

## Kedvező biológiai hatású mikroelemekkel dúsított *Artemia* alkalmazása a barramundi (*Lates calcarifer*) lárva nevelésében

Fehér Milán<sup>1</sup> – Bársony Péter<sup>1</sup> – Baranyai Edina<sup>2</sup> –  
Posta József<sup>2</sup> – Stündl László<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Kémiai Intézet, Debrecen  
ferm@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

A barramundi (*Lates calcarifer*) nevelése során az *Artemia* nélkülözhetetlen táplálék, amelynek nyomelem-tartalma azonban nem fedezi a lárva igényeit. Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy növelhető-e az *Artemia* kobalt, cink és mangán koncentrációja a 24 órás dúsítási periódus során, illetve hogy az említett nyomelemek között milyen kölcsönhatások lépnek fel a kezelés eredményeként. Ennek érdekében 50, 100 és 1000 mg/l koncentrációjú kobalt-klorid kezelést (Co50, Co100, Co1000) alkalmaztunk, majd az 50 és a 100 mg/l-es dózisok esetében a gazdagítást a kobalttal párban ugyanilyen koncentrációjú cink-szulfáttal és mangán-kloriddal is elvégeztük (CoZn50, CoZn100, CoMn50, CoMn100), egyenként 3 ismétlésben. Az eredmények azt mutatták, hogy a zooplankton nagy mennyiségben képes akkumulálni a kobaltot, azonban míg a cink és a mangán egy- másra nem gyakorolt számottevő hatást, addig a kobalt és a mangán koncentráció között erős szinergizmust tapasztaltunk. A dúsítást követően megvizsgáltuk, hogy a kedvező biológiai hatású nyomelemekben gazdagított élőleleség etetése hogyan befolyásolja a lárva megmaradását és növekedését. A 15 napos lárvákkal végzett két hetes kísérlet során összesen 9 kezelést (Kontroll, Co50, Co100, Mn50, Mn100, CoZn50, CoZn100, CoMn50, CoMn100) állítottunk be, egyenként 2 ismétléssel. A megmaradási százalékot tekintve a legtöbb beállítás között nem volt szignifikáns különbség ( $P > 0,05$ ), a CoMn50 és CoMn100 csoportok esetében azonban statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,05$ ) nőtt a kallódás a kontrollhoz (80,5±4,95%) képest. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a Mn100 és a CoMn100 kezelések szignifikánsan nagyobb ( $P < 0,05$ ) egyedi testtömeget eredményeztek, ugyanakkor a megmaradást is figyelembe véve a Mn100 beállítás bizonyult a leghatékonyabbnak.

**Kulcsszavak:** barramundi, lárva nevelés, kobalt, cink, mangán

### SUMMARY

*Artemia* is a vital nutriment in the rearing of barramundi (*Lates calcarifer*), however its mineral trace element content does not cover the requirements of the larvae. In our experiment the assumption was whether the cobalt, zinc and manganese concentration of *Artemia* could be increased during a 24 hours of enrichment period, as well as we wanted to investigate the resulted interactions between the elements. For this purpose 50, 100 and 1000 mg l<sup>-1</sup> cobalt-chloride treatments (Co50, Co100, Co1000) were applied while in the case of 50 and 100 mg l<sup>-1</sup> treatments the enrichment was also complemented with zinc-sulphate and manganese-chloride in the same concentrations. According to the results the zooplankton were able to accumulate cobalt in higher amount, and yet zinc and manganese had no significant effect on each other; a strong synergistic effect occurred between cobalt and manganese. After the enrichment period the impact of essential trace

element supplemented live feed on the survival and growth of barramundi larvae was also studied. The experiment was carried out by using 15 days-old larvae applying a total of 9 treatments for two weeks (Control, Co50, Co100, Mn50, Mn100, CoZn50, CoZn100, CoMn50, CoMn100), in duplicates. Considering the per cent of survivals, no significant difference was observed between the treatments ( $P > 0.05$ ). In the case of CoMn50 and CoMn100, the loss statistically increased ( $P < 0.05$ ) compared to the Control (80.5±4.95%) group. Our results show, that the Mn100 and CoMn100 treatments resulted in significantly higher ( $P < 0.05$ ) individual body weights, however taking the survival also into consideration the Mn100 treatments proved to be the most effective.

