

操作胁迫对大黄鱼幼鱼的影响

翁朝红, 王志勇, 谢芳靖, 谢仰杰

(集美大学水产学院, 福建省高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 集美大学水产生物技术研究, 福建 厦门 361021)

摘要: 研究操作胁迫(追赶惊扰)对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea* Richardson)幼鱼的生长、行为、肝脏、脾脏、免疫功能等方面的影响。实验用大黄鱼幼鱼全长 (5.85 ± 0.45) cm, 实验共设3个组: 对照组、实验组1(每日操作胁迫1次)、实验组2(每日操作胁迫2次), 每组2个重复。分别于实验开始后第10天、20天、30天, 取样测定其全长、体质量、脾脏重以及肝脏重, 计算脾系数和肝系数; 断尾取血做血涂片, 在油镜下进行白细胞分类计数, 并对各项指标进行统计分析。结果表明, 长期的剧烈操作胁迫会显著抑制大黄鱼幼鱼的生长, 同时也影响其肝脾脏功能和机体免疫机能, 如增加大黄鱼幼鱼脾系数(即脾肿大), 肝脏的合成代谢先受到抑制; 各种白细胞比率受剧烈操作胁迫(每日2次胁迫)影响发生显著变化, 嗜中性粒细胞和单核细胞在实验前期(10 d)或中期(20 d)显著增多, 而淋巴细胞则明显减少, 但在实验末期均又恢复正常水平, 其原因可能是大黄鱼的免疫机能对长期操作胁迫表现一定的适应性。[中国水产科学, 2008, 15(1): 100-105]

关键词: 大黄鱼; 操作胁迫; 应激

中图分类号: Q959.483

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)01-0100-06

环境恶化对鱼类的影响日益严重, 环境对鱼类造成的胁迫已成为一个突出的问题^[1], 并且这一问题越来越受到世人的关注。养殖鱼类受到的环境胁迫因素主要有: 化学胁迫^[2-3](包括水质、污染、食物组成、含氮物及其他的代谢废物等)、物理胁迫(包括温度、光照、声音、溶解气体等)、生物胁迫^[1](包括养殖密度^[4]、其他鱼类的竞争、微生物、其他大型生物等)、管理胁迫(捕捉、运输^[4]、病害处理、急性操作胁迫^[5]、慢性操作胁迫等)。这些胁迫造成的影响对鱼类可能是直接致死的, 也可能是亚致死的。亚致死强度的胁迫可使鱼类产生应激反应。这虽然是一种保护反应, 但持续地处于应激状态, 机体的特异性和非特异性免疫防御系统功能会受到抑制^[2, 5-7], 导致鱼体对各类病原敏感性升高、抗病力下降、体质量下降、生长减缓、行为等出现变化^[2, 5-7]。目前有关鱼类对各种环境胁迫因素的应激反应生理学、生物学等研究报道很多, 并且已深入到细胞学以及分子生物学水平^[8-10]。

在水产养殖的生产管理中, 捕捉、拉网、排污、吸残饵、运输等操作是不可避免的, 这些环节会对

鱼类造成一定的胁迫^[4, 7, 10], 从而使鱼类产生一系列的应激反应。操作胁迫不但影响鱼类的抗病能力, 而且影响鱼类的生长, 最基本生理表现为皮质类固醇激素水平升高^[11-16], 并且随着胁迫频率的增加而增加, 对生长的影响同样增大^[16]。因此, 生产管理中的操作胁迫对鱼的影响是一个不容忽视的问题。已经有不少学者进行这方面的研究报道^[6-15], 但是对大黄鱼的研究未见报道。

1985年, 福建省对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea* Richardson)人工繁殖及育苗技术研究取得成功, 促进了大黄鱼增养殖业的迅速发展。最近几年, 大黄鱼的年产量可达6万t, 成为我国养殖规模最大的海水鱼类养殖品种^[17]。

不同鱼类对胁迫的敏感性不同, 同样受胁迫造成的伤害程度也是不同的^[15], 而大黄鱼对机械操作胁迫的应激反应相当敏感和激烈。无论是鱼苗还是成鱼只要受到异常振动, 就会慌乱不安, 严重时倒浮水中, 甚至死亡^[18]。因此选择大黄鱼作为研究对象, 在研究操作胁迫上具有典型意义。而研究操作胁迫对强敏感性的大黄鱼的影响, 可为鱼类养殖的实践提供理论参考依据。

收稿日期: 2007-07-25; 修订日期: 2007-09-28.

