

HALÁSZAT – TUDOMÁNY

4. évfolyam | 2.szám | 2018

Alapítva: 2015



› A haltakarmányozás élettani alapjai – az anyagcsere: Irodalmi áttekintés

3. oldal

› Háromfázisú szürkeharcsa (*Silurus glanis*) nevelés recirkulációs rendszerben?

11. oldal

› Halasok egymás között: Beszámoló a XIV. Magyar Haltani Konferenciáról

17. oldal

HALÁSZAT – TUDOMÁNY

4. évfolyam | 2. szám | 2018

Az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

A HALÁSZAT lap szerkesztőbizottsága

Főszerkesztő:
Dr. Váradi László

Főszerkesztő-helyettes
Dr. Bercsényi Miklós

Szerkesztő:
Bozánné Békefi Emese

A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Béres András
Dr. Bíró Péter
Dr. Hancz Csaba
Dr. Harka Ákos
Hoitsy György
Dr. Jeney Zsigmond
Dr. Molnár Kálmán
Dr. Németh István
Dr. Orbán László
Dr. Szathmári László
Dr. Székely Csaba
Dr. Szűcs István
Udvari Zsolt
Dr. Urbányi Béla

A folyóirat megjelenését támogatja:
Magyar Akvakultúra és Halászati
Szakmaközi Szervezet

Kiadja:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.
www.hermanotointezet.hu

Felelős kiadó:
Dr. Béres András

HALÁSZAT-TUDOMÁNY
Megjelenik félfévente.

Szerkesztőség:
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs
Központ
Halászati Kutatóintézet
5540 Szarvas, Anna-liget u. 35.
Telefon: 06 66 515 300
E-mail: info.haki@haki.naik.hu

HU ISSN 0133-1922
Index: 125 372

Címlapkép:
Címlapkép: Harcsa anyák válogatása
Fotó: Fazekas Gyöngyvér

Tisztelt Olvasó!

A hazai akvakultúra fejlesztésének egyik ígéretes területe az intenzív haltermelési kapacitások bővítése különös tekintettel a hazánkban rendelkezésre álló geotermikus energia hasznosítására. E területen évtizedek óta folyik értékes kutatómunka a hazai halászat és akvakultúra kutatóműhelyeiben. A kutatás egyik kulcsterülete a takarmányozás, hiszen az intenzív haltermelés során a költségek jelentős részét a takarmányozással kapcsolatos költségek teszik ki. A haltakarmányozás hatékonyságának növelésére irányuló kutatómunkának azonban nem csak gazdaságossági kapcsolódásai vannak, de a kutatások hozzájárulnak az erőforrások fenntartható hasznosításához, illetve a természeti erőforrások védelméhez, a haltermékek minőségének, tápértékének és biztonságának növeléséhez, de a klímaváltozás negatív hatásainak kompenzálásához is. A Halászat Tudomány jelen számában megjelenő cikk átfogó képet ad az anyagcserevel foglalkozó nemzetközi kutatások eredményeiről, hiszen az anyagcsere a haltaplálkozás egyik legfontosabb élettani alapja. Örömmel állapíthatjuk meg, hogy *több hazai kutatóműhely foglalkozik haltakarmányozási kutatással*, illetve nemzetközi konzorciumok tagjaként vesz részt a haltakarmányozás fejlesztésére irányuló EU-s projektekből. A kutatások eredményei jó alapot képeznek az intenzív haltermelési technológiák hazai fejlesztésének.

A Halászat Tudomány jelen számában közölt másik tudományos cikk a szürkeharcsa (*Silurus glanis*) recirkulációs rendszerben történő nevelésének lehetőségével foglalkozik. Bár hazánkban régóta folynak kutatások egyrészt recirkulációs rendszerben történő halnevelésre-, másrészt a szürke harcsa recirkulációs rendszerben történő nevelése még nem vált gyakorlattá. A most közölt cikkben bemutatott eredmények szerint a szürke harcsa recirkulációs rendszerben a keléstől számított 14 hónap alatt 3,6 kg-os méretűre nevelhető egy háromfázisú technológia alkalmazásával. Nyilvánvalóan további félüzemi kísérletek, illetve további kutatómunka szükséges ahhoz, hogy a technológia gyakorlati körülmények között eredményesen és biztonságosan alkalmazható legyen, azonban egyre közelebb kerülünk annak a célnak az eléréséhez, hogy „Magyarország váljék a harcsatermelés európai központjává”.

A Halászat Tudomány ez évi 2. számában megjelenő harmadik cikk ugyan nem tudományos közlemény, hanem beszámoló a Magyar Haltani Társaság XIV. Tiszafüreden megtartott konferenciájáról, még is jól illusztrálja, milyen értékes erőforrások állnak rendelkezésre a hazai halászati kutatások területén. Reméljük, hogy a hazai természetes vizeink haltani vizsgálatával foglalkozó kutatások eredményeiről a Halászat Tudomány lapban is rendszeresen beszámolhatunk a jövőben. Végezetül engedjük meg, hogy a Szerkesztőbizottság nevében Békés és Boldog Új esztendőt kívánjunk.

Dr. Váradi László
főszerkesztő

TARTALOM

A haltakarmányozás élettani alapjai – az anyagcsere: Irodalmi áttekintés* (Hancz Csaba).....	3
Háromfázisú szürkeharcsa (Silurus glanis) nevelés recirkulációs rendszerben? (Kovács Gyula, Wéber Csaba, Bogár Katalin, Fazekas Gyöngyvér, Beliczky Gábor és Havasi Máté)	11
Halasok egymás között: Beszámoló a XIV. Magyar Haltani Konferenciáról (Gyöngy Martina, Orbán László, Antal László).....	17

A haltakarmányozás élettani alapjai – az anyagcsere: Irodalmi áttekintés*

Hancz Csaba

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40. Tel.: 36-82-505-800, Fax: 36-82-321-749, e-mail: hancz.csaba@ke.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Mivel a takarmányozás a halhústermelés legnagyobb költségtényezője, az ezzel kapcsolatos, egyre növekvő irodalom immár könyvtárnyi. A legegyszerűbb hatékonysági mutatók (FCR, PER stb.) mérése illetve számítása után immár megjelent a metabolomika, a nutrigenomika és az epigenetika legújabb eredményinek gyakorlati hasznosítása is. Csupán a halak anyagcseréjének irodalma is hatalmas, ezért a jelen cikk célja csupán a már letisztultnak tekinthető elméleti alapok és a legfontosabb módszerek bemutatása, különös tekintettel az emészthetőség témakörére. Említésre kerül még a témának a fenntarthatósággal és a globális klímaváltozással kapcsolatos összefüggése is.

Kulcsszavak: anyagcsere, energiahasznosulás, emészthetőség

Physiological basis of fish feeding – metabolism: A review

Summary

Costs related to feeding make a determining part of production costs in fish production consequently there is an enormous quantity of papers discussing different theoretic and practical aspects of fish metabolism. Determining the simplest indexes of efficiency (FCR, PER, PPV etc.) is followed nowadays by using the result of metabolomics, nutrigenomics and even epigenetics. Complex overview of this huge amount of information being impossible only basics of fish metabolism, the most important methods related are discussed here with special regards to digestibility. Relation of this area with sustainability and global climatic changes is also mentioned.

Keywords: fish, metabolism, energy utilization, digestibility

Bevezetés

Mivel általában a takarmányozás, ezen belül a takarmány jelenti a legnagyobb költségtényezőt, az állattenyésztés egyéb ágazataihoz hasonlóan a haltermelésben is, számtalan publikáció foglalkozik a halak takar-

mányhasznosításával. A legtöbb cikkben persze csak a legegyszerűbben számítható takarmányegyüttható (angolul FCR) vagy annak reciprokát, az ún. takarmányhatékonysági arányszámot (FER) találhatjuk meg, mert ezekhez csak a súlygyarapodás és az ehhez felhasznált takarmány mennyiségének mérése szükséges. Megjegyzendő viszont, hogy ez utóbbiból a halak által ténylegesen elfogyasztott hányad pontos meghatározása a vízi környezet miatt korántsem olyan egyszerű feladat, mint a szárazföldi állatok esetében. A fehérjehasznosulás népszerű mutatói a fehérjehatékonysági arányszám (angolul PER) és az ún. produktív fehérje-érték angolul PPV) vagy nettó fehérjehasznosítás (NPU), amelyek a súlygyarapodás és az ahhoz felhasznált fehérje arányát fejezik ki (*Weatherly and Gill, 1989*). Ezek kiszámításához természetesen ismernünk kell a takarmány és a haltest nyersfehérje tartalmát, de ez már szinte minden valamire való haltakarmányozási kísérletben alapvető paraméter. A fenti mutatókat több évtizede használják, az akvakultúrában lezajlott igen intenzív, mondhatni robbanásszerű fejlődés viszont a tenyésztett fajok tápanyagigényének megismerésével vált lehetővé (*Webster and Lim, 2002*). A fejlődés másik fő feltétele a halak anyagcseréjét egyre részletesebben és pontosabban leíró elméleti modellek kidolgozása volt (*Braaten, 1978; Smith, 1980; Kaushik and Teles, 1985; Tytler and Calow, 1985; Kaushik, 1986; Johnston and Dunn, 1987; Clarke and Johnston, 1999; Bureau et al., 2002; Dietz et al., 2013; Grisdale-Helland et al., 2013 a, b; Stadlander et al., 2013*).

Mivel a halak anyagcseréjével kapcsolatos hatalmas irodalom áttekintése és kritikai értékelése megoldhatatlanul nehéz - ha nem lehetetlen - feladat, jelen cikk célkitűzése csak a kutatás mára már letisztult legfontosabb eredményeinek és ígéretes jövőbeni irányainak bemutatása.

A halak anyagcseréje

Az anyagcsere problémakörét legcélszerűbb először az energia oldaláról megközelíteni, ahogy azt *Weatherly* és *Gill* (1989) is teszik, az anabolizmus (bioszintézis) és katabolizmus (lebontó folyamatok) fogalmainak felhasználásával, *Brett és Groves* (1979) nyomán, az alábbi egyenlet szerint:

$$I = M + G + E$$

ahol: I: a táplálékkal felvett energia, M: anyagcsere, G: növekedés, E: kiválasztás.

A fenti egyenlet az alábbiak szerint is felírható, tovább magyarázva az anyagcserét:

$$I = A + C + F$$

ahol: I: a táplálékkal felvett energia, A: anabolizmus, C: katabolizmus, F: ürülék (feces)

továbbá:

$$I - F = A + C \text{ és } A + C = M$$

(anyagcsere, azaz metabolizmus).

Az állati szervezet bioenergetikája úgy is leírható, mint a táplálékkal felvett és az élettani folyamatokhoz felhasznált energia egyensúlya (Cho *et al.*, 1982).