**Keywords:** barramundi, larval rearing, cobalt, zinc, manganese

### BEVEZETÉS

A barramundi (*Lates calcarifer*) lárva nevelése során alkalmazott általános takarmányozási protokoll szerint a fiatal halakat mindösszesen 21 napig kizárólag élő eleségekkel etetik (Bosmans et al., 2005). A lárva első tápláléka a *Rotatoria*, majd a 12 napos, kerekeshéreggel történő takarmányozást követően a barramundi további 9 napig *Artemiát* fogyaszt.

Mint azt Sorgeloos et al. (2001) is megjegyzi, jelenleg nem állnak rendelkezésre olyan mesterséges mikrotápok, amelyek lehetővé tennék az *Artemia* teljes kiváltását, a sörák nélkülözhetetlen táplálék a lárva nevelés során. Számos kutató igyekezett lerövidíteni azt az időszakot, amíg a lárva takarmányozása az említett élő eleségekre alapozódik, illetve vizsgálták az *Artemia* teljes kiváltásának lehetőségeit is (Bosmans et al., 2005; Curnow et al., 2006), ezen kísérletek azonban nem vezettek számottevő eredményre.

Az *Artemiával* történő takarmányozás során az egyik legfontosabb szempont, hogy azt frissen keltetve etessük fel a lárvákkal. A frissen kelt *Artemia* ugyanis nem táplálkozik, ebben az első fejlődési szakaszban a saját tartalék-tápanyagait hasznosítja (Benijts et al., 1976), amely később fokozatosan csökken. A második fejlődési stádiumban az *Artemia* szabad aminosav, szaranyag és energiatartalma számottevő mértékben csökken, vagyis a lárva számára nehezebben emészthető (Sorgeloos et al., 2001). Az említett, 1–2 nap alatt lejátszódó beltartalom változás miatt, az *Artemia* hatékony gazdagítása érdekében a gyakorlatban 24 órás dúsítási periódust alkalmaznak (Sorgeloos et al., 2001).

A cink és a mangán valamennyi szervezet számára esszenciális a normális növekedéshez és csontfejlődéshez, mindemellett számos enzim alkotórészei (Davis és Gatlin, 1996; Watanabe et al., 1997; Nguyen et al., 2008). Mindkét fém nagy jelentőségű a csontképződés szempontjából, ugyanakkor Divanach et al.,

(1996) szerint a tengeri hallárvák nevelése során a különböző csont-deformációk kialakulása az egyik legfőbb problémának számít. Habár a Zn és a Mn nélkülözhetetlen a lárvák számára, az említett nyomelemekből bevitt mennyiség sok esetben nem fedezi a fiatal egyedek igényeit. A frissen keltetett *Artemia* ugyanis jóval kisebb cink-tartalommal rendelkezik, mint a természetben élő zooplanktonok (Watanabe et al., 1978). Davis és Gatlin (1996) pedig megjegyzi, a takarmányból történő Mn bevitel különösen tengeri halak esetében nagy jelentőségű, mivel a tengervíz mangán-tartalma igen csekély.

Nguyen et al. (2008) sikeresen dúsították az *Artemiát* cinkkel és mangánnal, majd a beltartalmában gazdagított *Artemia* etetésével kedvező eredményeket értek el a vörös tengeri keszeg (*Pagrus major*) lárva nevelése során. Az élő táplálék mangán kiegészítése javította a lárvák növekedését, míg a mangán és a cink együttes adagolása pozitív hatással volt a különböző csont-deformációk kialakulására. Carmo e Sa et al. (2004) kísérletében a cink kiegészítés hatása nemcsak a csontok Zn-tartalmának emelkedésében, hanem a kedvezőbb növekedésben is megmutatkozott.

