

褐牙鲈亲鱼野生群体与养殖群体维生素 A、C、E 含量的比较

王际英¹, 李宝山¹, 马晶晶¹, 柳旭东², 宋志东², 苗淑彦², 李培玉², 王世信¹,
黄炳山¹, 张利民¹

(1. 山东省海洋水产研究所, 山东 烟台 264006; 2. 山东升索渔用饲料研究中心, 山东 烟台 265500)

摘要: 为探讨养殖褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)亲鱼后代较野生亲鱼后代质量下降这一问题, 本实验分析了野生与人工养殖(包括营养强化处理)褐牙鲈亲鱼肌肉、肝脏及卵中维生素 A、维生素 C、维生素 E 含量的差异, 并进行了养殖褐牙鲈维生素营养强化的探索实验。结果显示, 野生与养殖亲鱼肌肉和肝脏中维生素 A 含量无显著差异, 野生亲鱼卵中维生素 A 含量显著高于养殖亲鱼($P < 0.05$); 野生亲鱼肝脏和卵中维生素 C 含量显著高于养殖亲鱼($P < 0.05$), 肌肉中两者无显著差异($P > 0.05$); 维生素 E 含量在野生和养殖亲鱼各组织内均有显著差异($P < 0.05$), 仅肝脏中养殖亲鱼显著低于野生亲鱼($P < 0.05$), 其余组织均为养殖亲鱼较高。在本实验中, 营养强化显著增加了养殖亲鱼肌肉和肝脏维生素 A、维生素 C 及卵和肝脏中维生素 E 的含量, 但对卵中维生素 A 和 C 的含量均无显著影响($P > 0.05$), 而肌肉中维生素 E 含量则显著降低($P < 0.05$)。上述结果表明, 养殖与野生褐牙鲈亲鱼卵中维生素 A、C、E 含量存在一定的差异, 可能与养殖褐牙鲈亲鱼后代质量下降有关, 本实验所采用的营养强化方法仅增加了养殖亲鱼卵中维生素 E 的含量, 而对卵中维生素 A 和维生素 C 的含量无显著影响, 更为有效的强化方式有待进一步研究。[中国水产科学, 2010, 17(6): 1250–1256]

关键词: 褐牙鲈; 野生群体; 人工养殖; 营养强化; 维生素 A; 维生素 C; 维生素 E

中图分类号: S965.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)06-1250-07

褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)具备生长速度快、食性杂、适应性广、活动量少等优点, 且生长适宜温度为 8~24℃, 最适水温 16~21℃^[1], 尤其适合在中国北方沿海地区养殖。目前已成为中国北方工厂化养殖中重要的养殖对象。在自然条件下, 褐牙鲈所处的生态位较高, 食物链丰富, 体内营养物质组成平衡, 野生褐牙鲈亲鱼孵卵率与孵化率较高、仔鱼畸形率和白化率较低。然而, 在人工养殖条件下, 褐牙鲈育苗中易出现浮卵率、孵化率下降, 鱼苗死亡率、畸形率、白化率上升等现象^[2-4]。鱼卵作为生命的源泉, 其营养组成与后代仔稚鱼的质量息息相关^[5-6]。亲鱼的繁殖

性能、鱼卵和仔稚鱼的质量与亲鱼饲料的营养组成密切相关^[7-11], 且饲料营养成分主要通过影响卵黄成分的合成和选择性吸收, 进而改变卵黄物质的化学组成来控制亲鱼的繁殖力及卵子质量^[12-14]。

业已证实, 维生素能显著影响亲鱼的繁殖性能。维生素 A 能提高日本鳗鲡和塞内加尔鳗亲鱼的产卵量, 延长产卵期, 并能降低仔鱼的畸形率^[15-16]; 维生素 C 能促进狼鲈(*Dicentrarchus labrax*)和金鲷(*Sparus aurata*)卵的成熟期、胚胎期和仔鱼期胶原蛋白的合成, 并能提高仔鱼的免疫力^[17]; 维生素 E 则能促进斜带石斑鱼卵巢的发育并能提高繁殖成功率^[18]。此外, 维生素 A、C、E 还是良好的

收稿日期: 2010-01-11; 修订日期: 2010-02-05.

基金项目: 农业部国家重点行业公益项目(nyhyzx07-046); 山东省水生动物营养与饲料泰山学者岗位经费资助项目; 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目.

