

饲料镁不影响鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*) 幼鱼的生长及鱼体镁含量*

赵 敏^{1,2} 梁萌青^{1,3①} 谈 枫¹ 郑珂珂¹ 徐后国¹ 燕 磊²

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 新希望六和股份有限公司 北京 100102;
3. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 青岛 266071)

摘要 以鱼粉和豆粕为主要蛋白源,以鱼油和豆油为脂肪源,向基础饲料中分别添加 0、1.53、3.57、5.61、7.65、9.69 g/kg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 配制镁含量分别为 186、350、542、735、950、1220 mg/kg 的 6 种实验饲料,用于饲养初始体重为(28.0±2.5) g 的鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)为 56 d, 每组设 3 个重复,实验在流水系统中进行,水体镁的含量为 1220 mg/L。结果显示,不同水平的饲料镁对鲈鱼幼鱼成活率、特定生长率、饲料效率无显著影响($P>0.05$);不同水平的饲料镁对鲈鱼幼鱼肝体比(HSI)、脏体比(VSI)及肥满度(CF)无显著影响($P>0.05$);饲料镁对鲈鱼幼鱼肌肉粗蛋白、粗脂肪及灰分无显著影响($P>0.05$);饲料镁对鲈鱼幼鱼肌肉、脊椎骨及血清镁含量无显著影响($P>0.05$)。研究表明,鲈鱼幼鱼可以从海水或基础饲料原料中吸收的镁足够满足自身对镁的需求,因此,不需要在饲料中额外补充镁。

关键词 鲈鱼; 镁; 生长性能; 鱼体成分

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)02-0056-06

镁存在于动物体内的核酸、磷脂和蛋白质中,其含量仅次于钙、钠、钾,它能调节三者之间的关系,并能调节机体免疫机制(Vormann *et al.*, 2003; Tam *et al.*, 2003)。镁不仅参与骨骼、牙齿的构成,还能对机体内蛋白质、脂肪、糖类以及所有的能量代谢产生重要影响,并能催化或激活 300 多种酶体系,当饲料中有效镁含量不足会显著抑制鱼类生长(Hendricks *et al.*, 2002)。冷向军等(2002)研究发现,罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)基础饲料中镁含量远高于鱼类对镁的适宜需要量,在饲料中添加镁盐后,仍然对罗非鱼的生长有显著的促进作用,因此,补充消化率高的镁盐后仍能够显著促进鱼的生长(Satoh *et al.*, 1983、1991)。

鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)俗称花鲈,隶属鲈形目、鲈科、花鲈属,营养丰富,肉质细嫩,在我国南方和北方均有分布,为常见的经济鱼类之一,也是发

展海水养殖的重点品种。目前,已经有很多关于鲈鱼营养需求的研究(梁萌青等, 2007; 窦兵帅等, 2014; 陈壮等, 2014; 徐后国, 2013¹⁾, Ai *et al.*, 2004a、b), 但至今仍未见到有关镁对鲈鱼幼鱼影响的相关报道。本研究旨在探讨在饲料中添加不同含量的镁对鲈鱼生长性能及体成分的影响, 以期为鲈鱼配合饲料的研发提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

以鱼粉和大豆粉为蛋白源,以鱼油和豆油为脂肪源,配制蛋白水平为 42.0%、脂肪水平为 11.6%的试验饲料,基础饲料配方见表 1。从表 1 可以看出,在基础饲料中分别添加 0、1.53、3.57、5.61、7.65、

* 公益性行业(农业)科研专项(201003020)课题资助。赵 敏, E-mail: zhaomin452@126.com

① 通讯作者: 梁萌青, 研究员, E-mail: liangmq@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2014-11-25, 收修改稿日期: 2015-03-25

1) 徐后国. 饲料脂肪酸对鲈鱼幼鱼生长、健康及脂肪和脂肪酸累积的影响. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2013

表 1 基础饲料配方组成及营养成分

Tab.1 The formulation and proximate composition of the diet (%)