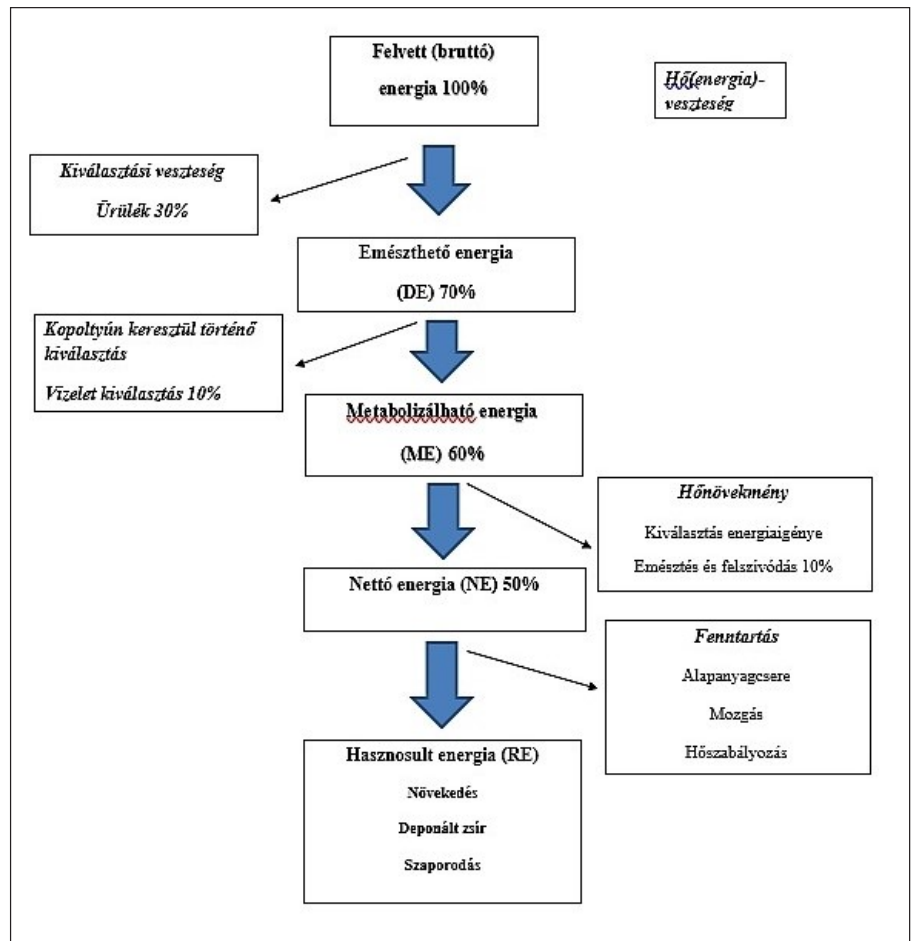
Az alapvető energiahordozó összetevők (szénhidrátok, zsírok és fehérjék) energiatartalma az NRC (1993) által megadott értékekkel (17,15; 39,54 és 20,08 kJ g⁻¹) jól becsülhető. Ezek az értékek némileg eltérnek az emlősök esetében (Kleiber, 1961) használtaktól. Az ún. melegvérű (homeoterm) és a változó testhőmérsékletű (ektoterm) állatok közé tartozó halak közötti alapvető hasonlóságok és a nagyon fontos különbségek megértését segítheti az 1. ábra, amelyen a felvett energia útját követhetjük. (Az ábra adatai eredetileg fiatal lazacfélre vonatkoznak, de nagyságrendileg általában is érvényesek.)

A táplálékkal felvett energia hasznosulásának útja a magasabbrendű gerincesekéhez hasonló. Az emészthető és főleg a metabolizálható energia aránya azonban a melegvérű állatokhoz képest kedvezőbben alakul. Ennek oka elsősorban a halak kiválasztásában keresendő. A fehérjeanyagcsere végterméke halaknál 70-80 %-ban ammónia és 20-30 %-ban karbamid. Ez a nagyarányú ammónia-kiválasztás csökkenti a dezaminálásnak és a karbamid szintézisnek köszönhető hőveszteséget. A halak nem fordítanak energiát az állandó testhőmérséklet fenntartására, továbbá – úszóhólyagjuk fajsúlyszabályozó szerepének köszönhetően – testhelyzetük fenntartására sem, ami lehetővé teszi a melegvérű állatokénál hatékonyabb energia- és fehérjehasznosítást. A halak alap-

anyagcseréjének energiaszükséglete csupán egytizede, egyhuszada a melegvérű állatokénak.

Kaushik and Médale (1994) a halak és a szárazföldi állatok átlagos fenntartó energia igényét összehasonlítva, az alapanyagcsere az utóbbiaknál 0,70 míg a halaknál 0,01 - 0,07 MJ/kg^{0.75}/nap értékeket adnak meg. A poikiloterm ektoterm halak komparatív előnyét a hústermelésben az endoterm homeoterm emlősökkel szemben Jobling (2017) a következőképpen foglalja össze: a halak anyagcsere sebessége kisebb, az éhezést jobban tűrik, az életfenntartó takarmányigényük kisebb és a növekedésre fordítható takarmányhasznosításuk jobb, mint az emlősöké.

A halak energiaszükséglete függ: a víz hőmérsékletétől (minden 10 °C vízhőfok-emelkedés - az optimum eléréseig - közel megkétszerezi az anyagcsere sebességét), a hal méretétől, a táplálék összetételétől és a hal élettani aktivitásától (pl. szaporodás). A test fenntartásának és a növekedésnek halfajonként is változó az energiaigénye. Egy kilogramm hústöbblet előállításához kb. 8,4-19,3 MJ szükséges. Az anyagcsere sebesség mérése az oxigénfogyasztás meghatározásával történik, ami a később tárgyalandó speciális, zárt rendszerű anyagcsere-akváriumokban nem számít komplikált feladatnak.



1. ábra: A halak energiaszükséglete (Needham, 1964 és NRC, 1993 után)
Figure 1: Energy utilization of fish (After Needham, 1964 and NRC, 1993)

Az emészthető és metabolizálható energia konkrét, kísérletes meghatározása ugyanakkor a vízi környezet miatt komoly módszertani nehézségekbe ütközik, aminek néhány aspektusát az alábbiakban tárgyaljuk. A halak anyagcseréjének részben az ősi jellegzeteségeknek köszönhető, részben a vízi környezethez való alkalmazkodás miatt kialakult valamennyi sajátosságát itt csakúgy nincs mód tárgyalni, mint a halak bioenergetikájával foglalkozó bőséges irodalmat. Ezekből némi ízelítőt kaphatunk többek között *Braaten*, 1978; *Smith*, 1980; *Johnston and Dunn*, 1987; *Clarke and Johnston*, 1999; *Bureau et al.*, 2002; *Davis*, 2015 munkáiból. Néhány alapvető tény kiemelése viszont feltétlenül szükségesnek tűnik. Először is megemlítendő, hogy a halak a táplálékfelvételhez és az emésztéshez sokkal kevesebb energiát használnak fel, mint a további metabolikus folyamatokhoz (*Brody*, 1945). Ennek azért van nagy jelentősége, mert ebből következik, hogy a metabolizálható energia (ME) – egyébként nagyon nehezen kivitelezhető – kísérletes meghatározása nem sok előnyt jelent az emészthető energia (DE) nem problémamentes, de mégis csak egyszerűbb meghatározásához képest (*NRC*, 1993). Ezt emeli ki *Lovell* (1989) is egy táblázat adataival illusztrálva ahol a szírványos pisztrángra kiszámított, különböző tápösszetevőkre vonatkozó DE/IE és ME/DE arányok szerepelnek. *Allameh et al.* (2007) idézve *Willoughby* (1999) munkáját, egyszerű megoldást javasolnak: a metabolizálható energia megfelelő pontossággal becsülhető oly módon, hogy az emészthető energiából levonunk 11%-ot, mint a nitrogénkiválasztásnak köszönhető hányadot.

A modern haltápok kifejlesztésének egyik kulcskérdése az ideális fehérje/energia arány beállítása, amihez tudni kellene a bruttó energiátartalomtól kívül az emészthető és metabolizálható energia értékeit is. Utóbbiak kísérletes meghatározása - minden halfaj minden korosztálya számára - még a legtökeőbb multinacionális gyártók lehetőségeit is meghaladja. Ezeket az értékeket a bruttó energia alapján számítják, melynek módszere nem nyilvános. Ugyanakkor a kutatásban manapság a DE meghatározása a takarmányozási kísérletek standard részévé kezd válni, melynek módszertani változatait a későbbiekben ismertetjük.

A bruttó energiát nem csak a fentebb bemutatott módon lehet számítani az összetevők energia értékei alapján (*NRC*, 1993), hanem direkt módon is, bombakaloriméterrel, ami szintén elterjedten használt módszer. A kémiai összetételből az alábbi egyenlet alapján számítható:

$$\text{MJ/kg szárazanyag} = -3,064 + 34,82 x_1 + 17,21 x_2 + x_3 (18,52 - 31,2 x_4),$$

ahol: x_1 = nyers fehérje, x_2 = nyers zsír, x_3 = nitrogénmentes kivonat (szénhidrát), x_4 = nyers rost (g/kg egszékkel számolva). Ezt az egyenletet *Härtel* (1986)

eredetileg baromfira adta meg, de halakra is megbízható becslést ad, legalábbis nem terhelt nagyobb hibával, mint a kísérletes próbálkozások. (Ezt az egyenletet baromfi esetében 1990 óta nem használják, de halakra egyelőre jobb becslőegyenletet még nem dolgoztak ki.)

Mielőtt az emészthető energia meghatározásának módszereit taglalnánk, meg kell említeni, hogy az anyagcsereutatásban is van némi terminológiai "sokszínűség". Erre egyik példa, hogy a felvett összes (bruttó) energiát nevezik angolul ingested energy-nek (IE) de gross energy-nek (GE) is. Hasonlóképpen, a fentiekben bemutatotthoz képest más nevezéktannal dolgozik *Jobling* (1998) a haszonhalak tápanyagigényének tárgyalásakor. Nála egy tápanyag hasznosítható hányada az abszorpciós hatékonyságot (A) – ami az eddig tárgyaltak szerint az emészthetőséget jelenti -, az alábbiak szerint vezet le:

$$A = 100 (N - F)/N$$

ahol: N a táplálék (összes) tápanyag (pl. fehérje) tartalma és F az ürülék formájában távozó veszteség. Fontos leszögezni még, hogy ezzel az egyszerű képlettel az ún. látszólagos emészthetőséget (AD) határozzuk meg, mert az ürülék nem csak a táplálékból származó, hanem más (szöveti és bakteriális eredetű) anyaghányadot is tartalmaz (F'), amit le kellene vonnunk a tényleges vagy valódi emészthetőség meghatározásához:

$$\text{"valódi"} A = 100 [N - (F - F')]/N$$

Ennek azonban csak kis fehérje tartalmú tápok esetében van jelentősége, egyébként ez a "hiba" csak 2-3%-ra tehető (*Jobling*, 1998), ráadásul a valódi emészthetőség kísérletes meghatározása halaknál csaknem lehetetlen.

Azokat a nehézségeket, amelyek lehetetlenné teszik, hogy a halaknál a szárazföldi állatokhoz hasonló anyagcsere vizsgálatokat végezzünk *Smith* (1979) az alábbiak szerint csoportosítja:

– A kísérleti állatok kis mérete miatt nehezen gyűjthető elegendő mennyiségű kiürített "végtermék". Nagyobb csoport használata viszont más típusú problémákat eredményez.

– A kiürített bélsarat először is el kell különíteni az el nem fogyasztott takarmánytól, azután a lehető legrövidebb időn belül eltávolítani a vízből. Az emészthetőség direkt meghatározásához ráadásul az elfogyasztott takarmány és a termelt bélsár (összes) mennyiségét is pontosan ismernünk kellene.

– A halaknál a kiválasztott nitrogén meghatározó része (70-80%-a) a kopoltyúkon keresztül távozik.

– A poikilotherm halak anyagcsere sebessége a víz hőmérsékletének függvényében változik.

A fenti nehézségek egy része leküzdhető egy olyan, speciálisan felszerelt anyagcsere-akváriummal, amelyben a kényszerített halat rögzítik, hogy a kopoltyúján történő kiválasztás külön is mérhető legyen, a bélsarat pedig katéterrel próbálják kinyerni (*Smith* (1971). Nem meglepő

módon ezt a módszert nem próbálták továbbfejleszteni, ma pedig állatjóléti szempontból is elfogadhatatlan lenne a használata. Elsősorban az anyagcsere sebesség meghatározására szolgáló respirométereket viszont használnak, és ezek hasonlóak ahhoz, amelyet *Cho et al.* (1982) alkalmaztak. A manapság a legkorszerűbb anyagcsere kísérleti módszertant *Helland et al.*, 2010 és *Grisdale-Helland et al.*, 2013) munkáiból ismerhetjük meg. Ezekben a halakat félig nyitott félig zárt respirométerrel felszerelt kádokban tartják (*Helland et al.*, 1996), amelyekben akár az éhez, akár a növekedési fázisban lévő halak hővesztesége is mérhető. Az éhez állat hőtermelésével lehet az alapanyagcsere (standard metabolic rate: SMR) mérni, ami a halak esetében, azon túl, hogy nagyon nehezen meghatározható. A bélsár gyűjtésére szolgáló berendezés természetesen tartozéka a kádnak.

