

盐度对大菱鲂幼鱼生长和肌肉营养成分的影响

曾霖^{1,2}, 雷霖霖^{1,2*}, 刘滨², 洪万树¹, 艾春香¹, 朱建新²

(1. 厦门大学海洋与地球学院, 福建 厦门 361021;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 将平均体质量为(7.16±0.07)g的大菱鲂幼鱼分别饲养在不同盐度(12、18、24、30和36)的水体中60d,以探讨盐度对幼鱼特定生长率、生长激素、成活率、摄食率、饲料效率和肌肉营养成分的影响。结果表明:大菱鲂幼鱼在盐度分别为18、24、30和36的水体中均生长良好,成活率为100%,特定生长率分别为1.97、1.87、1.87和2.00%/d;在盐度为12的水体中,幼鱼的成活率和特定生长率均显著低于盐度30组(对照组)($P < 0.05$),分别为80.77%和1.45%/d。生长激素为0.41~1.66 ng/mL时,盐度18和36组均显著高于盐度30组($P < 0.05$),而盐度12组显著低于盐度30组($P < 0.05$)。饲料效率为1.12%~1.38%时,盐度18、24和36组均显著高于盐度30组($P < 0.05$),而盐度12组显著低于盐度30组($P < 0.05$)。摄食率为1.19~1.28%/d时,盐度12和24组均显著低于盐度30组($P < 0.05$),其它盐度组之间均无显著差异($P > 0.05$)。幼鱼特定生长率随血清生长激素和饲料效率的升高而增大,与盐度的相关性不显著。幼鱼肌肉中的粗蛋白质含量随水体盐度的升高而降低,除盐度12和18组之间无显著性差异外($P > 0.05$),其余各盐度组之间均存在显著性差异($P < 0.05$);盐度12组幼鱼肌肉中的粗脂肪低于其它盐度组,灰分显著高于其它盐度组($P < 0.05$),其余各盐度组之间粗脂肪和灰分均无显著性差异($P > 0.05$);各盐度组之间幼鱼肌肉中的水分均无显著性差异($P > 0.05$)。综上所述,适当降低盐度可改善大菱鲂幼鱼生长和肌肉品质,其适宜盐度为18。

关键词: 大菱鲂; 盐度; 生长; 生长激素; 肌肉品质

中图分类号: S 965.3

文献标志码: A

大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)俗称“多宝鱼”,具有环境适应性强、生长迅速、肉质好、价格高和市场潜力大等特点,已成为全国沿海地区尤其是北方最主要的海水养殖经济种类,并开始向内陆地区推广^[1]。盐度是影响大菱鲂推广到内陆养殖的关键环境因素之一。因此,研究盐度变化对大菱鲂生理的影响对健康养殖水体盐度调节方案的制定具有极其重要的意义。

海水与淡水之间的离子浓度相差约1000倍,而不同鱼类血液中的离子浓度仅相差3倍左右^[2]。鱼类无论生活在海水或淡水中,均需要进

行渗透压调节来维持体内离子平衡,这一过程需要消耗大量的能量。当鱼类生活在等于或接近体液渗透压的水环境时,用于渗透压调节所需的能量最少,节约的能量可用于改善生长^[3]。研究表明,适当降低海水盐度可以改善鱼类的生长性能。在最适温度范围内,与正常盐度(33.5)相比,生活在低盐(15或19)环境中的大菱鲂幼鱼具有较高的特定生长率和饲料效率^[4-6]。

随着人们生活水平的提高,水产品越来越受到消费者的青睐,消费者也越来越关注水产品的营养品质、风味和安全质量。研究发现,盐度

收稿日期:2013-05-07 修回日期:2013-07-10

资助项目:鲜鲈类产业技术体系专项(CARS)(2060302-2-1-008)