A kobalt a cianokobalamin, vagyis a B12 vitamin egyik legfontosabb alkotórésze, ezáltal szerepet játszik a nitrogén anyagcserében, az izomfehérjék és a hemoglobin szintézisében (Watanabe et al., 1997). A takarmány Co-tal történő dúsításával kedvező eredményeket értek el a ponty (Castell et al., 1986) és a tilápia (Anadu et al., 1990) növekedési mutatóit tekintve, a kiegészítés formája mindkét esetben kobalt-klorid volt.

A természetben megtalálható 7 makro- és 16 mikroelem felvehetőségét, köztük a cinkét, a mangánét és a kobaltét, szinergizmusok és antagonizmusok határozzák meg. Nguyen et al. (2008) kísérletükben a frissen kelt *Artemiát* sikerült cinkkel és mangánnal dúsítaniuk, ugyanakkor eredményeik rámutattak a két, egyébként kedvező hatású nyomelem közti antagonizmusra. Az *Artemia nauplii* cink-koncentrációjának emelkedése a mangán-koncentráció csökkenését eredményezte, mindez pedig fordítva is igaznak bizonyult. Úgyanerre a következtetésre jutott Matsumoto et al. (2009) is, a *Rotatoria* gazdagítása során

Kísérletünkben egyrészt arra kerestük a választ, hogy a Zn-hez és a Mn-hoz hasonlóan létfontosságú, kedvező hatásokat produkáló kobalttal dúsítható-e a frissen kelt *Artemia*. A dúsítás lehetősége mellett a vizsgálat fő célkitűzése volt, hogy meghatározzuk az említett nyomelemek között fellépő kölcsönhatásokat, az esetleges szinergizmusokat és antagonizmusokat. A megnövelt nyomelem-tartalmú *Artemiát* ezt követően 15 napos barramundi lárvalal etettük fel, melynek eredményeként megállapítottuk a Co-tal, Mn-nal és Zn-vel dúsított élőleleség termelési paraméterekre gyakorolt hatását.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### 1. kísérlet: Frissen kelt *Artemia nauplii* dúsítása Co-val

Az *Artemia salina* petét 24 óráig, 1,5 literes műanyag edényekben keltettük, 2 g/pete/liter sűrűségben. A keltető-víz hőmérséklete 27–28 °C, sótartalma 20 g/l volt. A 24 óra elteltével az *Artemiát* 150 µm-os planktonhálón

szűrtük át, majd a frissen kelt egyedeket elválasztottuk a felúzó peteburoktól és a ki nem kelt petéktől.

A dúsítás során 12 óra világos és 12 óra sötét periódust alkalmaztunk, a megvilágítás 2000 luxsal történt (Lavens és Sorgeloos, 1996). A kísérletet 5 literes műanyag edényekben végeztük, amelyeket 4 literre töltöttünk fel 20 g/l sótartalmú vízzel, melyet ezt megelőzően 1 napig levegőztettünk. Öt kezelést állítottunk be, egyenként 3 ismétléssel, a kobalttal történő dúsítás paramétereit, az 1. táblázat tartalmazza.

A kobalt-kloridot szilárd formában juttattuk a nevelő-edényekbe, majd az így kapott oldat homogenizálását követően a frissen kelt *Artemiát* egyenletesen elosztottuk az egyes beállítások között. A kísérlet során 100%-os oxigén-telítettséget állítottunk be. A dúsítás 24 óráig tartott, az *Artemiákat* ezt követően szűrtük le és elemeztük.