原料 Ingredient	含量 Content(%)
鱼粉 Fish meal	50.00
豆粕 Soybean meal	13.00
酵母粉 Yeast meal	3.00
豆油 Soybean oil	2.00
鱼油 Fish oil	3.00
小麦粉 Wheat meal	21.7
矿物质混合料 ¹ Mineral mix	2.00
维生素混合料 ² Vitamin mix	2.00
诱食剂 Attractant	0.30
防霉剂 Antimold	0.10
抗氧化剂 Antioxidant	0.40
卵磷脂 Lecithin	2.50
营养成分 Proximate composition(% DM)	
粗蛋白 Crude protein	42.0
粗脂肪 Crude lipid	11.6

注: ¹ 维生素混合料(mg/kg or g/kg 饲料): 维生素 D, 5 mg; 核黄素, 45 mg; 生物素, 1.20 mg; 盐酸吡哆醇, 20 mg; 维生素 A, 32 mg; 维生素 E, 120 mg; 维生素 B₁₂, 0.1 mg; 肌醇, 800 mg; 烟酸, 200 mg; 硫胺素, 25 mg; 叶酸, 20 mg; 泛酸, 60 mg; 维生素 K₃, 10 mg; 次粉 18.67 g

Note: ¹ Vitamin premix (mg/kg or g/kg diet): riboflavin 45 mg, biotin 1.2 mg, vitamin D 5 mg, pyridoxine 20 mg, vitamin A 32 mg, vitamin E 120 mg, vitamin B₁₂ 0.1 mg, inositol 800 mg, tocopherol acetate 200 mg, thiamine 25 mg, folic acid 20 mg, pantothenate 60 mg, menadione 10 mg, wheat flour 18.67 g

² 矿物质混合料(mg/kg or g/kg 饲料): 硫酸锌, 50 mg; 氯化钴, 50 mg; 硫酸铜, 10 mg; 碘化钾, 0.8 mg; 磷酸二氢钙, 3000 mg; 硫酸铁, 80 mg; 氯化钠, 100 mg; 氟化钠, 2 mg; 沸石粉, 16.71 g

² Mineral premix (mg/kg or g/kg diet): ZnSO₄·7H₂O 50 mg; CoCl₂·6H₂O 50 mg; FeSO₄·7H₂O 80 g; KI 0.8 mg; Ca (H₂PO₄)₂·H₂O 3000 g; CuSO₄·5H₂O 10 mg; NaCl 100 g; NaF 2 mg; Mordenzeo 16.71 g

9.69 g/kg MgSO₄·7H₂O, 配制镁含量为 150、300、500、700、900、1200 mg/kg 的 6 种试验饲料, 实测饲料镁的含量分别为 186、350、542、735、950、1220 mg/kg。将烘干(55℃)后的饲料置于-20℃冰箱中备用。

1.2 实验用鱼与饲养管理

实验于 2011 年 11 月 11 日-2012 年 1 月 19 日在烟台天源水产有限公司进行, 实验鱼为当年产的一批健康鲈鱼。实验开始前, 将试验鲈鱼暂养于 3 m×3 m×1 m 的室内流水养殖池中, 暂养 10 d 后将实验鱼

饥饿 24 h, 挑选出个体差异较小的鲈鱼[(28.0±2.5) g/尾], 随机分配到 18 个养殖桶中, 养殖桶直径为 1.2 m, 水深 90 cm, 每桶 20 尾鱼。养殖期间, 分别投喂 6 种不同添加的上述实验饲料, 每天饱食投喂 3 次(07:00、12:00、18:00), 投喂结束吸污并换水, 每次换水 1/3 左右, 保持溶氧含量 > 7 mg/L, 水温为 16-24℃, 实验用水镁的含量为 1220 mg/L。