通信作者:雷霖霖,E-mail:leijl@ysfri.ac.cn

变化影响鱼类渗透压、能量代谢等诸多生理机能,从而影响机体内糖类、脂肪、蛋白质等营养成分含量^[7],最终影响鱼类肌肉品质。目前,大菱鲆在我国南北沿海均有养殖,各养殖区域的盐度差异较大。迄今为止,尚未见有关盐度对大菱鲆肌肉品质的研究报导。实验将大菱鲆幼鱼分别饲养在盐度为12、18、24、30和36等5种水体环境中60 d,探讨盐度对大菱鲆幼鱼生长性能和肌肉营养成分的影响,为大菱鲆的工厂化养殖、“海陆接力、南北接力”等高效健康养殖模式的水体盐度调节提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用的大菱鲆幼鱼取自山东省烟台天源水产有限公司,体质量为 (7.16 ± 0.07) g,健康活泼。幼鱼运输到实验基地后,分别投放在容积为240 L(盛水140 L)的钢化玻璃桶中暂养1周,密度为26尾/桶,采用静水充气养殖,养殖用水为深井过滤海水。养殖用水盐度为30(对照组)的基础上,采取每天升降1~2.5分别调至12、18、24和36等设定的盐度梯度,每处理组设3个重复,高盐度和低盐度由天然海水(30)与海水晶或淡水调配而成,每天换水率为100%。大菱鲆幼鱼在预定的盐度环境中适应1周后正式开始实验。每天采取过饱和投食2次(08:30和16:30),投喂的饲料配方和营养指标见表1。

1.2 样品采集和分析

60 d饲养实验结束后,大菱鲆幼鱼饥饿24 h后称量各养殖桶内鱼体的总重,计算特定生长率、饵料效率、摄食率。随后每桶随机抽取8尾鱼,称量体长、体质量、内脏重和肝脏重,用于计算肥满度、脏体比和肝体比。麻醉后用1 mL注射器经鱼尾部静脉抽取血液,4℃冰箱放置过夜后4 000 r/min离心10 min,将上清液移入冻存管并冻存于液氮中用于生长激素(GH)含量测定,GH含量采用放射性免疫法(RIA)测定(由青岛海慈医院协助测定)。上述8尾鱼和同桶中其它所有鱼的肌肉贮存于-20℃冰箱保存,用于水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分等含量分析。饲料和鱼肌肉中的水分、粗蛋白、粗脂肪及灰分等含量采用AOAC^[8]的方法分析。饲料及鱼的肌肉样品在105℃称至恒重测定水分;蛋白质采用凯氏定氮法;脂肪采用

索氏抽取法;灰分采用在马福炉中550℃燃烧失重法进行测定。

表1 实验饲料配方及成分分析(% ,干重)

Tab.1 Formulation and proximate composition of the experimental diets % ,dry weight

原料 ingredients	比例 percentage
鱼粉 fish meal	63.5
豆油 soy lecithin	2
鱼油 fish oil	4
α 淀粉 α-starch	5
α 微晶纤维 α-cellulose	20
粘合剂 binder	1
磷酸二氢钙 calcium dihydrogen phosphate	0.5
矿物质混合物 mineral premix ^a	1
维生素混合物 vitamin premix ^b	1
大豆卵磷脂 soy lecithin	2
成分分析 analytical composition	
干重 dry weight	93.02
粗蛋白 protein	52.21
粗脂肪 lipid	10.17
碳水化合物 carbohydrate	4.91

注:a. 矿物质混合物(mg/kg 饲料):CuSO₄·5H₂O,10;FeSO₄·H₂O,80;ZnSO₄·H₂O,50;MgSO₄·7H₂O,1200;Ca(H₂PO₃)₂·H₂O,5 000;Ca(IO₃)₂(1%),60;MnSO₄·H₂O,45;CoCl₃(1%),50;Na₂SeO₃(1%),20;沸石粉,8 485

b. 维生素混合物(mg 或 IU/kg 饲料):维生素A 醋酸酯,16 000 IU;维生素B₁,24.5;维生素B₆,19.8;维生素B₁₂,0.1;维生素D₃,2 500 IU;维生素E 醋酸酯,200;维生素K₃(MSB),5.1;Vc 磷酸酯,1 000;丙酸钙,1 000;氯化胆碱,2 500;肌醇,784;乙氧基喹啉,500;烟酸,198;泛酸钙,58.8 核黄素,36;叶酸,19.6;生物素,1.2

Notes: Mineral premix (mg/kg diet): CuSO₄·5H₂O, 10; FeSO₄·H₂O, 80; ZnSO₄·H₂O, 50; MgSO₄·7H₂O, 1 200; Ca(H₂PO₃)₂·H₂O, 5 000; Ca(IO₃)₂(1%), 60; MnSO₄·H₂O, 45; CoCl₃(1%), 50; Na₂SeO₃(1%), 20; Zoelite, 8 485