### 2. kísérlet: Frissen kelt *Artemia nauplii* dúsítása Co-val, Zn-nel és Mn-nel

Az *Artemia* keltetése, és a 24 órás dúsítás minden pontban megegyezett az 1. kísérletnél leírtakkal. A kezeléseket szintén egyenként 3 ismétléssel állítottuk be, amelyek paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

### 3. kísérlet: A barramundi lárva etetése a nyomelemekkel dúsított *Artemiával*

A kísérletet összesen 1800, 15 napos barramundi lárvalal állítottuk be. Az állományt 18 db, egyedi szűrővel ellátott, 40 literes üvegakváriumban helyeztük el, és napi 24 órás megvilágítást alkalmaztunk (Barlow et al., 1995). A 14 napos vizsgálat során a vízhőmérsékletet 28 °C-on, míg a víz sótartalmát 14 g/l-en tartottuk. A lárva takarmányozása a nyomelemekkel dúsított *Artemiával* ad libitum történt, napi háromszori megosztásban, 09.00, 13.00 és 17.00 órakor. Összesen 9 kezelést állítottunk be (3. táblázat), egyenként 100–100 lárvalal és két-két ismétléssel.

A kísérlet végén megállapítottuk a megmaradást és minden egyes akváriumból, vagyis kezelésként 40–40, illetve ismétlésként 20–20 mintát vettünk. A lárva testtömegét analitikai mérleg segítségével határoztuk meg.

#### Kémiai analízis

A 24 órás dúsítási periódust követően az *Artemiát* a 150 µm-es planktonhálón átszűrtük, majd a felúzó anyagok eltávolítása érdekében 20 percig centrifugáltuk (Nguyen et al., 2008). Az egyes kezelésekből származó mintákat lefagyasztottuk, majd az elemzés előtt szobahőmérsékleten felengedtük. A salétromsavas roncsolást követően a mintákat elemanalízisnek vetettük alá. Az *Artemiák* nyomelem-tartalmának kémiai vizsgálata lángatomabszorpciós spektrofotométerrel (FAAS) történt.

#### Statisztikai értékelés

Az adatok statisztikai értékelése egy tényezőes variancia-analízissel (ANOVA) történt, az SPSS 13.0 for Windows program segítségével. A kezeléseket közötti különbségek kimutatására a Tukey-tesztet alkalmaztuk, 5%-os konfidencia-intervallum mellett.

1. táblázat

## Az 1. kísérlet során beállított Co-koncentrációk (mg/l)

Kezelés(1)	Koncentráció (CoCl <sub>2</sub> mg/l)(7)	
Kontroll(2)	0	
1. kezelés(3)	50	
2. kezelés(4)	50	0,2% aszkorbinsav(8)
3. kezelés(5)	100	
4. kezelés(6)	1000	

Table 1: Cobalt-concentrations (mg/l) applied during Experiment 1.

Treatment(1) , Control(2), 1. Treatment(3), 2. Treatment(4) , 3. Treatment(5), 4. Treatment(6) , Concentration (CoCl<sub>2</sub> mg/l)(7), 0.2% Ascorbic acid(8)

2. táblázat

## A 2. kísérlet során beállított nyomelem koncentrációk (mg/l)

Kezelés(1)	Koncentráció(3)		
	CoCl <sub>2</sub> (mg/l)	ZnSO <sub>4</sub> (mg/l)	MnCl <sub>2</sub> (mg/l)
Kontroll(2)	-	-	-
Co+Zn50	50	50	-
Co+Mn50	50	-	50
Co+Zn100	100	100	-
Co+Mn100	100	-	100

Table 2: Trace element concentrations (mg/l) applied during Experiment 2.

Treatment(1) , Control(2), Concentration(3)

3. táblázat

## A lárvanevelés során alkalmazott kísérleti beállítások

Kezelés(1)	Az etetett <i>Artemia</i> dúsítása során alkalmazott nyomelem koncentrációk(3)		
	CoCl <sub>2</sub> (mg/l)	ZnSO <sub>4</sub> (mg/l)	MnCl <sub>2</sub> (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 3: Experimental protocols applied during larval rearing

Treatment(1) , Control(2), Trace element concentrations applied during *Artemia* enrichment(3)

## EREDMÉNYEK

## 1. Kísérlet

Az 1. kísérlet eredményeit a 4. táblázat mutatja. Az adatok azt bizonyították, hogy valamennyi kezelés hatása szignifikánsnak bizonyult, míg a kontroll minták nem tartalmaztak kobaltot. Minél nagyobb mennyiségben adagoltuk az *Artemiának* a nyomelemet, a zooplanktonokból annál nagyobb koncentrációban mutattuk ki a kobalt jelenlétét. A legdinamikusabb növekedést a 100 mg/l-es (3. kezelés) dózisok esetében tapasztaltuk.

