

不同盐度与雌二醇投喂对花鲈幼鱼生长性能的影响

刘 阳, 温海深, 李吉方, 张美昭, 王晓龙, 常志成, 田 源

(中国海洋大学 水产学院, 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 为了探寻不同盐度和 17 β -雌二醇(E₂)对花鲈(*Lateolabrax maculatus*)幼鱼生长性能影响, 作者设置 3 个实验盐度梯度, 分别为正常养殖盐度(30)、低盐度(0)、高盐度(45), 对初始平均体质量分别为 0.10607、0.84341、10.94173 g/尾的花鲈, 急性盐度胁迫后进行养殖实验, 并对前两批幼鱼进行 E₂ 投喂处理。结果表明, 在 3 种规格盐度实验处理中, 低盐组鱼类都表现出比较显著的生长优势($P < 0.05$), 随着规格增大, 淡化所需的时间越短, 在盐度处理组中, 高盐处理组与正常组鱼类平均体质量在各阶段中无显著差异($P < 0.05$)。经 50 与 25 mg/kg 剂量的 E₂ 投喂处理后, 处理组花鲈幼鱼在体长、体质量方面都出现了明显抑制, 且肝质量指数显著增加并出现腹水现象, 同时, 高盐处理与雌二醇投喂之间可能存在协同作用, 加强了对花鲈幼鱼早期生长的抑制作用。目前对花鲈幼鱼淡化过程中恢复情况的研究较少, 同时未见有关 E₂ 投喂对花鲈幼鱼生长性能影响的研究, 作者研究结果对北方花鲈在不同盐度水体中的养殖模式推广提供科学依据, 并对 E₂ 诱导性别分化同时所产生的生长性能降低的风险评估提供参考。

关键词: 花鲈(*Lateolabrax maculatus*); 盐度; 17 β -雌二醇; 生长; 肝质量指数

中图分类号: S917.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2017)06-0009-09

DOI: 10.11759//hykx20160801003

花鲈(*Lateolabrax maculatus*)又称海鲈, 属鲈形目(Perciformes), 鲈科(Serranidae), 花鲈属(*Lateolabrax*)^[1], 为广温、广盐性鱼类, 喜栖河口咸淡水处, 亦能在淡水中生活和生长^[2]。中国内陆水域咸淡水资源分布参差不齐, 花鲈广盐性的生物学特性正与其相适应^[3], 但鱼类早期发育阶段对外界环境变化较为敏感, 易造成不可逆的影响^[4-5], 故对花鲈早期阶段的生长性能进行评估显得尤为重要。

为促进海产鲈鱼苗淡水化养殖模式的推广, 需在花鲈早期的培育阶段将其淡化, 其淡化过程中恢复情况的研究较少。同时, 随着海水淡化行业的兴起^[6], 海水淡化产生的高盐度尾液的排放以及夏季的持续高温, 都会引起附近海域盐度的升高, 进而影响海洋生物的正常生活, 因此, 研究高盐度(45)对花鲈早期幼鱼生长的影响具有重要意义。鱼类在不同的生长阶段, 应对外界环境变化的抵抗力存在一定的差异性。故此, 作者采取 3 种不同规格的花鲈幼鱼, 首先经过盐度骤变, 然后进行长期养殖, 记录期间的生长性能指标变化, 观测其恢复情况, 以期为北方花鲈养殖模式的推广提供基础数据。

国外有关鲈鱼生长及性别分化相关因子的研究主要集中在温度水平的报道^[7-9], 此外, Saillant 等^[10-11]

报道了盐度因子与 17 β -雌二醇(E₂)投喂对欧洲狼鲈(*Dicentrarchus labrax*)稚鱼、幼鱼的早期发育的影响。在国内有关 E₂ 的投喂在西伯利亚鲟(*Acipenser baerii*)、胡子鲶(*Clarias fuscus*)等鱼类幼体的早期生长以及性别分化方面的研究均有报道^[12-13]。国内未见 E₂ 投喂对花鲈幼鱼生长及性别分化方面的报道。肝质量指数(HSI)作为重要的生理学指标, 能够反映外界条件变化对机体本身所造成的直观影响, 付世建等^[14]报道了投喂不同水平的饲料淀粉对南方鲈(*Silurus meridionalis*)幼鱼肝质量指数的影响, 孙婷婷^[15]研究了温度和 CO₂ 驯养对南极鱼(*Patagonotothen brachycephalum*)肝质量指数和肥满度的影响。目前未见有关 E₂ 投喂对花鲈幼鱼肝质量指数变化影响的研究。

作者设置 3 个实验盐度梯度, 分别为正常养殖

收稿日期: 2016-08-01; 修回日期: 2016-10-23

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-47); 东营市海洋与渔业局课题(20150217)

[Foundation: Agriculture Research system of China (CARS-47); Fishery Science and Technology Project of Dongying City, No.20150217]

作者简介: 刘阳(1993-), 男, 黑龙江省人, 硕士研究生, 主要从事鱼类生理学研究, E-mail: 939397322@qq.com; 温海深, 通信作者, E-mail: wenhaishen@ouc.edu.cn

盐度(30)、低盐度(0)、高盐度(45),对初始平均体质量分别为(0.106 07±0.05)、(0.843 41±0.17)、(10.941 73±1.64) g/尾的花鲈幼鱼,急性盐度胁迫后进行养殖实验,并对前两批幼鱼进行 E₂ (由 Adamas 公司提供)投喂处理,探寻不同盐度和 E₂ 对花鲈幼鱼生长性能影响。作者研究结果对北方花鲈在不同盐度水体中的养殖模式推广提供科学依据,并对 E₂ 诱导性别分化同时所产生的生长性能降低的风险评估提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验鱼来源

本实验于 2016 年 1 月 12 日开始至同年 5 月中旬结束,实验用花鲈幼鱼及实验场地均由东营市利津县双瀛水产苗种有限责任公司提供。实验用鱼均为北方花鲈亲鱼群体,经人工催产、孵化所得的同批幼鱼。实验前幼鱼体质健康、摄食正常。