Vitamin premix (mg or IU if mentioned/kg diet): retinyl acetate, 16 000 IU; thiamin, 24.5; pyridoxine, 19.8; vitamin B₁₂, 0.1; cholecalciferol, 25 000 IU; all-rac-α-tocopheryl acetate, 200; menadione sodium bisulfate, 5.1; calcium propionate, 1 000; ascorbic acid polyphosphate, 1 000; choline chloride, 2 500; myoinositol, 784; ethoxyquin, 500; niacin, 198; D-calcium pantothenate, 58.8; riboflavin, 36; folic acid, 19.6; biotin 1.2

1.3 数据处理与统计分析

实验指标参照以下公式进行计算:

特定生长率(specific growth rates, SGR, %/d) = $100 \times (e^g - 1)$,

其中 $g = (\ln W_t - \ln W_0) / t$

存活率(survival rate, SR, %) = $100 \times (N_t /$

N_0)

摄食率 (feed intake ratio, %/d) = $100 \times W_f / (W_t + W_0) / 2 \times t$

饲料效率 (feed conversion efficiency, FCE) = $(W_t - W_0) / W_f$

肥满度 (condition factor, CF) = $100 \times W / L^3$

式中, W_t 为大菱鲃终末平均体质量 (g), W_0 为大菱鲃初始平均体质量 (g), t 为实验天数 (d), N_t 为大菱鲃终末的尾数, N_0 为大菱鲃初始的尾数, W_f 为摄食饲料干重 (g), L 为鱼体长 (cm)。

实验数据 (平均数 \pm 标准差) 采用 SPSS 16.0 软件进行单因素方差统计分析 (One-Way ANOVA), 当差异显著时 ($P < 0.05$), 再进行 student-Newman-Keuls 多重比较分析。

2 结果

2.1 盐度对大菱鲃幼鱼生长和血清生长激素的影响

大菱鲃幼鱼饲养 60 d 后, 各盐度组幼鱼的特定生长率 (SGR) 为 1.45 ~ 2.00 %/d, 盐度 36 组最大, 盐度 12 组最小, 盐度 12 组显著低于其他盐度组 ($P < 0.05$), 其它各盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$) (图 1)。

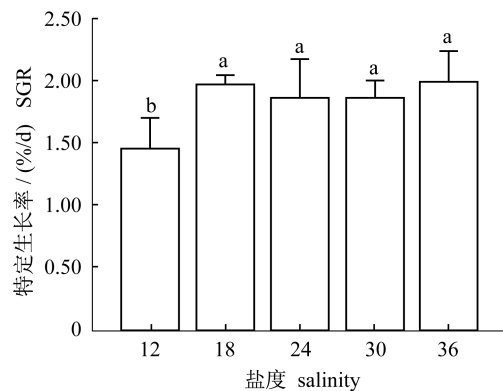


图 1 不同盐度下大菱鲃幼鱼的特定生长率

不同字母表示存在显著差异 ($P < 0.05$), 数据来自 3 个重复组。下同

Fig. 1 Specific growth rates of *S. maximus* reared at different salinities

Different letters denote significant differences (Student-Newman-Keuls test, $P < 0.05$) between salinity groups. Data from three replicates are combined. The same as the followings

大菱鲃幼鱼饲养 60 d 后, 各盐度组幼鱼血清中的 GH 含量为 0.41 ~ 1.66 ng/mL, 盐度 36 组

最大, 盐度 12 组最小, 盐度 18 和 36 组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 盐度 12 组显著低于对照组 ($P < 0.05$) (图 2)。