1.3 样品采集

实验结束后, 将实验鲈鱼饥饿 24 h 后计数、称重。分别从每个实验桶中随机取出 3 尾鲈鱼, 用无菌注射器从每尾鲈鱼尾静脉取血约 1 ml, 用体积分数为 1% 的肝素钠抗凝, 低温放置 4 h, 然后以 3000 r/min 离心 10 min, 取血清置于-80℃保存用于生化分析。每桶随机抽取 4 尾鲈鱼, 在背部脊柱右侧上方取长约 4 cm、宽约 2 cm、厚度约 0.5 cm 的肌肉, 去皮, -20℃保存备用。取完肌肉的鲈鱼在微波炉中高火煮 10 min 之后, 去头, 去除肌肉, 取鱼脊椎骨, 用去离子洗净, 烘干。每桶取两条完整的鲈鱼-20℃保存, 做鱼体成分分析。

1.4 常规成分及镁的测定

饲料及取回的肌肉在 105℃烘干至恒重, 采用凯氏定氮法(VELP, UDK142 automatic distillation unit, 意大利)测定粗蛋白含量; 粗脂肪含量采用索氏抽提法测定(FOSS 脂肪测定仪 SOXTEC 2050, 瑞典); 样品在马福炉中灼烧 5 h (550℃), 失重法测定灰分含量。镁含量的测定是将去除肌肉的鱼放在微波炉中加热 4 min, 剔除脊椎骨周围的肌肉, 取得脊椎骨并用去离子水冲洗, 放在烘箱 105℃干燥后粉碎, 用于镁含量测定。饲料、肌肉、血清和脊椎骨样品在使用高氯酸消化后用等离子发射光谱仪(ICP-OES, Vista-MPX, Varian, 美国)测得。前处理过程分别取样品 0.2 g 左右, 置于 50 ml 凯氏烧瓶底部, 加入 10 ml 高氯酸, 在放置有石棉网的电炉上加热至样品消化完全(以溶液澄清为标志, 过程中要保证凯氏烧瓶始终有高氯酸, 若高氯酸蒸发干了, 要冷却后补充), 取出冷却, 转移入 50 ml 容量瓶, 用去离子水定容至 50 ml, 然后过滤至 10 ml 离心管。

1.5 计算及统计方法

成活率(Survival rate, %)=终末试验鱼数量/初始试验鱼数量×100

特定生长率(SGR, %/d)=(lnW 终-lnW 始)/t×100%

饲料效率(FE, %)=100×(终末体重-初始体重)/摄食量

肥满度(CF)=100×体重(g)/体长(cm)³

肝体比(HSI, %)=肝脏湿重/体重量×100

脏体比(VSI, %)=内脏湿重/体重量×100

式中, t 为实验天数(d), W 终为鲈鱼终末总重(g), W 始为鲈鱼初始总重(g)。

所得实验数据采用平均值±标准误(Mean±SE)表示, 采用 SPSS17.0 软件包对数据结果进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), 差异显著后进行 Duncan's 多重比较, 差异显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 实验结果

2.1 饲料中添加镁对鲈鱼幼鱼生长性能的影响

饲料中添加镁对鲈鱼生长性能的影响见表 2。从表 2 可以看出, 各实验组鲈鱼的成活率在 86.6%–90.4% 之间, 饲料中不同的镁水平对各实验组之间的成活率无显著影响 ($P > 0.05$); 各实验组鲈鱼 SGR 在 (2.28–2.52)%/d 之间, 当镁添加水平为 350 mg/kg 时, SGR 最高, 但各实验组之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。各实验组鲈鱼 FE 在 1.10–1.21 之间, 各实验组之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 饲料镁水平对鲈鱼形态学指标的影响

饲料镁水平对鲈鱼 HSI、VSI 和 CF 等形态学指标的影响见表 3。从表 3 可以看出, 鲈鱼的 VSI、HSI 和 CF 分别为 3.5%–3.8%、1.4%–1.5%、1.7–1.8。饲料中镁含量对鲈鱼的 VSI、HSI 和 CF 均没有显著影响 ($P > 0.05$)。