1.2 实验方法

参考已有的花鲈仔鱼相关研究^[16]并结合基地实际情况,将实验水温控制在 20℃ ± 1℃,光照白天(500~800)lx,夜晚(200~250)lx,实验期间保证连续微充气。实验用水:低盐度组(0)为经过曝气 1 d 以上的自来水;正常海水盐度组(30)为经沙滤、曝气沉淀后,再经 25#浮游生物网进行过滤的自然海水;高盐度处理组(45)为正常组海水加海水晶,根据盐度计进行配置。本实验采取静水养殖,每 3 d 大换水(等温水 3/4)1 次。实验期间,每日饱食投喂两次,分别为上午 8:00 和下午 4:00,每日下午 4:30 对其吸底 1 次。

实验处理一:小规格实验鱼平均体长为 1.91 cm±0.08 cm,平均体质量为 0.10607 g±0.05 g,直接放入 30、0、45 3 个盐度组水体中进行长期养殖,容积为 800 L 大水槽(有效水体 600 L),每桶 250 尾,每个盐度处理组设置 2 个平行,同时记录死亡情况。当养殖 30 和 60 d 时,对实验鱼进行采样,测其体长、全长、体质量及肝质量。养殖 60 d 后进行为期 15 d 的 E₂ 投喂处理(95%酒精溶解 E₂),剂量为 50 mg/kg,再进行为期 15 d 的 E₂ 投喂,剂量为 25 mg/kg,最后进行恢复 15 d 处理,然后在各时间点进行常规采样。

实验处理二:中等规格实验鱼平均体长为 3.54 cm±0.23 cm,平均体质量为 0.84341 g±0.17 g,盐度处理如实验处理一,每桶 200 尾,设置 2 个平行,期间记

录死亡及摄食情况。养殖 15 d 后,对其中 10 尾较大规格幼鱼进行解剖,测其相关生物学指标。然后将每个盐度处理组均分成两组,一组进行 E₂ 投喂(剂量为 50 mg/kg),另一组为对照组(喷洒同剂量酒精)进行实验。投喂 15 d 后,将 E₂ 调整为 25 mg/kg 再进行 15 d 投喂,最后进行恢复 15 d 处理,观察相应指标变化。

实验处理三:大规格实验鱼平均体长为 8.42 cm±0.61 cm,平均体质量为 10.94173 g±1.64 g,经暂养后在容积 400 L 的圆桶中进行急性盐度胁迫及恢复实验,盐度处理如实验处理一,每桶 30 尾,每处理组 2 重复。在养殖 15 及 30 d 进行常规采样,同时测量生物学指标。

1.3 数据计算

精确测量体长、体质量、肝质量,并分析实验各阶段的肝质量指数(HSI),计算公式如下:

$$\text{肝质量指数(HSI)} = (\text{肝质量}/\text{体质量}) \times 100\%$$

1.4 数据分析

所有实验数据均采用单因素方差分析及 LSD 法、Duncan 及 SNK 检验进行多重比较(分析前先对数据进行方差齐性检验,确保数据具有方差齐性),确定组间是否具有差异性,α=0.05 代表具有显著性水平,α=0.01 表示具有极显著水平。利用 spss19.0 分析软件对所有实验数据进行统计分析,根据实验数据的平均值和标准误,用 EXCEL 软件进行作图。用平均值±标准误近似表示形态统计值。

2 结果

2.1 不同盐度与 E₂ 投喂对体质量的影响

小规格组体质量变化如图 1。由图 1 可见:3 个实验组经前 60 d 盐度处理后,淡水组未表现出相应的生长优势。整体上看低盐处理组近似呈现直线生长,并在 75 d 后明显高于其他组,而高盐处理组在添加 E₂ 后,在 75 与 90 d 采样中,与其他盐度组相比,体质量明显受到抑制,但在正常投喂 15 d 后得到恢复。正常组体质量相对稳定,但在投喂 E₂ 的 15 d 后也出现明显抑制,后期也可恢复。

中等规格花鲈幼鱼实验养殖后,体质量变化如图 2A 所示:投喂 E₂ 后,投喂组与对照组相比体质量均出现抑制(除第 30 天正常组)。其中淡水投喂组与其对照组相比,体质量在投喂后阶段中均显著降低。而正常与高盐投喂组与其对照组相比,体质量差

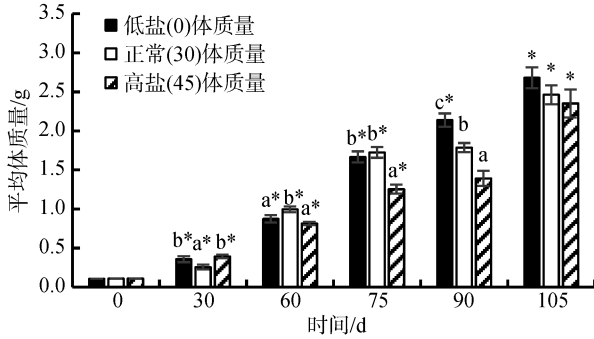


图 1 不同盐度及 E₂ 浓度处理小规格花鲈幼鱼体质量变化
Fig. 1 Average weight of small *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity and E₂ concentrations

第 60 天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第 75 天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第 90 天开始正常投喂。同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。同一盐度、不同天数之间, *表示差异显著 ($P < 0.05$)

Feeding 50 mg/kg E₂ on 60th day; feeding 25 mg/kg E₂ on 75th day; normal feeding on 90th day. Comparison between different salinity at same times, different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Comparison between different times at same salinity, * represents statistical difference ($P < 0.05$)

异相对较小。但在恢复 15 d 后, 高盐投喂组与对照组相比, 体质量差异极显著 ($P < 0.01$)。将图 2A 数据进行拆分, 如图 2B 与图 2C。结合图 2A 与图 2B 知, 低盐处理组平均体质量呈现线性增长, 并在 15~30 d 处理阶段中, 出现淡水生长优势。正常与高盐处理组的体质量在养殖 30 d 后才出现显著增长。同时, 正常与高盐处理组间的体质量在各阶段中无显著差异, 但皆显著低于淡水处理组(除 0~15 d 阶段)。而图 2C 中, 低盐投喂组平均体质量仍呈线性增长, 自添加 E₂ 后体质量仍明显高于其他组。但自添加 E₂ 后, 正常与高盐处理组间的体质量有所差异, 高盐组体质量在投喂期间几乎无增长。经 15 d 正常投喂后, 高盐组体质量明显增加。在 30 与 45 d 处理中, E₂ 浓度降低到 25 mg/kg, 此时正常组体质量有所增加。

