

A kobalt-klorid hatása a barramundi lárva (*Lates calcarifer*) termelési paramétereire és egyöntetűségére

Fehér Milán¹ – Baranyai Edina² – Bársony Péter¹ – Simon Edina³ – Posta József² – Stündl László¹

¹Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Debrecen

²Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Kémiai Intézet, Debrecen

³Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Ökológiai Tanszék, Debrecen
feherm@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A barramundi (*Lates calcarifer*) egy Dél-Kelet Ázsiában és Ausztráliában őshonos, melegvízi, ragadozó halfaj, amely geotermikus adottságainak köszönhetően Magyarországon is gazdaságosan nevelhető. A különböző élő eleségek, mint az *Artemia* nauplii kulcsfontosságúak a halfaj lárva-nevelése során, ugyanakkor a természetes környezetben előforduló zooplankton jóval nagyobb koncentrációban tartalmaz ásványi anyagokat, mint a mesterséges nevelés során alkalmazott, frissen kelletett *Artemia*. A kutatás célja kobalt-klorid hatásának vizsgálata a lárva növekedési paramétereire és megmaradására, kobalttal önmagában, illetve cinkkel és mangánnal kombinációban dúsított *Artemia* etetésén keresztül.

A kísérletben a frissen kelletett *Artemia* nauplii-t 24 órás dúsítási periódus során gazdagítottuk kobalt-kloriddal önmagában, illetve cink-szulfáttal és mangán-kloriddal kombinációban. A 16 napos vizsgálat során 9 kezelést állítottunk be, összesen 1900, 15 napos barramundi lárvaival. Az etetési kísérlet végén kezeléenként 40 lárva egyedi növekedési mutatóit és nyomelem-koncentrációját határoztuk meg. A halak növekedése szignifikánsan kedvezőbbnek bizonyult valamennyi beállítás esetében ($p < 0,05$). A kobalt önmagában történő adagolása a kisebb dózisu kiegészítés esetén nagyobb növekedési ütemet eredményezett, míg a Co és a Mn együttes alkalmazása során a magasabb dózis bizonyult kedvezőbbnek a növekedés szempontjából. A Co szignifikánsan negatív hatást gyakorolt a lárva Mn akkumulációjára, a kontroll csoporthoz képest jelentősebb Mn felvételt csak azon kezelések esetén tapasztaltunk, amelyekben a Mn-t önmagában alkalmaztuk ($p < 0,05$). A Co-Zn-1 és Co-Zn-2 kombinált kezelések szignifikánsan nagyobb Zn koncentrációt eredményeztek ($p < 0,05$) a barramundi lárvákban, mint a többi kezelés.

Kulcsszavak: barramundi, lárva-nevelés, kobalt-klorid, termelési paraméterek, kannibalizmus

SUMMARY

Barramundi (*Lates calcarifer*) is a predatory fish species native in Southeast Asia and Australia. Based on the geothermal potentiality of Hungary the high market potential warm-water fish barramundi can be produced economically. Living nourishment organisms such as *Artemia* nauplii play an essential role in the larval rearing of barramundi. However, zooplanktons in natural aquatic environments contain minerals in a higher concentration than the usually fed newly hatched *Artemia*. Therefore the goal of recent study was to investigate the effect of cobalt-chloride on the larval growth and survival of barramundi when fed individually and combined with Zn and Mn supplemented *Artemia*.

In our experiment a 24 hours period was used for the enrichment of newly hatched *Artemia* nauplii with cobalt chloride in itself, as well as in combination with zinc sulphate and manganese chloride. A total of 1900 barramundi larvae from 15–30 day post hatching were fed with supplemented *Artemia* in 9 groups of treatments in duplicate. The growth performance and elemental concentration of 40 larvae from each group was determined. All the groups produced significantly improved growth compared to the control ($p < 0,05$). The lower concentration of individual Co supplementation resulted in a higher growth performance while the opposite dose relation occurred when combined the Co with Mn. Cobalt had a significant negative effect on the Mn uptake of the larvae – significantly higher Mn accumulation compared to the control group was only observed when Mn was fed in itself ($p < 0,05$). In case of Co-Zn-1 and Co-Zn-2 treatments significantly higher Zn concentration was measured than in the others ($p < 0,05$).