Hogy a halak metabolizmusával kapcsolatos – nyilván az említett módszertani nehézségek által indukált – terminológiai zűrzavarról további képet kapjunk, meg kell említeni, hogy az alapanyagcsere helyett *Weatherly and Gill* (1989) erre az energiavesztésre a standard katabolizmus kifejezést javasolják. Továbbá *Rogers* (1982) nyomán a szervezet által megemésztett tápanyagok átalakításával kapcsolatos élettani folyamatoknak köszönhető energiavesztést “specific dynamic action”-nak (SDA) nevezik, ami azután sikeresen el is terjedt, és számos régebbi cikkben találkozhatunk vele. Megjegyzendő, hogy a fentebb említett terminológiai ellentmondások a kutatási terület fejlődésével együtt járó, kárt nem okozó “gyermekbetegségek” számítanak, ami a tudomány történetében inkább szokványos, mint ritka jelenség.

Az akvakultúra területén az utóbbi évtizedekben végbement és jelenleg is tartó igen intenzív fejlődés a jelen cikk által tárgyalt területeken is komoly méretű információrobbanással járt. Erről – a teljesség igénye nélkül – képet alkothatunk *Carter and Brafield*, 1991; *Focken et al.*, 1994; *Guo et al.*, 2005; *Smith et al.*, 1995; *Watanabe and Ohta*, 1995; *Ohta and Watanabe*, 1996; *Guo et al.*, 2012; *Dietz et al.*, 2013; *Saravanan et al.*, 2013; *Skov et al.*, 2013 valamint *Jobling*, 2017 munkáiból. A halak metabolizmusának kutatása azonban nem csak az “iparág” szempontjából fontos, hanem például a globális klímaváltozás hatásainak értékelésében is szerepet kapott. Egy új tudományterület, ökofiziológia vagy konzervációélettan kialakulásának lehetünk tanúi. Ennek jelentőségéről az is tanúskodik, hogy a *Journal of Fish Biology* 442 oldalas különszámot szentelt ennek a témának, amelynek 22 cikke közül 13 foglalkozik az alap és a maximális anyagcsere meghatározásával, annak módszertani problémáival (*Chabot et al.*, 2016).

Az emészthetőség mérése

A fentiekben tárgyaltak alapján a táplálék emészthető hányadának meghatározása kulcsfontosságú, bár koránt-

sem egyszerűen megoldható feladat a halak anyagcserejének kutatásában, legyen az alap vagy alkalmazott jellegű. Tisztáztuk a látszólagos és a valódi emészthetőség fogalmát, megállapítva, hogy utóbbi kísérletes meghatározása halaknál gyakorlatilag kivitelezhetetlen. Ez elmondható a látszólagos emészthetőség direkt módszeréről is, ami egyszerűen egy input-output különbség meghatározása, ami viszont számos, részben már tárgyalt ok miatt a vízi környezetben végképp nem működik. Ezért terjed el az indirekt módszer, amelynek az a lényege, hogy az etetett takarmányhoz kis mennyiségű (0,5-1 %-nyi) inert, azaz emészthetetlen jelzőanyagot kevernek. Egy tápanyag látszólagos emészthetősége (apparent digestibility coefficient, ADC) az alábbi képlet alapján számítható (*Smith*, 1979):

$$ADC = 100 - [(\% \text{ jelzőanyag a tápban} / \% \text{ jelzőanyag a bélsárban}) \times (\% \text{ tápanyag a bélsárban} \times 100 / \text{tápanyag a tápban})]$$

Ez a képlet természetesen használható az energia-tartalomra is (*Lovell*, 1979), ahol az energiatartalmat meghatározhatjuk akár bombakalorimetriásan, akár a kémiai összetétel alapján is. A legelterjedtebben használt jelzőanyag a krómoxid, de *Jobling* (1998) beszámol a titániumoxid, a szilíciumoxid, a ritkaföldfémek, a lignin, a savban oldhatatlan hamu (AIA) továbbá a kromogén festékanyagok használatáról is. Megjegyzi ugyanakkor, hogy az ezen jelzőanyagok hatékonyságának összehasonlítása céljából végzett kísérlet nem vezetett egyértelmű eredményre. Manapság a titániumoid mellett az itriumoxid számít az elterjedtebben használt jelzőanyagoknak (*Helland et al.*, 2010; *Grisdale-Helland et al.*, 2013; *Hatlen et al.*, 2015; *Heinitz et al.*, 2015), de a krómoxidot továbbra is alkalmazzák. Speciális esetekben a nyersrost is használható markerként (*Krontveit et al.*, 2014).

Az abszorpciós kapacitás (emészthetőség) becslési pontossága azonban legnagyobb mértékben a bélsár gyűjtésének módszerétől függ. A legegyszerűbb módszerrel, az etetés után meghatározott időpontban elvégzett, a kád/akvárium aljáról történő leszívással egyrészt felülbecsüljük az emészthetőséget, mert egyrészt a bélsárból jelentős lehet a kioldódás, másrészt a leszívott és leszűrt anyag óhatatlanul keveredik el nem fogyasztott táppal. Ez a torzítás egy órával a bélsárürítés után végzett gyűjtés esetében *Lovell* (1979) szerint 10% körül alakul. Mások, például (*Sklan et al.*, 2004) úgy találták, hogy a tartókádakból megfelelő időpontban végrehajtott leszívással is megbízható eredmények érhetőek el. Az idők folyamán több, különböző komplikált ürlékgyűjtési technikát fejlesztettek ki, amelyekkel a kioldódási veszteség jelentősen csökkenthető (*Cho et al.*, 1982; *Bureau*, 2013; *Velázquez and Martínez*, 2005). *Choubert et al.* (1979) például olyan rendszert fejlesztettek ki, amelyben a bélsár gyűjtése folyamatos, és az azonnal mélyhűtésre kerül.

A bélsár a halakból kinyerhető a defekációt megelőzően

is, ami által a vízzel való érintkezés elkerülhető. Ennek főbb módszerei a végbélnyíláson keresztül való kiszívás, az egyszerű, kézzel történő kinyomás és az állat feláldozásával járó, a bélcsatorna adott szakaszából történő kinyerés (*Jobling, 1998*). Ezeknek a módszereknek hibája, hogy – különösen kisebb halaknál – a bélsár keveredése vizelettel és nyálkával elkerülhetetlen, továbbá a nem teljesen megemésztett béltartalom kinyerése az ADC alulbecslését okozza. A hibák ellenére e módszerek megfelelőnek mutatkoztak a rövid és egyenes bélcsatornájú halak (pl. a pisztráng és lazacfélék esetében, de *Heinitz et al. (2015)* a kinyomások módszert nagyon hatékonyan találták ponty esetében is az energia, a tápanyagok, sőt az egyes aminosavak emészthetőségének meghatározására. *Blyth et al. (2015)* ezt a módszert szintén megbízhatóbbnak találták, mint az ülepítő-szűrős technikát. Megfelelő és a gyakorlat számára használható eredmények ugyanazon rendszer és technika konzekvens használatával érhetők el (*Bureau, 2013*), míg a különböző metodológiák összehasonlítása rengeteg problémát vet fel (*Rawles et al., 2010*).

Az emészthetőség meghatározása, a hal-takarmányok fejlesztési stratégiái, új és legújabb irányok

A fentiekből egyértelműen megállapítható, hogy bár az ADC meghatározására általánosan használt, standard módszert nem sikerült kifejleszteni, mégis előnyösebb ezzel próbálkozni, mint a táplálék vagy a haltápok tápanyagainak metabolizálható hányadának meghatározásával, amint azt már (*Lovell, 1989*) is megállapította. Ugyanakkor az ADC meghatározási technikáinak gyors fejlődésével ez mára a kifejezetten gyakorlati célkitűzésű haltarmányozási kísérleteknek is rutinszerűen alkalmazott részévé kezd válni, akár még a respirometriával is kiegészülve (*Stadtlander et al., 2013*). Az egyik fejlesztési irányt jól demonstrálják *Helland et al., (2010)* és *Grisdale-Helland et al., (2013)* munkái, akik lazactápok makrotápanyag tartalmát tesztelték különböző napi adagokban etetve. Ez az ún. adagnagyság szerinti igény meghatározása (angolul: requirement by ration level, RRL), ami úgy működik, hogy először meghatározzák az étvágy szerinti, maximális adagot, (100 %), majd ezt csökkentett mértékben (pl. 75, 50, 25 %-ban) etetik és mérik az ADC-t. Az újonnan kifejlesztett teljes módszertani arzenál (respirometria, kalorimetria, ADC mérés) bevetésével nagyon pontos regressziós egyenletek számíthatók pl. a DE – energiagyarapodás, DE – fehérjegyvarapodás vagy az emészthető összes aminosav-gyarapodás összefüggésének leírására. Ennek természetesen nem csak a tudományos értéke jelentős, de a haltápgyártók és a haltermelők számára is fontos.

Egy adott faj adott korcsoportjának szánt, annak igényeit kielégítő, ugyanakkor a leggazdaságosabban előállítható táp “megtervezése” a gyártók fő törekvése az intenzív akvakultúra kezdetei óta. Új korszak ebben

akkor kezdődött, amikor a fenntarthatóság vált a központi kérdéssé. Csakúgy, mint a haltakarmányozás egyéb területein, a problémát legalaposabban az atlanti lazac esetében vizsgálták. Ez a faj a tápban hagyományosan nagy mennyiségű hallisztet és halolajat igényelt. Ezek arányának csökkentése során született az ún.

“fish in fish out” (FIFO) koncepció, ami az egy-ségnyi hal előállítására felhasznált halból származó takarmányösszetevők arányát jelenti. Ez az arány eredetileg 1:4,9 volt (*Tacon and Metian, 2008*), amit sikerült 1:1,7-re csökkenteni az új generációs haltápokban (IFFO, <http://www.iffonet/>).

A halliszt helyettesítése más fehérjehordozókkal a haltápokban olyan fontos terület, ahol megszámlálhatatlan számú cikk született. Ezek teljeskörű áttekintése egyrészt lehetetlen, másrészt itt szükségtelen is. *Glencross et al., (2007)* kiváló áttekintést adnak az akvakultúrában használt tápok összetevőinek értékelési stratégiáiról. Szerintük a halliszt alternatívái két nagy csoportba oszthatók, vagy növényi eredetűek vagy szárazföldi állatokból származnak. Utóbbiak között egyre több munka elemzi a rovarokból és férgékből származó liszteket (*Magalhães et al., 2017; Pucher et al., 2006*). Az állati eredetű fehérjeforrások között fontos szerepet játszanak a halakból származó fehérje-hidrolizátumok és a feldolgozóban keletkező melléktermékekből származó lisztek (NOAA/USDA (2011); *Wei et al., 2006*). A növényi eredetű fehérjeforrások között hagyományosan a szójából származó termékek játszószák a főszerepet (*Teuling et al., 2017; Hien et al., 2017*). *Glencross et al., (2007)* a következők szerint adják meg a takarmányösszetevők értékelésének fő szempontjait: emészthetőség, ízletesség, értékesíthető tápanyagtartalom és funkcionalitás. Kiemelik az ízletesség szerepét, amelynek meghatározó szerepe volt a fentebb tárgyalt RRL módszer kifejlesztésében, hiszen a hallisztet és halolajat helyettesítő alternatívák nemegyszer kellemetlen ízhatásúak és/vagy antinutritív anyagokat tartalmaznak. Egy-egy tápanyag emészthetőségének meghatározására két fő módszert különböztetnek meg, az ún. táp-helyettesítés módszerét (diet replacement method, DRM) és az összetevő-helyettesítés módszerét (ingredient replacement method, IRM). Az első esetben egy referencia táp egy részét cserélik ki a tesztelendő tápban oly módon, hogy az még reprezentálja a referencia tápot, az utóbbi módszer-nél szintén van referencia táp, melynek egyetlen – nagy arányban bekevert összetevőjét – cserélik ki a tesztelendő tápban (*Aksnes et al., 1996*). A két módszer hatékonyan kombinálható is (*Glencross and Hawkins 2004; Glencross et al. 2004d*). A tápanyaghasznosítás meghatározásával kapcsolatos “táptervezési” stratégiák jó összefoglalóját találhatjuk *Glencross et al., (2007)* munkájában.