基金项目: 国家863计划项目(2002AA603201); 福建省重大科技项目(2001Z009); 福建省教育厅项目(JA01085).

作者简介: 翁朝红(1971-), 女, 副教授, 博士生, 从事海洋动物细胞生物学研究. E-mail: wengzhaohong@jmu.edu.cn

通讯作者: 王志勇. Tel: 0592-6183816; E-mail: zywang@jmu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料

实验用鱼为福建省宁德市水产技术推广站试验场人工培育的大黄鱼鱼苗, 全长 (5.85 ± 0.45) cm, 暂养于圆形水泥池 (直径 2 m, 池高 1.3 m)。每口池随机放 150 尾。在进行操作胁迫 (追赶惊吓) 前, 大黄鱼幼鱼在水池中先驯养 2 周。实验期间盐度为 29.0~30.0, 水温 16.0~21.0 °C。每日投饵 2 次 (早晚各 1 次, 于操作胁迫前进行投饵), 并进行清污和换水。

1.2 实验设计

1.2.1 操作胁迫 实验设对照组、实验组 1 和实验组 2, 每组设 2 个重复。胁迫方法由排水和追赶惊吓组成。排水即将水池中的水排到 0.3 m 高, 再向水池注入海水, 保持进水和出水的速度相同, 保持低水位使鱼群拥挤, 直到追赶完毕。追赶时用一长 2.5 m 的塑料耙快速绕水池壁追赶大黄鱼幼鱼 10 min。对照组则无追赶惊吓。

实验组 1, 每日 1 次操作胁迫, 于每日上午 10:00 进行追赶惊吓胁迫。

实验组 2, 每日 2 次操作胁迫, 于 10:00 和 16:00 左右换水时进行追赶惊吓。

1.2.2 取样和测定 分别于实验开始后的第 10 天、第 20 天、第 30 天取样。每组随机抽取 25 尾大黄鱼幼鱼, 测定其全长、体长、体质量, 接着断尾取血制成血涂片, 然后解剖取脾脏和肝脏, 分别称重后, 计算肝系数 (肝系数 = 肝质量 / 鱼体质量) 和脾系

数 (脾系数 = 脾质量 / 鱼体质量)。油镜下进行白细胞分类计数。对以上数据进行统计学分析, 应用 *t* 检验进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 操作胁迫对大黄鱼行为的影响

追赶惊扰胁迫短期内会引起大黄鱼幼鱼惊慌失措, 摆尾频率加快, 游泳速度加快, 游动失去方向性, 鱼群杂乱地游动; 而对照组鱼则群聚性地有规律地游动。实验组 1 操作胁迫结束 10 min 后, 其行为恢复正常, 但鱼的摆尾频率仍然较快, 鱼群有些慌乱; 实验组 2 则需要较长时间 (1 h 以上) 恢复正常。长时间胁迫后, 大黄鱼游动变缓, 抢食行为变温和, 食量有所下降。整个实验期间, 3 组鱼都未见死亡。

2.2 操作胁迫对大黄鱼生长的影响

实验组 1 在整个实验期间的脾系数都与对照组无差异; 而实验组 2 只在实验末期 (第 30 天) 与对照组有极显著差异 ($P < 0.01$)。

实验期第 10 天, 实验组 2 的全长和体质量均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 其生长已开始受到胁迫的影响; 而实验组 1 差异不显著 ($P > 0.05$)。

第 20 天, 实验组 2 的全长极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 体质量也显著降低 ($P < 0.05$); 实验组 1 差异不显著 ($P > 0.05$)。

第 30 天, 实验组 2 的全长和体质量都极显著低于对照组 ($P < 0.01$); 实验组 1 与对照组的全长和体质量差异显著 ($P < 0.05$) (表 1)。