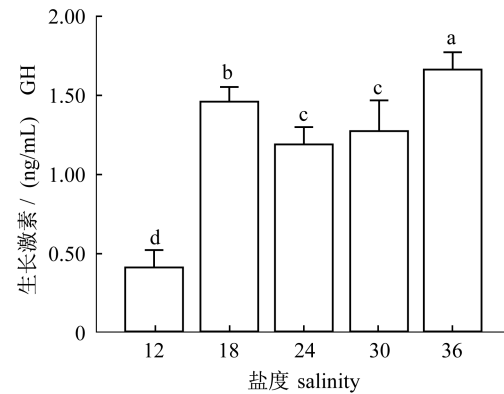


图 2 不同盐度下大菱鲃幼鱼 GH 水平变化

Fig. 2 GH level of *S. maximus* reared at different salinities

2.2 盐度对大菱鲃幼鱼成活率、摄食率、肥满率、脏体比、肝体比和饲料效率的影响

大菱鲃幼鱼饲养 60 d 后, 各盐度组幼鱼的成活率、饲料效率、摄食率、肥满度、脏体比及肝体比见表 2。从表 2 中可知, 除盐度 12 组幼鱼的存活率仅为 80.77% 外, 其余盐度组幼鱼的存活率均为 100%, 盐度 12 组幼鱼的存活率显著低于其它盐度组 ($P < 0.05$)。幼鱼摄食率为 1.19 ~ 1.28 %/d, 盐度 30 组最大, 盐度 12 组最小, 盐度 12 和 24 组显著低于对照组 ($P < 0.05$), 其它盐度组与对照组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。幼鱼肥满度为 3.23 ~ 3.42 g/cm³, 盐度 36 组最大, 盐度 24 组最小, 各盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。幼鱼脏体比为 4.84% ~ 5.65%, 盐度 36 组最大, 盐度 18 组最小, 盐度 18 组显著低于对照组和盐度 36 组 ($P < 0.05$), 其它盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。幼鱼肝体比为 1.04% ~ 1.20%, 盐度 36 组最大, 盐度 18 组最小, 盐度 18 组显著低于其它盐度组 ($P < 0.05$), 其它盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

大菱鲃幼鱼饲养 60 d 后, 不同盐度组饲料效率 (FCE) 为 1.12% ~ 1.38%, 盐度 36 组最大, 盐度 12 组最小, 盐度 18, 24 和 36 组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 而盐度 12 组显著低于对照组 ($P < 0.05$) (表 2 和图 3)。

表 2 不同盐度下大菱鲃幼鱼的成活率、摄食率、肥满率、脏体比和肝体比
 Tab. 2 Survival rate, feed conversion efficiency, feed intake ratio, condition factor, viscera index, hepatosomatic index of *S. maximus* reared at different salinities

盐度/% salinity	成活率/% survival rate	摄食率/(%/d) feed intake ratio	肥满度/(g/cm ³) CF	脏体比/% VSI	肝体比/% HIS
12	80.77 ^b	1.19 ± 0.04 ^b	3.30 ± 0.23	5.07 ± 0.45 ^{ab}	1.19 ± 0.11 ^a
18	100.00 ^a	1.25 ± 0.01 ^{ab}	3.29 ± 0.14	4.84 ± 0.19 ^b	1.04 ± 0.08 ^b
24	100.00 ^a	1.21 ± 0.05 ^b	3.23 ± 0.17	5.13 ± 0.34 ^{ab}	1.17 ± 0.09 ^a
30	100.00 ^a	1.28 ± 0.03 ^a	3.37 ± 0.10	5.48 ± 0.37 ^a	1.18 ± 0.16 ^a
36	100.00 ^a	1.25 ± 0.05 ^{ab}	3.42 ± 0.05	5.65 ± 0.11 ^a	1.20 ± 0.14 ^a

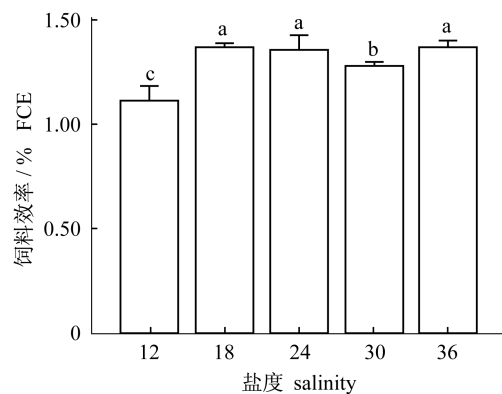


图 3 不同盐度下大菱鲃幼鱼的饲料效率

Fig. 3 Feed conversion efficiency of *S. maximus* reared at different salinities

2.3 盐度对大菱鲃幼鱼肌肉成分的影响

大菱鲃幼鱼饲养 60 d 后,各盐度组幼鱼肌肉中的粗蛋白、粗脂肪、水分和灰分含量见表 3。从表 3 中可知,各盐度组幼鱼肌肉中的粗蛋白含量为 16.39%~16.97%,盐度 18 组最高,盐度 36 组最低,除盐度 12 和 18 组之间无显著性差异外 ($P > 0.05$),其它各盐度组之间均存在显著性差异 ($P < 0.05$),总体上,幼鱼肌肉中粗蛋白含量随养殖水体盐度的升高而降低。各盐度组幼鱼肌肉中的粗脂肪含量为 3.52%~4.11%,盐度 18 组最高,盐度 12 组最低,盐度 12 组显著低于盐度 18 组 ($P < 0.05$),其它盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。各盐度组幼鱼肌肉中的水分含量为 74.31%~75.45%,各盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$),盐度 36 组最高,盐度 24 组最低。各盐度组幼鱼肌肉中的灰分为 3.79%~4.84%,盐度 12 组最高,盐度 24 组最低,盐度 12 组显著高于其它盐度组 ($P < 0.05$),其它盐度组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 3 不同盐度下大菱鲃幼鱼肌肉中粗蛋白、粗脂肪、水分和灰分含量

