

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20181101001

http://www.yykxjz.cn/

温久福, 蓝军南, 曹明, 周慧, 区又君, 李加儿. 盐度对花鲈幼鱼鳃、脾及肌肉组织结构的影响. 渔业科学进展, 2020, 41(1): 112-118

Wen JF, Lan JN, Cao M, Zhou H, Ou YJ, Li JE. Effects of salinity on the histological structure of the gills, spleen, and muscle in *Lateolabrax maculatus* juveniles. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(1): 112-118

## 盐度对花鲈幼鱼鳃、脾及肌肉组织结构的影响\*

温久福<sup>1</sup> 蓝军南<sup>1,2</sup> 曹明<sup>3</sup> 周慧<sup>1</sup> 区又君<sup>1①</sup> 李加儿<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室 广州 510300;

2. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 水产科学国家级实验教学示范中心 海洋动物系统分类与进化上海高校重点实验室 上海 201306; 3. 广东省渔业种质保护中心 广州 511453)

**摘要** 为了探究不同盐度对花鲈(*Lateolabrax maculatus*)幼鱼组织结构的影响,用组织学方法对不同盐度条件下(0、10、15、20、30)花鲈幼鱼的鳃、脾及肌肉组织结构进行研究。结果显示,盐度为0时,花鲈幼鱼鳃丝排列紧密,顶端膨大呈棒状,鳃小片细胞饱满,有少量泌氯细胞。花鲈幼鱼鳃丝宽度随盐度的升高而缩小,鳃小片间距则逐渐增大,差异显著( $P<0.05$ );盐度为20时,部分鳃小片变形脱落,鳃丝上的泌氯细胞明显增多增大;盐度为30时,鳃丝宽度较大,出现断裂脱落,鳃丝上细胞排列疏松,泌氯细胞明显膨大,有溶解现象。脾脏在淡水条件下(盐度为0),淋巴细胞数目较少,血细胞较多;在低盐环境中(盐度为10、15),淋巴细胞增大,数量增多,黑色素巨噬细胞中心数量增加;在高盐度下(盐度为30),脾细胞和部分淋巴细胞出现肿大、空泡化现象,细胞排列疏松。盐度为0时,花鲈幼鱼肌纤维排列较为疏松,多角形或长椭圆形,长径和短径较大、密度较小;盐度为15时,肌纤维短径变小、密度增大,与0、10盐度组均差异显著,盐度为30时,肌纤维长径增大、密度减小;随着盐度的增加,肌纤维长径和短径均有先减小后增加的趋势,单位面积肌纤维数量则先增加后减小,差异显著( $P<0.05$ )。结果表明,花鲈幼鱼鳃、脾及肌肉组织结构变化特征与其所处的环境盐度有关。

**关键词** 盐度;花鲈;鳃;脾脏;肌肉;组织结构

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)01-0112-07

盐度是影响海水硬骨鱼类生存的重要环境因子之一。不同鱼类对环境盐度有特定的适应范围。为应对外界盐度的改变,大多数硬骨鱼类进化形成了完备的渗透压调节功能。广盐性鱼类能在较大盐度范围下生活,在盐度发生变化时,相关组织结构会发生适应性变化,从而保持较好的摄食、吸收和能量转化效率。鳃是鱼类的主要渗透调节器官,参与调节机体渗透

压、pH、离子浓度、耗氧率及氨氮排泄等,以维持机体内环境平衡(Shivakumar *et al*, 1986; Ern *et al*, 2018)。国内外学者已在红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*)、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、斑尾复鰕虎鱼(*Synechogobius ommaturus*)、卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)、四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*)等多种鱼类中研究了盐度对鳃组织结构以及酶活性的影响(Ern *et al*, 2018;

\* 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2016TS02)资助 [This work was supported by Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS (2016TS02)]. 温久福, E-mail: nhswjf@163.com

① 通讯作者: 区又君, 研究员, E-mail: ouyoujun@126.com

收稿日期: 2018-11-01, 收修改稿日期: 2018-12-10

Gibbons *et al.*, 2018; Shui *et al.*, 2018; 陈世喜等, 2017; 罗海忠等, 2015)。盐度的波动还会对机体造成应激胁迫, 脾脏是重要的免疫器官, 研究发现, 水体中盐度变化对鱼类脾脏淋巴细胞、粒细胞以及巨噬细胞的形态、结构有较大的影响(王晓杰等, 2006)。已有研究结果显示, 鱼类肌肉组织中肌纤维直径和密度受到盐度的影响, 最终通过这些变化来调控肌肉的增生速率(何燕富等, 2016; 秦桂香等, 2010)。