表 1 操作胁迫引起大黄鱼幼鱼全长和体质量的变化
Tab. 1 Variation of total length and body weight of *P. crocea* fingerlings subjected to handling stress

n=30; $\bar{X} \pm SD$				
项目 Item	时间 /d Time	对照组 Control	实验组 1 Treatment 1	实验组 2 Treatment 2
全长 /cm Total length	0	5.89 ± 0.45	5.86 ± 0.47	5.84 ± 0.53
	10	6.35 ± 0.49	6.15 ± 0.40	5.96 ± 0.50*
	20	6.84 ± 0.52	6.53 ± 0.62	6.17 ± 0.54**
	30	7.36 ± 0.54	6.95 ± 0.60*	6.61 ± 0.56**
体质量 /g Body weight	0	1.394 ± 0.041	1.383 ± 0.042	1.385 ± 0.039
	10	1.844 ± 0.041	1.533 ± 0.331	1.451 ± 0.370*
	20	2.212 ± 0.624	1.867 ± 0.529	1.673 ± 0.464*
	30	2.871 ± 0.715	2.334 ± 0.735*	2.037 ± 0.717**

注: * 表示与对照组相比差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: * indicates significant difference compared with control ($P < 0.05$); ** indicates extremely significant difference compared with control ($P < 0.01$).

可见,实验组2鱼的生长受到强烈地抑制,且随着时间的推移,抑制加剧。实验组1鱼在实验后期,也显示出抑制效应。因此,长期的操作胁迫会抑制大黄鱼的生长,并且随胁迫频率的增加,抑制生长作用加剧。

2.3 操作胁迫对肝脏质量、肝系数、脾系数的影响

实验结果显示(表2),整个实验期间实验组1和实验组2的脾质量与对照组均无显著差异。

实验组1(每日操作胁迫1次)的肝质量在实验的第10天、第20天、第30天都显著性低于对照组($P<0.05$);而实验组2(每日操作胁迫2次)的肝质量在实验期间都极显著低于对照组($P<0.01$)。

实验组1在实验的第10天、第20天肝系数显著低于对照组($P<0.05$),而到了实验末(第30天)则恢复正常,即与对照组无差异;而实验组2在第10天、第20天都极显著低于对照组($P<0.01$),同样在第30天恢复正常。

表2 大黄鱼幼鱼脾脏质量、肝脏质量、脾系数、肝系数的变化
Tab. 2 Variation of the weights of spleen and liver, spleen-somatic index and hepatosomatic index in *P. crocea* subjected to handling stress

项目 Item	时间/d Time	对照组 Control	实验组1 Treatment 1	实验组2 Treatment 2
脾质量/mg Spleen weight	10	0.42±0.31	0.25±0.27	0.53±0.69
	20	0.86±0.40	0.78±0.43	0.77±0.47
	30	0.69±0.41	0.60±0.41	1.10±0.49
肝质量/mg Liver weight	10	64.89±15.27	49.90±12.35*	36.34±12.99**
	20	70.42±20.52	54.34±15.00*	38.91±13.35**
	30	70.22±26.63	53.55±18.74*	44.21±13.60**
脾系数/% Spleen-somatic index	10	0.022±0.015	0.020±0.018	0.040±0.064
	20	0.039±0.017	0.036±0.021	0.046±0.026
	30	0.024±0.015	0.023±0.015	0.057±0.029**
肝系数/% Hepatosomatic index	10	3.555±0.664	3.216±0.661*	2.487±0.562**
	20	3.221±0.563	2.972±0.591*	2.385±0.698**
	30	2.434±0.543	2.285±0.511	2.335±0.955

注:*表示与对照组相比差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$)。

Note: * indicates significant difference compared with control ($P<0.05$), ** indicates extremely significant difference compared with control ($P<0.01$).

