idő, ami 16–48 óra között változhat fajtól, valamint a termesztőközeget nyújtó víz szervesanyag-tartalmától, hőmérséklettől, fényviszonyoktól és más tényezőktől függően (Faizal et al. 2021; Yahaya et al. 2022; Sun et al. 2020). A békalencse által borított vízterek szervesanyag eltávolító hatékonysága 50–95% között változhat (Ozengin—Elmaci, 2005), vagyis a békalencse fajok hatékonyan képesek felvenni a vízben lévő szervesanyagokat, ezáltal csökkentve a víz terhelését. Körner et al. (2003) szerint a békalencse fajok ígéretes makrofiták, melyek a fenntartható szennyvízkezelésben fontos szerepet tölthetnek be a gyors növekedésük, könnyű betakarításuk, és a takarmányként betölthető szerepük miatt. Továbbá a békalencse csökkentheti a szennyvíztisztítás költségeit, 0,02–0,05 USD-ral köbméterenként (Oron, 1994). Ezen tulajdonságok miatt és az ipari, illetve mezőgazdasági elfolyóvizek tisztítása során szerzett tapasztalatok alapján elmondható, hogy a különböző békalencse fajok alkalmasak lehetnek az akvakultúrák rendszerek elfolyóvizének tisztítására is. Mivel a békalencse fajok magas szervesanyag tartalmú elfolyóvizek tisztítására alkalmasak, így a biofilterként betöltött szerepükön felül egy jó minőségű, gyors növekedésű, nagy mennyiségű és szárazanyagra vetítve magas fehérjetartalmú alapanyagot kapunk. Viszonylag magas termelékenységük és táplálóanyag tartalmuk, illetve magas fehérjetartalmuk révén kiváló takarmány-kiegészítést biztosíthatnak (Iqbal, 1999; Lévai Jr. et al., 2024). Nyersfehérje tartalmuk akár a 43%, zsírtartalmuk pedig az 5%-ot is elérheti, emellett pedig jól emészthető szárazanyag tartalommal rendelkeznek.

Jelen vizsgálat célja, hogy meghatározzuk a békalencse intenzív, recirkulációs halnevelő rendszerbe való integrálásának a vízminőségi paraméterekre és a halivadék nevelésre gyakorolt hatását félüzemi kísérletek során.

Anyag és módszer

A kísérlet helyszíne a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriuma. A kísérlet a labor recirkulációs halnevelő rendszerében zajlott. Az első nevelési időszak 2023.04.23-tól 2023.05.21-ig, míg a második nevelési időszak 2023.06.05-től 2023.07.12-ig tartott. A rendszer 12 darab 800 l hasznos térfogatú, 144 cm átmérőjű körmedencéből áll, melyhez tartozik egy dobszűrő, egy 2 m³-es akna és egy 3 m³ térfogatú biofilter torony. A biofilter torony 1 m³ biofilter gyöngyöt tartalmaz, aminek fajlagos felülete 1100–1500 m²/m³. A rendszer vizét egy 250 wattos (240 l/perc) és egy 370 wattos (400 l/perc) névleges teljesítményű szivattyú mozgatja, a levegőztetést egy központi rendszer biztosítja, melyből minden kádba egy légcsővel összekötött porlasztókő (50 × 100 mm) csatlakozik (1. ábra).



1. ábra. A kísérleti beállítás sematikus ábrája

Figure 1 Schematics of the experimental setup.
biofilter (1), drum filter (2)

A kísérlet során 2 egymást követő turnusban neveltünk fel *Heteroclaris* ivadékokat. Az első turnus során a rendszervíz biológiai szűrését a beépített mozgóágyas biofilter végezte. A második turnus esetében ezt a biológiai szűrő kapacitást egészítettük ki a békalencse alkalmazásával, amelyet az ivadéknevelés megkezdését megelőzően 6 kádba telepítettünk be. A kísérlet során *Heteroclaris* hibrid harcsákat állítottunk elő, amelyhez *Clarias gariepinus*, és a *Heterobranchus longifilis* harcsafajokat kereszteztük.