花鲈 (*Lateolabrax maculatus*) 隶属于鲈形目 (Perciformes)、鲈科 (Serranidae)、花鲈属 (*Lateolabrax*), 俗名七星鲈、海鲈、寨花等, 在我国以及朝鲜、日本沿海等均有分布, 是我国重要经济海水鱼类之一。因其适应盐度范围较广, 在海水、半咸水、淡水中均有养殖。近年来, 对花鲈营养、免疫及渗透调节机制等的研究较多(胡晓伟等, 2018; 张晓燕等, 2018; 潘艳艳等, 2016; 张婷婷等, 2017; 李富祥等, 2018)。然而, 在不同盐度下, 花鲈的组织结构变化等方面鲜有报道。本研究主要以花鲈幼鱼为对象, 观察其在不同盐度条件下鳃、脾和肌肉组织的结构变化, 为其健康养殖中水环境调控技术的建立提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验用鱼采自中国水产科学研究院南海水产研究所珠海基地, 为淡水培育幼苗, 暂养于蓝色养殖箱中 (55 cm×30 cm×42 cm), 养殖用水为曝气处理的自来水, 盐度为 0, 水温为 27℃~29℃, 连续 24 h 充气, 每日定时投喂 2 次配合饲料, 日换水量为总水量的 1/3, 暂养时间为 7 d。暂养结束后, 挑选体格健壮, 规格相近[平均体长为(4.01±0.27) cm]的个体进行实验。

### 1.2 实验设计

实验设 5 个实验组 S0、S10、S15、S20 和 S30, 对应盐度分别为 0、10、15、20 和 30, 其中, S0 为对照组, 每组设 3 个平行, 每个实验组放幼鱼 50 尾。实验用水为曝气自来水与净化处理的自然海水调配而成。实验开始前, 盐度每隔 24 h 提高 5, 用盐度计进行校准, 误差不超过 0.5, 达到相应盐度后开始实验。实验期间, 充气、水温控制、换水量及投喂管理与暂养时相同。实验时间为 30 d。

### 1.3 实验方法

实验结束后, 在各实验组随机取样, 取幼鱼右侧鳃丝、脾脏及躯干部右侧肌肉组织样品, 于 4% 多聚甲醛溶液中固定 24 h。将固定好的组织样品制成石蜡

切片, 常规 HE 染色, 中性树脂封片, Zeiss 显微镜下观察并拍照。

### 1.4 数据测量及分析

采用 Image-ProPlus 5.1 软件测量鳃丝宽度、鳃小片长度、鳃小片宽度、鳃小片间距; 参考秦桂香等 (2010) 的方法测量肌纤维的长径和短径, 以实验用显微镜 (200×) 拍摄的图片 (视野的一个内切矩形) 为单位面积计算肌纤维密度。测量所得数据均用 SPSS 22.0 软件和 Excel 2010 软件进行统计学分析。

## 2 结果

### 2.1 不同盐度条件下花鲈幼鱼存活率

不同盐度条件下花鲈幼鱼养殖死亡率见表 1, 除盐度为 30 条件下有 3 尾鱼死亡外, 其他组均无死亡。

表 1 不同盐度下花鲈幼鱼的死亡率  
Tab.1 Mortality of *L. maculatus* juveniles under different salinities

盐度 Salinity	死亡率 Mortality (%)		
	10 d	20 d	30 d
0	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
30	4	2	0

### 2.2 鳃

盐度为 0 时, 花鲈幼鱼鳃丝排列紧密, 形状较长, 顶端膨大呈棒状, 内有大量的血细胞; 鳃丝两侧有较长的扁平囊状鳃小片平行排列; 鳃小片由扁平细胞、柱细胞、血细胞及泌氯细胞组成, 细胞饱满, 排列紧密; 有少许泌氯细胞分布于鳃小片基部, 近乎椭圆形, 体积较小细胞核呈蓝紫色, 细胞质着色较浅; 鳃小片上有较多的血细胞, 扁平细胞较厚, 排列紧密 (图 1.1)。盐度为 10 时, 泌氯细胞增大, 数量增多, 血细胞减少 (图 1.2); 鳃丝宽度显著小于 S0 组, 鳃小片变宽, 扁平细胞增厚, 其他结构无明显变化 (表 2)。盐度为 15 时, 鳃丝较长, 排列整齐, 宽度显著变窄 ( $P<0.05$ ); 鳃小片间距增大, 长度缩短, 宽度变窄, 与 S0、S10 组均差异显著 ( $P<0.05$ ); 泌氯细胞体积增大, 数量增多 (图 1.3)。盐度为 20 时, 鳃丝较 S15 组宽, 鳃小片减少, 鳃小片间距较宽, 长度缩短 (表 2); 泌氯细胞体积明显增大, 细胞排列疏松, 扁平上皮细胞有脱落溶解现象 (图 1.4)。盐度为 30 时, 鳃丝宽度较大, 出现断裂脱落现象, 鳃丝上细胞排列疏松, 泌氯细胞