Az 1-es és a 2-es beállítások esetében, melyeknél egyaránt 50 mg kobaltot alkalmaztunk, jelentős különbség alakult ki, melynek oka a 2. kezelés során hozzáadott aszkorbinsav volt. A C-vitamin ugyanis rövid időn belül a zooplanktonok pusztulását eredményezte.

## 2. Kísérlet

A 2. kísérlet eredményeit az 5. táblázat tartalmazza. A kapott adatok azt mutatták, hogy a frissen kelt *Artemia* a cinkkel és mangánnal ellentétben nem tartalmaz kobaltot, ugyanakkor igen hatékonyan képes azt felvenni a vízből.

Az 50 mg/l-es dúsítás során, bár a mangán kiegészítés mellett nagyobb mennyiségű kobaltot akkumuláltak a zooplanktonok mint a cink esetében, statisztikailag igazolható különbség nem mutatkozott a kobalt felvétel tekintetében. A 100 mg/l-es dózisonál ugyanakkor az *Artemia* szignifikánsan is több kobaltot épített be mangán jelenlétében, mint amikor ugyanezt a mennyiségű Co-t a cinkkel együtt juttattuk ki.

Az 1. kísérlet során mért Co-koncentrációk

Kezelés(1)	Co (mg/g)
Kontroll(2)	0,0000 ± 0,0000 <sup>a</sup>
1. kezelés 50 mg/l(3)	0,0694 ± 0,0006 <sup>b</sup>
2. kezelés 50 mg/l + C(4)	0,0316 ± 0,0007 <sup>c</sup>
3. kezelés 100 mg/l(5)	0,2006 ± 0,0004 <sup>d</sup>
4. kezelés 1000 mg/l(6)	2,6700 ± 0,0018 <sup>c</sup>

\*A különböző betűvel jelölt számok közötti különbség szignifikánsnak bizonyult (P<0,05)

Table 4: Cobalt-concentrations of Artemia in Experiment 1.

Treatment(1), Control(2), 1. Treatment 50 mg/l (3), 2. Treatment 50 mg/l + C(4), 3. Treatment 100 mg/l(5), 4. Treatment 1000 mg/l (6), \*Means not sharing a common subscript are significantly higher (P<0.05)

A 2. kísérlet során mért nyomelem koncentrációk

	K	Co+Zn50	Co+Mn50	Co+Zn100	Co+Mn100
Co (mg/g)	0 ± 0,000 <sup>a</sup>	0,1315 ± 0,025 <sup>ab</sup>	0,1777 ± 0,011 <sup>ab</sup>	0,3031 ± 0,056 <sup>b</sup>	0,7338 ± 0,212 <sup>c</sup>
Zn (mg/g)	0,0175 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,3423 ± 0,028 <sup>b</sup>	0,0154 ± 0,000 <sup>a</sup>	0,3743 ± 0,090 <sup>b</sup>	0,0141 ± 0,001 <sup>a</sup>
Mn (mg/g)	0,0012 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,0004 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,0357 ± 0,005 <sup>b</sup>	0,0008 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,1029 ± 0,030 <sup>c</sup>

\*A különböző betűvel jelölt számok közötti különbség szignifikánsnak bizonyult (P<0,05)

Table 5: Trace mineral compositions of Artemia in Experiment 2.