A szaporítás menete: az anyahalakat 4 napig 26 °C-os hőmérsékletű vízben tartottuk, majd a termékenyítés előtti napon este 8 órakor hormonkészítményt adtunk a halaknak – 3,5 mg/ttkg zsírtalanított ponty hipofízis izotóniás sóoldatba keverve – intramuszkulárisan. Az oltástól számított 12 óra elteltével fejhetőek az anyahalak. Fejéskor az anyákat szegfűszegolajos vízben bódítottuk, majd az ikrát kifejtük a halakból. Ezt követően a hímek heréjét sebészi úton eltávolítottuk, kinyertük belőle a hímivarterméket, majd elvégeztük az ikrák termékenyítését és Zuger üvegbe helyeztük őket. Egy napot töltöttek az ikrák a Zugerben, 27 °C-os hőmérsékleten, a kikelést követően pedig kihelyeztük a lárvákat a medencékbe (1. táblázat).

1. táblázat. A két keltetés során lefejt ikra tömege és a kikelt lárvák becsült egyedszáma

	Kontroll(1)		BL kezelés(2)	
	ikra súly (g)(3)	kikelt lárva (db)(4)	ikra súly (g)(5)	kikelt lárva (db)(4)
Anyá1(5)	1100	307 744	720	149 600
Anyá2(6)	215	62 456	570	181 200
Összesen(7)	1315	370 200	1290	330 800

Table 1 Weight of eggs and estimated number of larvae hatched during the two hatchings
control (1), DW treatment (2), weight of eggs (g) (3), hatched larvae (number) (4), Female1 (5), Female2 (6)

A halak nevelése keltetést követően 2 kádban kezdődött, majd a növekedésükkel és a válogatásokkal összhangban 6 kádban neveltük tovább a halakat (2. táblázat). A halakat turnusonként heti 1 alkalommal méret szerint válogattuk, ezzel csökkentve a kannibalizmus kialakulását.

A két kísérleti beállítás között a különbséget a békalencse biofilterként történő alkalmazása, illetve a békalencse hiánya adta. A kísérlet során apró békalencsét (*Lemna minor*) használtunk, mely a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumának saját állományából származik. Ahol alkalmaztuk a békalencsét, mint biofiltert, ott a kísérlet kezdetén 6 kádba, kádanként 170 g-ot helyeztünk ki. A békalencse fotoszintéziséhez szükséges fényt a kísérlet alatt az ablakon beszűrődő természetes fény adta, amelyet kiegészítettünk 1500 Lux fényerejű, növénytermesztésben használt neoncsöves armatúrákkal, melyet minden kád felé elhelyeztünk.

2. táblázat. A kezdeti egyedszám és a népesítési sűrűség a kísérletekben.

Tulajdonság(1)	Kontroll(2)	BL kezelés(3)
Egyedszám (db)(4)	370 200	330 800
Népesítési sűrűség (kg/m ³)(5)	0,69	0,50
Népesítési sűrűség (db/m ³)(6)	38 563	34 458

Table 2 The initial number of individuals and population density in our experiments.
property (1), Control (2), DW treatment (3), individual number (pieces) (4), population density (kg/m³) (5), population density (piece/m³) (6)

A kísérlet alatt a halakat élő eleséggel (*Artemia nauplii*) és Aqua Garant Start tápokkal (0,5 mm; 0,7 mm; 0,8 mm; 1 mm; 1,1 mm; 1,5 mm) takarmányoztuk. A biomassza 6%-ának megfelelő mennyiségű takarmányt fogyasztottak el a halak, napi szinten. Mindkét esetben a halak nevelése addig tartott, amíg a legkisebb egyedek is elérték a 3 grammos átlagsúlyt, ami a kontroll csoport esetében 28, a békalencsés kezelés esetében 38 napig tartott, mindkét csoportnál a nevelési időszak alatt $28 \pm 0,5$ °C hőmérsékletű vízben neveltük a halakat.