2.3 饲料中添加镁对鲈鱼鱼体成分的影响

饲料镁水平对鲈鱼鱼体化学组成的影响见表 4。从表 4 可以看出, 鲈鱼全鱼水分含量范围为 74.29%–

表 2 饲料中添加镁对鲈鱼幼鱼生长性能的影响(平均值±标准误)

Tab.2 Effects of dietary magnesium on growth performance of juvenile Japanese seabass (Mean±SE)

饲料含 量 Mg (mg/kg)	初重 Initial weight (g)	末重 Final weight (g)	特定 生长率 SGR(%/d)	成活率 Survival rate (%)	饲料效率 FE
186	27.7±1.2	106.5±1.1	2.41±0.04	88.6±2.2	1.12±0.01
350	27.9±1.2	114.7±5.8	2.52±0.06	87.6±2.1	1.21±0.01
542	28.0±1.5	106.0±1.5	2.37±0.05	86.6±3.5	1.15±0.02
735	29.3±1.4	104.8±1.2	2.28±0.04	87.6±2.5	1.10±0.01
950	28.8±1.3	109.3±3.5	2.38±0.03	90.4±5.6	1.15±0.02
1220	29.6±1.8	107.8±3.6	2.31±0.04	89.2±3.8	1.12±0.01

表 3 饲料中镁对鲈鱼肝体比、脏体比和肥满度的影响(平均值±标准误)

Tab.3 Effects of different dietary magnesium on HSI, VSI and CF of Japanese seabass (Mean±SE)

饲料标号 Mg(mg/kg)	肝体比 HSI(%)	脏体比 VSI(%)	肥满度 CF
186	1.4±0.0	3.6±0.1	1.7±0.0
350	1.5±0.1	3.7±0.2	1.8±0.0
542	1.5±0.1	3.5±0.2	1.7±0.0
735	1.4±0.0	3.8±0.2	1.7±0.0
950	1.4±0.2	3.8±0.3	1.8±0.1
1220	1.5±0.1	3.8±0.2	1.7±0.1

表 4 饲料中添加镁对鲈鱼肌肉化学组成的影响(平均值±标准误)

Tab.4 Effects of dietary magnesium on chemical composition of muscle in Japanese seabass (Mean±SE) (%)

饲料含量 Mg (mg/kg)	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
186	74.37±0.25	20.16±0.25	2.50±0.20	2.84±0.00
350	75.08±0.40	21.25±0.28	2.46±0.40	2.58±0.12
542	75.63±0.31	20.73±0.15	2.51±0.25	2.16±0.15
735	75.54±0.24	20.34±0.18	2.50±0.22	2.38±0.15
950	74.70±0.35	20.34±0.22	2.32±0.32	2.50±0.00
1220	74.29±0.52	21.05±0.25	2.20±0.26	2.52±0.00

75.63%, 灰分含量范围为 2.16%–2.84%, 粗蛋白含量范围为 20.16%–21.25%, 粗脂肪含量范围为 2.20%–2.51%, 各实验组之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

饲料镁水平对鲈鱼肌肉、脊椎骨和血清中镁含量的影响见表 5。从表 5 可以看出, 实验鲈鱼体内镁含量为脊椎骨 > 肌肉 > 血清, 其中, 脊椎骨中镁含量在 1103.1–1229.2 mg/kg 之间, 肌肉中镁含量在 270.7–305.1 mg/kg 之间, 血清中镁含量在 27.8–42.1 mg/kg 之间, 但各组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 5 饲料中添加镁对鲈鱼幼鱼肌肉、脊椎、血清中镁含量的影响(平均值±标准误)

Tab.5 Effects of dietary magnesium on magnesium concentrations in vertebrae, muscle and serum of juvenile Japanese seabass (Mean±SE) (mg/kg)