\*Means not sharing a common subscript are significantly higher (P<0.05)

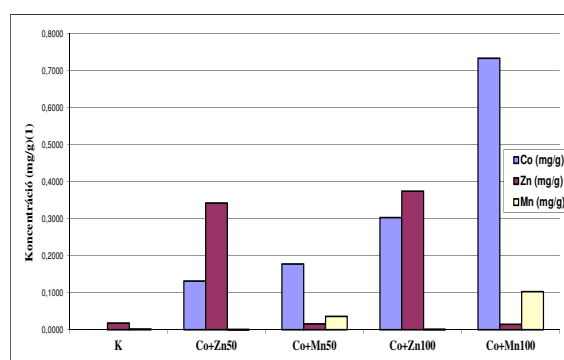
A zooplanktonok cink-tartalmának vonatkozásában elmondható, hogy azt sem a kobalt, sem a mangán kiegészítés nem befolyásolta. Az 50 mg/l-es, Co+Zn dúsítás eredményeképp az *Artemia* cink-koncentrációja közel 20-szorosára nőtt, amely mennyiség azonban a 100 mg/l-es Co+Zn kezelés hatására sem változott szignifikánsan.

A minták mangán tartalma a természetes koncentrációhoz képest kismértékben csökkent a kobalt-cink kiegészítés hatására, igaz nem statisztikailag igazolható mértékben. Az *Artemia* jól reagált a különböző dózisú mangán kiegészítésekre, mivel a minták Mn-koncentrációja a dózisok növekedésével párhuzamosan, szignifikánsan emelkedett.

A nyomelemek egymás koncentrációjára gyakorolt hatását a 1. ábra szemlélteti. A dúsítás során a cink és a mangán egymásra nem gyakorolt számottevő hatást, ugyanakkor a kobalt vonatkozásában kialakultak eltérések. Mint ahogyan az ábrán is nyomon követhető, míg a minták kobalt tartalmát nem befolyásolta sem a Zn, sem a Mn jelenléte, addig a zooplanktonok cink-koncentrációjának növekedése megtorpant a magas (100 mg/l-es) Co-kiegészítés hatására. A kobalthoz hasonlóan, a mangán sem volt érzékeny a másik két nyomelem jelenlétére, igaz azt az *Artemia* jóval kisebb mennyiségben volt képes akkumulálni, mint akár a kobaltot, akár a cinket.

A 100 mg/l-es kiegészítéseknél jól látszik, hogy míg a cink kiegészítés nem befolyásolta a Co-tartalom emelkedését, addig a Mn-kiegészítés kimondottan kedvezően hatott arra.

1. ábra: Az egyes nyomelemek aránya a 24 órás dúsítást követően

Figure 1: Proportion of trace elements after 24 hours of enrichment Concentration (mg g<sup>-1</sup>)(1)

### 3. kísérlet

A 14 napos etetési kísérlet eredményeit a 6. táblázat mutatja. A lárvák megmaradásának tekintetében elmondható, hogy a kobalt és a mangán együttes alkalmazása mellett az elhullás szignifikánsan magasabb volt, mint a többi kísérleti beállítás, illetve a kontroll kezelés esetében. Ennek közvetett oka elsősorban a CoMn50 és a CoMn100 csoportok nagymértékű szét-növése, amelyet a szórás értékek megfelelően szemléltetnek. A két említett kezelés alacsony megmaradásának közvetlen oka a szét-növése eredményeként kiala-

kult kannibalizmus volt. A többi beállítás esetében a különböző nyomelemekkel dúsított *Artemia* etetése nem befolyásolta a megmaradást, így az elhullási százalékok a kontrolltól szignifikánsan nem különböztek.

A testtömegek vonatkozásában a legjobb eredményeket a Mn100 és a CoMn100 csoportok mutatták. Utóbbi esetében azonban mindez rendkívül alacsony megmaradással és jelentős szétnövéssel párosult. Az 50 mg/l-es kobalt-klorid (Co50) és mangán-klorid (Mn50) dózis a kontrollhoz képest egyaránt kedvezőbb egyedi testtömeget eredményezett, azonban míg a ma-

gasabb, 100 mg/l-es CoCl<sub>2</sub> koncentráció már nem, addig a 100 mg/l-es MnCl<sub>2</sub> kezelés tovább javította az eredményeket. A kobalt és a cink együttes alkalmazása kisebb dózis (CoZn50) mellett hatékonyan bizonyult, a nagyobb koncentráció (CoZn100) azonban ebben az esetben sem hozott kedvező eredményt és a lárvák egyedi testtömege szignifikánsan nem különbözött a kontroll csoport eredményeitől. A kobalt és a mangán kisdózisú, együttes alkalmazása kedvező hatással volt ugyan az egyedi testtömege, ugyanakkor ezen beállítás esetében számottevő elhullást tapasztaltunk.