从肝系数的变化看,在实验的前中期,高低强度的操作胁迫都会抑制肝脏的合成代谢,使肝系数显著降低;胁迫频率次数增加,抑制作用也加剧;而在实验后期又恢复正常水平,说明机体对胁迫具有一定的适应性。

而长期操作胁迫则会影响脾脏的正常功能,脾系数增大,脾脏肿大,最终影响脾脏的造血功能。

2.4 操作胁迫对血液白细胞组成的影响

大黄鱼血液的白细胞主要有淋巴细胞、嗜中性粒细胞、嗜碱性粒细胞、单核细胞以及血栓细胞,而嗜酸性粒细胞极少。血栓细胞及嗜碱性细胞不论是对照组或实验组其数量变化不大。

对照组的嗜中性粒细胞数、单核细胞数和淋巴细胞数在整个实验过程中变化不大,不同时期差异不显著($P>0.05$)(表3)。

实验组1无论是嗜中性粒细胞数、单核细胞数还是淋巴细胞数在整个实验期间与对照组均无显著性差异($P>0.05$)(表3)。

实验组2嗜中性细胞数在第10天最高,与对照组差异显著($P<0.05$),随后一直减少,第20天、30天与对照组差异不显著($P>0.05$)。单核细胞数量在第10天高于对照组,差异显著($P<0.05$);在第20天继续升高,与对照组相比差异极显著($P<0.01$);在第30天降为与对照组无差异

($P>0.05$)。淋巴细胞在第 10 天较低; 在第 20 天恢复正常 (表 3)。继续下降, 显著低于对照组 ($P<0.05$); 在第 30 天

表 3 受操作胁迫大黄鱼幼鱼血液中各类白细胞 (嗜中性粒细胞、单核细胞、淋巴细胞) 的百分组成变化
Tab. 3 Variation of the percentages of white blood cells (neutrophil, monocyte and lymphocyte)

in <i>P. crocea</i> fingerlings subjected to handling stress		$n=30; \bar{X} \pm SD$		
项目 Item	时间 /d Time	对照组 Control	实验组 1 Treatment 1	实验组 2 Treatment 2
嗜中性粒细胞 / % Percentage of neutrophil	10	6.8±2.9	9.2±4.0	16.0±7.8*
	20	6.2±3.1	6.4±4.5	10.6±8.2
	30	6.4±4.0	10.8±10.4	4.8±4.7
单核细胞 / % Percentage of monocyte	10	5.4±2.1	5.8±3.1	12.2±6.1*
	20	4.6±3.0	6.6±6.1	35.2±11.4**
	30	5.6±3.2	11.8±7.6	7.8±6.6
淋巴细胞 / % Percentage of lymphocyte	10	79.2±3.0	75.6±4.0	63.0±8.8
	20	82.4±6.4	80.0±5.6	51.4±16.2*
	30	82.8±6.1	69.6±9.6	82.4±8.6

说明: * 表示与对照组相比差异显著 ($P<0.05$), ** 表示差异极显著 ($P<0.01$)。

Note: * indicates significant difference compared with control ($P<0.05$), ** indicates extremely significant difference compared with control ($P<0.01$).

可见, 实验组 2 嗜中性粒细胞在实验的前期 (第 10 天) 显著增多, 单核细胞在前中期 (第 10 天、第 20 天) 显著增多, 淋巴细胞减少。在实验后期均恢复到正常水平。嗜中性粒细胞和单核细胞在鱼类机体中起着非特异性免疫的重要作用, 具有活跃的吞噬功能, 其变化原因可能是由于应激反应刺激鱼体非特异性免疫机能在短时间内增强, 而后机体适应操作胁迫, 其非特异性免疫反应回到正常水平或是进入疲惫状态。而淋巴细胞是机体特异性免疫应答主要承担者, 在操作胁迫的前期受到抑制, 而后逐渐恢复。

3 讨论

研究表明, 急性操作胁迫明显抑制大黄鱼幼鱼的生长, 并且生长阻滞随胁迫频率的增加而加强。操作胁迫影响鱼的食欲是显而易见的, 在本实验过程中定量投饵时残饵增加可说明大黄鱼的摄食率在下降; 操作胁迫还可能影响其消化率, 同时又加大能量的消耗, 因而使其生长受抑制。

McCormick 等^[16]研究大西洋鲑幼鱼对追赶惊扰的应激结果表明其幼鱼生长同样受到抑制。因此, 鱼类在不同的生长阶段, 其生长受到环境胁迫的抑制效应是否有差异, 有待于进一步研究证实,