Keywords: barramundi, larval rearing, cobalt-chloride, production parameters, cannibalism

BEVEZETÉS

A magas táplálóanyag tartalmú élő eleségek előállítására kulcsfontosságú az akvakultúrában, az optimális növekedés, a csontdeformációk elkerülése, illetve halak megfelelő általános egészségügyi állapotának fenntartása érdekében (Hawkyard et al., 2011; Penglase et al., 2010; Rainuzzo et al., 1997; Riberia et al., 2009). Ugyanakkor a halak természetes környezetében előforduló zooplanktonok jóval magasabb ásványi anyag-tartalommal rendelkeznek, mint a tengeri hallárva nevelése során általánosan alkalmazott, frissen kelletett *Artemia nauplii* (Fujita et al., 1972; Watanabe et al., 1978). Így a különböző élő eleségek gazdagítása nélkülözhetetlen annak érdekében, hogy mesterséges körü-

mények között is megfelelő beltartalmú táplálékszer-vezeteket biztosítsunk a fiatal egyedek számára (Figueiredo et al., 2009).

A kobalt (Co) a természetes vizekben előforduló mikroelem, amely nyomnyi mennyiségben a gerincesek számos életfolyamatában játszik nélkülözhetetlen szerepet (Watanabe et al., 1997). A Co részt vesz a B12-vitamin szintézisében, illetve számos enzim alkotórésze (Kashiwada et al., 1970; Steffens, 1989). Habár a kobalt esszenciális a halak számára (Davis és Gatlin, 1991), a legtöbb kutatás elsősorban a vízi szervezetekre gyakorolt toxikus hatásainak megállapítására helyezte a hangsúlyt (Majmudar és Bureson, 2006; Marr et al., 1998; Montgomery et al., 1997), így a nyomelem-takarmányozásban betöltött szerepe kevésbé vizsgált.

Utóbbi következtében a halak Co felvétele, illetve a más, szintén esszenciális nyomelemekkel – mint a cink (Zn) és a mangán (Mn) – való kölcsönhatásait illetően kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre. Ugyanakkor a Zn és a Mn, amelyek szintén nélkülözhetetlenek az optimális növekedés szempontjából, illetve számos élettani folyamatban játszanak fontos szerepet (Nguyen et al., 2008), gyakran alkalmazott mikroelemek a halta-karmányozásban (Lall, 2002; Ovesen et al., 2001; Yamaguchi és Fukagawa, 2005).

Mivel korábban az élő eleséggént szolgáló *Artemia nauplii*-t sikeresen dúsítottuk kobalttal, illetve megállapítottuk, hogy a zooplankton nagy mennyiségben képes akkumulálni az említett nyomelemet, amely nem mutatott kölcsönhatást a gazdagítás során szintén alkalmazott cinkkel és mangánnal (Fehér et al., 2012). A második kísérlet célja az volt, hogy tanulmányozzuk a barramundi lárvák Co-felvételeit és annak termelési paraméterekre gyakorolt hatását. A halak növekedése és egyöntetűsége mellett a kobalt, a mangán és a cink közötti kölcsönhatásokat egyaránt vizsgáltuk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az *Artemia nauplii* dúsítása és kémiai analízise

A frissen keltetett *Artemia nauplii* (Salt Lake, USA) dúsítása kobalt-kloriddal, cink-szulfáttal és mangán-kloriddal történt (CoCl₂, ZnSO₃, MnCl₂ AnalaR NORMAPUR, VWR) a 24 órás periódus során (Nguyen et al., 2008). Összesen 9 kezelést állítottunk be, 3–3 ismétlésben, 4 l-es műanyag tartályokban. A kísérletben alkalmazott nyomelem-dózisokat az 1. táblázat tartalmazza (Fehér et al., 2012).