大规格花鲈幼鱼生长数据如图 3, 低盐组体质量仍呈线性增长, 且在 0~15 d 内, 就表现出相应地生长优势。高盐组体质量在各阶段无明显增加, 正常与高盐处理组间无显著变化。高盐胁迫初期, 高盐组中

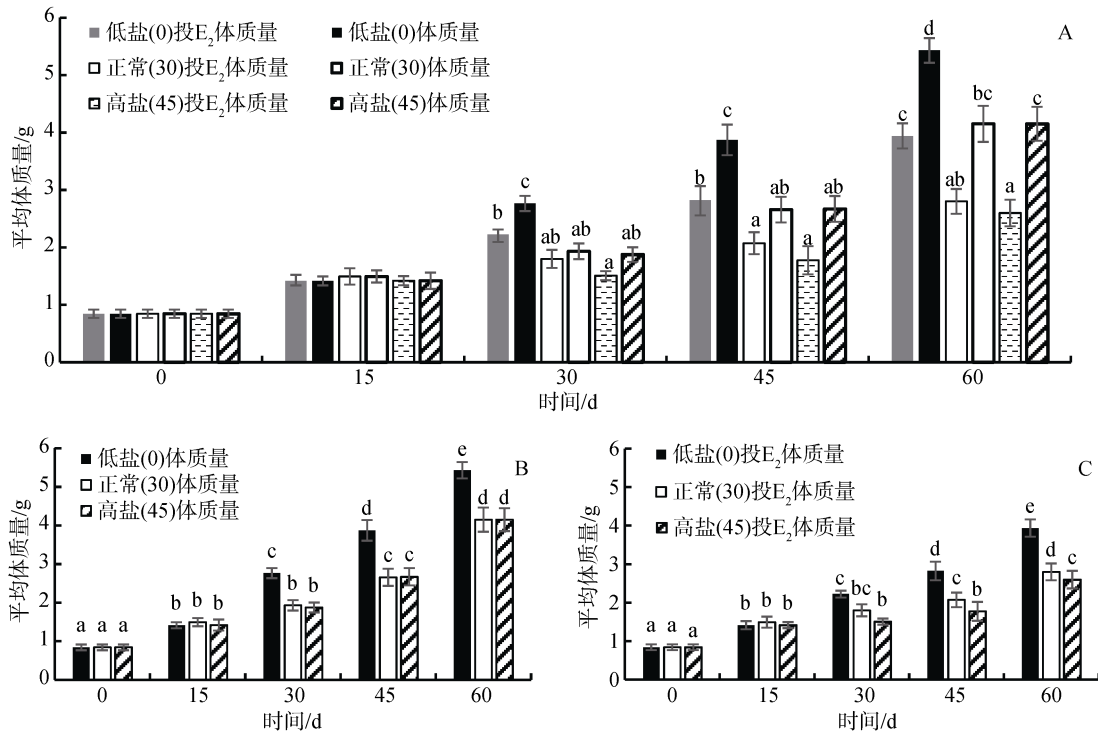


图 2 不同盐度及 E₂ 浓度处理中等规格花鲈幼鱼体质量变化趋势

Fig. 2 Average weight of medium *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity and E₂ concentrations

第 15 天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第 30 天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第 45 天开始正常投喂, 分投喂组与对照组。图 A 中, 同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。图 B、C 中, 同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Feeding 50 mg/kg E₂ on 15th day; feeding 25 mg/kg E₂ on 30th day; normal feeding on 45th day, divided into treatment group and control group. Figure A: comparison between different salinity at same time, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Figures B and C: comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$)

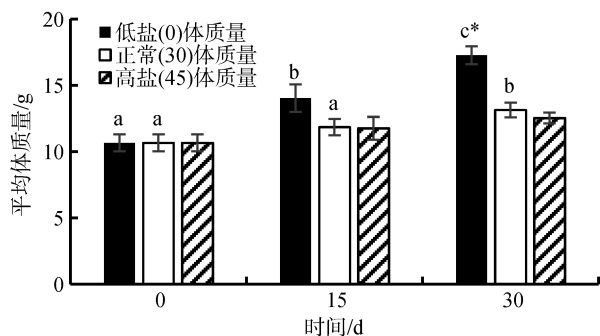


图3 不同盐度处理大规格花鲈幼鱼体质量变化

Fig. 3 Average weight of large *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity

同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著($P<0.05$); 同一天数、不同盐度之间, *表示差异显著($P<0.05$)

Comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P<0.05$); Comparison between different salinity at same time, * represents statistical difference ($P<0.05$)

有两尾鱼死亡, 死亡原因未知, 同时, 高盐组摄食明显不如其他组, 以淡水组摄食最好。

2.2 不同盐度与 E₂ 投喂对体长的影响

小规格花鲈幼鱼体长分析如图4。前60 d 实验养殖中, 体长未出现显著差异变化。当投喂 E₂ 15 d 后, 高盐处理组首先出现抑制。投喂 30 d 后, 正常组亦出现抑制, 但低盐处理组体长总体上仍呈线性增长, 并在投喂 30 d 时体长明显高于其他组。正常与高盐处理组在投喂 30 d 中, 平均体长几乎未增加。在投喂 15 与 30 d 时, 高盐处理组的体长明显小于正常组。

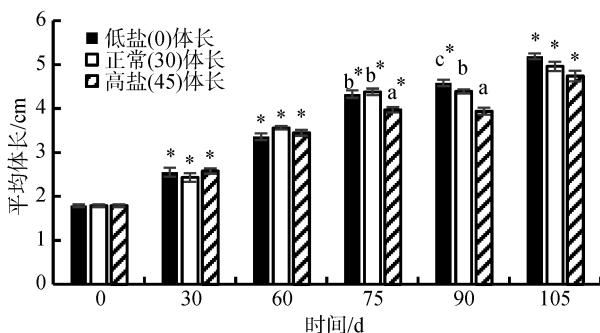


图4 不同盐度及 E₂ 浓度处理小规格花鲈幼鱼体长变化

Fig. 4 Average body length of small *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity and E₂ concentrations

第60天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第75天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第90天开始正常投喂。同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著($P<0.05$)。同一盐度、不同天数之间, *, 差异显著($P<0.05$)

Feeding 50 mg/kg E₂ on 60th day; feeding 25 mg / kg E₂ on 75th day; normal feeding on 90th day. Comparison between different salinity at same time, where different letters represent statistical difference ($P<0.05$). Comparison between different times at same salinity, * represents statistical difference ($P<0.05$)