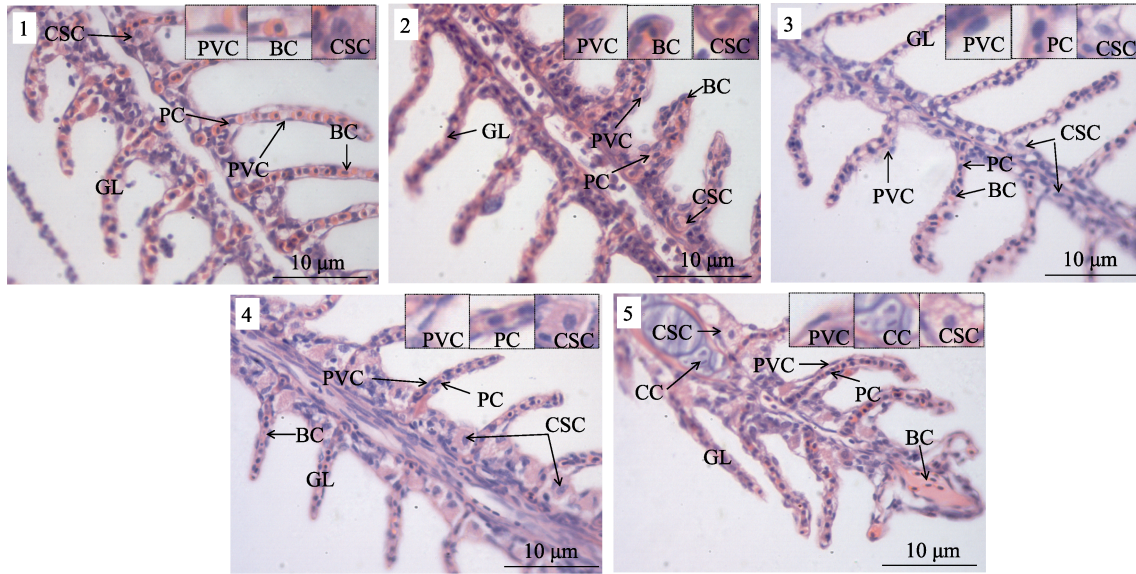


图1 盐度对花鲈幼鱼鳃的影响

Fig.1 The effect of salinity on the gills of *L. maculatus* juveniles

1: 盐度 0; 2: 盐度 10; 3: 盐度 15; 4: 盐度 20; 5: 盐度 30

BC: 血细胞; CSC: 泌氯细胞; GL: 鳃小片; PVC: 扁平上皮细胞; PC: 柱细胞; CC: 软骨细胞

1: Salinity 0; 2: Salinity 10; 3: Salinity 15; 4: Salinity 20; 5: Salinity 30

BC: Blood cell; CSC: Chloride secreting cell; GL: Gill lamellae; PVC: Pavement cell; PC: Pillar cell; CC: Chondrocyte

表2 盐度对花鲈幼鱼鳃组织测量性状的影响

Tab.2 The effect of salinity on the gill meristic characters of *L. maculatus* juveniles (μm)

盐度 Salinity	鳃丝宽度 Breadth of gill filament	鳃小片间距 Intervals of gill lamella	鳃小片长度 Length of gill lamella	鳃小片宽度 Breadth of gill lamella
0	4.31±0.75 <sup>a</sup>	1.85±0.42 <sup>a</sup>	5.13±1.54 <sup>a</sup>	0.99±0.20 <sup>a</sup>
10	3.21±0.65 <sup>b</sup>	1.88±0.37 <sup>a</sup>	4.89±1.08 <sup>a</sup>	1.20±0.32 <sup>b</sup>
15	1.96±0.86 <sup>c</sup>	2.72±0.20 <sup>b</sup>	3.98±0.82 <sup>b</sup>	0.70±0.10 <sup>c</sup>
20	3.78±1.75 <sup>b</sup>	2.61±0.39 <sup>b</sup>	3.41±0.39 <sup>b</sup>	0.86±0.11 <sup>d</sup>
30	4.22±1.01 <sup>ac</sup>	3.01±1.15 <sup>c</sup>	6.38±1.85 <sup>ac</sup>	0.87±0.12 <sup>ad</sup>

注: 同列数据上标不同字母表示组间差异显著( $P<0.05$ ), 下同

Note: Different superscripts in the same column indicate significant differences between groups ( $P<0.05$ ), the same as below

明显膨大, 见溶解状态(图 1.5); 鳃小片数量较少, 形态不规则, 小片间距和长度显著增大( $P<0.05$ ) (表 1)。

### 2.3 脾脏

花鲈脾脏外层为由结缔组织和扁平细胞组成的被膜, 被膜往里为实质组织, 结缔组织往内部延伸使实质组织形成脾小叶, 小叶间排列紧密界限不明显。脾脏内有大量的血管和血细胞。脾实质由红髓质和白髓组成, 二者分界不明显, 互相穿插; 红髓染色较浅, 主要由红细胞组成; 白髓染色较深, 主要由大量的淋巴细胞和少量巨噬细胞及颗粒细胞组成; 脾细胞形态多样, 呈圆形、椭圆形或多角形(图 2)。盐度为 0 时, 脾脏有较多血细胞, 淋巴细胞较少(图 2.1); 盐度为 10 时, 血细胞减少, 有较多的巨噬细胞, 淋巴细胞