Az összetevők funkcionalitás szempontjából történő értékelése a tápgyártás (pelletálás vagy extrudálás) szempontjából is fontos (*Thomas and van der Poel, 2001*), de a termelt hal húsmínőségének szempontjából is figyelembe

kell venni, legyen szó funkcionális élelmiszer előállításáról szelén kiegészítéssel (*Pacitti et al.*, 2015) vagy alternatív növényi olajok használatáról (*Monge-Ortiz et al.*, 2017).

A speciális takarmánykiegészítők használata egyre inkább terjed. Ezek egy része az emészthetőséget közvetlenül befolyásolja, mint például az exogén enzimek (*Hardy*, 2000; *Kazerani and Shahsavani*, 2011) vagy a fitinsav (*Liu et al.*, 2017). Más kiegészítők hatása indirekt, mint az ún. szinergistáké, ami a pre- és probiotikumok közös neve. Ezek felhasználása is terjedőben van (*Carnevali and Maradonna*, 2017; *Cerezuela et al.*, 2011; *Ganguli et al.*, 2013; *Banerjee and Raj*, 2017; *Hoseinfar et al.*, 2017). A növényi hatóanyagok különböző módon hatnak a halak növekedésére és takarmányértékésítésére is, felhasználásukról komoly mennyiségű irodalom számol be (*Chakraborty and Hancz*, 2011; *Chakraborty et al.*, 2013).

Az összefoglalóan "omics"-nak nevezett terület a biológiai tudományok legújabb hajtása, ami az akvakultúra területén is hatékony módon használható, hiszen összeköti a genetikát az immunológiával és a tápanyaghasznosulás élettanával. A metabolomika (*Samuelsson and Larson*, 2008) és a nutrigenomika (*Alfaro and Young*, 2016; *Young and Alfaro*, 2016; *Leaver et al.*, 2017; *Sam and Król*, 2017) első perspektivikus eredményei alapján ezek a területek nagy jövő előtt állnak, de már napjainkban is számtalan cikk módszertana tartalmazza a génexpresszió értékelését.

Hasonlóan új és ígéretes terület az epigenomika alkalmazása az akvakultúra területén, kihasználva a tényt, hogy a halak – az egyedfejlődés legkorábbi szakaszaiban – azon állatok közé tartoznak, amelyeknél az epigenetikus öröklés szerepe viszonylag nagy. Ez számos, termelési szempontból fontos tulajdonság (pl. ivararány, betegségellenálló képesség, sótűrés) javításában felhasználható, de ide tartozik az alternatív fehérje- és zsírforrásokhoz való alkalmazkodás is (*Granada et al.*, 2018).

Következtetések

- A halak metabolizmusának sajátosságai lehetővé teszik versenyképességüket a szárazföldi (állandó testhőmérsékletű) állatokkal a hústermelésben. Relatív nagyobb fehérjeszükségletük miatt azonban anyagcseréjük intenzív kutatása akkor vált elodázhatatlanul szükségessé, amikor a tengerek túlhalászata miatt a fenntarthatóság szempontjai egyértelműen uralkodóvá váltak.

- A fentiek alapján nem meglepő, hogy a legnagyobb mértékű kutatási tevékenység azon alternatív fehérje és zsírforrások tesztelésére összpontosult, amelyekkel a halliszt és a halolaj kiváltása maximalizálható. Erről a máris könyvtárnyi és egyre szaporodó irodalom egyértelműen tanúskodik.

- A látszólagos emészthetőség mérése a haltakarmányozási kísérletek elengedhetetlen részévé vált, annak ellenére, hogy a legfontosabb elemeinek (belsőanyag, jelölőanyag használat) nincs egységes, standard módszere.

- Az akvakultúra igényein túl a globális felmelegedés hatásainak felmérésében is fontos szerepet játszik az ökofiziológia, jelesen a természetes halállományok standard és maximális anyagcsere-sebességének kutatása.

- A metabolomika és a nutrigenomika valamint az epigenetika jelölhető meg azon területekként, amelyekről a jövőben az akvakultúra területén is áttörés, vagy legalább is jelentős fejlődés várható.

Köszönetnyilvánítás

A téma feldolgozását a következő projektek támogatták: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005, EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008.

IRODALOM

Aksnes, A., Hjertnes, T., Opstvedt, J. (1996) Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. *Aquaculture*, 140, 343–359.

Alfaro, A.C., Young, T. (2016) Showcasing metabolomic applications in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 0, 1-18.

Allameh, S.K., Soofiani, N.M., Pourezza, J. (2007) Determination of Digestible and Metabolizable Energy of Fishmeal and Soybean Meal in Rainbow Trout with Two Different Sizes (*Onchorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(20), 3722-2725.

Banerjee, G. and Ray, A. K. (2017) The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Research in Veterinary Science* 115 (2017) 66–77.

Blyth, D., Tabrett, S., Bourne, N., Glencross, B. (2015) Comparison of faecal collection methods and diet acclimation times for the measurement of digestibility coefficients in barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, 21(2), 248-255.

Braaten, B.R. (1978) Bioenergetics – a review on methodology. *World Symp on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Hamburg 20-23 June 1987. Vol.II Berlin

Brett, J.R., Groves, T.D.D. (1979) Physiological energetic. In "Fish Physiology, Vol. VIII, Bioenergetics and Growth (W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, eds.) Academic Press. New York and London.

Brody, S. (1945) Bioenergetics and growth. New York, Reinhold Hafner Press. 1023 p.

Carnevali, O., Maradonna, F., Gioacchini, G. (2017) Integrated control of fish metabolism, wellbeing and reproduction: The role of probiotic. *Aquaculture* 472. 144-155.

Carter, C.G., Brafield, A.E. (1991) The bioenergetics of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.): energy allocation at different planes of nutrition. *Journal of Fish Biology*, 39(6), 873-887.

Cerezuela, R., Meseguer, J., Angeles E. (2011) Current

- knowledge in synbiotic use for fish aquaculture. A Review. *Aquaculture Research and Development*.
- Chabot, D., McKenzie, D.J., Craig, J.F. (2016) Metabolic rate in fishes: definitions, methods and significance for conservation physiology. *Journal of Fish Biology*, 88. 1–9.
- Chakraborty, S.B. and Hancz, C. (2011) Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture* 3. 103–119.
- Chakraborty, S.B., Horn, P., Hancz, C. (2013) Application of phytochemicals as growth-promoters and endocrine modulators in fish culture *Reviews in Aquaculture* 5. 1–19.
- Cho, C.Y., Slinger, S.T., Bayley, H.S. (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comp Biochem Phys.* 73B. 25-41.
- Choubert, G., de La Noüe, J., Luquet, P. (1979) Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *Progressive Fish-Culturist*, 41(2). 64-67.
- Clarke, A., Johnson, N.M. (1999) *J. Anim. Ecol.* 68. 893-905.
- Dietz, C., Stiller, K.T., Griese, M., Schilz, C., Susenbeth, A. (2013) Influence of salinity on energy metabolism in juvenile turbot, *Psetta maxima* (L.). *Aquaculture Nutrition*, Focken, U., Hörstgen-Schwark, G., Lückstädt, C., Becker, K. (1994) Growth, Metabolic Rates and Body Composition of Individually Reared Triploid Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Comparison to Diploid Full-Sibs
- Ganguly, S.; Dora, K.; Sarkar, S.; Chowdhury, S. (2013) Supplementation of prebiotics in fish feed: a review. *Reviews in Fish Biology & Fisheries* . Vol. 23 Issue 2, p 195-199.
- Gao, Y., Lv, J., Lin, Q., Li, L. (2005) Effect of protein levels on growth, feed utilization, nitrogen and energy budget in juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. *Aquaculture Nutrition*, 11. 427-433.
- Glencross, B.D., Booth, M., Allan, G.L. (2007) A feed is only as good as its ingredients - a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13 (1). 17–34.
- Glencross, B.D., Carter, C.G., Duijster, N., Evans, D.E., Dods, K., McCafferty, P., Hawkins, W.E., Maas, R., Sipsas, S. (2004d) A comparison of the digestive capacity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when fed a range of plant protein products. *Aquaculture*, 237. 333–346.
- Glencross, B.D., Hawkins, W.E., Curnow, J.G. (2004a) Nutritional assessment of Australian canola meals. I. Evaluation of canola oil extraction method, enzyme supplementation and meal processing on the digestible value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). *Aquac. Res.*, 35. 15–24.
- Grisdale-Helland, B., Takle, H., Helland, S.J. (2013) Aerobic exercise increases the utilization efficiency of energy and protein for growth in Atlantic salmon post-smolts. *Aquaculture* 416–417, 179–184
- Granada, L., Lemos, M.F.L., Cabral, H.N., Bossier, P., Novais, S.C. (2018) Epigenetics in aquaculture - the last frontier. *Reviews in Aquaculture* (2018) 10, 994–1013
- Hardy, R.W. (2000) New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. In: Cruz-Suarez et al (eds.) *Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola* 19-22 Noviembre 2000. Mérida Yucatán Mexico.
- Härtel, H. (1986) Influence of food input and procedure of determination of *metabolizable energy* and digestibility of a diet measured with young and adult birds. *Br. Poult. Sci.* 27. 11-39.
- Heintz, M.C., Lemme, A., Schulz, C. (2015) Measurement of digestibility in aquatic fish based on stripping method – apparent nutrient, energy and amino acid digestibilities of common feed ingredients for carps diet. *Aquaculture nutrition*. <https://doi.org/10.1111/anu.12324>
- Helland, S.J., Grisdale-Helland, B., Nerland, S. (1996) A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture*, 139. 157–163.
- Hien, T.T.T., Phu, T.M., Tu, T.L.C., Duc, P.M., Bengtson, D.A. (2017) Effects of replacing fish meal with soya protein concentrate on growth, feed efficiency and digestibility in diets for snakehead, *Channa striata*. *Aquaculture Research* 48(6). 3174-3181.
- IFFO <http://www.iffonet/>.
- Jobling, M., (2017) Bioenergetics in Aquaculture Settings, In Reference Module in Life Sciences, Elsevier
- Johnson, R.B., Cook, M.A., Nicklason, P.M., Rust, M.B. (2009) Determination of apparent protein digestibility of live *Artemia* and a microparticulate diet in 8-week-old Atlantic cod *Gadus morhua* larvae. *Aquaculture*, 288(3-4). 290-298.
- Johnston, I.A., Dunn, J. (1987) Temperature acclimation and metabolism in ectotherms with particular reference to teleost fish. *Symp Soc Exp Biol.*, 41. 67-93.
- Kaushik, S.J. (1986) Environmental effects on feed utilization. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2. 131-140.
- Kaushik, S.J., de Olivia-Teles, A. (1985) Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture* 50. 89-101.
- Kaushik, S.J., Médale, F. (1994) Energy requirements, utilization and dietary supplies to salmonids. *Aquaculture*, 124. 81-97.
- Kazerani, H.R., Shahsavani, D. (2011) The effect of supplementation of feed with exogenous enzymes on the growth of common carp. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 12. 127-132.
- Kleiber, M. (1961) *The Fire of Life – an Introduction to Animal Energetics*. Wiley, New York.
- Leaver, M.J., Bautista, J.M., Björnsson, B.T., Jönsson, E., Krey, G., Tocher, D.R., Torstensen, B.E. (2008) Towards fish lipid nutrigenomics: Current state and prospects for fin-fish aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* Volume 16, Issue SUPPL.1, 2008, Pages 71-92.
- Liu, L.W., Liang, X.-F., Li, J., Yuan, X.C., Fang, J.G.