中等规格实验幼鱼体长变化如图5A所示, 由图5可见: 在养殖 15 d 内, 各盐度组间平均体长无明显差异。在投喂 E₂ 15 d 中, 淡水投喂组与对照组相比出现显著抑制, 投喂 E₂ 30 d 后, 高盐投喂组亦出现明显抑制, 而正常组在投喂期间与对照组相比未出现显著差异。恢复 15 d 中, 高盐处理组与对照组相比出现极显著差异($P<0.01$)。类比体质量分析, 将图5A 分解成图5B与图5C, 结合图5A与图5B知, 各盐度组总体上都呈线性增长, 淡水处理组在养殖 15 d 后出现显著优势, 与体质量变化相一致, 且在后续养殖中一直保持此优势。从图5C中知, 在投喂 E₂ 15 和 30 d 采样中, 高盐处理组首先出现抑制, 淡水与正常组在第30天采样中才出现抑制, 但最终均能恢复。

大规格花鲈幼鱼经盐度处理后, 图6展示了其各阶段平均体长变化, 低盐处理组仍呈较好的线性增长, 在养殖 15~30 d 中, 低盐处理组的平均体长明显高于其他组。

2.3 不同盐度与 E₂ 投喂对肝质量指数的影响

小规格花鲈幼鱼 60 d 实验养殖后, 进行解剖处理, 称取肝质量, 计算各实验阶段肝质量指数如图7。由图7可见: 前60 d 的盐度处理未引起各组肝质量指数显著变化, 但经 15 d E₂ 投喂后, 低盐投喂组与未投喂前相比, 肝质量指数差异极显著($P<0.01$), 解剖时可见其肝肿大, 腹水严重。其他实验组与未投喂前相比, 肝质量指数也显著增大。当 E₂ 质量分数降至 25 mg/kg 时, 低盐处理组的肝质量指数显著降低, 经过 15 d 恢复后, 各实验组均显著降低, 且近似恢复到未处理前水平。

中等规格实验鱼中, 随机选取 20 尾实验幼鱼进行相关生长指标的测量, 并对其中 10 尾较大规格的花鲈幼鱼进行解剖, 称取肝质量计算肝质量指数如图8A所示。未投喂 E₂ 盐度处理组间, 在各采样阶段, 肝质量指数都无显著差异, 而在投喂 E₂ 15 d 后, 投喂组与对照组相比, 肝质量指数显著增加(除高盐处理组), 投喂 30 d 后, 低盐组与对照组间出现极显著差异($P<0.01$), 其他组肝质量指数差异也较显著($P<0.05$), 同时解剖发现, E₂ 处理组的肝脏具有一定腹水, 低盐与正常组腹水程度较高盐处理组要严重。将图8A 数据拆分为图8B与图8C, 图8B中除高盐组外, 整体上呈下降趋势, 且在 30~45 d 处理中, 肝质量指数整体显著降低。图8C中, 各盐度组在投喂 E₂ 期间的肝质量指数与未投喂前后相比均有显著增

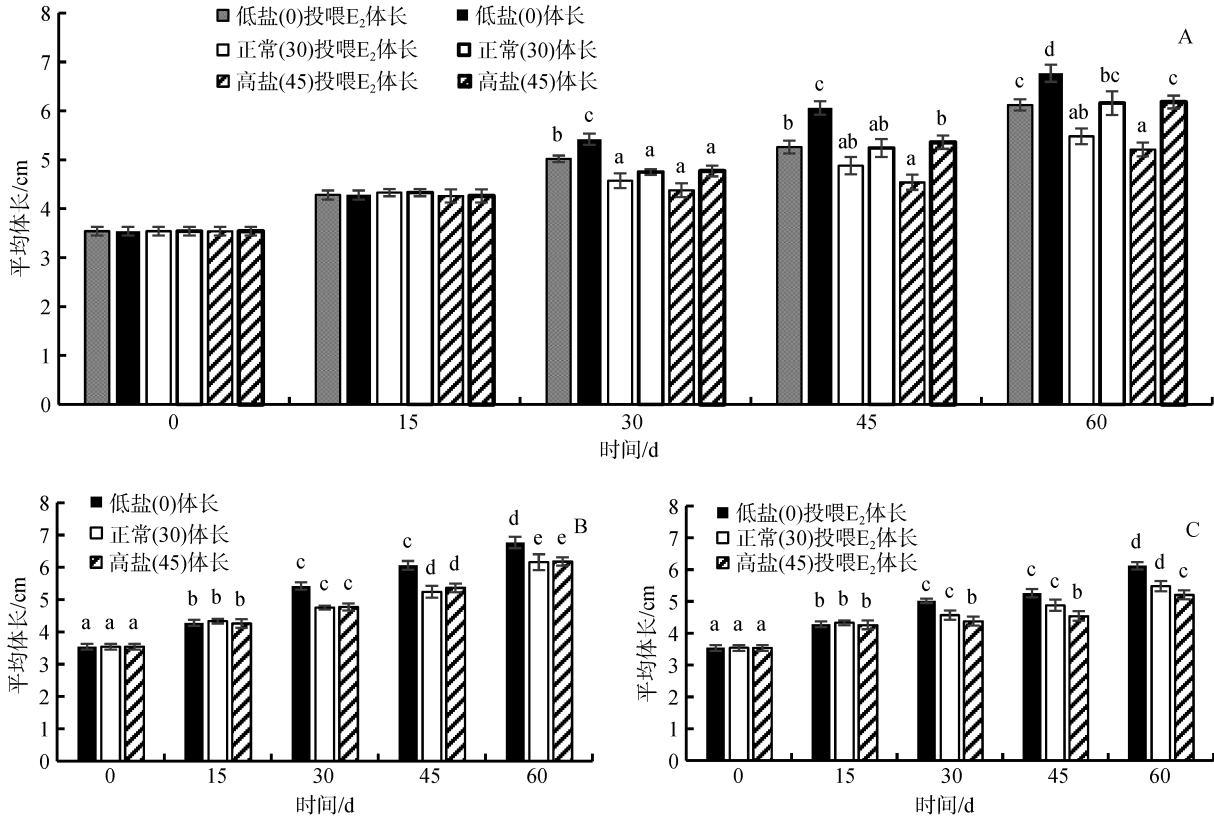


图5 不同盐度及 E₂ 浓度处理中等规格花鲈幼鱼体长变化趋势

Fig. 5 Average body length of medium *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity and E₂ concentrations