Az oxigénkoncentrációt és a víz hőmérsékletét naponta többször is ellenőriztük Hach HQ30d hordozható mérőműszerrel, hetente kétszer alkalommal mértük a rendszer nitrogén formáit (ammónia – Method 8038, nitrit – Method 8507, nitrát – Method 8171) HACH Lange DR/3900 spektrofotométerrel. A vízmintát minden alkalommal a halas medencékbe befolyó csapokból vettük.

A vízminőségi adatok kiértékeléséhez SPSS Statistics program (Version 26) kétmintás t-próbáját alkalmaztuk ($p = 0,05$). Az alábbi képleteket használtuk a kísérlet során:

- Megmaradás (%): $S = (\text{lehalászott darabszám} / \text{kihelyezett darabszám}) \times 100$
- SGR: növekedési ütem (%) = $(\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$, ahol: W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g), t : napok száma
- FCR: takarmányozási együttható (g/g) = $F / (W_f - W_i)$, ahol: F : a kísérlet során kietetett takarmány mennyisége szárazanyagban (g), W_f : végső testtömeg (g), W_i : kezdő testtömeg (g).

Eredmények és értékelésük

Az intenzív akvakultúrák rendszerek nagy mennyiségű, szerves anyagban dús elfolyóvizet bocsátanak ki a környezetbe, melyet valamilyen módon semlegesíteniünk kell. Megoldást nyújthat erre az akvapónia, amely egyesíti az akvakultúrák és hidropóniás termelési technológiát. Az akvapóniás termelés egy régi technika, amely napjainkban újra előtérbe került. Fontos kiemelni, hogy a kísérletek során, nem klasszikus akvapóniás termelést folytattunk, hanem a halak nevelésére szánt termelőtérbe helyeztük ki a békalencsét.

A 3. táblázat a kezelések termelési paramétereinek összehasonlítását tartalmazza. Az első turnus (K) 28 napig, a második turnus (BL) 38 napig tartott. A befejező népesítési sűrűség az első turnusnál (K) 17,15 kg/m³ és 4173 db/m³, míg a második turnusnál (BL) 12,03 kg/m³ és 3253 db/m³ volt.

3. táblázat. A kezelések termelési paramétereinek összehasonlítása

Tulajdonság (1)	Kontroll (2)	BL kezelés (3)
Kihelyezéskori állománylétszám (db) (4)	370 200	330 800
Befejező állomány létszám (db) (5)	40 061	31 230
Kietetett takarmány (g) (6)	51 937	49 874
Takarmányozási napok száma (7)	28	38
Befejező népesítési sűrűség (kg/m ³) (8)	17,15	12,03
Befejező népesítési sűrűség (db/m ³) (9)	4173	3253
Megmaradás (%) (10)	10,82	9,44
Lehalászási átlagtömeg (g) (11)	4,11	3,7

Befejező biomassza (kg) (12)	164,6	115,5
FCR (g/g) (13)	0,32	0,43
SGR (%/nap) (14)	12,91	9,39
Kihelyezett békalencse biomassza (g) (15)	–	1020

Table 3 Comparison of production parameters of treatments

property (1), control (2), DW treatment (3), population number at start of experiment (piece) (4), population number at end of experiment (5), feed fed (6), days in feed (7), final population density (kg/m³) (8), final population density (piece/m³) (9), survival ratio, % (10), final weight (g) (11), final biomass (kg) (12), FCR (g/g) (13), SGR (%/day) (14), duckweed seed biomass (g) (15)

A 3. táblázat a kezelések termelési paramétereinek összehasonlítását tartalmazza. Az első turnus (K) 28 napig, a második turnus (BL) 38 napig tartott. A befejező népesítési sűrűség az első turnusnál (K) 17,15 kg/m³ és 4173 db/m³, míg a második turnusnál (BL) 12,03 kg/m³ és 3253 db/m³ volt.