6. táblázat

A barramundi lárvák megmaradása és testtömege a kísérlet végén

	K	Co 50	Co 100	Mn 50	Mn 100	CoZn 50	CoZn 100	CoMn 50	CoMn 100
<b>Megmaradás (%)</b> (1)	80,5± 4,95 <sup>a</sup>	67,5± 0,71 <sup>ab</sup>	86± 4,24 <sup>a</sup>	67± 7,07 <sup>ab</sup>	65± 9,90 <sup>ab</sup>	71± 14,14 <sup>ab</sup>	73± 8,49 <sup>ab</sup>	48± 1,41 <sup>b</sup>	5± 4,24 <sup>c</sup>
<b>Testtömeg (g)</b> (2)	0,024± 0,01 <sup>a</sup>	0,062± 0,02 <sup>ab</sup>	0,032± 0,01 <sup>a</sup>	0,064± 0,02 <sup>ab</sup>	0,096± 0,04 <sup>b</sup>	0,058± 0,02 <sup>ab</sup>	0,025± 0,00 <sup>a</sup>	0,049± 0,02 <sup>ab</sup>	0,278± 0,22 <sup>c</sup>

\*A különböző betűvel jelölt számok közötti különbség szignifikánsnak bizonyult (P<0,05)

Table 6: Survival and wet body weight of barramundi larvae in Experiment 3.

Survival rate (%) (1), Wet body weight (g) (2), \*Means not sharing a common subscript are significantly higher (P<0.05)

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az első kísérlet eredményei alapján kijelenthető, hogy az *Artemia* kobalttal, mint kedvező élettani hatású nyomelemmel, történő dúsítása sikeresen végrehajtható a 24 órás gazdagítási periódus során. A zooplanktonok számára még az igen magas (Kissa et al., 1984.) 1000 mg/l-es dózis sem bizonyult toxikusnak, a vízből még a magas koncentráció mellett is hatékonyan akkumuláltak a fémeket. Habár a szakirodalom szerint az *Artemia spp.* jól reagál a C-vitamin kiegészítésre (Sorgeloos et al., 2001), az általunk alkalmazott dózis (0,2%) túl magasnak bizonyult. A zooplanktonok pusztulásához feltételezésünk szerint az aszkorbinsav közvetve, az általa előidézett pH csökkenésén keresztül járult hozzá.

A cinkkel és a mangánnal számos kedvező eredményt értek el a különböző hallárvák termelési paraméterei, illetve egészségi állapota tekintetében, ugyanakkor a frissen kelt *Artemia* dúsítása során kiütöközött a két nyomelem közti erős antagonizmus (Nguyen et al., 2008). A kísérletünk második szakaszának eredményei alapján azonban kijelenthető, hogy a szintén igen kedvező hatású, egyben az *Artemia* által hatékonyan akkumulálható kobalttal egyik nyomelem sincs antagonizmusban, sőt megállapítható a kobalt és a mangán közötti szinergista kapcsolat, amely különösen a kobalt tekintetében számottevő. Mindezek követ-

keztében az *Artemia spp.* cinkkel, illetve mangánnal való gazdagítása esetén javasolható a két nyomelem egymástól független, ugyanakkor kobalttal együttesen történő dúsítása.