第 15 天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第 30 天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第 45 天开始正常投喂, 分投喂组与对照组。图 A 中, 同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。图 B、C 中, 同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Feeding 50 mg/kg E₂ on 15th day; feeding 25 mg/kg E₂ on 30th day; normal feeding on 45th day, divided into treatment group and control group. Figure A: comparison between different salinity at same time, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Figures B and C: comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$)

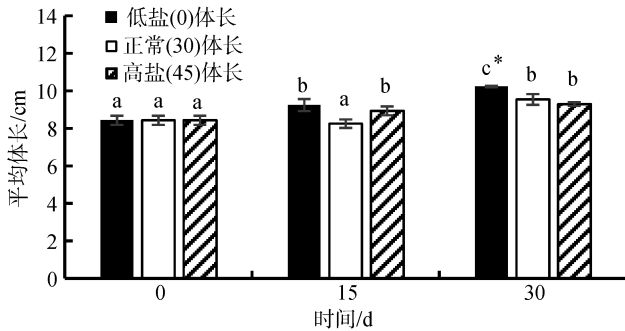


图6 不同盐度处理大规格花鲈幼鱼体长变化趋势

Fig. 6 Average body length of large *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity

同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 同一天数、不同盐度之间, *表示差异显著 ($P < 0.05$)

Comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$); comparison between different salinity at same time: * represents statistical difference ($P < 0.05$)

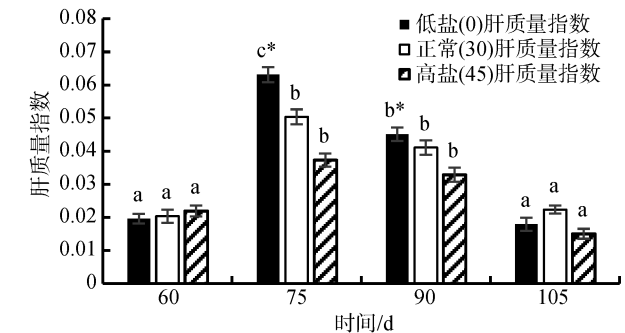


图7 不同 E₂ 浓度处理小规格花鲈幼鱼肝质量指数变化

Fig. 7 Average hepatic index of small *Lateolabrax maculatus* juveniles at different E₂ concentrations

第 60 天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第 75 天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第 90 天开始正常投喂。同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。同一天数、不同盐度之间, *表示差异显著 ($P < 0.05$)

Feeding 50 mg/kg E₂ on 60th day; feeding 25 mg/kg E₂ on 75th day; normal feeding on 90th day. Comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Comparison between different salinity at same time: * represents statistical difference ($P < 0.05$)

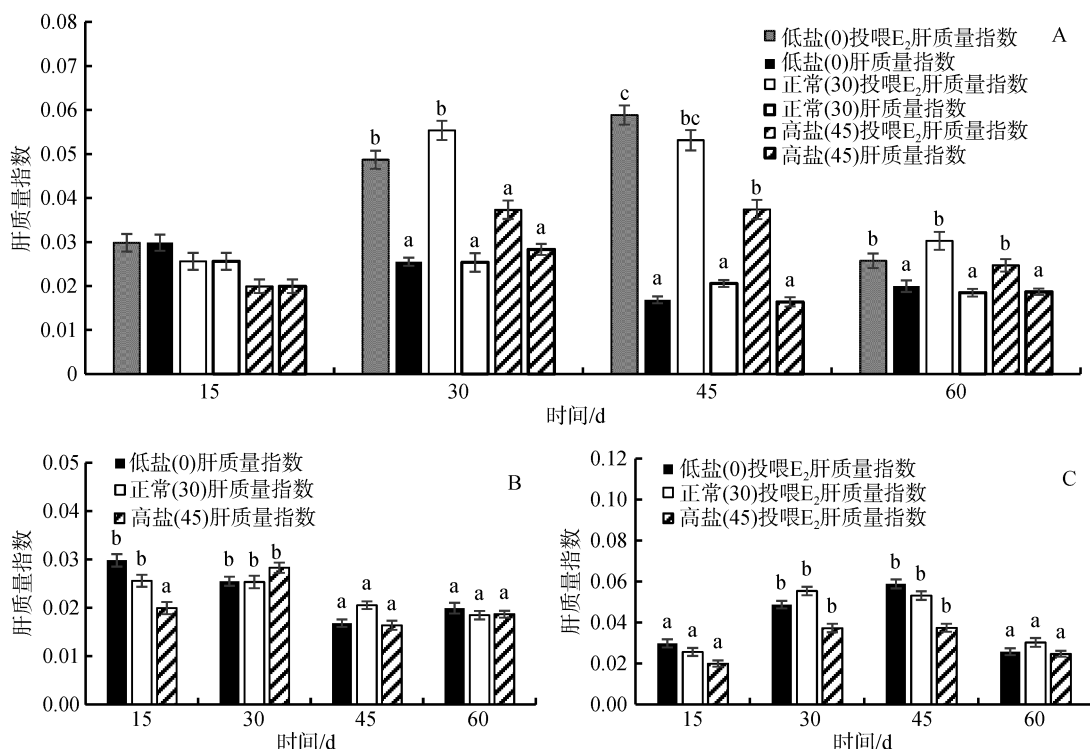


图8 不同盐度及 E₂ 浓度处理中等规格花鲈幼鱼肝质量指数变化趋势

Fig. 8 Average hepatic index of medium *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity and E₂ concentrations

第 15 天开始投喂 50 mg/kg 的 E₂; 第 30 天开始投喂 25 mg/kg 的 E₂; 第 45 天开始正常投喂, 分投喂组与对照组。

图 A 中, 同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。图 B、C 中, 同一盐度、不同天数之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Feeding 50 mg/kg E₂ on 15th day; feeding 25 mg/kg E₂ on 30th day; normal feeding on 45th day, divided into treatment group and control group. Figure A: comparison between different salinity at same time, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Figures B and C: comparison between different times at same salinity, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$)