管理操作胁迫影响鱼类生长的具体生理机制也有必要深入地研究探讨。

操作胁迫引发鱼的应激反应, 鱼必须消耗额外的能量来渡过抵抗期。能否在管理胁迫的过程中向鱼饵料中添加特别的添加剂, 如维生素、卵磷脂、高度不饱和脂肪酸、葡聚糖、肽聚糖和脂多糖等来增强鱼的抗胁迫能力, 这方面的研究是非常有意义的, 可直接指导水产养殖的生产实践。Koven 等^[19]的工作已表明, 饲料添加 DHA (22: 6n-3) 和 AA (20: 4n-6) 可明显地提高金鲷 (*Sparus aurata*) 抗操作胁迫能力。

刘黎青等^[20]研究证实, “惊吓”的情志刺激能伤大鼠脏腑。而大黄鱼幼鱼长期胁迫后肝脾变化与此观点相符。惊吓可影响肝脏及脾脏的功能, 造成了脾脏的肿大, 影响脾脏的造血功能; 影响肝细胞代谢, 特别是合成代谢的变化。李爱华^[21]的研究结果同样发现, 环境胁迫 (拥挤胁迫) 可引起草鱼内脏的变化, 但其脾脏系数不是升高而是下降, 这与本研究结果相反, 是否是因为胁迫的方式不同而引起的, 其生理原因有待于进一步研究。

第 30 天实验结束后, 停止对鱼进行喂食和换水, 2 天后发现实验组 2 的鱼大量死亡, 而实验组 1 和对照组鱼无死亡现象, 这一现象说明多次胁迫组

鱼的耐饥饿和耐低氧能力较低, 体质较差。

因此, 长期操作胁迫会给鱼类带来巨大的负面影响。应激积累不仅阻滞鱼类的生长、抑制鱼类的抗病力, 还可能最终造成鱼类的死亡^[16]。因此, 在生产管理上, 应尽量避免给鱼类造成长期的胁迫应激, 这样才能提高鱼类的福利, 也最终提高生产的效益。

与其他鱼类相比, 大黄鱼对操作胁迫敏感性尤其强烈, 应激反应剧烈, 极易受伤害致死亡, 给养殖管理、运输和鲜活出售造成一定的困难, 这已成为大黄鱼养殖业的一个瓶颈。所以高抗操作胁迫大黄鱼品系的选择育种工作凸显重要, 是今后水产实践的主攻方向。