聚集中心明显(图 2.2); 盐度为 15 时, 出现较多的黑色素巨噬细胞中心(图 2.3); 盐度为 20 时, 脾窦范围增大, 血细胞增多(图 2.4)。盐度为 30 时, 见部分脾细胞和淋巴细胞肿大, 并出现空泡, 细胞间排列较为疏松, 有少许细胞溶解, 差异较为明显(图 2.5)。

### 2.4 肌肉

花鲈幼鱼肌肉组织由神经、结缔组织、血管以及形状大小不规则的肌纤维组成, 肌纤维由结缔组织包围成纤维束, 肌纤维有许多细胞核, 排列在基膜附近, 椭圆形或梭形, 呈蓝紫色。肌肉横切肌纤维呈多角形、椭圆形或梭形, 排列较紧密, 直径不均一(图 3)。盐度为 0 时, 肌纤维排列较为疏松, 多角形或长椭圆形, 长径和短径较大, 密度较小(表 3)。盐度为 10 时, 肌

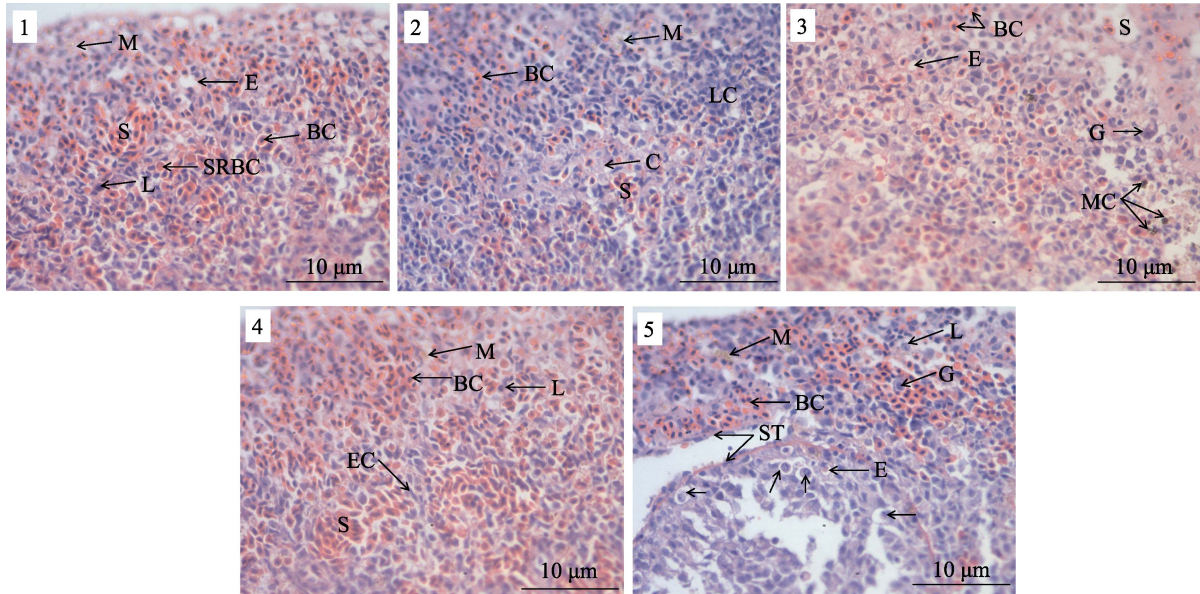


图 2 盐度对花鲈幼鱼脾脏的影响

Fig.2 The effect of salinity on the spleens of *L. maculatus* juveniles

1: 盐度 0; 2: 盐度 10; 3: 盐度 15; 4: 盐度 20; 5: 盐度 30, “↑” 示淋巴细胞肿大和空泡化

BC: 血细胞; E: 椭圆体; EC: 内皮细胞; C: 脾索; G: 粒细胞; L: 淋巴细胞; LC: 淋巴细胞中心; M: 巨噬细胞; MC: 黑色素巨噬细胞中心; S: 脾窦; ST: 脾小梁; SRBC: 衰老红细胞

1: Salinity 0; 2: Salinity 10; 3: Salinity 15; 4: Salinity 20; 5: Salinity 30. “↑” indicate lymphocyte enlargement and vacuolation

BC: Blood cell; C: Splenic cord; E: Ellipsoid; G: Granulocyte; L: Lymphocyte; LC: Lymphocytes center; M: Macrophage;

MC: Melano-macrophage center; S: Splenic sinus; ST: Spleen trabecular; SRBC: Senile red blood cell