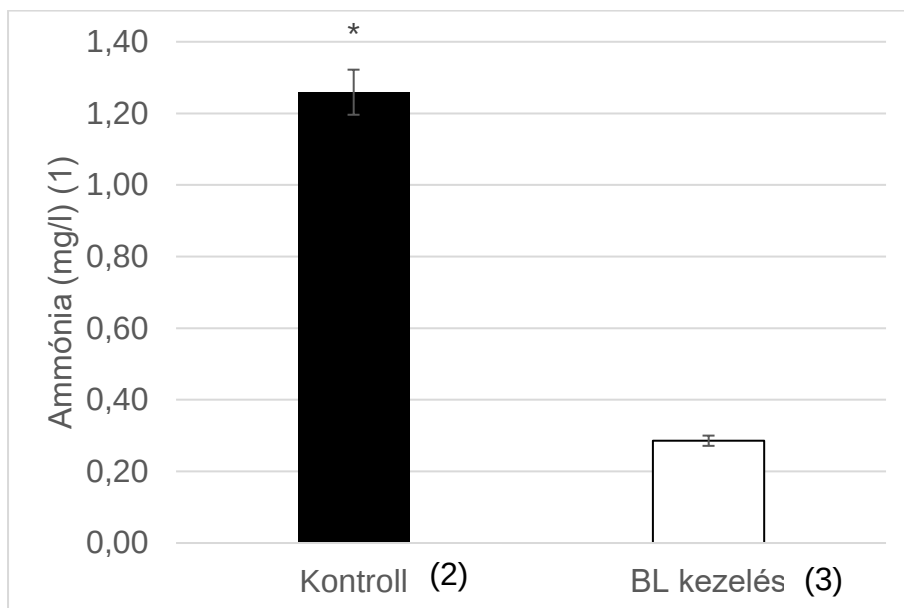
Wenzel et al. (2022) kísérletükben megállapították, hogy az afrikai harcsa intenzív lár-vanevelése során a népesítési sűrűség hatással van az egyedek viselkedésére, ugyanakkor a megmaradást és a növekedést nem befolyásolja. Jelen kísérletben a népesítési sűrűség csökkenésével növekedést mutat az SGR és az FCR érték is. A növekedési ütem (SGR) tekintetében szintén a kontroll csoport ért el jobb eredményt (K: 12,91%, és BL: 9,39%). Az alacsonyabb napi tömeggyarapodás eredményeként a második turnusban előállított ivadékok (BL kezelés) nevelési ideje 10 nappal hosszabb volt, mint az első turnus (K) esetében. A kontroll kezelés FCR értéke kedvezőbb a békalencsés kezeléshez képest ((K) 0,32 g/g, (BL) 0,43 g/g). A rosszabb takarmányhasznosító képességet a hosszabb nevelési időszak indokolja. A kontroll csoport befejező egyedi testtömege magasabb értéket ért el, mint a békalencsés kezelésben nevelt egyedek (4,11 g (K), és 3,7 g (BL)). A 10 nappal hosszabb nevelési idő több takarmányozási napot jelentett, de a kijutatott takarmány mennyisége a második turnus (BL) esetében közel azonos volt a kontroll csoporthoz képest.