- (2017) Effects of supplemental phytic acid on the apparent digestibility and utilization of dietary amino acids and minerals in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Nutrition*
- Kronveit, R.I., Bendiksen, E.A., Aunsmo, A. (2014) Field monitoring of feed digestibility in Atlantic salmon farming using crude fiber as an inert marker. *Aquaculture*, 426-427. 249-255.
- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2017) Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476. 79-85.
- Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Rodríguez-Barreto, D., Martínez-Llorens, S., Pérez, J.A., Jover-Cerdá, M., Lorenzo, L. (2017) Replacement of fish oil with vegetable oil blends in feeds for greater amberjack (*Seriola dumerili*) juveniles: Effect on growth performance, feed efficiency, tissue fatty acid composition and flesh nutritional value. *Aquaculture Nutrition* | DOI: 10.1111/anu.12595
- Otha, M., Watanabe, T.M. (1996) Dietary energy budgets in carp. *Fisheries Science* 62: 745-753.
- Pacitti, D., Lawan, M.M., Sweetman, J., Martin, S.A.M., Feldman, J., Secombes, C.J. (Selenium Supplementation in Fish: A Combined Chemical and Biomolecular Study to Understand Sel-Plex Assimilation and Impact on Selenoproteome Expression in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*))
- Pucher, J., Ngoc, T.N., ThiHanYen, T., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M., Focken, U. (2014) Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural Northern Vietnam. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14. 557-565.
- Rawles, S.D., Thompson, K.R., Brady, Y.J., Twibell, R.G., Webster, C.D. (2010) A comparison of two faecal collection methods for protein and amino acid digestibility coefficients of menhaden fish meal and two grades of poultry by-product meals for market-size sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition* 16(1). 81-90.
- Sam, M., Król, E. (2017) Nutrigenomics and immune function in fish: new insights from omics technologies. *Dev Comp Immunol.* 75. 86-98.
- Samuelsson, L., Larsson, J. (2008) Contributions from metabolomics to fish research. *Molecular BioSystems*
- Saravanan, S., Geurden, I., Figueiredo-Silva, A.C., Verreth, J., Schrama, J.W. (2013) Voluntary feed intake in rainbow trout is regulated by diet-induced differences in oxygen use. *Journal of Nutrition*, 143. 781-788.
- Sklan, D., Prag, T., Lupatsch, I. (2004) Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aeneus*. *Aquaculture Research* 35. 358-364.
- Skov, P.V., Pedersen, L.F., Pedersen, P.B. (2013) Nutrient digestibility and growth in rainbow trout are impaired by short term exposure to moderate supersaturation in total gas exposure. *Aquaculture*, 416-417. 179-184.
- Smith, R.R. (1971) A method for measuring digestibility and metabolizable energy for fish feeds. *Progressive Fish-Culturist* 33. 132.
- Smith, R.R., Winfree, R.A., Rumsey, G.W., Allred, A., Peterson, M. (1995) Apparent Digestion Coefficients and Metabolizable Energy of Feed Ingredients for Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society* 26(4). 432-437.
- Thomas, M., van der Poel, A.F.B. (2001) Functional properties of diet ingredients: manufacturing and nutritional implications. In: *Advances in Nutritional Technology 2001* (van der Poel, A.F.B., Vahl, J.L. & Kwakkel, R.P. eds), pp. 109-122. *Proceedings of the 1st World Feed Conference, Utrecht, Netherlands, 7-8 November*, Wageningen Press, Wageningen
- Tytler, P., Calow, P. (1985) In "Fish energetic: New Perspectives". Croom Helm, London.
- Watanabe, T.M., Otha, M., (1995) Digestible and Metabolizable Energy of Various Diets for Carp and Rainbow Trout. *Fisheries Science*, 61. 215-222.
- Webster, C.D., Lim, C. (eds.) (2002): *Nutrition and fish health*. Food Products Press. New York-London-Oxford p. 365.
- Wei, Y., Liang, M., Mu, Y., Zheng, K., Xu, H. (2016) The effect of ultrafiltered fish protein hydrolysate level on growth performance, protein digestibility and mRNA expression of PepT1 in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) *Aquaculture Nutrition* 22(5). 1006-1017.
- Willoughby, S. (1999) *Manual of Salmonid Farming*. Blackwell Science INC.
- Young, T., Alfaro, A.C. (2016) Metabolomic strategies for aquaculture research: a primer. *Reviews in Aquaculture*, 0. 1-31.

*Jelen cikk a "Cs Hancz, D Varga, Measuring fish metabolism – science and practice of development in fish feeding: A review. ACTA AGRARIA KAPOSVÁRIENSIS 21:(1) pp. 1-14. (2017)" anyagának újraserkesztett, kiegészített változata.

Háromfázisú szürkeharcsa (*Silurus glanis*) nevelés recirkulációs rendszerben?

Kovács Gyula¹, Wéber Csaba¹, Bogár Katalin¹, Fazekas Gyöngyvér¹, Beliczky Gábor² és Havasi Máté²

¹Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet, H-5540 Szarvas, Anna-liget u. 35.

²Pannon Egyetem Georgikon Kar, Állattudományi Tanszék, Állattan és Akvakultúra Tanszéki Csoport, H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szürkeharcsa a magyar haltermelésben csak, mint gyomhalat fogyasztó mellékhal jelenik meg, pedig intenzív tartása is ígéretes, hiszen jól tűri a környezeti szélsőségeket és könnyen tápra szoktatható. A jelen tanulmány célja egy vegyes genetikai hátterű kísérleti szürkeharcsa állomány növekedési potenciáljának felmérése volt zárt rendszerben intenzív tartástechnológiai körülmények között. A teljes termelési ciklust három technológiai fázisra bontottuk; lárva-nevelés és ivadék előnevelés, ivadék-nevelés és befejező nevelés.

A lárva-nevelés és ivadék előnevelés fázisa a kelés után 55 napig tartott, ahol az állomány megmaradása 20% körüli, átlagtömege pedig 8,1 g volt. Az ivadék-nevelés időszaka 152 napot vett igénybe, ahol az állomány megmaradása 95,5%, átlagtömege pedig 535 g volt 1 m³-es kádakban a nevelési fázis végre azonos takarmányozási ráta mellett. A befejező nevelés 211 napig tartott, ahol az állomány egy 10 m³-es nevelőkádba lett elhelyezve kétszer 10 órás etetési ciklusok mellett. A befejező fázis végén az állomány megmaradása 96,4%-os volt, átlagtömege pedig 3610 g, ahol az összes biomassza 2109,5 kg, a végső népesítési sűrűség 210 kg/m³ volt 1,24-es takarmány együttható (FCR) értékkel. A kevert genetikai hátterű harcsa állomány háromfázisú intenzív recirkulációs üzemi nevelése 14 hónapot vett igénybe a 3,6 kg átlagtömeg eléréséhez. Az intenzív termelési technológia gyakorlati alkalmazása új távlatokat nyithat a szürkeharcsa termelésében kiváltképp a technológiához illesztett szelekciós tenyésztéssel előállított elit állományok használatával.

Kulcsszavak: Szürkeharcsa, intenzív technológia, háromfázisú nevelés, recirkulációs rendszer

European catfish (*Silurus glanis*) production with three growth stages in recirculating system?

Summary

The European catfish in the Hungarian aquaculture production appears as a side species which, consumes undesirable fishes from the ponds however, its intensive production is promising due to the fact that it tolerates extreme environmental conditions and the weaning

process to formulated feed is relatively easy. The objective of this study was to evaluate the production potential of a genetically mixed European catfish stock in a closed system with intensive production conditions. The whole production cycle was divided into three phases such as, larval rearing with pre-nursing, nursing and grow out phase.

The larval rearing with pre-nursing phase lasted for 55 days of post hatch where the survival of the stock was about 20% and its mean body mass was 8.1 g. The nursing period lasted for 152 days where the experimental stock was placed into 1 m³ tanks and the same feeding rate was applied in the production tanks. The survival of the stock was 95.5% and the mean body mass at the end of the period was 535 g. The grow out phase was 211 days long where the fish was stocked into a 10 m³ production tank with two times 10 hours feeding cycles. At the end of the grow out period the survival of the stock was 96.4% and its mean body mass was 3610 g where the total biomass reached the 2109.5 kg in the tank with the final stocking density of 210 kg/m³ furthermore, the value of the feed conversion ratio (FCR) at the final phase was 1.24. The intensive production of catfish stock with mixed genetic background in recirculating aquaculture system (RAS) with three growth stages took 14 months in total to reach the 3.6 kg of average body mass. The practical application of intensive technology could open new perspectives in the production of European catfish especially, with the use of elite stocks produced by selective breeding that fit to the requirements of intensive production technology.

Keywords: European catfish, intensive technology, production with three growth stages, recirculating aquaculture system (RAS)

Bevezetés

Magyarország a geográfiai adottságai miatt az édesvízi akvakultúrában tölthet be fontos szerepet. Jelenlegi akvakultúrás termelésünk évi 17.337 tonna (2015) (www.fao.org), melynek jelentős részét, mintegy 82 %-át a ponty termelésére alapozott tógazdasági extenzív termelés adja (Ma-Hal, 2017). A hazai akvakultúra termelés fejlesztésére egyrészt az intenzívebb tartási és takarmányozási technológiák kidolgozása és a gyakorlatba történő átültetése

adhat megoldást, figyelembe véve a környezetvédelmi szempontokat és a fenntarthatóságot. Másrészt a termelésbe vont (mellék) fajok arányainak növelésével a termelés diverzifikációját fokozva szélesíthető lenne az akvakultúrából származó termékek piaci skálája. Elsősorban a kiváló húsminőségű és ízű, gazdaságilag is ígéretes hazai ragadozó halfajaink termelését lehetne bővíteni.

A szürke harcsa (*Silurus glanis*; a továbbiakban „harcsa”) hazánk összes jelentősebb folyójában, illetve tavában megtalálható. Gazdaságilag igen értékes halfajunk, hiszen húsa rendkívül ízletes, szálkamentes, fehér színű és fiatalabb példányainak húsa zsírban szegény. A harcsa fogyasztói oldalán erős keresletről beszélhetünk, ugyanakkor a hazai hal és haltermékek piacát nem tekinthetjük egységes keresleti piacnak (Horváth és mtsai., 2011). Azonban Horváth és mtsai. (2011) által elvégzett SWOT analízisre épülő kölcsönhatás mátrixból levonható, hogy a harcsa termelése és piacának fejlesztése indokolt. Az előzőek alapján, tehát elmondható, hogy a harcsa intenzív és fél-intenzív termelésének megalapozott helye van a magyar akvakultúrában. Ennek ellenére a tógazdaságokban a polikultúrás termelésben, a harcsa csak, mint gyomhalat fogyasztó mellékhal jelenik meg (Harka és Sallai, 2004). Pedig intenzív tartása is viszonylag egyszerű, hiszen jól tűri a környezeti szélsőségeket (alacsony oldott oxigén koncentráció, vízhőmérsékleti változások, egyéb vízkémiai paraméterek ingadozása), könnyen tápra szoktatható, mivel egy rendkívül falánk ragadozó hal. Ezt támasztja alá, hogy a növedék és felnőtt harcsák a természetben az elsődleges haltáplálék mellett szinte minden hozzáférhető táplálékot elfogyasztanak (Pintér, 2002). Növekedési erélye is kimagasló, hiszen Európa édesvízeinek, a viza után, legnagyobbra növő hala (Horváth és mtsai., 2011). Harcsanövekedési vizsgálatokat korábban hazánkban Harka (1984) végzett kifogott példányok adatait felhasználva. Az intenzív termelési technológia kidolgozása reményt keltő kezdetek után (Krasznai és mtsai., 1979; Kepenyés és mtsai 1983) évtizedekkel ezelőtt megtorpant hazánkban. Napjainkban Havasi és mtsai. (2011) foglalkoztak hasonló vizsgálatokkal intenzív körülmények között, ahol a tápos technológiákkal a korábbi 3-4 éves üzemmódok 2-3 évesre csökkenthetőek. Viszont e fajon (a ponttyal ellentétben) szelektációs munka még alig folyt, így a tógazdasági termelésben megtalálható harcsa gyakorlatilag még vad, domesztikálatlan fajként jelenik meg, melynek nincsenek jól elkülönülő szelektált állományai vagy fajtái. Ezért, az intenzív tartási és takarmányozási technológiafejlesztés mellett különös hangsúlyt kell fektetni ezekhez a technológiákhoz alkalmazkodóbb, gyors növekedésű, betegségekkel szemben ellenállóbb és jobb húsminőséget produkáló változatok, fajták kialakítására. Ezt a munkát többek között a GINOP-2.3.2-15 GOODFISH “Fogyasztói igényekhez igazodó, gazdaságilag jelentős haszonhalaink

(harcsa, ponty, süllő) genetikai erőforrásainak és tenyésztés-technológiájának innovatív fejlesztése” című projekt finanszírozásából végzi a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet (a továbbiakban: NAIK HAKI) a Pannon Egyetem Georgikon Karával konzorciumi együttműködésben. A harcsa szelektációs tenyésztésével és molekuláris genetikai eszközök alkalmazásával előreláthatóan jelentős genetikai előrehaladás érhető majd el az értékmérő tulajdonságok javításában.