镁含量 Mg content(mg/kg)	肌肉 Muscle	血清 Serum	脊椎骨 Vertebra
186	270.7±35.5	42.1±9.5	1229.2±152.8
350	280.9±12.3	30.4±2.2	1103.1±52.5
542	299.8±7.8	35.7±3.4	1173.0±48.6
735	274.1±26.4	38.3±4.6	1222.9±167.5
950	303.2±11.5	27.8±3.8	1179.2±52.0
1220	305.1±6.4	27.8±3.8	1225.2±186.2

3 讨论

水产动物中对镁的研究有大西洋鲑(*Salmo salar*) (Afa *et al.*, 1998)、真鲷(*Pagrosomus major*) (Sakamoto *et al.*, 1979)、虹鳟(*Salmo gairdneri*) (Bell *et al.*, 1986; Qgino *et al.*, 1978)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*) (Wang *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2011)、鲤(*Cyprinus carpio*) (Ogino *et al.*, 1976)、罗非鱼(Dabrowska *et al.*, 1989)、异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*) (艾庆辉等, 1998)、凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) (Cheng *et al.*, 2005)、石斑鱼(*Epinephelus* sp.) (Ye *et al.*, 2010)等。Sakamoto 等(1979)指出, 对于海水性鱼类真鲷来说, 当基础饲料中的镁含量为 120 mg/kg 时, 在饲料中额外添加镁也不能促进真鲷的生长和饲料利用。Afa 等(1998)研究表明, 当水中的镁离子的含量为 54 mg/L 时, 在镁含量为 196 mg/kg 的基础饲料中添加镁不能显著促进大西洋鲑的生长和饲料利用。淡水鱼中的研究表明, 日粮中适量增加镁的供应, 可以促进鱼类的生长, 缺镁会导致实验动物摄食下降、生长速度降低、游动呆板, 最终的结果是死亡率上升, 生长受到抑制。例如鲤鱼 (Ogino *et al.*, 1976)、虹鳟 (Ogino *et al.*, 1978; Shearer *et al.*, 1989)、斑点叉尾鲷 (Gatlin *et al.*, 1982) 和罗非鱼 (Reigh *et al.*, 1991)。本研究饲料中不同的镁水平对鲈鱼的生长性能并没有显著影响($P>0.05$), 对照组没有表现出镁缺乏症, 以上结果与 Ye 等(2010)在石斑鱼的研究结果类似。

Liang 等(2012)对草鱼幼鱼镁需求量的研究中发现, 随着饲料中镁添加量的增多, 草鱼幼鱼 SGR 逐渐升高, 在 637 mg/kg 时达最大值, 然后逐渐下降。而 Afa 等(1998)研究发现, 在饲料中添加不同浓度的镁源, 对大西洋鲑的生长性能不产生显著性影响($P>0.05$)。Han 等(2012)分别以 39、120、220、380、700、1600、2900 mg/kg 镁水平的饲料饲喂异育银鲫 90 d, 发现饲料镁的添加并不能改善异育银鲫的生长性能, 包括摄食率、增重率和饲料系数。Bijveld 等(1996)运用同位素研究发现, 当饲料中的镁含量过低, 不能满足罗非鱼自身生长发育需要时, 它可以从水体中吸收一部分镁来满足机体需求; 但当食物中镁含量过高时, 罗非鱼可以通过皮肤排出多余的镁, 以保证体内镁处在合适水平。本研究海水中镁的含量为 115 mg/L 时, 基础饲料中镁的含量达到 186 mg/kg, 鲈鱼 SGR、

FE 和成活率均不受饲料镁水平的影响, 鲈鱼可以通过鳃吞饮海水及基础饲料中摄取镁, 饲料中无需额外添加镁可以维持鲈鱼的生长。

饲料矿物质对形态学指标的影响受到人们的关注, 如饲料锌的缺乏造成虹鳟身体短小症 (Satoh *et al.*, 1983)。Ye 等(2006)研究表明, 饲料镁水平显著影响石斑鱼的 CF、VSI、HSI, 各组无显著差异, CF 的变化范围为 1.7–1.8 g/cm³, VSI 的变化范围为 3.5%–3.8%。对于真鲷, 基础饲料含镁为 120 mg/kg 时对 CF 及 HSI 没有显著影响 (Sakamoto *et al.*, 1979)。本研究中, CF、VSI 及 HSI 均不受饲料镁水平的影响。