Az egyedek közötti kannibalizmus jelentős problémát okoz az akvakultúrában, mértéke intenzív rendszerekben, a különböző halfajok vonatkozásában akár 90%-os arányt is elérheti. A kannibalizmus hátterében genetikai és környezeti tényezők is állhatnak (Hecht – Appelbaum, 1988; Pienaar, 1990). A kísérletünk során a megmaradást tekintve mindkét esetben 10% körüli értéket értünk el (10,82% (K) és 9,44% (BL)). Megfigyelésünk szerint ennek elsődleges oka az egyedek közötti kannibalizmus volt, melynek csökkentése érdekében nélkülözhetetlen az egyedek rendszeres méret szerinti válogatása. Abdelhamid et al. (2010) kutatásában azt találta, hogy az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) 3 napi válogatással jóval magasabb, akár 49,17%-os megmaradás is elérhető, míg válogatás nélkül 1,2% volt a megmaradás.

Az átlagos egyedi testtömeg a kontroll csoport nevelési időszakának végére $4,11 \pm 0,79$ g, míg a békalencsés kezelés hatására $3,70 \pm 0,93$ g volt. Az összes biomassza előbbinél 164,6 kg, míg a békalencsés kezelésnél 115,5 kg volt.

A 2. ábrán az átlagos ammónia (NH₃-N) koncentrációt láthatjuk. Ez az érték a heti mérések átlaga. A kontroll állományban magasabb volt az érték, mint a második turnusnál, annak ellenére, hogy a kontroll állomány nevelési időszakában a dobszűrő napi 1%-os vízcsereje mellett 3 alkalommal kellett manuálisan vizet cserélnünk, ami a rendszer

vizének a felét jelentette (7,5 m³). Oron (1990) is kimutatta, hogy a békalencse a nitrogénformák közül az ammóniát preferálja.



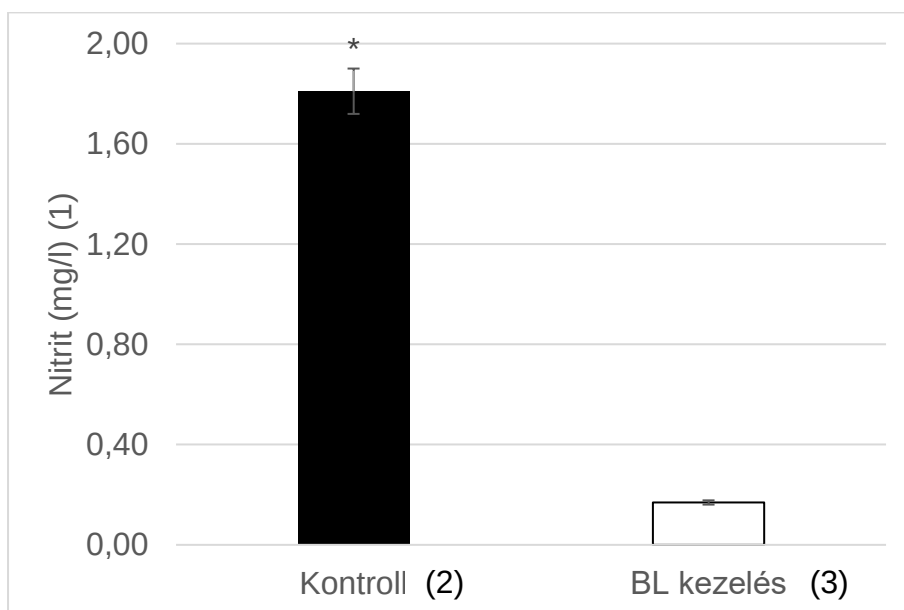
2. ábra. A kezelések átlagos ammónia szintje

Az eredmények egy kezelésen belüli vízminőségi mérések átlagértékei $\pm$ SE. A csillag szignifikáns különbséget jelöl ($P < 0,05$)(4)

Figure 2 The average ammonia levels in the treatments.

ammonia (mg/l) (1), control (2), DW treatment (3), results are means $\pm$ SE of water quality measurements within a treatment. Asterisk indicates significant difference ($P < 0.05$) (4)

Az 3. ábra a rendszer nitrit szintjének alakulását mutatja. Hasonlóan az ammóniához, a kontroll állomány esetében magasabb nitrit szinteket mértünk, mint a békalencsés állományban. Ez a csökkent ammónia szintnek köszönhető, mivel a békalencse a vízből eltávolítja az ammóniát, így nem lesz, ami a baktériumok működése révén nitritté alakuljon.