1. táblázat

A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen)

| Kezelés(1) | CoCl ₂ (mg/l) | ZnSO ₄ (mg/l) | MnCl ₂ (mg/l) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Kontroll(2) | - | - | - |
| Mn50 | - | - | 50 |
| Mn100 | - | - | 100 |
| Co50 | 50 | - | - |
| Co100 | 100 | - | - |
| CoZn50 | 50 | 50 | - |
| CoZn100 | 100 | 100 | - |
| CoMn50 | 50 | - | 50 |
| CoMn100 | 100 | - | 100 |

Table 1: Experimental protocols and applied trace element doses

Treatment(1), Control(2)

A dúsítási periódust követően az *Artemia* mintákat planktonhálón (150 µm) átszűrtük, majd centrifugáltuk (2000 rpm, 20 perc). A minták nedvességtartalmának meghatározása gravimetriás módszerrel, míg a Co-, Zn- és Mn-tartalom analízise atomabszorpciós technikával (AAS, Varian Spectra) történt.

Az etetési kísérlet

A 12 napos barramundi (*Lates calcarifer*) lárvák mesterséges szaporításból származtak (MADAN-Kibbutz Ma'agan Michael, Izrael), amelyeket a szállítás után, egy 48 órás akklimatizációs periódust követően helyeztünk ki a 40 l-es, belső szűrővel ellátott üvegakváriumokba. Az *Artemia* dúsítási protokollnak megfelelően, összesen 9 kezelést állítottunk be, 2–2 ismétléssel, egységként 100 lárvalal (SL: 5,01±0,42 mm; W: 2,95±0,61 g). A víz sótartalmát 14 ppt-re (Marin Basic, Sera), míg hőmérsékletét 28,0±0,5 °C-ra állítottuk be, az akváriumokban az oxigén-telítettség elérte a 100%-ot. A kísérlet során 24 órás megvilágítást alkalmaztunk. A lárvák etetése a dúsított *Artemia nauplii*-val ad libitum történt, napi háromszori megosztásban, 08:00, 13:00 és 17:00 órákor. A kísérlet időtartama 16 nap volt.

A barramundi lárvák kémiai analízise

Az etetési kísérlet lezárását követően összesen 360 lárva (40 lárva/kezelés) mintáztunk meg, melyeket 24 órás éhezésnek vetettünk alá, a gyomortartalom kiürülése érdekében. A lárva egyedi testtömegét analitikai mérlegen (Precisa 240A) mértük. Az egyedi testhossz meghatározása digitális kamerával (Olympus SZ51) ellátott sztereomikroszkóppal történt, a testhossz kalibrációt milliméter pontosan beosztott tárgylemez, míg a felvételek kiértékelését a WinImag 1.0 program segítségével végeztük. A mintákat lefagyasztottuk (-30 °C), majd a kémiai analízist megelőzően szobahőmérsékleten felolvasztottuk. A halak nedvességtartalmának meghatározása gravimetriás módszerrel történt, 105 °C-on. Az atmoszférikus nedves roncsolást (cc. HNO₃ és H₂O₂, VWR International) követően a mintákat elem-analízisnek vetettük alá, a Zn-tartalom meghatározása AAS, míg a Co- és a Mn-koncentráció mérése grafitkemencés atomabszorpciós módszerrel (GFAAS) történt.

A lárva megmaradása, a K-faktor és a növekedési ütem (SGR) meghatározása

Az elhullott egyedek számát naponta meghatároztuk. A lárva Fulton-féle kondíció faktorát egyedileg, a következő képlet alapján számoltuk (Penglase et al., 2010):

$$K = W \times SL^{-3} \times 100, \text{ ahol } W: \text{ nedves testtömeg (g),} \\ SL: \text{ standard testhossz (mm).}$$

A halak növekedési ütemét (SGR, %/nap) a következő képlet segítségével határoztuk meg:

$$\text{SGR (\%/nap)} = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100, \text{ ahol: } W_f: \\ \text{végső testtömeg (g), } W_i: \text{kezdő testtömeg (g), } t: \\ \text{napok száma.}$$

Statisztikai analízis

A statisztikai vizsgálatokat SPSS/PC+ és Canoco for Windows programcsomagokkal végeztük. A homogenitás vizsgálat Levene-tesztel történt (P<0,05). Egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk az *Artemia* minták nedvesség-tartalmának, Co-, Mn- és Zn-koncentrációjának, illetve halak a növekedési üte-

mének (SGR) összehasonlítására. A kezelések és ismétlések hatását a testtömegre, a testhosszra, a K-faktorra, illetve a lárvák nedvességtartalmára és Co-, Mn-, Zn-koncentrációjára kétutas, blokkos elrendezésű ANOVA-val határoztuk meg (szignifikáns különbségek megállapítása: Tukey-teszt, $P < 0,05$). Az *Artemia* és barramundi minták Co-, Mn- és Zn-tartalma közötti összefüggéseket Redundancia-analízissel (RDA) vizsgáltuk.