Tab. 3 Protein, lipid, moisture and ash content in muscle of *S. maximus* reared at different salinities % , fresh weight

盐度 salinity	粗蛋白 protein	粗脂肪 lipid	水分 moisture	灰分 ash
12	16.95 ± 0.06 ^a	3.52 ± 0.14 ^b	74.54 ± 0.61	4.84 ± 0.60 ^a
18	16.97 ± 0.03 ^a	4.11 ± 0.35 ^a	74.59 ± 0.87	4.03 ± 0.70 ^b
24	16.66 ± 0.03 ^b	3.94 ± 0.35 ^{ab}	74.31 ± 0.65	3.79 ± 0.15 ^b
30	16.46 ± 0.05 ^c	3.87 ± 0.33 ^{ab}	74.47 ± 1.25	3.82 ± 0.24 ^b
36	16.39 ± 0.02 ^d	3.96 ± 0.32 ^{ab}	75.45 ± 0.47	3.97 ± 0.32 ^b

3 讨论

鱼类具有复杂的机制来调节渗透压平衡从而维持其正常的生理功能^[9]。渗透压平衡调节主要通过相关的酶和转运体蛋白来实现的^[10],那些酶和转运体蛋白的生物合成和功能发挥均需要消耗大量的能量。研究表明,鱼类需要 10%~20% 甚至 50% 的能量来维持其渗透压平衡。能量的消耗与鱼的种类、盐度及其变化大小、驯化时间和生活习性等密切相关^[11]。因此,当鱼类生活在等于或接近体内渗透压的水环境时,鱼体渗透压调节所需要的能量最少,更多的能量可用于改善生长^[3]。已有研究表明,川鲮 (*Platichthys flesus*) 在低盐度时其生长性能得以改善^[12],但也有些鱼类在低盐环境中,其生长并未得到提高,如半滑舌鳎^[13],由此可见,盐度对鱼类生长性能的影响具有种类差异性。盐度不仅会影响鱼类的生长,还会影响鱼类的摄食、饲料效率等。研究发现,在盐度为 15 条件下饲养的大菱鲃幼鱼摄食率显著高于饲养在盐度为 25 和 33.5 条件下的幼鱼^[4];而川鲮的摄食率却随着养殖水体盐度的升高而增

大^[12]。在盐度为 5 条件下饲养的牙鲆幼鱼饲料效率显著高于饲养在盐度为 19 盐度条件下的幼鱼^[14],而川鲈^[13]、大菱鲂^[4-5]的饲料效率在盐度为 14~28 养殖水体中能得到明显改善。本实验表明,虽然适当降低盐度,如盐度 18 组可以改善大菱鲂幼鱼的生长,但其特定生长率(SGR)和饲料效率(FCE)与盐度的相关性均不显著。对于盐度 12 组而言,大菱鲂幼鱼体液最接近水体渗透压, $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力最小即渗透压调节所需的能量最少^[15],但其 SGR、FCE 和成活率却是最低的,这与 Gaumet 等^[6]研究盐度变化对大菱鲂幼鱼生长性能影响的结果相似。其主要原因是盐度过低对大菱鲂幼鱼的摄食、消化酶活性、代谢、耗氧率、机体免疫力(图 4)等均带来不利影响^[16-17],除渗透压调节需要消耗能量外,其它相关生理功能的发挥也需要额外能量来维持,从而最终降低了幼鱼 SGR 和 FCE。对于过渡盐度区(盐度 18 和 24 组)而言,大菱鲂幼鱼 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力低于盐度 30 组(对照组)^[15],而其 SGR 和 FCE 高于对照组, $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力(即盐度)与 SGR 和 FCE 成负相关,即降低盐度能改善生长,这与 Imsland 等^[5]研究结果相似。产生这种现象的主要原因可能是促进鱼类生长的 GH 分泌水平较高^[18],同时用于渗透压调节所需的能量相对较少,节约的能量可用于改善 SGR 和 FCE。对于盐度 36 组而言,大菱鲂幼鱼 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力高于对照组^[15],但 SGR 和 FCE 也高于对照组,即升高盐度改善了 SGR 和 FCE,与以