3. ábra. A kezelések átlagos nitrit szintje

Az eredmények egy kezelésen belüli vízminőségi mérések átlagértékei $\pm$ SE. A csillag szignifikáns különbséget jelöl ($P < 0,05$) (4)

Figure 3 The average nitrite levels in the treatments.

nitrite (mg/l) (1), control (2), DW treatment (3), results are means $\pm$ SE of water quality measurements within a treatment. Asterisk indicates significant difference ($P < 0.05$) (4)

Következtetések és javaslatok

Vizsgálatunk során egy hagyományos recirkulációs rendszer szűrőegységét egészítettük ki egy növénynevelő egységgel, aminek eredményeként tapasztalható volt, hogy az ammónia és a nitrit mennyiségét alacsony szinten tartotta a békalencse (*Lemna minor*) a kontroll kezeléshez képest. Így elegendő volt a napi 1%-os vízcsere, ellenben a kontroll kezelésnél, ahol a nitrogénformák olyan magas szintet értek el, hogy három különálló alkalommal is le kellett cserélnünk a víztömeg felét, ami összességében átlagosan napi 6% vízcserét jelentett. Az eredményeink is alátámasztják azt a feltevést, miszerint a hal-növény társításokkal, vagyis akvapóniás termeléssel csökkenthetjük az akvakultúrák rendszerek környezetterhelő hatását (Yep–Zheng, 2019; Tyson et al., 2011).

A különböző békalencse fajok segítségünkre lehetnek az édesvízi akvakultúra fejlődésének előmozdításában, mivel eltávolítják a vízben lévő nitrogénformák egy jelentős részét (Paolacci et al., 2022). A tanulmányban fény derült arra, hogy a békalencse intenzív körülmények között hatékony biológiai víztisztító, mely a rendszer fenntarthatóságát növeli azáltal, hogy csökkenti a vízcsere számát, különösképpen, hogy az afrikai harcsa nevelésekor a vizet fűtenünk kell, így nem csak a vízcsere csökkentésével lesz gazdaságosabb a termelés, de kevesebb energiát kell a víz optimális hőmérsékleten tartására fordítanunk. Vizsgálataink alapján a békalencse integrálása egy ígéretes technikai elem lehet akvakultúrák rendszerek hatékonyságának növelése, illetve környezetterhelő hatásának csökkentése érdekében. A megtermelt növényi biomassa jól alkalmazható halak, rákok, baromfik és sertések takarmányának kiegészítőjeként (Leng et al., 1995; Iqbal, 1999) magas fehérjetartalmának köszönhetően. Látható tehát, hogy a békalencse sok lehetőséget hordoz magában az intenzív haltermelés gazdasági és környezeti fenntarthatóságának növelése szempontjából. Jelen kísérletben a békalencse biomassa növekedését nem követtük nyomon, csupán a vízminőségre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Mivel a békalencse integrálása pozitív hatással volt a vízminőségi paraméterek alakulására, a növényi biomassa növekedését és összetételét további kísérletek során elemezzük.

Köszönetnyilvánítás

Ifj. Lévai Ferenc munkáját részben a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-202200011 sz. „Békalencse, mint fehérjeforrás alapú probiotikumokkal dúsított takarmányok fejlesztése” c. projekt támogatta

Irodalomjegyzék

- Abdelhamid, A. M., Radwan, I. A., Mehrim, A. I. (2010): Improving the survival rate of African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Animal and Poultry Production, 1, 409–414. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2010.86246>
- AKI Lehalászás Jelentés, 2024, 29(1), 30–31. <https://www.aki.gov.hu/termek/lehalaszas-jelentes-2024-ev/>