饲料中添加镁对鱼体中粗蛋白质含量影响的研究结果不一致, 郑伟宏(1996)¹⁾研究表明, 在饲料中添加醋酸镁对罗非鱼肌肉中粗蛋白质含量没有显著影响($P>0.05$), 但肝脏的粗蛋白较对照组提高了 32.12%; 另有高文(2006)²⁾研究发现, 饲料中添加镁盐对草鱼肌肉和全鱼中粗蛋白含量均不产生显著性影响($P>0.05$)。本研究表明, 各实验组鲈鱼全鱼中粗蛋白含量没有显著性差异($P>0.05$)。高文(2006)²⁾在对罗非鱼的研究中发现, 饲料中添加镁盐对罗非鱼全鱼和肌肉中的粗脂肪含量均不产生显著性影响($P>0.05$), 而汪福保等(2010)研究发现, 随着镁添加量的升高, 草鱼全鱼和内脏的脂肪含量呈先上升后下降的趋势, 且添加镁盐的各实验组草鱼全鱼、肌肉和内脏中的粗脂肪含量均显著高于对照组($P<0.05$)。而在本研究中, 鲈鱼体内粗脂肪含量在 2.20%–2.51% 之间, 各组之间差异并不显著($P>0.05$)。

Wang 等(2011)研究发现, 随着饲料中镁含量的增加, 草鱼幼鱼脊椎中镁含量呈先上升后下降的趋势, 在 300 mg/kg 时, 脊椎中镁含量达最大值且显著高于其他实验组($P>0.05$), 不同实验组草鱼肌肉中的镁含量无显著性差异($P>0.05$)。Shearer 等(1992)研究发现, 当虹鳟鱼饲料中镁的添加量为 78 mg/kg 时, 同时实验用水中镁含量为 46 mg/L 时, 同样能满足虹鳟鱼对镁的需求。因此, 虹鳟鱼既可以通过摄食含镁饲料, 也可以直接从水中吸收镁来满足自身对镁的需求。周磊(2012)³⁾研究发现, 淡水养殖鲈鱼脊椎骨中镁含量随着饲料镁添加量的升高而显著升高, 而饲料镁添加量高于 1037 mg/kg 时显著下降($P<0.05$), 但对海水养殖鲈鱼脊椎骨镁离子含量没有显著影响($P>0.05$); 饲料中添加镁对淡水养殖和海水养殖的鲈鱼血清中

1) 郑伟宏. 几种促生长剂对奥尼罗非鱼的促生长效果及其作用原理初探. 中山大学硕士研究生学位论文, 1996

2) 高文. 草鱼对糖的利用及 Mg²⁺对草鱼和罗非鱼利用高糖的影响. 中山大学硕士研究生学位论文, 2006

3) 周磊. 饲料镁水平对淡水与海水环境中鲈鱼生长和生理影响的比较研究. 集美大学硕士研究生学位论文, 2012

镁含量均无显著性影响($P > 0.05$)。随着饲料中镁水平的增加石斑鱼鱼体、脊椎骨及磷片中镁的含量无显著变化(Ye *et al.* 2010)。本研究结果显示,不同镁添加水平对鲈鱼肌肉、脊椎、血清镁含量均无显著性影响($P > 0.05$),与周磊(2012)¹⁾、Ye 等(2010)的研究结果一致,推测鲈鱼能从海水或常规饲料原料中满足自身对镁的需求。

4 结 论

饲料镁对鲈鱼幼鱼生长性能及肝体比、脏体比及肥满度无显著影响;饲料镁对鲈鱼幼鱼肌肉粗蛋白、粗脂肪及灰分无显著影响;对鲈鱼幼鱼肌肉、脊椎骨及血清镁含量无显著影响。基于以上结果分析,推测鲈鱼幼鱼可以从海水或基础饲料原料中吸收的镁足够满足自身对镁的需求,因此,不需要在饲料中额外补充镁。