EREDMÉNYEK

A barramundi lárvák megmaradása, testtömege (W), testhossza (SL), kondíció-faktora (K) és növekedési üteme (SGR)

A barramundi lárvák megmaradását az 1. ábra mutatja. A CoMn-1 és a CoMn-2 kezelések kivételével a csoportok között nem mutatkozott szignifikáns különbség a kállódás tekintetében ($p > 0,05$). Az említett két kezelésben ugyanakkor statisztikailag igazolható mértékben csökkent a megmaradás ($p < 0,05$), amely az állományban fellépő kannibalizmus következményeként értékelhető.

1. ábra: A barramundi lárvák megmaradása

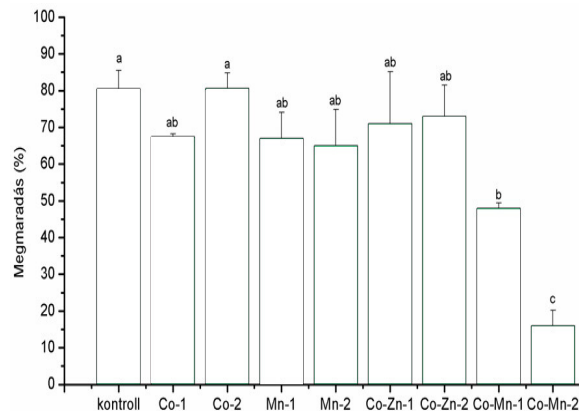


Figure 1: Survival of barramundi larvae Survival (%) (1)

Az SL tekintetében elmondható, hogy a kontrollhoz képest valamennyi kezelés esetében szignifikánsan nőtt a halak testhossza ($p < 0,05$), kivéve a CoZn-2-es csoportot, ahol az eltérés nem volt szignifikáns ($p > 0,05$) (2. ábra). A legnagyobb egyedi testhosszt a Mn-2 és a CoMn-2 kezelésekben mértük, amelyek között statisztikailag igazolható különbséget nem mutattunk ki ($p > 0,05$). Az említett két beállítással kapcsolatban kiemelő, hogy a nagy testhossz-értékek elsősorban a már említett, a csoportoknál megfigyelt kannibalizmus következményei. A lárvák egyedi testtömegének vonatkozásában ugyanezen eredményeket tapasztaltuk.

A Fulton-féle K-faktor eredmények nem mutattak szignifikáns eltérést a kísérlet végén az egyes csoportok tekintetében ($p > 0,05$), ahogy a kezdeti ($2,32 \pm 0,17\%$) és a végső értékek között sem tapasztaltunk statisztikailag kimutatható különbséget. Az etetési kísérlet lezárását követően a kezeléseknek nem volt szignifikáns hatása a K-faktor alakulására, kivéve az Mn-2 beállítást, amely esetében az említett érték statisztikailag is alacsonyabb volt, összehasonlítva a kontrollal ($p < 0,05$) (3. ábra).

nyabb volt, összehasonlítva a kontrollal ($p < 0,05$) (3. ábra).