- Almazán-Rueda, P., Schrama, J. W., Verreth, J. A. (2004). Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Aquaculture*, 231, 347–359. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.016>
- Faizal, A., Sembada, A. A., Priharto, N. (2021): Production of bioethanol from four species of duckweeds (*Landoltia punctata*, *Lemna aequinoctialis*, *Spirodela polyrrhiza*, and *Wolffia arrhiza*) through optimization of saccharification process and fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 294–301. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.002>
- 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.
- Hecht, T., Appelbaum, S. (1988): Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of Zoology*, 214, 21–44. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1988.tb04984.x>
- Iqbal, S. (1999): Duckweed aquaculture. Potentials, possibilities and limitations for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries. *SAN-DEC Report*, 6, 99.
- 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, 1583–1590. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1583>
- Leng, R. A., Stambolie, J. H., Bell, R. (1995): Duckweed-a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*, 7, 36.
- Lévai, F. Jr., Bercsényi, M., Szentgyörgyi, Á., Szabó, Z., Horváth, Z. Jr. (2024): Using duckweed (*Lemna minor*, *L. gibba* and *Spirodela polyrrhiza*) for nutrient Recycling and water purification in an intensive catfish (*Silurus glanis*) production technology at farm conditions 7th Int. Conference on Duckweed Res. Bangkok
- Mchunu, N., Lagerwall, G., Senzanje, A. (2018): Aquaponics in South Africa: Results of a national survey. *Aquaculture Reports*, 12, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.08.001>
- Oron, G. (1990): Economic considerations in wastewater treatment with duckweed for effluent and nitrogen renovation. *Research Journal of the Water Pollution Control Federation*, 692–696.
- Oron, G. (1994): Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production. *Agricultural Water Management*, 26, 27–40. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0378-3774(94)90022-1)
- Ozengin, N., Elmaci, A. (2007): Performance of Duckweed (*Lemna minor* L.) on different types of wastewater treatment. *Journal of Environmental Biology*, 28, 307–314.
- Paolacci, S., Stejskal, V., Toner, D., Jansen, M. A. (2022): Integrated Multitrophic Aquaculture: Analysing Contributions of Different Biological Compartments to Nutrient Removal in a Duckweed-Based Water Remediation System. *Plants*, 11, 3103. <https://doi.org/10.3390/plants11223103>
- Pienaar, A. G. (1990): A study of coeval sibling cannibalism in larval and juvenile fishes and its control under culture conditions. Masters thesis. Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Skjølstrup, J., Nielsen, P. H., Frier, J. O., McLean, E. (1998): Performance characteristics of fluidised bed biofilters in a novel laboratory-scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. *Aquacultural Engineering*, 18, 265–276. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00037-5)
- Sun, Z., Guo, W., Yang, J., Zhao, X., Chen, Y., Yao, L., Hou, H. (2020): Enhanced biomass production and pollutant removal by duckweed in mixotrophic conditions. *Bioresource Technology*, 317, 124029. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124029>
- Turcios, A. E., Papenbrock, J. (2014): Sustainable treatment of aquaculture effluents – what can we learn from the past for the future? *Sustainability*, 6, 836–856. <https://doi.org/10.3390/su6020836>
- Tyson, R. V., Treadwell, D. D., Simonne, E. H. (2011). Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *HortTechnology*, 21(1), 6–13. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.1.6>

- Wenzel, L. C., Berchtold, E., Palm, H.W. (2022). Effects of stocking density and grading on behaviour, cannibalism and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fry. *Aquaculture Reports*, 27, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101400>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100128>
- Yanes, A. R., Martinez, P., Ahmad, R. (2020): Towards automated aquaponics: A review on monitoring – IoT – and smart systems. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121571. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121571>
- Yep, B., Zheng, Y. (2019): Aquaponic trends and challenges – A review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1586–1599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