A szelektációs munka kivitelezéséhez a meglévő génbanki harcsa állományok mellé vad és tógazdaságokból (külföldi és hazai harcsa állományok) származó tenyészegyek begyűjtését végeztük el a NAIK HAKI harcsa génbankjába, ezzel is hozzájárulva ahhoz, hogy genetikailag minél szélesebb összetételű állomány álljon rendelkezésünkre egy kísérleti tenyészprogram elindításához. Az elsődleges tenyészcélok a harcsa vonatkozásában a gyors növekedés mellett a technológiatűrő-képesség javítása. Ezek az intenzív rendszerhez való jobb alkalmazkodást jelentik, mint a sűrű népesítés, magasabb tűrőképesség a gyengébb vízminőségi paraméterekkel szemben, folyamatos zajhatás tűrése, emberi beavatkozás tűrése, stb. A későbbiekben további tenyészcélok bevonása érdemes a tenyészprogramba úgy, mint a betegségrezisztencia javítása bizonyos kórokozókra nézve, húsminőségi paraméterek javítása, illetve a feldolgozás tekintetében fontos tulajdonságok (vágóérték, filékihozatal stb.) javítása.

Egy átfogó szelektációs program elindításához azonban ismernünk kell az anyahalak tenyészértékét a tenyészcélként kitűzött tulajdonságokra vetítve (Gjedrem, 2005). Ehhez az egyik legmegbízhatóbb módszer az ivadékvizsgálat, ahol az utódok teljesítményéből tudunk pontosabb becsléseket végezni a szülők tenyészértékére adott tulajdonságokra nézve, ugyanis itt a keresett tulajdonságok örökíthetőségét is pontosabban látjuk tenyészegyedenként.

A jelen vizsgálat célja, hogy a begyűjtött harcsa tenyészegyeket egy $\Sigma \times \Sigma$ keresztezéssel (az összes kinyert ivartermék összekeverése) létrehozott kevert genetikai háttérű kísérleti utódállomány teljesítményvizsgálatát végezzük el intenzív nevelési körülmények között recirkulációs rendszerben. Jelen munka ezeket az eredményeket mutatja be.

Ezen túlmenően távlati célkitűzésünkhöz tartozik, hogy a teljesítményvizsgálat végén (az étkezési méret elérése; 2-4 kg) az állomány legnagyobb-, illetve legkisebb egyedeinek farokúszójából DNS mintát veszünk, amelynek feldolgozása után genetikai markerek segítségével származási vizsgálatot végzünk, melynek eredményeként meghatározhatjuk a szülőpárt az adott egyedre (farokúszó minta) vonatkoztatva. Az így begyűjtött adatok segítségével a tenyészállomány szelektója elvégezhető a gyors növekedésre és technológia-tűrésre intenzív termelési rendszerhez illeszkedve.

Harcsa anyák begyűjtése

A NAIK HAKI harcса génbankba 2016-2017-ben begyűjtött tenyészállományok, amelyből a 2017. évi szaporítást végeztük a következők:

- Cseh tógazdaságból származó egyedek (20 db);
- Lengyel tógazdaságból származó egyedek (19 db);
- Romániából, a Duna-deltából származó vad (növénydék) és ketreces tartásból származó egyedek (10 és 4 db);
- Olaszországból vadon befogott egyedek (12 db);
- Tiszából (magyarországi szakasz) származó egyedek (8 db);
- Dunából (magyarországi szakasz) származó egyedek (4 db).

A begyűjtött anyák szaporítása, kísérleti állomány létrehozása

A begyűjtött állomány arra alkalmas egyedeit 2017. május 24-én szaporítottuk, ahol egyszeri oltást alkalmaztunk ponty hipofízissel (ikrásoknál 4 mg/testtömeg kg dózisban 0,65%-os NaCl oldatban) az ovuláció kiváltásához. Összesen 25 db ikrás és 27 db tejes tenyészhalat vontunk be a szaporításba. Minden ikrás tenyészhal ivartermékét a szaporításba bevont összes tejes egyed összekevert ivartermékével termékenyítettük meg. A megtermékenyített ikrásonkénti ikratételeket a termékenyülés becsléséig külön inkubáltuk. Az ikrá termékenyülését a termékenyítés után 24 órával becsültük meg, illetve az ebből várható lárvamennyiséget is csoportonként ikrásokra vonatkozóan (1.Táblázat). A tiszai csoporton kívül az összes csoport mutatott értékelhető termékenyülést. A becslés után az összes ikratételek egybeöntöttük, összekevertük, majd a keltetőüvegekbe visszaporciózva kelésig inkubáltuk.

1. táblázat: A becsült termékenyülési rátából kalkulált várható lárvaeloszlás csoportonként ikrásokra vonatkoztatva.
Table 1. Expected larva distribution in each group concerning the females based on the estimated fertilization ratios

	Cseh	Lengyel	Román	Olasz	Tisza	Duna
Becsült lárva arány	27,73%	43,42%	0,99%	6,11%	0,00%	21,76%

Lárvanevelés és ivadék előnevelés

A kevert genetikai hátterű harcса lárvaiból a kelést követő harmadik napon, 2017.május 30-án kb. 20.000 db-ot (becsült szám) helyeztünk át két darab 250 literes lárwanevelő vályúba (kb.10.000 db/vályú) a NAIK HAKI lárwanevelő rendszerébe. A behelyezést követő három napig élő sórák (*Artemia salina*) nauplius lárvajával etettük a harcса lárvt, majd ezután megkezdtük az állomány tápra szoktatását Aller Aqua Futura Ex 0 GR (0,3-0,6 mm) táppal egyre növekvő arányban, amely egy hétig tartott. Az állomány növekedésével a táp méretét fokozatosan váltottuk Aller Aqua Futura Ex 1 GR-re (0,5-1 mm), valamint 2 GR-es (0,9-1,6 mm) méretűre.

A lárva/ivadéknevelés ideje alatt, amely 52 napig tartott, a víz hőmérsékletet 26,2-28,4°C között tartottuk, a só koncentrációt 5ppt-re emeltük, az oldott oxigénkoncentrációt pedig folyamatosan 7-8 mg/L között tartottuk 7,6-8,2 pH értékek mellett. A lárwanevelő tér átlagos fényintenzitása alacsony, 1,7 lux volt.

A lárva-és ivadék előnevelés ideje alatt, hetente eltávolítottuk a kannibál egyedeket az állományból, amelyet halválogató keretes tálcával végeztünk különböző szemméretű műanyag baromfirácsot felhasználva, hogy az aktuális állomány 80-90%-a át tudjon úszni a rácson. A kannibalizmus mellett bakteriális fertőzést észleltünk a kísérleti állományban, amelyet Detox SA-val kezeltünk (perecetsavas és peroxidos fertőtlenítő szer) 20 ppm-es dózisban heti három alkalommal. A kevert genetikai hátterű kísérleti állomány lárva- és ivadék előnevelése ~20%-os megmaradással zárult, ahol az egyedek átlagtömege a kelés utáni 55. napon 8,1 g volt.

Ivadéknevelés

Az ivadéknevelés a NAIK HAKI ivadéknevelő recirkulációs rendszerében (48 darab 1 m³-es medence) történt, ahová a kísérleti állományt 2017. július 21-én helyeztük be. A harcса ivadékot két kádban a következő biomasszával helyeztük el; 1-es kád: 13 868 g, 2-es kád: 13 854 g.

2017. július 26-án egy haváriaesemény következtében az oldott oxigénkoncentráció kritikus szint alá süllyedt, ennek következtében az állomány 81,5%-a elpusztult. A kísérleti ivadéknevelési tesztet 2017. július 28-án újraindítottuk, a 2. táblázat bemutatja a kihelyezési népesítést, biomasszát, illetve átlagtömeget.

2. táblázat: Ivadék kihelyezési paraméterek a NAIK HAKI 48-as ivadéknevelő rendszerében.

Table 2. Stocking parameters of fingerling in the NAIK HAKI nursing system with 48 tanks

Medence	Darabszám	Átlagtömeg (g)	Biomassza (g)
1. kád	319	14,43	4603
2. kád	319	14,38	4587
Összesen	638	14,41	9190

Az ivadéknevelés időszaka 152 nap volt, ahol a víz hőmérséklet 19,9-23,6°C között alakult, a vízben oldott oxigén koncentrációja pedig 7,5-9,8 mg/L között változott 7,4-8,1 pH értékek mellett. Az ivadéknevelő tér átlagos fényintenzitása mérsékelt, 3,15 lux volt.

3. táblázat: A harcसानevelési teszt során etetett tápok beltartalmi mutatói.

Table 3. Nutritional compositions of formulated diets applied during the European catfish performance test.

Táp	Aller Futura 0 GR	Aller Futura 1 GR	Aller Futura 2 GR	Aller Futura 3 GR	Aller Futura 4 Gr	Harcسا nevelőtáp (Haltáp Kft.)	Harcسا nevelőtáp (Haltáp Kft.)
Méret (mm)	0,3-0,6	0,5-1,0	0,9-1,6	1,3-2,0	1,6-2,4	5	8
Nyersfehérje (%)	64	64	64	64	64	42	42
Nyerszsír (%)	9	12	12	12,5	12,5	11	11
Nyersrost (%)	1	1	1	1	1	1,7	1,7
Foszfor (%)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3

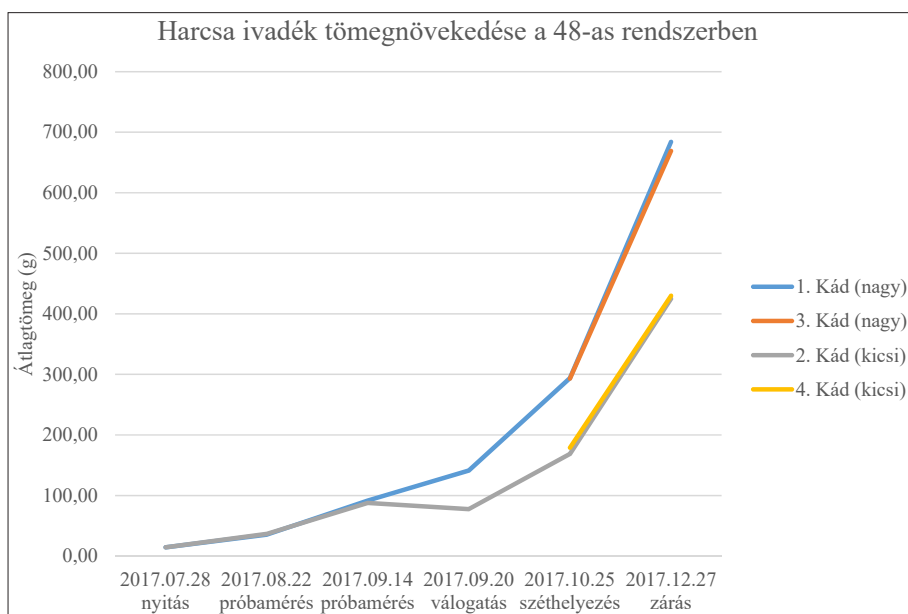
Az ivadék takarmányozására Aller Aqua Futura Ex 3 GR-es (1,3-2 mm), 4 GR-es (1,6-2,4 mm), illetve 5 mm-es extrudált süllyedő harcسا nevelőtápot (Haltáp Kft.) alkalmaztunk. A nevelés során használt tápok, illetve azok összetételét a 3. táblázatban foglaltuk össze.