2. ábra: A barramundi lárvák testhossza (SBL)

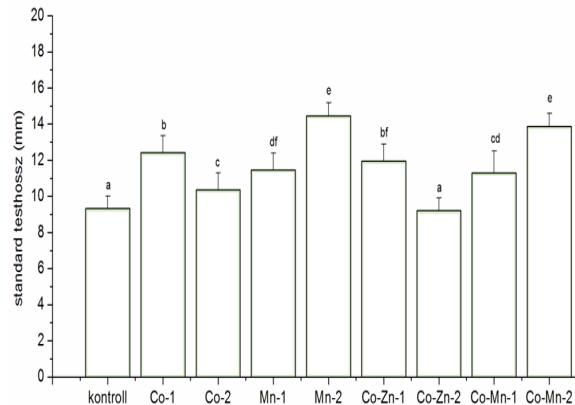


Figure 2: Standarde body lenght of barramundi larvae Standard body lenght (mm) (1)

3. ábra: A barramundi lárvák Fulton-féle K-faktora

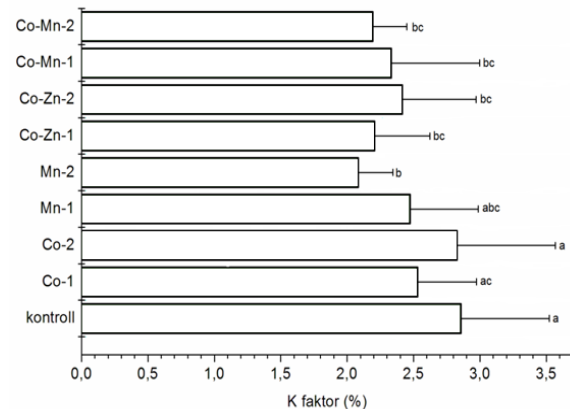


Figure 3: Fulton's K-factor of barramundi larvae K-factor (1)

Az SGR mutatók tekintetében elmondható, hogy a Co-1, a Mn-2, a CoMn-1 és a CoMn-2 kezelések esetében szignifikánsan nagyobb növekedési ütemet tapasztaltunk a kontrollal összevetve ($p < 0,05$) (2. táblázat).

A barramundi lárvák Co-, Mn- és Zn-koncentrációja

A lárvák nyomelem-tartalmát mutatja a 2. táblázat. Az eredmények tekintetében elmondható, hogy valamennyi kezelésnek szignifikáns hatása volt a minták Co-, Mn- és Zn-tartalmára ($p < 0,05$). Szignifikánsan magasabb cink-koncentrációt csak azon csoportok (CoZn-1 és CoZn-2) mutattak, amelyek Zn-kel dúsított *Artemia nauplii*-t fogyasztottak, ugyanakkor sem a Co, sem a Mn adagolása nem befolyásolta a cink-felvételt ($p > 0,05$).

A kobalt alkalmazása azonban hatással volt a lárvák mangán-felvételére is, mivel a kontrollhoz képest csak azokban az esetekben mértünk magasabb Mn-koncentrációt, ahol az említett nyomelemet kizárólag önmagában adagoltuk (Mn-1 és Mn-2).

A barramundi lárvák növekedési üteme (SGR) és nyomelemtartalma

| | Kontroll(1) | Co-1 | Co-2 | Mn-1 | Mn-2 | Co-Zn-1 | Co-Zn-2 | Co-Mn-1 | Co-Mn-2 |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| SGR (%) | 14,01± 0,13 ^a | 19,51± 1,49 ^b | 17,44± 1,21 ^{ab} | 18,76± 3,60 ^{ab} | 21,28± 0,19 ^b | 17,12± 0,11 ^{ab} | 13,54± 0,02 ^a | 19,84± 0,13 ^b | 20,33± 0,73 ^b |
| Co (µg/g) | 7,99± 0,83 ^a | 9,92± 0,80 ^b | 27,17± 1,34 ^c | 4,94± 1,42 ^d | 5,28± 0,72 ^d | 12,84± 1,54 ^e | 17,14± 2,58 ^f | 10,45± 1,46 ^b | 12,59± 1,62 ^c |
| Mn (mg/g) | 0,047± 0,009 ^a | 0,022± 0,009 ^{ab} | 0,041± 0,009 ^{ab} | 0,144± 0,069 ^c | 0,181± 0,062 ^d | 0,040± 0,016 ^{ab} | 0,015± 0,006 ^b | 0,020± 0,009 ^{ab} | 0,024± 0,009 ^a |
| Zn (mg/g) | 0,305± 0,83 ^{ab} | 0,225± 0,042 ^a | 0,304± 0,057 ^{ab} | 0,300± 0,062 ^{ab} | 0,296± 0,040 ^{ab} | 1,275± 0,148 ^c | 1,475± 0,208 ^d | 0,351± 0,158 ^b | 0,272± 0,089 ^{ab} |