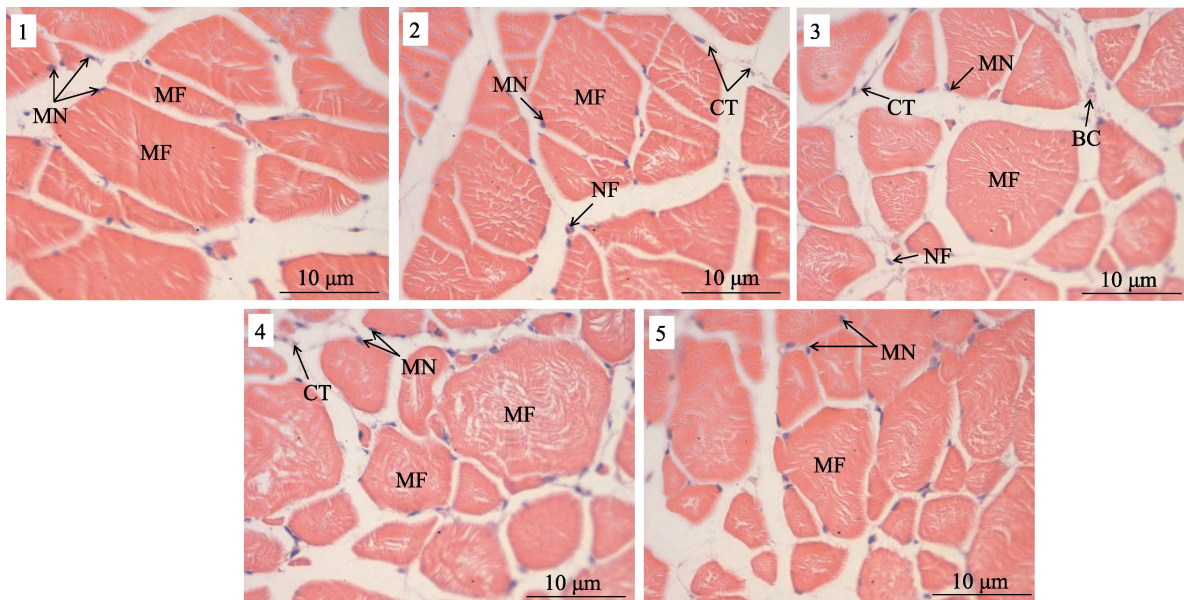


图 3 盐度对花鲈幼鱼肌肉的影响

Fig.3 The effect of salinity on the muscle of *L. maculatus* juveniles

1: 盐度 0; 2: 盐度 10; 3: 盐度 15; 4: 盐度 20; 5: 盐度 30

BC: 毛细血管; CT: 结缔组织; MF: 肌纤维; MN: 肌细胞核; NF: 神经纤维

1: Salinity 0; 2: Salinity 10; 3: Salinity 15; 4: Salinity 20; 5: Salinity 30

BC: Blood capillary; CT: Connective tissue; MF: Muscel fiber; MN: Myocyte nucleus; NF: Nerve fiber

表 3 盐度对花鲈幼鱼肌肉测量性状的影响  
Tab.3 The effect of salinity on the muscle meristic characters of *L. maculatus* juveniles

盐度 Salinity	肌纤维长径 Length-diameter of muscle fiber ( $\mu\text{m}$ )	肌纤维短径 Short-diameter of muscle fiber ( $\mu\text{m}$ )	密度(根/单位面积) Density (pieces per unit area)
0	11.09 $\pm$ 4.07 <sup>a</sup>	5.78 $\pm$ 2.23 <sup>a</sup>	33.33 $\pm$ 4.99 <sup>a</sup>
10	7.64 $\pm$ 3.14 <sup>b</sup>	5.25 $\pm$ 2.46 <sup>a</sup>	94.33 $\pm$ 5.91 <sup>b</sup>
15	7.36 $\pm$ 2.71 <sup>b</sup>	4.60 $\pm$ 1.79 <sup>b</sup>	116.00 $\pm$ 12.03 <sup>c</sup>
20	7.77 $\pm$ 3.53 <sup>b</sup>	4.77 $\pm$ 2.26 <sup>b</sup>	79.00 $\pm$ 9.42 <sup>d</sup>
30	10.93 $\pm$ 4.77 <sup>a</sup>	4.40 $\pm$ 2.22 <sup>b</sup>	65.67 $\pm$ 9.53 <sup>d</sup>

纤维长径变小,短径变化不明显,排列较紧密,形状较规则,呈多角形,密度显著增大(图 3、表 3)。盐度为 15 时,肌纤维短径变小,密度增大,与 S0、S10 组均差异显著( $P < 0.05$ )。盐度为 20 时,肌纤维椭圆形或多角形,排列疏松,纤维间间隙较大(图 3d)。盐度为 30 时,肌纤维长径增大,密度减小(表 3)。