参 考 文 献

- 艾庆辉,王道尊. 镁对异育银鲫生长的影响. 上海水产大学学报, 1998, 7(增刊): 148-153
- 冷向军, 陈冰, 阳连贵, 等. 饲料中添加醋酸镁、硫酸镁饲养罗非鱼试验. 淡水渔业, 2002, 32(1): 45-46
- 陈壮, 梁萌青, 郑珂珂, 等. 饲料蛋白水平对鲈鱼生长、体组成及蛋白酶活性的影响. 渔业科学进展, 2014, 35(2): 51-59
- 汪福保, 罗莉, 李云, 等. 镁对草鱼生长和脂肪代谢的影响. 动物营养学报, 2010, 22(1): 93-99
- 梁萌青, 王家林, 常青, 等. 饲料中硒的添加水平对鲈鱼生长性能及相关酶活性的影响. 中国水产科学, 2007, 13(6): 1017-1022
- 窦兵帅, 梁萌青, 郑珂珂, 等. 饲料中碳水化合物水平对鲈鱼生长、生理状态参数及体组成的影响. 渔业科学进展, 2014, 35(1): 46-54
- Afa EM, Maage A. Magnesium requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr in seawater-treated fresh water. Aquacult Nutr, 1998, 4(1): 31-38
- Ai QH, Mai KS, Li HT, *et al.* The effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 2004a, 230(1-4): 509-516
- Ai QH, Mai KS, Zhang CX, *et al.* Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 2004b, 242(1-4): 489-500
- Bell JG, Cowey CB, Adron JW, *et al.* Some effects of selenium deficiency on enzyme activities and indices of tissue peroxidation in Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). Aquaculture, 1987, 65(1): 43-54
- Bijvelds MJC, Flik G, Kolar ZI, *et al.* Uptake, distribution and excretion of magnesium in *Oreochromis mossambicus*: dependence on magnesium in diet and water. Fish Physiol Biochem, 1996, 15(4): 287-298
- Cheng KM, Hu CQ, Liu YN, *et al.* Dietary magnesium requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. Aquacult Nutr, 2005.11(5): 385-393
- Dabrowska H, Meyer-Burgdorff K, Günther KD. Interaction between dietary protein and magnesium level in tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 1989, 76(3-4): 277-291
- Gatlin III DM, Robinson EH, Poe WE, *et al.* Magnesium requirement of fingerling channel catfish and signs of magnesium deficiency. J Nutr, 1982, 112(6): 1182-1187
- Han D, Liu H, Liu M, *et al.* Effect of dietary magnesium supplementation on the growth performance of juvenile gibel carp, (*Carassius auratus gibelio*). Aquacult Nutr, 2012, 18(5): 512-520
- Hendricks, J.D. Adventitious toxins. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), Fish Nutrition, 3rd ed. 2002, Academic Press, San Diego, CA, USA, 601-649
- Liang JJ, Tian LX, Liu YJ, *et al.* Dietary magnesium requirement and effects on growth and tissue magnesium content of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquacult Nutr, 2012, 18(1): 56-64
- Ogino C, Chiou JY. Mineral requirement in fish- II. Magnesium requirement of carp. Bull Jap Soc Sci Fish, 1976, 41(1): 71-75
- Ogino, C, Takashima, F, Chiou JY. Requirement of rainbow trout for dietary magnesium. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 44: 1105-1108.
- Reigh RC, Robinson EH, Brown PB. Effects of dietary magnesium on growth and tissue magnesium content of blue tilapia *Oreochromis aureus*. World Aquacult Soc, 1991, 22(3): 192-200
- Sakamoto S, Yone Y. Requirement of red sea bream for dietary Mg. Bull Jap Soc Sci Fish, 1979, 45: 57-60
- Satoh S, Yamamoto H, Takeuchi T. Effect on growth and mineral composition of rainbow trout of deletion of trace elements or magnesium from fishmeal diet. Bull Jap Soc Sci Fish, 1983a, 49(3): 425-429
- Satoh S, Yamamoto T, Takeuchit T, *et al.* Effects on growth and mineral composition of carp of deletion of trace elements or magnesium from fish meal diet. Bull Jap Soc Sci Fish, 1983b, 49(3): 431-435
- Satoh S, Takeuchit T, Watanabe T. Availability of manganese and magnesium contained in white fish meal to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Nippon Suisan Gakk, 1991, 57(1): 99-104
- Shearer KD. Whole body magnesium concentration as an indicator of magnesium status in rainbow trout (*Salmo*