Table 2: Growth performance and trace mineral content of barramundi larvae Control(1)

A legnagyobb Co-tartalmat a Co-2 kezelés esetében tapasztaltuk, ugyanakkor a Co-koncentráció a CoMn-1 és a CoMn-2 csoportoknál is szignifikánsan magasabb volt a kontrollhoz képest ($p < 0,05$). A mangántartalom tekintetében statisztikailag igazolható különbség nem mutatkozott a Co-1 és a Co-2 kezelések, valamint a kontroll között, ellenben a Mn-1 és Mn-2 kezelések esetében szignifikánsan kisebb Co-tartalmat mértünk, mint a kontroll mintákban ($p < 0,05$).

Az Artemia és a barramundi lárvák Co-, Mn- és Zn-koncentrációja közötti összefüggések

Az elvégzett redundancia analízis eredményei alapján erős összefüggés tapasztalható az *Artemia* (Fehér et al., 2012) és a barramundi lárvák Co- és Mn-tartalmának tekintetében (4. ábra), míg az ábra teljes egyezést mutat a zooplankton Zn-tartalma és ugyanezen nyomelem halakból mért mennyisége között. Mindezek alapján kijelenthető, hogy az *Artemia nauplii* Co-, Mn- és Zn-kiegészítése hatással volt a barramundi lárvák nyomelem-koncentrációjára, illetve megállapítható, hogy a lárvák által felvett nyomelem-mennyiség minden esetben a dúsított élő eleségből származik.

4. ábra: A redundancia-analízis eredménye az *Artemia* és a barramundi lárvák nyomelemtartalma tekintetében

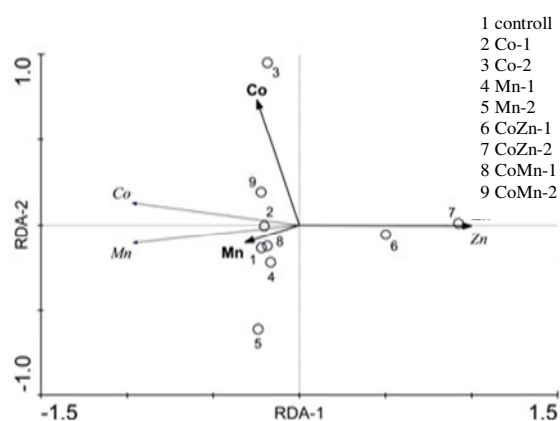


Figure 4: Correlation between the trace element concentration of *Artemia* and barramundi larvae (RDA biplot)

KÖVETKEZTETÉSEK

A barramundi lárvanevelése során a legkritikusabb problémát az állomány szétnövése következtében kialakuló kannibalizmus jelenti, amely jelentős veszteségeket eredményez a termelés kezdeti szakaszaiban.

Számos kutatást végeztek a jelenség visszaszorítása érdekében (Quin et al., 2004; Arockiaraj és Appelbaum, 2011), amelyek azonban nem vezettek egyértelmű eredményre.

Kísérletünkben a lárvák megmaradása a Co-1, a Co-2, a Mn-1, a Mn-2, a CoZn-1 és a CoZn-2 kezelések esetében nem mutatott szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. Hasonló eredményekről számolt be Nguyen et al. (2008) a *Pagrus major* lárvák vonatkozásában, ahol a megmaradást nem befolyásolta sem a cinkkel és mangánnal önmagában, sem a két nyomelem kombinációjával dúsított *Artemia nauplii* etetése.

Hassan et al. (1992) és Schwalbe et al. (2012) bizonyították, hogy a Co adagolása hatással van a ragadozó halfajok oldalvonalának működésére, melynek eredményeként a zsákmány mozgása által kiváltott hidrodinamikai inger érzékelésének képessége lecsökken. Kísérletünkben a Co alkalmazása ellenére ez a hatás nem érvényesült, ami feltehetően a vízben nagy mennyiségben előforduló, a kobalttal a kötőhelyekért versengő Ca jelenlétének következménye.