图 4 盐度 12 组大菱鲂幼鱼体表出现溃烂(黑色箭头)
Fig. 4 Fester on the caudalfin of *S. maximus* reared at the salinity 12 (black arrow)

往的研究结果不一致^[4-6]。除受动物饲养管理、温度、大菱鲂原产地等因素影响外,其主要原因可能是大菱鲂幼鱼的 SGR 和 FCE 主要由内分泌激素如 GH 水平来决定的,与环境因素盐度的相关性不显著,这与 Imsland 等^[5]研究大菱鲂幼鱼血清中 IGF-I 水平与 SGR 和 FCE 之间的关系相似。

影响鱼类肌肉品质的因素很多,如遗传、营养、环境和养殖模式等^[19]。其中,盐度是影响肌肉品质的重要环境因子。鱼类进行渗透压调节所需要的能量由机体内的糖类、脂类和蛋白质提供,盐度也能影响鱼类行为、摄食、免疫等^[3]。因此,盐度对鱼类生理机能的综合影响决定了其体内糖类、脂肪和蛋白质含量的变化,即盐度影响肌肉品质。本实验表明:各盐度组间大菱鲂幼鱼肌肉中的粗蛋白均存在显著性差异,粗蛋白随盐度的升高而降低;盐度 12 组的粗脂肪低于其它盐度组,灰分显著高于其它盐度组,其它盐度组之间的粗脂肪和灰分均无显著性差异,这与田相利等^[13]研究盐度对半滑舌鳎肌肉营养成分影响的结果不一致。产生这一现象的主要原因是盐度对肌肉营养成分的影响因种类而异。粗蛋白随盐度的升高而降低,而 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力随盐度的升高而增大^[15],说明渗透压调节所需要的能量主要由蛋白质提供,可以通过 N/O 实验来进一步验证^[20]。盐度过低(盐度 12 组)对大菱鲂幼鱼的免疫力(图 4)和食欲均产生严重影响,需要额外的能量来维持生存,于是用于形成脂肪的能量相对较少,同时机体内无机物的含量相对较高。因此,盐度 12 组的粗脂肪低于其它盐度组,而灰分高于其它盐度组。各盐度组之间水分均无显著性差异,其主要原因是大菱鲂幼鱼有很强的渗透压调节能力,在长期盐度驯化过程中能维持体内的血液渗透压和离子浓度不变^[6,21],也进一步证明了大菱鲂是一种广盐性鱼类^[1]。为了满足人们对“高蛋白低脂肪”食物的要求,可以适当降低养殖水体盐度来提高大菱鲂的蛋白质含量。

参考文献:

- [1] 国家鲆鲽类产业技术研发中心. 国家鲆鲽类产业技术体系年度报告[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2011.
- [2] Evans D H, Claiborne J B. Osmotic and ionic regulation; cells and animals[M]. Boca Raton, FL: CRC Press,2009:295 - 366.