Az ivadéknevelés során a kísérlet nyitó- és záró mérése között négy mérést végeztünk, a próbaméréseket az állomány véletlenszerűen kifogott részéből (a teljes állomány 10-20%-a) végeztük el, valamint ezekkel egy időben Detox SA 25 ppm-es peracetsavas és peroxidos fürdetést alkalmaztunk. A próbamérések alkalmával tapasztalt - vélhetően szétnövesből adódó - sérülések enyhítése érdekében a 2017. szeptember 20-i mérés

korán az állományt két méretosztályra osztottuk, ahol a nagy méretosztály átlagtömege 141,21 g, (42,9%-a a teljes állománynak), míg a kicsi méretosztályé pedig 77,63 g (teljes állomány 57,1 %-a) volt. A két méretcsoportnál továbbra is ugyanazt a takarmányozási rátát (1-3% között) alkalmaztuk.

A kádankénti biomassa növekedésével a két méretcsoportot 2017. október 25-én lefeleztük és két-két kádba helyeztük. A felezés előtt a nagy méretosztály egyedsűrűsége 76,9 kg/m³, míg a kis méretcsoporté 59,4 kg/m³ volt.

Az ivadéknevelés záró mérésére 2017. december 27-én került sor, ahol a nagy méretosztály két kádból származó átlagtömege 676,5 g volt és a kis méretcsoportba sorolható egyedek 427,5 g átlagtömeget mutattak. A teljes állomány átlagtömege 535 g volt, ami 520,6 g átlagos tömegnövekedést jelent a vizsgált időszakban. A záró biomassa 324,8 kg volt, amely 315,6 kg-os hozamot mutatott, a takarmányozási együttható (FCR) értéke a teljes állományra nézve pedig 0,89 kg takarmány/kg testtömegnövekedés volt az ivadéknevelés során. Az állomány megmaradása



1. ábra: A kísérleti harcसाállomány ivadéknevelés alatti növekedési üteme.
Graph 1. Growth rates of the experimental European catfish stocks in the nursery.

kiválóan alakult, 95,5% a 2017. július 28-i kísérlet nyitás darabszámait alapul véve. Az állomány növekedését az ivadéknevelés fázisában az 1. ábra mutatja be.

Befejező nevelési fázis

A nevelési teszt harmadik, egyben befejező fázisa a NAIK HAKI demonstrációs recirkulációs rendszerben történt (1. kép). A demonstrációs rendszerben négy darab 10 m³-es halnevelő medence áll rendelkezésre. A vízben lévő lebegő anyagok fizikai szűrését egy 80µm sűrűségű szitaszövettel ellátott dobszűrő végzi 10%-os napi vízpótlás mellett. A víz fertőtlenítését (csiraszám csökkentés) nyolc darab 80 Watt teljesítményű UV lámpa és egy 80g/óra kapacitású ózongenerátor biztosítja. A halak számára toxikus nitrogénformák átalakítását egy mozgó-ágyas biológiai szűrő végzi, amelynek töltetfogatata 15 m³, amit levegőbefújással tartunk folyamatos mozgásban. A folyamatos és megfelelő vízben oldott oxigén mennyiség biztosítása érdekében minden medence befolyója előtt



1. kép: A NAIK HAKI demonstrációs rendszere, ahol a harcsa állomány befejező nevelése történt.
Picture 1. Demonstration system of the NAIK HAKI where the final stage of growth test took place.

egy folyékony oxigénnel táplált oxigén kúp van elhelyezve. A rendszer víz hőmérsékletét a nevelési teszt alatt 26,2-28,3°C között tartottuk, a vízben oldott oxigén koncentráció 7,5-8,5 mg/L között változott 7,3-8,0 pH értékek mellett. A nevelőtér átlagos fényintenzitása alacsony, 1,0 lux értékű volt.

A nevelés egy 10 m³-es körmedencében történt, ahol az óránkénti vízátfolyás mértéke 18 m³ volt (1,8 szoros óránkénti vízcseré). Az elhasználandó víz alsó-, illetve felső kifolyón keresztül távozott a medencéből 80-20% arányban.

A halak etetése automata etetővel történt napi kétszer 10 órás ciklusban 15 percnkénti beszórással. A 10 órás etetési ciklusok között kétórás zagyolási szüneteket hagytunk. Az etetés 5mm-es, illetve 8 mm-es süllyedő harcsa nevelőtáppal történt, amelyet étvágy szerint adagoltunk (a tápok beltartalmi mutatóit a 3. táblázatban foglaltuk össze).

Az állomány demonstrációs rendszerbe való behelyezése, azaz a befejező nevelési teszt kezdete 2017. decem-

ber 27-én történt, amely 211 napig tartott, ahol egy 10 m³-es medencébe összesen 607 db egyed került elhelyezésre a kevert genetikai háttérű kísérleti állományból. A növekedési tesztben részt vevő egyedek átlagtömege 535 g, valamint az induló össztömegük 324,8 kg volt. A nevelés során az állomány semmilyen jellegű kezelést nem kapott, illetve a stressz csökkentése érdekében próbaméréseket sem végeztünk. A takarmányadagokat az előzetesen feleltetett takarmány mennyiségéből, illetve az abból becsült növekedésből kalkuláltuk ki, valamint a napi zagyolásoknál figyeltük az esetlegesen megmaradt tápot (tületetés esetén) és ez is befolyásolta az etetőbe töltött aktuális tápmennyiséget.

A befejező nevelés zárására 2018. július 26-án került sor, ahol a kísérleti állományon egyedi testtömeg mérést végeztünk (2. a. kép), valamint a kisebb-, illetve nagyobb méretkategóriába eső egyedekből farokúszó mintát vettünk (2. b. kép) későbbi DNS analízis céljából a származási vizsgálatok végett a szelekció elvégzéséhez a szülői állományon. A tesztnevelés zárásakor lemért egyedek darabszáma 585 darab volt az induló 607 darabhoz képest, ami kiváló, 96,4%-os megmaradást mutat. Az egyedek átlagtömege az induló 535 g-hoz képest 3610 g volt 0,89 kg szórás mellett, ami átlagosan 3075 g testtömeg növekedést jelent. A legkisebb mért testtömegű egyed 1,3 kg, míg a legnagyobb 7,0 kg volt. A 3 kg alatti példányokat a kis méretkategóriába soroltuk, amelybe 138 darab egyed tartozott, ami a teljes állomány 23,6 %-a. A nagy méretkategóriába, - amelyet 4,9 kg fölött határoztunk meg - 41 kísérleti harcsa tartozott, amely 7%-át teszi ki az állománynak. A kísérleti halak mért tömegértékeinek szórásából és az átlagtömegből számított variációs koefficiens (CV%) 24,59% értéket mutat, ami empirikus úton kategorizálva erősen változékonynak határozza meg a kevert genetikai háttérű kísérleti egyedek közötti méretkülönbséget, amely megfelel az előzetes elvárásoknak.



2.a. kép: Kísérletzárás, harcsák a válogatóasztalon.
Picture 2.a. End of growth trial, catfish on the sorting table.



2.b. kép: DNS mintavétel a kis méretcsoportból.
Picture 2.b. DNA sampling from the small size group.

Az állomány össztömege az induló 324,8 kg-hoz képest a (32,5 kg/m³-es népesítés) kísérlet zárásakor 2109,5 kg volt, ami 1784,7 kg hozamot mutat, a végső népesítés pedig mintegy 210 kg/m³ érték körül alakult. A takarmányozási együttható (FCR) a befejező nevelési fázisra nézve 1,24 kg takarmány/kg testtömegnövekedés értékű volt. Ez a termelési eredmény magyarországi viszonylatban egyedülállóan mondható a szürkeharcsára vonatkozóan.

Összegzés

A fentiekben bemutatott kevert genetikai háttérű harcsa állomány háromfázisú intenzív recirkulációs üzemi nevelése 14 hónapot vett igénybe a 3,6 kg átlagtömeg eléréséhez, amelynek gyakorlati alkalmazása új távlatokat nyithat a szürkeharcsa termelésében. A recirkulációs üzemi nevelés esetében indokolt a három fázis szétválasztása, már csak a megfelelő medenceméret, illetve népesítés alkalmazása miatt is. Azonban a lárvanevelés időtartamára 4-5 hét is elegendő lehet, ahol az 1 g-os egyedek már alkalmazhatóak az ivadéknevelés fázisára, ezzel is értékes termelési napokat spórolhatunk meg a teljes nevelés távlatában. Amennyiben az ivadéknevelést korábban kezdjük (1 g), akkor még fontos technológiai lépés az állomány méret szerinti osztályozása és/vagy a kannibál egyedek kiszűrése a kannibalizmus okozta kár enyhítése érdekében. A fentiekben ismertetett ivadéknevelési fázis hossza technológiailag tovább csökkenthető lett volna, ha magasabb hőmérsékletet (26-28°C) tudunk biztosítani az állománynak. A nevelési teszt alatt jól érzékelhető volt a szürkeharcsa gyors növekedéséhez szükséges egyik fontos tényező, a magas vízhőmérséklet-igénye, amely a teljes nevelés alatt 26-28°C-on tartható. A befejező nevelési fázis elkezdéséhez optimálisnak tűnik az 500 g körüli átlagtömeg 30-35 kg/m³ népesítés mellett.

Fontos kiemelni, hogy ezt az eredményt egy kevert genetikai állományú harcsa csoport adta, amelyen még szelekciós munkát egyáltalán nem végeztünk, csak felmértük az intenzív termelési technológiában nyújtott teljesítményüket. Ez az eredmény tenyésztési (nemesítési) oldalról is különösen biztató, ugyanis már jól látható az egyedek termelési potenciáljában rejlő különbségek, amelyek a szelekciós munka megkezdésével gyors termelési javulást hozhat (pl. gyorsabb növekedés) a következő generációkban. A nagyobb méretű egyedekből vett DNS minta vizsgálatával a szülőpárok beazonosíthatók lesznek, az így végzett szelekció (ivadékvizsgálattal) pedig különösen felgyorsíthatja a szelektált állományok genetikai előrehaladását főként a növekedési tulajdonságok tekintetében. Az eddigiek alapján tehát megelőlegezhető,

hogy további termelési technológia-fejlesztéssel és az intenzív termelési körülményekhez illeszkedő szelekciós munka eredményeképpen az eddig elért 14 hónapos teljes nevelési időtartam 12 hónapra vagy akár tovább csökkenthető lehet.

Köszönetnyilvánítás

A munka konzorciumi együttműködésben a GINOP-2.3.2-15-2016-00025 projekt keretei között az Európai Regionális és Fejlesztési Alap és Magyarország Kormánya támogatásával, valamint az EU és a Magyar Állam társfinanszírozásában megvalósult HOP_3_COLL_1 (ref. szám: 1699279607) valósult meg.

A nevelési tesztek precíz végrehajtásáért külön köszönet illeti a NAIK HAKI Halbiológia Osztály Halgenetika kutatócsoportjának asszisztenseit: Benkő Lászlóné és Lestyán Gréta, valamint a Recirkulációs Üzem dolgozóit: Kepka Csilla, Hegedűs Zoltán, Soós Mihály, Szpisjak Zoltán és Babák Tibor.