加, 同时, 与小规格花鲈幼鱼在刚投喂 E₂ 时的反应程度相比, 其较为平缓。

大规格花鲈幼鱼肝质量指数分析结果如图 9 所示。除第 30 天采样中, 正常盐度组的肝质量指数显著降低外, 其他盐度处理组在各阶段中无显著差异 ($P < 0.05$)。

3 讨论

盐度因子通过改变体细胞的渗透压调节, 从而影响生物的能量代谢, 进而对鱼类的分布、胚胎和性腺的发育、幼鱼和成鱼的生长存活产生长远的影响。因此了解养殖鱼类在不同盐度环境中的生物适应性, 对保证存活率、提高生长速度等都具有重要意义^[17-18]。本实验中, 低盐处理组均表现出显著的生长优势, 其结果与杜涛等^[19]的研究结果相一致, 有观点认为海产鱼类在低盐中所表现出的优势, 与其幼鱼喜栖河口或低盐环境条件相关联, 属于自然进化的范畴^[20]。同时, 高盐与正常组实验鱼的平均体长、体质量在各

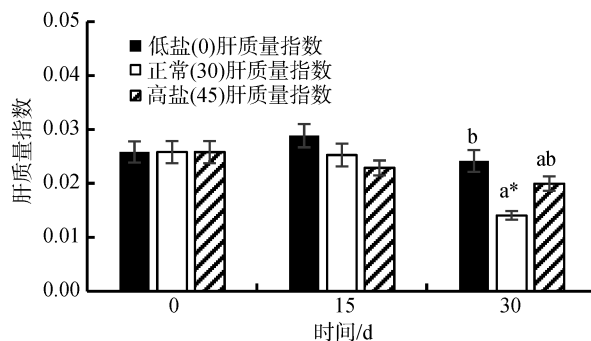


图9 不同盐度处理大规格花鲈幼鱼肝质量指数变化趋势

Fig. 9 Average hepatic index of large *Lateolabrax maculatus* juveniles at different salinity

同一天数、不同盐度之间, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。同一盐度、不同天数之间, *表示差异显著 ($P < 0.05$)

Comparison between different salinity at same time, where different letters represent statistical difference ($P < 0.05$). Comparison between different times at same salinity: * represents statistical difference ($P < 0.05$)

阶段中总体上无显著差异 ($P < 0.05$), 说明高盐处理对其抑制效果不甚明显。低盐处理组大规格幼鱼的体

长, 在开始养殖 15 d 内, 平均体长未像体质量一样出现明显的增长优势, 推测此规格的花鲈幼鱼生长主要集中在体质量方面的增长。

3 种规格花鲈幼鱼在急性低盐处理的恢复中, 小规格幼鱼在养殖两个月后才出现淡水生长优势, 中等规格幼鱼在养殖 15 d 后出现优势, 而大规格幼鱼在 15 d 之内就出现相应优势, 可见随着花鲈幼鱼规格的增大, 其对外界相应的抵抗能力也有所增强。以上数据也可为花鲈幼鱼苗的最佳出售规格的判定, 提供一定的理论依据。

自 1969 年, Yamazaki 等^[21-22]系统地提出外源激素在诱导鱼类性转换方面的应用后, 50 多种海水和淡水鱼类通过性激素诱导, 在全雌化实际生产中, 得到成功应用。研究表明, 外源激素处理对欧洲鲈 (*Dicentrarchus labrax*)、大西洋庸鲈 (*Hippoglossus hippoglossus*) 与短吻鲟 (*Acipenser brevirostrum*) 幼鱼的生长有抑制作用, 甚至具有一定的致死作用^[23-25]。本实验中先后采取 50 与 25 mg/kg 质量分数的 E_2 对前两种规格的花鲈幼鱼进行处理。与对照组相比, 此质量分数的 E_2 对小规格与中等规格花鲈幼鱼体长、体质量均有明显的抑制作用, 需对其最适浓度进行下一步探索。未投喂 E_2 的正常组与高盐处理组之间的体长、体质量几乎无差异, 而高盐投喂 E_2 组的体长、体质量却出现小于正常投喂组的情况, 以及高盐组的体长、体质量在投喂阶段增加不明显, 可推断出, 高盐处理与此浓度 E_2 投喂之间存在协同作用, 共同对花鲈幼鱼早期的生长起到了阻碍的作用。在投喂 E_2 期间, 低盐处理组体长、体质量明显高于其他组, 推测低盐处理组的耐受性较其他组要强。根据小规格幼鱼 75 与 90 d 的采样数据知, 正常组与高盐处理组平均体质量在此时间段内几乎无变化, 推测后 15 d 的 E_2 浓度减半, 并未减轻 E_2 的毒副作用, 说明 25 mg/kg 的 E_2 投喂质量分数仍对此规格的幼鱼有抑制作用。而与小规格幼鱼相比, 中等规格幼鱼正常组的平均体质量在 E_2 减半后, 体质量有所增加, 说明 25 mg/kg 的 E_2 投喂浓度对该规格幼鱼的抑制作用有所缓解。同时, 在最后恢复 15 d 投喂中, 各投喂组的体长、体质量都能得到明显恢复, 说明该浓度的雌二醇对其未造成永久性的抑制。

肝质量指数常作为衡量鱼类某一生长阶段健康状况的指标, 吴翠琴等^[26]指出, 该指标可提供实验动物靶器官病理性增生或萎缩的信息, 可为毒理作用的进一步研究提供导向。在对中华倒刺鲃 (*Spinibarbus*