致谢: 本研究工作得到了宁德水产技术推广站试验场工作人员的大力支持, 得到水产学院 2000 级李玉秀同学的协助, 在此表示诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 王文博, 李爱华. 环境胁迫对鱼类免疫系统影响的研究概况[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 368-374.
- [2] Kamalaveni K, Gopal V, Sampson U, et al. Recycling and utilization of metabolic wastes for energy production is an index of biochemical adaptation of fish under environmental pollution stress[J]. Environm Monit Assessm, 2003, 86(3): 255-264.
- [3] Miller L L, Wang F, Palace V P, et al. Effects of acute and subchronic exposures to waterborne selenite on the physiological stress response and oxidative stress indicators in juvenile rainbow trout[J]. Aquatic Toxicol, 2007, 83: 263-271.
- [4] Iversen M, Finstad B, Nilssen K J. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts [J]. Aquaculture, 1998, 168: 387-394.
- [5] 陈昌福. 应激与鱼类应激性疾病[J]. 水利渔业, 1998(5): 7-9.
- [6] Pickering A D, Pottinger T G. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol[J]. Fish Physiol Biochem, 1989, 7(1-4): 253-258.
- [7] Saeij J P J, Lidy B M, Willem B M, et al. Daily handling stress reduces resistance of carp to *Trypanoplasma borreli*: in vitro modulatory effects of cortisol on leukocyte function and apoptosis[J]. Developm Compar Immunol, 2003, 27: 233-243.
- [8] Faverney C R, Orsini N, Sousa G, et al. Cadmium-induced apoptosis through the mitochondrial pathway in rainbow trout hepatocytes: involvement of oxidative stress[J]. Aquatic Toxicol, 2004, 69: 247-258.
- [9] Pecard J D, Schulte P M. Variation in gene expression in response to stress in two populations of *Fundulus heteroclitus*[J]. Compar Biochem Physiol Part A, 2004, 137: 205-216.
- [10] Cairns M T, Johnson M C, Talbot A T, et al. A cDNA microarray assessment of gene expression in the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to a handling and confinement stressor[J]. Compar Biochem Physiol Part D, 2007(online): 1-16.
- [11] 王文博, 汪建国, 李爱华, 等. 振荡胁迫后鲫血液皮质醇和溶菌酶水平的变化[J]. 水生生物学报, 2004, 28(6): 682-684.
- [12] Benfey T J, Michel B. Acute stress response in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) [J]. Aquaculture, 2000, 184: 168-176.
- [13] Pages T, Comez E, Suner O. Effects of daily management stress on haematology and blood rheology of the girthhead seabream[J]. J Fish Biol, 1995, 46: 775-786.
- [14] Rotllant J, Tort L. Cortisol and glucose responses after acute stress by net handling in the sparid red porgy preciously subjected to crowding stress[J]. J Fish Biol, 1997, 51: 21-28.
- [15] Clements S P, Hicks B J. The effect of a trapping procedure on the stress response of wild rainbow trout[J]. North Amer J Fish Managem, 2002, 22: 907-916.
- [16] McCormick S D, Shrimpton J M, Carey J B, et al. Repeated acute stress reduces growth rate of Atlantic salmon parr and alters plasma levels of growth hormone, insulin-like growth factor 1 and cortisol[J]. Aquaculture, 1998, 168: 221-235.
- [17] 谢书秋, 刘振勇. 闽东大黄鱼养殖现状分析与发展对策[J]. 福建水产, 2006(3): 95-97.
- [18] 罗杰, 杜涛. 大黄鱼鱼苗的人工培育及种苗运输技术[J]. 水产养殖, 2003, 24(3): 25-27.
- [19] Koven W, Barr Y, Lutzky S, et al. The effect of dietary arachidonic acid (20: 4n-6) on growth, survival and resistance to handling stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae[J]. Aquaculture, 2001, 193: 107-122.
- [20] 刘黎青, 刘斌, 鲁明源, 等. 惊吓对大鼠肝脏组织学及荧光组织化学的影响[J]. 山东中医药大学学报, 1998, 22(2): 144-153.
- [21] 李爱华. 拥挤胁迫对草鱼血浆皮质醇、血糖及肝脏中抗坏血酸含量的影响[J]. 水生生物学报, 1997, 21(4): 384-386.

Effect of handling stress on fingerlings of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson)

WENG Zhao-hong, WANG Zhi-yong, XIE Fang-jing, XIE Yang-jie

(Fisheries College, Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety, Institute of Aquaculture Biotechnology, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The effects of acute handling stress (chasing and startling) on fingerlings of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson) were studied by the response of growth rate, behavior, immunity, spleen and liver functions of fish. Totally three experimental groups, including treatment 1 (stressed one time each day), treatment 2 (stressed twice daily) and control group, were set and the fish were sampled at day 10, day 20 and day 30 after handling stress. The levels of response to acute handling stress were investigated from the following aspects: body length, body weight, weights of spleen and liver, the ratio of spleen weight to body weight and the hepatosomatic index. Blood smears were also made to calculate the number and percentages of different kinds of leucocytes. The results showed that the frequently acute handling stress not only significantly reduced growth rate of large yellow croaker fingerlings, but also affected the functions of spleen and liver. The phenomena of spleen-swelling and restraining liver anabolism were investigated in the treated fish. During the pre- and mid-stage (day 10 and day 20) of experiments in treatment 2, the percentages of neutrophils and monocytes increased markedly, but those of lymphocytes decreased significantly, and finally all of them got back to the normal levels at the last experiment stage. The data suggested that the fish could adapt to handling stress to some extent for its immunol function. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (1): 100–105]

Key words: *Pseudosciaena crocea* Richardson; handling stress; stress

Corresponding author: WANG Zhi-yong. E-mail: zywang@jmu.edu.cn