1) 周磊. 饲料镁水平对淡水与海水环境中鲈鱼生长和生理影响的比较研究. 集美大学硕士研究生学位论文, 2012

- gairdneri*). *Aquaculture*, 1989, 77(2–3): 201–210
- Shearer KD, Åsgård T. The effect of water-borne magnesium on the dietary magnesium requirement of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem*, 1992, 9(5–6): 387–392
- Tam M, Gomez S, Gonzalez-Gross M, *et al.* Possible roles of magnesium on the immune system. *Eur Clin Nutr*, 2003, 57(10): 1193–1197
- Vormann J. Magnesium: nutrition and metabolism. *Mol Aspects Med*, 2003, 24(1–3): 27–37
- Wang FB, Luo L, Lin SM, *et al.* Dietary magnesium requirements of juvenile grass carp, (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquacult Nutr*, 2011, 17(3): 691–700
- Ye CX, Liu YJ, Tian LX, *et al.* Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper, (*Epinephelus coioides*). *Aquaculture*, 2006, 255(1–4): 263–271
- Ye CX, Tian LX, Mai KS, *et al.* Dietary magnesium did not affect calcium and phosphorus content in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquacult Nutr*, 2010, 16(4): 378–384

(编辑 陈严)

Dietary Magnesium did not Affect Growth Performance and Fish Body Magnesium Content in Juvenile Japanese Seabass, *Lateolabrax japonicus*

ZHAO Min^{1,2}, LIANG Mengqing^{1,3①}, TAN Feng¹, ZHENG Keke¹, XU Houguo¹, YAN Lei²

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. New Hope Liuhe Group Co., Ltd, Beijing 100102; 3. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071)

Abstract Most of magnesium (Mg) in fish is contained in the bone. Dietary magnesium has been reported to affect growth in several species, but the effect of dietary Mg on growth of seabass (*Lateolabrax japonicus*) is unknown. This study was conducted to investigate the effect of dietary Mg supplement on growth, feed efficiency, morphometry index, and Mg concentration in vertebrae, muscle and serum of seabass. Six experimental diets were formulated to contain graded levels of Mg by supplementing the basal diet with 186, 350, 542, 735, 950, and 1220 mg/kg Mg in the form of Mg sulphate (MgSO₄·7H₂O). Triplicate groups of juvenile seabass with an initial body weight of (28.0±2.5) g were fed to apparent satiation twice daily for 56 d with the waterborne Mg concentration of 1115 mg/L. The experiment was carried out in flowing-water tanks. Dietary Mg supplement did not improve the specific growth rate, survival rate and feed efficiency of seabass ($P>0.05$). The hepatosomatic index, viscerosomatic index, condition factor, Mg concentration in vertebrae, muscle and serum were not affected by dietary Mg supplementation ($P>0.05$). Also crude protein, crude lipid, moisture and ash contents in muscle were no significantly different ($P>0.05$). These indicates the Mg requirement of sea bass was met by fish fed the basal diet and waterborne Mg concentration. Therefore, it is no need to additional magnesium supplementation in feed.

Key words *Lateolabrax japonicus*; Magnesium; Growth performance; Body composition

① Corresponding author: LIANG Mengqing, E-mail: liangmq@ysfri.ac.cn