sinesis) 进行不同浓度的菲 (PHE) 投喂时^[27], 肝胰脏指数随饲料中 PHE 浓度的升高而升高, 且各投喂组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 作者认为这是在器官水平上的代偿性反应。钱焜等^[28]对花鲈进行外源激素处理后, 从分子水平分析了肝脏中 IGF-1 的变化。可见, 根据肝脏指标的相应变化, 可一定程度上确定外源干扰物对机体产生的影响。本实验盐度处理组间未发现显著差异, 推测盐度处理对实验鱼的影响, 不是通过直观的肝脏变化所体现。然而, E_2 投喂组的肝质量指数明显高于对照组, 同时从形态学观察, 解剖后, 投喂 E_2 组的肝脏出现一定腹水, 致使肝质量指数非正常的增加, 也知其对投喂组造成一定毒副作用, 低盐与正常组实验鱼腹水程度较高盐处理组要严重。经 15 d 正常投喂后, 各处理组均可近似恢复到投喂之前水平, 说明此浓度 E_2 未对实验鱼造成永久性影响。同时, 肝质量指数显著增大时期, 正是体长、体质量相对抑制时期, 推测此阶段的能量代谢主要用于肝脏对外界干扰物的解毒方面。在对小规格幼鱼 75 及 90 d 采样中发现, 淡水组肝质量指数明显高于盐度组, 然而从其他生长指标可知, E_2 处理对高盐投喂组的抑制作用最强, 可推测 E_2 对高盐组的毒副作用并未完全通过腹水现象显现出来, 机理有待进一步研究。经过开始 15 d 的 E_2 投喂后, 小规格幼鱼的低盐投喂组与未投喂前相比, 肝质量指数差异极显著 ($P < 0.01$), 而中等规格幼鱼的低盐投喂组与未投喂前相比, 肝质量指数差异显著 ($P < 0.05$), 推测较大规格的花鲈幼鱼对 E_2 毒副作用具有更强的耐受性。大规格幼鱼正常组的肝质量指数显著降低的原因不完全清楚, 推测可能因采样数目不足或随机采样中存在误差, 造成此实验结果。

作者发现, 低盐处理的花鲈幼鱼的生长性能以及抵抗外界干扰的能力, 都较正常组及高盐处理组要强。在急性盐度胁迫的后期恢复中, 随着养殖规格的增大, 低盐处理生长优势出现的时间越短。经过 50 及 25 mg/kg 质量分数的 E_2 投喂处理后, 各处理组都出现了一定的抑制, 但以高盐处理组的毒副作用最强, 但各处理组, 经过 15 d 正常投喂后, 都能得到恢复, 说明此浓度 E_2 投喂, 对其产生抑制, 但非致死浓度。肝质量指数变化能较准确的反映处理组前后的生长状况如何, 推测外界干扰物对机体的毒副作用主要通过肝脏的健康状况来体现, 但高盐处理组的健康状况未能较准确地通过肝质量指数的变化来体现, 需要进一步的验证。

参考文献:

- [1] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 327-332.
Cheng Qingtai, Zheng Baoshan. Fish system retrieval of China[M]. Beijing: Science Press, 1987: 327-332.
- [2] 谢凤才, 温海深, 张美昭. 我国海产花鲈繁育现状及淡化养殖技术[J]. 现代农业科技, 2012, 19: 267-269.
Xie Fengcai, Wen Haishen, Zhang Meizhao. Breeding status and freshwater culture technology of *Lateolabrax japonicus* in China[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012, 19: 267-269.
- [3] 吴光宗, 杨东莱, 庞鸿艳. 渤海湾鲈鱼鱼卵和仔、稚鱼分布的研究[J]. 海洋科学, 1983, 7(6): 40-45.
Wu Guangzong, Yang Donglai, Pang Hongyan. The spawning of perch *Lateolabrax japonicus* in Bohai Bay[J]. Marine Science, 1983, 7 (6): 40-45.
- [4] 王海亮, 温海深, 张晓燕. 盐度胁迫对花鲈幼鱼肠道抗氧化和非特异性免疫能力的影响[J]. 现代农业科技, 2016, 4: 261-263, 269.
Wang Hailiang, Wen Haishen, Zhang Xiaoyan. Effects of salinity stress on antioxidant enzyme and non-specific immunity activities in the intestine of juvenile *Lateolabrax maculatus*[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016, 4: 261-263, 269.
- [5] 谢仰杰, 翁朝红, 蔡仪. 饵料密度对花鲈仔鱼生长和存活的影响[J]. 海洋科学, 2004, 28(3): 23-27.
Xie Yangjie, Weng Chaohong, Cai Yi. Effects of prey concentrations on growth and survival of sea perch, *Lateolabrax japonicus* larvae[J]. Marine Science, 2004, 28(3): 23-27.
- [6] 李鹏, 肖飞, 高海菊. 我国海水淡化产业发展趋势与探讨[J]. 东北水利水电, 2016, 34(2): 66-68.
Li Peng, Xiao Fei, Gao Haiju. Development trend and discussion of seawater desalination industry in China[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2016, 34(2): 66-68.
- [7] Diaz N, Piferrer F. Lasting effects of early exposure to temperature on the gonadal transcriptome at the time of sex differentiation in the European sea bass, a fish with mixed genetic and environmental sex determination[J]. BMC Genomics, 2015, 16(1): 1-16.
- [8] Sfakianakis D G, Papadakis I E, Papadaki M, et al. Influence of rearing temperature during early life on sex differentiation, haemal lordosis and subsequent growth during the whole production cycle in European sea bass *Dicentrarchus labrax*[J]. Aquaculture, 2013, s 412-413(6): 179-185.
- [9] Colburn H R, Walker A B, Berlinsky D L. The effects of temperature on sex differentiation and growth of black sea bass (*Centropristis striata* L.)[J]. Aquaculture Research, 2009, 40(6): 729-736.
- [10] Saillant E, Fostier A, Haffray P, et al. Saline preference for the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae and juveniles: effect of salinity on early development and sex determination[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2003, 1: 103-117.
- [11] Blázquez M, Zanuy S, Carrillo M. Structural and functional effects of early exposure to estradiol-17 β and 17 α -ethynylestradiol on the gonads of the gonochoristic teleost *Dicentrarchus labrax*[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 1998, 18(1): 37-47.
- [12] 庄平, 田美平, 张涛, 等. 投喂雌二醇对西伯利亚鲟幼鱼生长及血液生化指标的影响[J]. 海洋渔业, 2010, 32(2): 148-153.
Zhuang Ping, Tian Meiping, Zhang Tao, et al. Effects of dietary estradiol-17 β on growth and blood biochemistry in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii*[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(2): 148-153.
- [13] 李广丽, 邓思平, 王文达等. 性类固醇激素对胡子鲶性分化的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(6): 1020-1027.
Li Guangli, Deng Siping, Wang Wenda, et al. Effects of sex steroid hormones on sex differentiation of *Clarias fuscus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(6): 1020-1027.
- [14] 付世建, 谢小军, 袁伦强. 饲料淀粉水平对南方鲇幼鱼摄食后肝指数的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 3: 548-551.
Fu Shijian, Xie Xiaojun, Yuan Lunqiang. Effect of dietary starch level on postprandial change of HSI in southern catfish juvenile[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 2005, 3: 548-551.
- [15] 孙婷婷. 温度和 CO₂ 驯养对南极鱼(*P.brachycephalum*) 肝指数(HSI)和 Fulton's K 肥满度的影响[J]. 现代农业科技, 2010, 24: 310-311.
Sun Tingting. The impacts of warm and CO₂ acclimations on the hepatosomatic index(HSI)and Fulton's K condition factor of Antarctic eelpout *P.brachycephalum*[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010, 24: 310-311.
- [16] 王永新, 陈建国, 孙帼英. 温度和盐度对花鲈胚胎及前期仔鱼发育影响的初步报告[J]. 水产科技情报, 1995, 2: 54-57.
Wang Yongxin, Chen Jianguo, Sun Guoying. Effects of temperature and salinity on embryo and early larvae development in common sea bass, *Lateolabrax japonicus*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1995, 2: 54-57.
- [17] Boeuf G, Payan P. How should salinity influence fish growth?[J]. Comparative Biochemistry & Physiology Part C Toxicology & Pharmacology, 2001, 130(4): 411-423.
- [18] 杨山, 王艳, 刘涛, 等. 盐度对鲈鱼稚、幼鱼发育阶段氨基酸的影响[J]. 海洋科学, 2016, 40(3): 17-22.
Yang Shan, Wang Yan, Liu Tao, et al. Effect of salinity on composition and content of amino acid profiles of juvenile and larval *Lateolabrax japonicu*[J]. Marine Science, 2016, 40(3): 17-22.
- [19] 杜涛, 黄洋, 覃雪迎, 等. 不同盐度养殖 I 龄花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 的生长特性差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(2): 337-341.
Du Tao, Huang Yang, Qin Xueying, et al. Difference analysis on growth characteristic of one year old *Lateolabrax japonicus* cultured at different salinity[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2013, 44(2): 337-341.