A nyomelemekkel dúsított *Artemia* etetése statisztikailag igazolható mértékben nem befolyásolta a barramundi lárvák megmaradását, a kobalt és a mangán együttes alkalmazása azonban növelte az elhullást. A kisebb dózisú kobalt adagolása mellett növekedett a lárvák testtömege, a nagyobb koncentráció ugyanakkor negatívan befolyásolta az eredményeket. A mangán esetében azonban a koncentráció növekedésével kedvezőbb értékeket mértünk. Az egyedi testtömegek vonatkozásában, azonos dózisok mellett, a nyomelem-párok együttes alkalmazása statisztikailag megegyező eredményeket mutatott, mint amikor a kobaltot önmagában adagoltuk. Kijelenthető azonban, hogy a magasabb, 100 mg/l-es kobalt-klorid dózis önmagában és más nyomelemmel párban is negatív hatással volt a barramundi lárvák növekedésére.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

Anadu, D.I.–Anozie, O.C.–Anthony, A.D. (1990): Growth responses of *Tilapia zillii* fed diets containing various levels of ascorbic acid and cobalt chloride. *Aquaculture*. 88: 329–336.

Barlow, C.G.–Pearce, M.G.–Rodgers, L.J.–Clayton, P. (1995): Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*. 138: 159–168.

- Benijts, F.–Vanvoorden, E.–Sorgeloos, P. (1976): Changes in the biochemical composition of the early larval stages of the brine shrimp, *Artemia salina* L. [In: Persoone, G.–Jaspers, E. (eds.) Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Symposium on Marine Biology.] Research in Mariculture at Laboratory and Pilot Scale. Universa Press. Wetteren. 1: 1–9.
- Bosmans, J.M.P.–Schipf, G.R.–Gore, D.J.–Jones, B.–Vauchez, F.E.–Newman, K.K. (2005): Early weaning of barramundi, *Lates calcarifer* (BLOCH), in a commercial, intensive, semi-automated, recirculated larval rearing system. [In: Hendry, C.I.–Van Stappen, G.–Wille, M.–Sorgeloos, P. (eds.) Larvi '05.] 4<sup>th</sup> fish and shellfish larviculture symposium. Gent. Belgium. Europ. Aquacult. Soc. Spec. Pub. 36: 46–49.
- Castell, J.D.–Conklin, D.E.–Craigie, J.S.–Lall, S.P.–Norman-Boudreau, K. (1986): [In: Bilo, M.–Rosenthal, H. Sindermann, C. (eds.) Realism in Aquaculture: Achievements, Constraints, Perspectives.] European Aquaculture Society. Belgium. 251–308.
- Carmo E Sa, M.V.–Pezzato, L.E.–Lima, M.M.B.F.–Padilha, P.M. (2004): Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles diets. Aquaculture. 238: 385–401.
- Curnow, J.–King, J.–Bosmans, J.–Kolkovski, S. (2006): The effect of reduced *Artemia* and rotifer use facilitated by a new microdiet in the rearing of barramundi (*Lates calcarifer*) (BLOCH) larvae. Aquaculture Nutrition. 12. 4: 247–255.
- Davis, D.A.–Gatlin, D.M. (1996): Dietary Mineral Requirements of Fish and Marine Crustaceans. Reviews of Fisheries Science. 4. 1: 75–99.
- Divanach, P.–Boglione, C.–Menu, M.–Koumoundouros, G.–Kentouri, M.–Cataudella, S. (1996): Abnormalities in finfish maricult Sea bass and sea bream culture: Problems and prospects. European Aquaculture Society. Verona. Italy. 45–66.
- Kissa, E.–Moraitou-Apostolopoulou, M.–Kiortsis, V. (1984): Effects of four heavy metals on survival and hatching rate of *Artemia salina* (L.). Archiv fur Hydrobiologie. Stuttgart (Arch. Hydrobiol.). 102. 2: 255–264.
- Lavens, P.–Sorgeloos, P. (1996): Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Tech. Pap. 361: 295.
- Matsumoto, S.–Sato, S.–Kotani, T.–Fushimi, H. (2009): Examination of a practical method for zinc enrichment of euryhaline rotifers (*Brachionus plicatilis*). Aquaculture. 286: 113–120.
- 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. 285: 184–192.
- Sorgeloos, P.–Dhert, P.–Candrea, P. (2001): Use of the brine shrimp, *Artemia spp.*, in marine fish larviculture. Aquaculture. 200: 147–159.
- 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.