Felhasznált irodalom

- www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
Gjedrem, T., 2005. Selection and Breeding Programs in Aquaculture. ISBN: 978-1-4020-3341-4 (Print)
Harka, Á., 1984. A halak növekedésének vizsgálata. Halászat 30, 45-48.
Harka, Á., Sallai, Z., 2004. Magyarország falfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas 171 pp.
Havasi, M., Felföldi, Z., Gorzás, A., Lévai, P., Merth, J., Németh, S., 2011. Harcsa (*Silurus glanis*) intenzív nevelése növényi fehérje alapú tápon. Halászatfejlesztés 33, 147-155.
Horváth L., Urbányi B., Horváth Á., 2011. A harcsa (*Silurus glanis*) biológiája és tenyésztése. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. ISBN 978-963-269-266-1
Keppenyes János, Bercsényi Miklós, Dankó István 1983 Intenzív harcsanevelő rendszer vizsgálata In: VIII. Halászati Tudományos Tanácskozás. Szarvas, Haltenyésztési Kutatóintézet, p. 9.
Krasznai, Z., Kovács, Gy., Oláh, J., 1979. Négyfázisú iparszerű harcsatenyésztés technológiai alapjainak kidolgozása. Halászat, Tudományos melléklet. 22-24.
MA-HAL 2017. Halgazdálkodás és érdekképviselő Magyarországon, 60. Jubileumi kiadvány. Szerk.: Hajtun, Gy. ISBN: 978-615-5673-25-2
Pintér, K., 2002. Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, Budapest. ISBN 963-05-7831

Halasok egymás között: Beszámoló a XIV. Magyar Haltani Konferenciáról

Gyöngy Martina¹, Orbán László², Antal László¹

¹ Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen

² Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állattudományi Tanszék, Élvi Halgenomikai Kutatócsoport, Keszthely

ÖSSZEFOGLALÓ

A Magyar Haltani Társaság 2018. márciusának végén tartotta XIV. Konferenciáját Tiszafüreden. A közel nyolcvan szakember többsége hazai kutatóhelyek képviselésében jelent meg, de érkeztek Szlovákiából és Romániából is. A két nap alatt a résztvevők tájékoztak a halbiológia és ökológia legfrissebb eredményeiről. A témák között szerepelt az ezüstkárász eredetének ismételt analízise, a régiókban megtalálható csuka fajok analízise és egy új eljárás a fokozottan veszélyeztetett lápi póc szaporítására.

When fish enthusiasts meet: A report from the 14th Conference of Hungarian Ichthyological Society

Summary

The XIVth Hungarian Fish Research Conference was held at Tiszafüred at the end of March, 2018. Nearly eighty experts attended the meeting, mostly from Hungary, but there were guests from Slovakia and Romania as well. During the two days, the participants have been informed about the latest data on various aspects of fish biology and ecology. Topics included the origin of silver crucian carp, the number of pike species present in our region and a new method to propagate the vulnerable European mudminnow.

A Magyar Haltani Társaság szervezésében rendezték meg a XIV. Magyar Haltani Konferenciát, melynek az idén ismét Tiszafüred adott otthont, immár hetedik alkalommal (a páratlan években Debrecen volt a színhely). A konferenciát korábban, a júliusi "Tiszafüredi Halas Napok" időpontjában szokták megrendezni, ám a társaság döntése alapján, a 'Halak Napja' tiszteletére (március 20, amely 2017-ben került be a zöld naptárba) idén márciusban került rá sor. A kétnapos konferencián közel nyolcvan vettek részt, többségében hazai szakemberek, de mellet-

tük szlovákiai és romániai vendégek is voltak. Számos intézmény, közöttük a közép-európai régió több, ezen a területen aktív egyeteme és kutatóintézete, valamint a haltani kutatások iránt érdeklődő, illetve azokat végző hazai szervezetek, így nemzeti parkok is képviseltették magukat. A tiszafüredi Hableány Hotel ideális körülményeket biztosított a tudományos eredmények bemutatására és megvitatására.

A megjelenteket *Ujvári Imre*, Tiszafüred polgármestere köszöntötte, majd a tanácskozást *Harka Ákos*, a szervező Magyar Haltani Társaság elnöke nyitotta meg. Az első nap során az előadók 15 perces előadások keretében a Kárpát-medence természetes vizein folytatott kutatások újabb eredményeiről számoltak be. Ezek közül emelünk ki most néhányat, melyek véleményünk szerint a témájuk, illetve elért eredményeik miatt széles körű érdeklődésre tarthatnak számot.

A halparazitológia téma kedvelőinek *Molnár Kálmán* kedvezett előadásával, melyben kifejtette, hogy szerinte téves egyes kutatók azon feltételezése, miszerint az ezüstkárász a Kárpát-medencében őshonos (Kottelat, 2006; Kottelat és Freyhof, 2007; Rylková és mtsai, 2013). Véleménye szerint ez a faj Ázsiából került be hazánk te-



Ujvári Imre, a konferenciát vendégül látó város polgármestere köszönti a résztvevőket

rületére. Bizonyítását a rendkívül gazdaspecifikus nyálkaspórásokra (*Myxobolus sp.*) alapozta, hiszen a Távols-Keleten leírt, az ezüstkárászra jellemző 15 *Myxobolus* faj közül Magyarországra mindeddig csak két faj jutott el, melyek ugyanakkor az ezüstkárász mellett az aranyhalat is gyakran megfertőzik. Mivel ezek a paraziták ritkán fertőznek át egyik fajról a másikra, ebből kifolyólag az előadó véleménye szerint az ezüstkárász és az aranyhal ugyanazon fajhoz (*Carassius auratus* L. 1758) tartoznak, melynek így két alfaja van, a *C. auratus gibelio* (Berg 1932) és a *C. auratus auratus* (L. 1758).

A poszterszemlét követően újabb előadásblokk következett, melyben az előadók a gébfajok – legfőképpen a Balatonban is megtalálható folyami géb (*Neogobius fluviatilis* Pallas, 1814) – állományfelmérésének újabb eredményeit, élőhelyhasználatát, illetve paraziták általi fertőzöttségét ismertették a hallgatósággal. A közös ebéd befejeztével folytatódott az előadássorozat, mely során többen is különböző vízterek halfaunisztikai felmérésének eredményét tették közzé. Szó esett a pataklakó küllők taxonómiai helyzetéről, illetve a Körösökön létesített keresztzárások halakra gyakorolt hatásairól is.

A délutáni második szekció végén hangzott el Takács Péter előadása, aki munkatársaival a csukák hazai állományának jelenlegi helyzetét elemezte, összevetve azt az európai vizsgálatok eredményeivel. Talán nem túlzás kijelenteni, hogy az elmúlt évtizedben forradalom zajlott ezen a területen, hiszen olasz és francia kutatók morfológiai és genetikai adatok alapján két új csukafajt írtak le: a déli vagy Cisalpine csukát (*Esox cisalpinus*, Bianco and Delmastro, 2011; szinonímája *Esox flaviae*) és az akvítániai csukát (*Esox aquitanicus* Denys, Dettai, Persat, Hauteceur and Keith, 2014) (Lucentini és mtsai, 2011; Denys és mtsai, 2014). Így a Linné által már évszázadokkal korábban leírt csukával (*Esox lucius* L. 1758) együtt ezen nemnek már három fajtát azonosítottak kontinensünkön. A szerzők vizsgálataik során a szokásos pettyezett helyett sávos mintázatot és jóval alacsonyabb oldalvonalai pikkelyszámot mutató, atipikus csuka egyedeket mutattak ki Magyarországon. Ennek alapján egy második, morfológiailag is jól elkülöníthető klád jelenlétét feltételezik a Kárpát-medencében és kezdeményezték annak eredetének, filogenetikai és taxonómiai helyzetének felderítését faunisztikai, morfológiai és genetikai vizsgálatokkal.

Nagy érdeklődés kísérte Müller Tamás előadását is, amelyben egy új halszaporítási módszert mutatott be a lápi póc (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) *in situ* konzervációbiológiai védelme kapcsán. Hazai reliktum



A konferencián három ország mintegy 80 szakembere vett részt

vált fajunkat, a lápi pócot okkal nyilvánították fokozottan védetté, ugyanis élőhelyeinek száma és azok területe folyamatosan csökken, annak ellenére, hogy lápjaink védelmet élveznek. A lápi póc egyedszámának csökkenésében az is szerepet játszik, hogy amennyiben az adott területen megjelenik az igen hasonló ökológiai viszonyokat preferáló amurgéb (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877), az biztosan kiszorítja onnan őshonos halfajunkat (Koščo és mtsai, 2010; Takács és mtsai, 2015). Ezen okoknál fogva nagyon fontos jelentőséggel bír a lápi póc védelme és fenntartása és az ehhez szükséges hatékony szaporítása is. Az eljárás alapja az, hogy a párok ivását megelőzően hímvarsejteket juttatnak be az ikrások petefészkebe. A spermiumok nem veszítik el biológiai aktivitásukat, így iváskor az ovulált petesejtekkel együtt kerülhetnek a vízbe, fokozva ezzel a megtermékenyítés esélyét és jelentősen megnövelve a folyamat hatékonyságát (Müller és mtsai, 2018). A módszer további előnye, hogy a párban ivó lápi póc esetén mesterségesen megnövelhető a genetikai variabilitás, ezzel a káros beltenyésztettség elkerülhető, ugyanis egy ikrás megtermékenyítéséhez több tejesből származó spermium is felhasználható ezzel az eljárással.

A rendezvény második napján Szendőfi Balázs bemutatta a "Hegyek-völgyek halai: a vizek bárányiai és farkasai" című természetfilmjét. A film a Tatra vizei élővilágának ismertetésén túl rámutat a helyi és globális problémákra, a klímaváltozás hatásaira, az emberi beavatkozások természetkárosítására, illetve a gazdasági szempontból betelepített idegenhonos fajok által okozott ökológiai egyensúly felborulására is. A filmben továbbá hangsúlyt fektet a halkutatók áldozatos munkájára, amellyel fenntartani igyekeznek az eredeti ökológiai állapotokat. A bemutatott mű elnyerte a közönség tetszését, több hozzászóló méltatta a magas színvonalú, helyenként bravúros operatóri munka és a szakmai

tartalom harmóniáját. A film és alkotói két hónappal később rangos díjat nyertek: nekik ítelték oda a 2018. május 25-27-én megtartott IV. Gödöllői Nemzetközi Természetfilm Fesztivál fődíját, illetve a MOHOSZ különdíját is.

A napi program további részében vitaindító előadásokat hallgathattak meg a résztvevők, amelyek közös témája halaink védelme volt. Olyan fontos problémák kerültek szóba, mint a nagy kárókatona kártétele és az ellene való védekezés lehetőségei, illetve a halvédelmi szempontból fontos felső méretkorlátozás kérdése, valamint őshonos halaink fokozottabb védelme. Az előadások végén a hallgatóság egy kerekasztal beszélgetés formájában észrevételeket és javaslatokat tehetett ezekkel a fontos témakörökkel kapcsolatban.

A konferencia *Juhász Lajosnak*, a szervező Magyar Haltani Társaság alelnökének zárszavaival ért véget. A rendezvény végeztével a résztvevőknek lehetőségük nyílt az I. Tisza-tavi Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Kiállítás és Vásár meglátogatására.

Irodalomjegyzék

Denys, D.P.J., A. Dettai, H. Persat, M. Hauteceœur, P. Keith (2014) Morphological and molecular evidence of three species of pikes *Esox spp.* (Actinopterygii, Esocidae) in France, including the description of a new species. *Comptes Rendus Biologies* 337(9) 521-534

Koščo, J., L. Košuthová, P. Košuth, L. Pekárik (2010) Non-native fish species in Slovak waters: origins and present status. *Biologia* 65 (6), 1057-1063

Kottelat, M. (2006) Fishes of Mongolia. A check-list of the fishes known to occur in Mongolia with comments on systematics and nomenclature. The World Bank, Washington, DC, USA

Kottelat, M., J. Freyhof (2007) Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, Germany (646 pp.)

Lucentini, L., M.E. Puletti, C. Ricciolini, L. Gigliarelli, D. Fontaneto, L. Lanfaloni, F. Bilo, M. Natali, F. Panara (2011) Molecular and phenotypic evidence of a new species of genus *Esox* (Esocidae, Esociformes, Actinopterygii): The Southern pike, *Esox flaviae*. *PLoS ONE* 6(12): e25218

Müller, T., L. Horváth, T. Szabó, I. Ittész, A. Bognár, P. Faidt, Á. Ittész, B. Urbányi, B. Kucska (2018) Novel method for induced propagation of fish: Sperm injection in oviducts and ovary/ovarian lavage with sperm. *Aquaculture* 482: 124-129

Takács P, Erős T, Specziár A, Sály P, Vitál Z, Ferincz Á, et al. (2015) Population genetic patterns of threatened European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) in a fragmented landscape: Implications for conservation management. *PLoS ONE* 10(9): e0138640.

Rylková, K., L. Kalous, J. Bohlen, D.K. Lamatsch, M. Petrtyl (2013) Phylogeny and biogeographic history of the cyprinid fish genus *Carassius* (Teleostei: Cyprinidae) with focus on natural and anthropogenic arrivals in Europe. *Aquaculture* 380-383: 13-20