- [20] Alava V R. Effect of salinity, dietary lipid source and level on growth of milk-fish *Chanos chanos fry*[J]. *Aquaculture*, 1998, 167(3/4): 229-236.
- [21] Yamazaki F. Sex control and manipulation in fish [J]. *Aquaculture*, 1983, 33: 329-354.
- [22] Grandi G, Giovannini S, Chicca M. Gonadogenesis in early developmental stages of *Acipenser naccarii* and influence of estrogen immersion on feminization[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2007, 23(1): 3-8.
- [23] Blázquez M, Zanuy S, Carrillo M, et al. Structural and functional effects of early exposure to estradiol-17 β and 17 α -ethynylestradiol on the gonads of the gonochoristic teleost *Dicentrarchus labrax*[J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 1998, 18(1): 37-47.
- [24] Hendry C I, Martin-Robichaud D J, Benfey T J. Hormonal sex reversal of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*L)[J]. *Aquaculture*, 2003, 219(1/4): 769-781.
- [25] Flynn S R, Benfey T J. Sex differentiation and aspects of gametogenesis in shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum* Lesueur[J]. *Journal of Fish Biology*, 2007, 70(4): 1027-1044.
- [26] 吴翠琴, 袁东星, 刘宝敏. 乙炔基雌二醇对真鲷幼鱼的雌激素效应研究[J]. *海洋环境科学*, 2009, 28(6): 630-634.
- Wu Cuiqin, Yuan Dongxing, Liu Baomin. Study on estrogenic effects of 17 α -ethynylestradiol on juvenile *Pagrosomus major*[J]. *Marine Environmental Science*, 2009, 28(6): 630-634.
- [27] 岳南南, 王汨, 闫玉莲, 等. 饲料中不同浓度菲对中华倒刺鲃几种血液学指标和肝胰脏的影响[J]. *水生生物学报*, 2014, 38(2): 304-311.
- Yue Nannan, Wang Mi, Yan Yulian, et al. Effects of dietary PHE exposure on the haematological indexes and hepatopancreas of *Spinibarbus sinensis*[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(2): 304-311.
- [28] 钱焜, 温海深, 迟美丽, 等. 外源激素对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)血清 IGF-1 含量及肝脏 IGF-1 和 IGFBP-1 mRNA 表达的影响[J]. *渔业科学进展*, 2014, 35(4): 39-44.
- Qian Kun, Wen Haishen, Chi Meili, et al. Effects of exogenous hormone injection on the serum IGF-1 and the expression of IGF-1 mRNA and IGFBP-1 mRNA in the liver of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*)[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(4): 39-44.

Effects of different salinities and estradiol feeding on growth performance of *Lateolabrax maculatus* juveniles

LIU Yang, WEN Hai-shen, LI Ji-fang, ZHANG Mei-zhao, WANG Xiao-long, CHANG Zhi-cheng, TIAN Yuan

(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Aug. 1, 2016

Key words: *Lateolabrax maculatus*; salinity; 17 β - estradiol; growth; hepatic index

Abstract: This paper explores the effects of different salinities and E₂ on the growth performance of *Lateolabrax maculatus* juveniles. Three salinity gradients are established: normal farming salinity (30), low salinity (0), and high salinity (45). Long-term breeding experiments are established for three different specifications of juveniles, with initial average weights of 0.10607 g, 0.84341 g, and 10.94173 g, respectively, undergoing acute salinity stress, meantime, feeding estradiol to the first two juvenile fish. Results show that the low-salt group has a more significant growth advantage ($P < 0.05$) than other groups for all three different sizes with salinity treatment, and along with the size increasing of juveniles there is a decrease in the time taken to show characteristics of low-salt growth. There is no significant difference between the average weights of the high salt group and the normal group ($P < 0.05$) for each treatment stage. After feeding estradiol at 50 mg/kg and 25 mg/kg, the treatment group juveniles show a significant inhibition in body length and body weight followed by a significant increase in their hepatic index and ascites phenomena. It is considered that the synergy effect between the high salt treatment and estradiol feeding enhances the inhibitory effect on early growth of juveniles. At present there are few studies on the recovery of *L. maculatus* juveniles after the desalination process, and no available studies on the effect of E₂ feeding on the growth performance of juveniles. The results of this study therefore provide a scientific basis for promoting patterns of north *L. maculatus* cultivation in different salinities and as a reference for E₂-induced sex differentiation as well as representing a risk assessment for growth inhibition via estrogen feeding.

(本文编辑: 谭雪静)