### 3 讨论

该实验中各组花鲈幼鱼的存活率都较高,表明在 0~30 的盐度范围内,花鲈幼鱼能够保持完整的渗透调节能力,能够生长、存活。

该实验结果显示,花鲈在淡水和低盐环境中(S0 和 S10)其鳃丝和鳃小片较宽、形态较长,细胞饱满,排列紧密,有利于与水体充分接触,更易摄入水中的无机离子以适应低渗环境;泌氯细胞体积较小,数量很少,表现出适应低渗环境的形态特征;扁平细胞较厚,排列紧密,可能是防止离子自由渗漏(Evans *et al.*, 2005)。随着盐度的增加,鳃丝宽度变小,鳃小片间距增大,长度变短;泌氯细胞体积显著增大。当盐度达到 20 时,部分鳃小片变形脱落,鳃丝上的泌氯细胞明显增多增大;盐度为 30 时,鳃丝宽度较大,出现断裂脱落,鳃丝上细胞排列疏松,泌氯细胞明显膨大,见溶解状态。这与鲮鱼(*Mugil cephalus*)、罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*) (于娜等, 2012; Nolan *et al.*, 1999)的研究结果基本一致。随着盐度的增加,花鲈幼鱼为适应环境需增加水、氧交换量以维持渗透平衡,其鳃丝的结构发生一定程度的萎缩,鳃丝细胞缩小和鳃小片间距增大,当盐度超过一定的耐受范围(盐度为 30 时),其鳃丝结构不同程度的脱落或分离。鳃丝上的泌氯细胞数量明显增加,胞体变大,说明其泌氯功能和细胞的代谢水平明显提高,发挥了  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  等离子代谢平衡调节作用(Prunet *et al.*, 1994)。花鲈为维持机体渗透平衡,在不同盐度下,鳃组织发生适应性改变,过高的盐度波动会造成组织损伤。

脾脏是硬骨鱼类的免疫、造血和滤血器官,其主要免疫细胞有淋巴细胞、颗粒细胞、巨噬细胞等(王鸿鹄等, 2006; 李长玲等, 2002)。各种免疫细胞具有机体免疫和吞噬的功能。低盐胁迫下,许氏平鲉(*Sebastes schlegeli*)脾脏组织中淋巴细胞数量增多聚集,粒细胞形态结构变化较显著(王晓杰等, 2006)。该研究结果显示,淡水环境中(盐度为 0),花鲈幼鱼脾脏有较多红细胞,淋巴细胞较少,免疫能力较弱。随着盐度增加,在盐度为 10 和 15 的环境中,淋巴细胞增加,出现明显的淋巴细胞聚集中心,此外,巨噬细胞增多,黑色素巨噬细胞聚集,颗粒细胞增大,推测是由于盐度胁迫使其产生适应性免疫反应,增强脾脏免疫功能。在盐度为 30 时,脾细胞和部分淋巴细胞出现肿大、空泡化现象,可能是由于高盐度长时间胁迫使花鲈幼鱼免疫细胞受损,导致整体细胞功能减弱;严重的部分细胞溶解,黑色素巨噬细胞聚集中心减少,推测高盐度胁迫使巨噬细胞的结构受损,阻碍黑色素巨噬细胞的集结发育,黑色素巨噬细胞中心数量减少。高盐度的水环境和较大的盐度变化会对花鲈幼鱼的生长发育产生不利影响。

肌肉的组织结构主要由构成肌肉的肌纤维数量、肌纤维的直径大小、长度以及肌原纤维决定,而肌纤维直径是描述肌肉特征的重要参数。研究表明,营养水平、运动方式、环境因子等直接影响肌纤维的发育(郭琼林等, 1993; Johnston *et al.*, 2000、2003)。研究结果显示,随着盐度的增加,花鲈幼鱼肌纤维长径和短径均有先减小后增加的趋势,单位面积肌纤维数量则呈先增加后减小的趋势,差异显著( $P < 0.05$ )。研究表明,肌纤维数目在出生前已固定,因此,在出生后的生长发育中主要是肌纤维直径与长度的增加(Stickland *et al.*, 1975)。肌纤维密度反映了肌肉增生速率的大小,推测是鱼类增长速度在不同盐度下差异的原因之一(关文静等, 2008)。本研究在不同盐度条件下,花鲈幼鱼的肌肉组织结构产生差异,随着肌纤维增粗,肌肉间结缔组织与脂肪组织的增加,肌纤维密