A Co és a Mn együttes alkalmazása növelte az állomány szétnövését, amely rövid időszak alatt is a kannibalizmus jelenségének kialakulásához vezetett, mindez pedig CoMn-1 és CoMn-2 csoportok esetében szignifikánsan nagyobb elhullást eredményezett.

A lárvák végső testhossza és testtömege szignifikánsan nagyobb volt azokban a csoportokban, amelyek mangánnal dúsított zooplanktonot fogyasztottak. A növekedési mutatók tekintetében a legjobb eredményt a Mn-2 kezelés produkálta. Az *Artemia nauplii* kobaltkiegészítése szintén kedvező hatással volt a termelési paraméterekre a kontrollhoz viszonyítva, ugyanakkor az említett nyomelem esetében a legnagyobb testhosszt és testtömeget a kisebb (50 mg/l) dózisú beállítás (Co-1) eredményezte.

Hasonló eredmények születtek a kobalt és a cink együttes adagolása esetében, ahol szintén az 50 mg/l-es beállítás (CoZn-1) vonatkozásában mértük a legjobb növekedést. A kobalt önmagában, illetve cinkkel kombinációban történő alkalmazása között nem mutatkozott szignifikáns eltérés a testhossz és a testtömeg tekintetében. Habár irodalmi adatok szerint a cinkhiány a növekedési ütem csökkenését eredményezheti (Ogino és Yang, 1978), kísérletünkben a Zn és a Co együttes adagolása során tapasztalt növekedési adatok azt mutatták, hogy a Co növekedésre gyakorolt hatása önmagában és Zn-vel kombinációban is hasonló, feltehetően tehát az utóbbi nyomelem nagyobb befolyással

van a lárvák testhosszának és testtömegének alakulása.

A kísérletünk eredményei alapján kijelenthető, hogy a lárvák cink-felvételét sem a kobalt, sem a mangán adagolása nem befolyásolta. Ugyanakkor bizonyítást nyert, hogy a Co negatívan hat a barramundi lárvák Mn-felvételére, amely tény fordított esetben is igaznak bizonyult. A kobalt-kiegészítés szignifikánsan csökkentette a lárvák Mn-tartalmát a kontrollhoz képest, míg hasonló eredményeket tapasztaltunk a halak mangán-koncentrációját illetően azon kezelések esetében, ahol Co-kiegészítést alkalmaztunk. Mindez kompetitív antagonizmusra utal a két nyomelem felvételének tekintetében, amely feltehetően a Co és a Mn együttes ada-