- [3] Boeuf G, Payan P. How should salinity influence fish growth? [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part C: Toxicology & Pharmacology, 2001, 130(4): 411 - 423.
- [4] Imsland A K, Foss A, Gunnarsson S, et al. The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Aquaculture, 2001, 198 (3 - 4): 353 - 367.
- [5] Imsland A K, Björnsson B T, Gunnarsson S, et al. Temperature and salinity effects on plasma insulin-like growth factor- I concentrations and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Aquaculture, 2007, 271 (3 - 4): 546 - 552.
- [6] Gaumet F, Boeuf G, Severe A, et al. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot [J]. Journal of Fish Biology, 1995, 47 (5): 865 - 876.
- [7] Tseng Y C, Hwang P P. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part C: Toxicology & Pharmacology: CBP, 2008, 148 (4): 419 - 429.
- [8] AOAC. Official methods of analysis [M]. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1995: 1 - 45.
- [9] Hwang P P, Lee T H. New insights into fish ion regulation and mitochondrion-rich cells [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2007, 148 (3): 479 - 497.
- [10] Hiroi J, McCormick S D. New insights into gill ionocyte and ion transporter function in euryhaline and diadromous fish [J]. Respiratory Physiology & Neurobiology, 2012, 184 (3): 257 - 268.
- [11] Hwang P P, Lee T H, Lin L Y. Ion regulation in fish gills: recent progress in the cellular and molecular mechanisms [J]. American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 2011, 301 (1): R28 - R47.
- [12] Gutt J. The growth of juvenile flounders (*Platichthys flesus* L.) at salinities of 0, 5, 15 and 35‰ [J]. Journal of Applied Ichthyology, 1985, 1 (1): 17 - 26.
- [13] 田相利, 王国栋, 董双林, 等. 盐度和温度对半滑舌鳎生长、渗透生理及能量收支的影响 [J]. 中国水产科学, 2010, 17 (4): 771 - 782.
- [14] 唐夏, 黄国强, 李洁, 等. 低盐度胁迫不同时间对褐牙鲆幼鱼生长的影响 [J]. 南方水产科学, 2012, 8 (3): 10 - 16.
- [15] Imsland A K, Gunnarsson S, Foss A, et al. Gill Na^+ , K^+ -ATPase activity, plasma chloride and osmolality in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) reared at different temperatures and salinities [J]. Aquaculture, 2003, 218 (1 - 4): 671 - 683.
- [16] Tsuzuki M Y, Sugai J K, Maciel J C, et al. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities [J]. Aquaculture, 2007, 271 (1 - 4): 319 - 325.
- [17] Bowden T J. Modulation of the immune system of fish by their environment [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2008, 25 (4): 373 - 383.
- [18] Farrell A P. Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment [M]. Amsterdam: Elsevier, 2011: 1466 - 1474.
- [19] 林浩然. 鱼类生理学 [M]. 广州: 中山大学出版社, 2011.
- [20] Mayzaud P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species [J]. Marine Biology, 1976, 37 (1): 47 - 58.
- [21] Freire C A, Amado E M, Souza L R, et al. Muscle water control in crustaceans and fishes as a function of habitat, osmoregulatory capacity, and degree of euryhalinity [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2008, 149 (4): 435 - 446.

Effects of salinities on growth and flesh quality of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*)

ZENG Lin^{1,2}, LEI Jilin^{1,2*}, LIU Bin², HONG Wanshu¹, AI Chunxiang¹, ZHU Jianxin²

(1. College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361021, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: The specific growth rates (SGR), growth hormone (GH), survival rate, feed intake ratio, feed conversion efficiency (FCE) and body composition in muscles of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [body weight of (7.16 ± 0.07) g], which had been reared at salinities 12, 18, 24, 30 and 36 for 60 days, were investigated. The results showed that the SGR of the fish reared at salinity 18, 24, 30 and 36 were 1.97, 1.87, 1.87 and 2.00 %/d, respectively, with a survival rate of 100% for these groups ($P > 0.05$). However, the SGR and survival rate of the fish reared at salinity 12 were 1.45 %/d and 80.77%, respectively, both of which had significant differences in comparison with those of the control (salinity 30) ($P < 0.05$). GH was the lowest in the fish reared at salinity 12 and the highest at salinity 36, both of which had significant differences in comparison with that of the control ($P < 0.05$). FCE and feed intake ratio were 1.12% – 1.38% and 1.19 – 1.28 %/d, respectively. FCE was the lowest in the fish reared at salinity 12, and the highest at salinity 36, both of which had significant differences in comparison with that of the control (salinity 30) ($P < 0.05$); while feed intake ratio was the highest at salinity 30, and the lowest at salinity 12, with significant differences compared with that of the control ($P > 0.05$). Although SGR had not significantly correlated with salinity, SGR increased with the rise of FCE and GH. The crude protein decreased with the rise of water salinity and showed significant difference between groups ($P < 0.05$). Fish reared at salinity 12 had the lowest crude fat and highest ash content, both of which were significantly different from the control ($P < 0.05$). Moisture had no significant differences between groups ($P > 0.05$). Thus, the results indicated that the changes in salinity could have significant impacts on SGR, GH, FCE, feed intake ratio and protein in muscles of juvenile turbot. Rearing in brackish water can enhance growth performance and flesh quality of the fish, and the proper salinity is 18. The results from this study provide important reference for salinity selection in turbot mariculture.

Key words: *Scophthalmus maximus*; salinity; growth; growth hormone; flesh quality

Corresponding author: LEI Jilin. E-mail: leijl@ysfri.ac.cn