度下降, 该结果可为解析其生长调控机理提供参考。

## 参 考 文 献

- Chen SX, Wang PF, Ou YJ, *et al.* Acute and chronic hypoxia effect on gills of golden pompano (*Trachinotus ovatus*). South China Fisheries Science, 2017, 13(1): 124–130 [陈世喜, 王鹏飞, 区又君, 等. 急性和慢性低氧胁迫对卵形鲳鲹鳃器官的影响. 南方水产科学, 2017, 13(1): 124–130]
- Ern R, Esbaugh AJ. Effects of salinity and hypoxia-induced hyperventilation on oxygen consumption and cost of osmoregulation in the estuarine red drum (*Sciaenops ocellatus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 2018, 222: 52–59
- Evans DH, Piermarini PM, Choe KP. The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiological Reviews, 2005, 85(1): 97–177
- Gibbons TC, McBryan TL, Schulte PM. Interactive effects of salinity and temperature acclimation on gill morphology and gene expression in threespine stickleback. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 2018, 221: 55–62
- Guan WJ, Zhu YF, Chen ZD. Muscle quality in fish related to characteristics of muscular fibers. Fisheries Science, 2008, 27(2): 101–104 [关文静, 朱艺峰, 陈芝丹. 鱼类肌纤维特性与鱼肉品质关系. 水产科学, 2008, 27(2): 101–104]
- Guo QL, Lu QZ. Observation on the development of blood cells in kidney and spleen of grass carp. Acta Hydrobiologica Sinica, 1993, 17(1): 40–45 [郭琼林, 卢全章. 草鱼肾脏和脾脏血细胞发育过程的观察. 水生生物学报, 1993, 17(1): 40–45]
- He YF, Wang LM, Liu N, *et al.* Effects of acute salinity stress and chronic salinity acclimatization on survival and muscle component of Malaysia red tilapia. Journal of Dalian Ocean University, 2016, 31(3): 280–284 [何燕富, 王兰梅, 刘念, 等. 急性盐度胁迫和慢性盐度驯化对马来西亚红罗非鱼存活及肌肉组分的影响. 大连海洋大学学报, 2016, 31(3): 280–284]
- Hu XW, Shangguan JB, Li ZB, *et al.* Effects of dietary chitosan oligosaccharide on the performance, digestion and serum biochemical indexes of the juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). Acta Oceanologica Sinica, 2018, 40(2): 69–76 [胡晓伟, 上官静波, 黎中宝, 等. 饲料中添加壳寡糖对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼的生长、消化和血清生化指标的影响. 海洋学报, 2018, 40(2): 69–76]
- Johnston IA, Alderson R, Sandham C, *et al.* Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 2000, 189(3–4): 335–349
- Johnston IA, Manthri S, Alderson R, *et al.* Freshwater environment affects growth rate and muscle fibre recruitment in seawater stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Journal of Experimental Biology, 2003, 206(8): 1337–1351
- Li CL, Cao FJ, Liu CW, *et al.* The microstructure of spleen and head kidney in *Plectorhynchus cinctus*. Marine Science Bulletin, 2002, 21(2): 30–35 [李长玲, 曹伏君, 刘楚吾, 等. 花尾胡椒鲷脾脏和头肾显微结构的观察. 海洋通报, 2002, 21(2): 30–35]
- Li FX, Wang PF, Yan LL, *et al.* Molecular cloning and expression pattern analysis of *irak4* in sea perch (*Lateolabrax maculatus*). South China Fisheries Science, 2018, 14(5): 70–79 [李富祥, 王鹏飞, 闫路路, 等. 花鲈 *irak4* 基因 cDNA 的克隆与表达分析. 南方水产科学, 2018, 14(5): 70–79]
- Luo HZ, Li WY, Fu RB, *et al.* The effects of salinity on the growth of juvenile *Eleutheronema tetradactylum* and  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP enzyme. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(2): 94–99 [罗海忠, 李伟业, 傅荣兵, 等. 盐度对四指马鲛 (*Eleutheronema tetradactylum*) 幼鱼生长及其鳃丝  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP 酶的影响. 渔业科学进展, 2015, 36(2): 94–99]
- Nolan DT, Op't Veld RLJM, Balm PHM, *et al.* Ambient salinity modulates the response of the tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), to net confinement. Aquaculture, 1999, 177(1–4): 297–309
- Pan YY, Gu XY, Zhang DM, *et al.* Effects of fasting and refeeding on *Lateolabrax japonicus* intestinal microflora diversity. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(5): 776–784 [潘艳艳, 顾晓英, 张德民, 等. 饥饿及恢复喂食对花鲈肠道菌群多样性的影响. 水产学报, 2016, 40(5): 776–784]
- Prunet P, Pisam M, Claireaux JP, *et al.* Effects of growth hormone on gill chloride cells in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). American Journal of Physiology, 1994, 266(2): 850–857
- Qin GX, Wei Q, Yu JQ. Histological characterization muscular and gill of *Gymnocypris przewalskii*. Journal of Qinghai University (Natural Science), 2010, 28(2): 4–7 [秦桂香, 魏青, 余家庆. 青海湖裸鲤肌肉和鳃组织结构特征. 青海大学学报(自然科学版), 2010, 28(2): 4–7]
- Shivakumar K, Jayaraman J. Salinity adaptation in fish: Interaction of thyroxine with fish gill mitochondria. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1986, 245(2): 356–362
- Shui C, Shi Y, Hua X, *et al.* Serum osmolality and ions, and gill  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase of spottedtail goby *Synechogobius ommaturus* (R.) in response to acute salinity changes. Aquaculture and Fisheries, 2018, 3(2): 79–83
- Stickland NC, Widdowson EM, Goldspink G. Effects of severe energy and protein deficiencies on the fibres and nuclei in skeletal muscle of pigs. British Journal of Nutrition, 1975, 34(3): 421–428
- Wang HH, Li CL, Cao FJ, *et al.* Microstructure of head-kidney and spleen in *Lutjanus sanguineus*. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2006, 25(3): 360–367 [王鸿鹄, 李长玲, 曹伏君, 等. 红笛鲷头肾和脾脏显微结构的观察. 台湾海峡, 2006, 25(3): 360–367]
- Wang XJ, Zhang XM, Jiang M. Salinity stress on the ultrastructure of gill, head kidney and spleen of rockfish