golása (CoMn-1 és CoMn-2) során tapasztalt kannibalizmus kialakulásában is fontos szerepet játszott.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az „Exportképes halfajok (Barramundi; Vörös árnyékhal) termeléstehnológiájának komplex fejlesztése” című, OM-00055/2009 (BARRA_09) projekt keretében valósult meg, a publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Arockiaraj, A. J.–Appelbaum, S. (2011): Sibling cannibalism in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), reared under different light conditions. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 41: 7–11.
- Davies, D. A.–Gatlin, D. M. (1991): Dietary mineral requirements of fish and shrimp. [In: Akiyama, D. M.–Tan, R. (eds.) Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop.] Thailand and Indonesia. 19–25 September. American Soybean Association. Singapore. 171: 49–67.
- Fehér M.–Bársony P.–Baranyai E.–Posta J.–Stüdl L. (2012): Kedvező biológiai hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* alkalmazása barramundi (*Lates calcarifer*) lárvanevelésében. *Acta Agrariensis Debreceniensis*. 48: 11–16.
- Figueiredo, J.–Woesik, R.–Lin, J.–Narciso, L. (2009): *Artemia franciscana* enrichment model – How to keep them small, rich and alive? *Aquaculture*. 294: 212–220.
- Fujita, T. (1972): The Zinc content of marine plankton. *Rec. Oceanogr. Works Jpn*. 11: 73–79.
- Hassan, El-S.–Abdel-Latif, H.–Biebricher, R. (1992): Studies on the effects of Ca²⁺ and Co²⁺ on the swimming behaviour of the blind Mexican cave fish. *J. Comp. Physiol. A*. 171: 413–419.
- Hawkyard, M.–Sæle, Ø.–Nordgreen, A.–Langdon, C.–Hamre, K. (2011): Effect of iodine enrichment of *Artemia* sp. on their nutritional value for larval zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture*. 15: 37–43.
- Kashiwada, K.–Teshima, S.–Kanazawa, A. (1970): Studies on the production of B vitamins by intestinal bacteria of fish-V. Evidence of the production of vitamin B12 by microorganisms in the intestinal canal of carp *Cyprinus carpio*. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 36: 421–424.
- Lall, S. P. (2002): The minerals. [In: Halver, J. E.–Hardy, R. W. (eds.) *Fish Nutrition*.] Academic Press. San Diego. 260–301
- Majmudar, K.–Burlison, M. L. (2006): An evaluation of cobalt chloride as an O₂-sensitive chemoreceptor stimulant in channel catfish. *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.* 142: 136–141.
- Marr, J. C. A.–Hansen, J. A.–Meyer J. S.–Caceá, D.–Podrabsky, T.–Lipton, J.–Bergman, H. L. (1998): Toxicity of cobalt and copper to rainbow trout: application of a mechanistic model for predicting survival. *Aquatic Toxicology*. 43: 225–238.
- Montgomery, J. C.–Baker, C. F.–Carton, A. G. (1997): The lateral line can mediate rheotaxis in fish. *Nature*. 389: 960–963.
- Nguyen, V. T.–Sato, S.–Haga, Y.–Fushimi, H.–Kotani, T. (2008): Effect of zinc and manganese supplementation in *Artemia* on growth and vertebral deformity in red sea bream (*Pagrus major*) larvae. *Aquaculture*. 7: 184–192.
- Ogino, C.–Yang, G. Y. (1978): Requirement of rainbow trout for dietary zinc. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 44: 1015–1018.
- Ovesen, J.–Møller-Madsen, B.–Thomsen, J. S.–Danscher, G.–Mosekilde, L. (2001): The positive effects of zinc on skeletal strength in growing rats. *Bone*. 29: 565–570.
- Penglase, S.–Nordgreen, A.–Meeren, T.–Olsvik, P. A.–Sæle, Ø.–Sweetman, J. W.–Baevefjord, G.–Helland, S.–Hamre, K. (2010): Increasing the level of selenium in rotifers (*Brachionus plicatilis* 'Cayman') enhances the mRNA expression and activity of glutathione peroxidase in cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Aquaculture*. 306: 259–269.
- Qin, J. G.–Mittiga, L.–Ottolenghi, F. (2004): Cannibalism Reduction in Juvenile Barramundi *Lates calcarifer* by Providing Refuges and Low Light. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35: 113–118.
- Rainuzzo, J. R.–Reitana, K. I.–Olsen, Y. (1997): The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture*. 20: 103–115.
- Ribeiro, A. R. A.–Ribeiro, L.–Sæle, Ø.–Hamre, K.–Dinis, M. T.–Moren, M. (2009): Iodine-enriched rotifers and *Artemia* prevent goitre in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in a recirculation system. *Aquacult. Nutr.* 9999.
- Schwalbe, M. A.–Bassett, D. K.–Webb, J. F. (2012): Feeding in the dark: lateral-line-mediated prey detection in the peacock cichlid *Aulonocara stuartgranti*. *J. Exp. Biol.* 215: 2060–2071.
- Steffens, W. (1989): *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood. Chichester. 384.
- Watanabe, T.–Arakawa, T.–Kitajima, C.–Fukusho, K.–Fujita, S. (1978): Proximate and mineral compositions of living feeds used in seed production of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 44: 979–984.
- Watanabe, T.–Kiron, V.–Sato, S. (1997): Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*. 151: 185–207.
- Yamaguchi, M.–Fukagawa, M. (2005): Role of zinc in regulation of protein tyrosine phosphatase activity in osteoblastic MC3T3-E1 cells: zinc modulation of insulin-like growth factor-I's effect. *Calcif. Tissue Int.* 76: 32–38.