- (*Sebastes schlegeli*). Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(S1): 85–90 [王晓杰, 张秀梅, 姜明. 盐度胁迫对许氏平鲷鳃、头肾、脾脏超微结构的影响. 中国海洋大学学报, 2006, 36(S1): 85–90]
- Yu N, Li JE, Ou YJ, *et al.* Structural changes in gill and kidney of juvenile grey mullet under different salinity. Ecological Science, 2012, 31(4): 424–428 [于娜, 李加儿, 区又君, 等. 不同盐度下鲷鱼幼鱼鳃和肾组织结构变化. 生态科学, 2012, 31(4): 424–428]
- Zhang TT, Chen XR, Liang MQ, *et al.* Effects of different protein hydrolysates on growth performance and non-specific immunity of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(3): 96–105 [张婷婷, 陈效儒, 梁萌青, 等. 不同蛋白水解物对花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 生长性能及非特异性免疫的影响. 渔业科学进展, 2017, 38(3): 96–105]
- Zhang XY, Wen HS, Zhang KQ, *et al.* Analysis of the isotonic point and effects of seawater desalination on the  $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$  concentration,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase activity and relative gene expressions in *Lateolabrax japonicus*. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(8): 1199–1208 [张晓燕, 温海深, 张凯强, 等. 花鲈等渗点分析及海水淡化对  $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$  浓度、 $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP 酶活性及基因表达的影响. 水产学报, 2018, 42(8): 1199–1208]

(编辑 马瑾艳)

## Effects of Salinity on the Histological Structure of the Gills, Spleen, and Muscle in *Lateolabrax maculatus* Juveniles

WEN Jiufu<sup>1</sup>, LAN Junnan<sup>1,2</sup>, CAO Ming<sup>3</sup>, ZHOU Hui<sup>1</sup>, OU Youjun<sup>1</sup>①, LI Jiaer<sup>1</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300; 2. Shanghai Ocean University, Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education; National Demonstration Center for Experimental Fisheries, Science Education; Key Laboratory of Marine Animal Taxonomy and Evolution, Shanghai 201306; 3. Guangdong Provincial Fishery Germplasm Conservation Center, Guangzhou 511453)

**Abstract** To explore the histological features of *Lateolabrax maculatus* juveniles cultured at different salinities, the structures of the gills, spleen, and muscle were analyzed at different salinities (0, 10, 15, 20, and 30) via histological analysis. The results showed that at salinity 0, the gill filaments of *L. maculatus* juveniles were closely arranged, the top of the gills expanded into a rod shape, and the gill cells were plump with more chlorine-secreting cells; the breadth of the gill filaments decreased, and the intervals of the gill lamella became larger as the salinity increased ( $P < 0.05$ ). At salinity 20, some gill lamellas decomposed and fell off, the number of chlorine-secreting cells on the gill filaments increased significantly. At salinity 30, the number and size of chloride cells increased as the salinity increased and some chloride cells expanded and dissolved. In freshwater, more blood cells and fewer lymphocytes were observed in the spleen, whereas in the hyposaline environment (salinity 10 and 15), the lymphocytes were enlarged and the number of melanin macrophages increased. At high salinity (30), the spleen cells and some lymphocytes showed swelling and vacuolation and were loosely arranged. At salinity 0, the muscle fibers of the juveniles were loosely arranged, polygonal or oblong, with larger major and minor diameters and smaller densities. With the increasing salinity, both the major and minor diameters of muscle fibers tended to decrease first and then increase again. At salinity 15, the short diameter of muscle fibers decreased and their densities increased, which were significantly different from that observed at salinity 0 and 10. At salinity 30, the long diameter of muscle fibers increased and their densities decreased. In summary, as the salinity increased, both the long and short diameters of muscle fibers tended to decrease first and then increase ( $P < 0.05$ ). The results indicated that the histological structures of the gill, spleen, and muscle of *L. maculatus* juveniles were affected by the environment and salinity.

**Key words** Salinity; *Lateolabrax maculatus*; Gills; Spleen; Muscle; Histological structure

① Corresponding author: OU Youjun, E-mail: ouyoujun@126.com