作者简介: 王际英(1965-), 女, 研究员, 从事水生动物营养与饲料学研究. E-mail: ytwjy@126.com

通讯作者: 张利民(1956-), 男, 研究员, 从事水生动物营养与饲料学研究. E-mail: zhanglimin@126.com

抗氧化剂,能有效去除卵内自由基,降低胚胎发育期基因的突变率,提高卵及仔鱼的质量^[19-20]。本研究比较了野生群体与养殖群体(包括营养强化处理组)亲鱼间维生素 A、C、E 含量的差异,并以此为参考依据,对养殖褐牙鲈亲鱼的维生素强化方式进行初步研究,旨在为褐牙鲈人工养殖中种质资源的质量维护提供科学手段。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

野生性成熟褐牙鲈于 2008 年 4 月捕自山东烟台、威海、青岛和日照近海,全长 40.5~75.5 cm,体质量 973~5 129 g,体宽 17.5~27.6 cm。从中随机抽取 8 尾规格相近的个体作为野生亲鱼样本。人工养殖褐牙鲈分别于 2008 年 11 月、2009 年 1 月和 2009 年 5 月采自日照和威海,全长 41.0~66.0 cm,体质量 913~4 185 g,体宽 15.6~27.0 cm。从中选取 10 尾规格相近的个体作为养殖亲鱼样本(投喂的饲料以鲜杂鱼为主);另取 10 尾规格相近的养殖亲鱼同时进行维生素 A、C、E 强化研究(通过投喂体内填充维生素强化剂的冰鲜鱼进行强化),所使用的强化剂分别为:维生素 AD 胶丸(青岛双鲸药业有限公司),维生素 C 片(东北制药总厂),维生素 E 胶丸(上海安庆药业集团宿州制药有限公司)。强化方式分别参照李爱杰^[21]和 Lavens 等^[22]的研究方法及养殖场使用情况并稍作修改:维生素 A, 30 000 IU/kg 冰鲜鱼;维生素 C, 333 mg/kg 冰鲜鱼;维生素 E, 2 000 mg/kg 冰鲜鱼。强化期间每天投喂冰鲜鱼饲料 1 次,达到饱食为止。

1.2 样品的处理

分别取 8 尾野生亲鱼、10 尾养殖亲鱼和 10

尾营养强化亲鱼进行样品采集,每尾鱼作为 1 个样本,解剖取新鲜肌肉、肝脏和卵组织,分别用组织匀浆机捣碎、混匀后装入自封袋,置于-80℃超低温冰箱中保存备用。

1.3 测定方法

维生素 A、E 的测定:参照食品中维生素 A 和维生素 E 的测定方法(GB12388-1990)。组织中维生素 C 的测定采用高效液相色谱法,具体方法如下:取适量样品,加 9 倍体积的 5%磷酸溶液,冰浴状态下 12 000 r/min 匀浆 2 min, 2 740 g 离心 6 min,取上清液,过 0.22 μm 滤膜,上机。检测条件为: C₁₈ 反相色谱柱, 4.6 nm×250 nm。流动相为 0.05 mol/L KH₂PO₄(pH 3.0),流速为 0.6 mL/min,检测波长为 254 nm,柱温 30℃,进样量为 20 μL。适量的抗坏血酸标准品(Sigma)溶解在超纯水中作为标准溶液,直接上机。

1.4 数据处理

采用 EXCEL 2000 和 SPSS 11.0 等软件进行统计,统计数据采用平均值±标准差的形式表示,显著水平为 0.05。对于差异显著组采用最小显著差数法(LSD 法)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 3 种来源褐牙鲈亲鱼肌肉维生素 A、C、E 的含量

野生亲鱼、养殖亲鱼及营养强化亲鱼肌肉中维生素 A、C、E 的含量见表 1:养殖亲鱼肌肉维生素 A 和维生素 C 含量与野生亲鱼无显著性差异($P>0.05$),维生素 E 含量则显著高于野生亲鱼($P<0.05$);与野生和养殖亲鱼相比,营养强化亲鱼肌肉中维生素 A 和维生素 C 含量均有显著升高($P<0.05$),而肌

表 1 野生、养殖与营养强化褐牙鲈肌肉中维生素 A、C、E 的含量
Tab. 1 V_A, V_C and V_E contents in muscle of wild, farmed and fortified *Paralichthys olivaceus*

维生素 Vitamins	$\bar{x} \pm SD; \mu\text{g/g (DW)}$		
	野生亲鱼 Wild broodstock (n=8)	养殖亲鱼 Farmed broodstock (n=10)	营养强化亲鱼 Fortified broodstock (n=10)
V _A	7.40±2.68 ^a	7.08±3.13 ^a	28.48±5.66 ^b
V _C	51.12±2.44 ^a	50.73±3.58 ^a	173.08±25.23 ^b
V _E	101.80±8.81 ^b	143.58±6.04 ^a	15.00±1.62 ^a

注:同行数据不同上标字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Values in the same line with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

肉维生素 E 含量有显著降低趋势($P<0.05$)。

2.2 3 种来源褐牙鲈亲鱼肝脏维生素 A、C、E 的含量

不同来源的褐牙鲈亲鱼肝脏中维生素 A、C、E 组成见表 2。结果显示,野生与养殖褐牙鲈亲鱼间维生素 A 含量无显著性差异($P>0.05$),而肝脏中维生素 C 和维生素 E 含量则表现为养殖亲鱼显著低于野生亲鱼($P<0.05$)。营养强化后的养殖亲鱼肝脏内维生素 A 的沉积量呈显著增加($P<0.05$),为养殖亲鱼的 2.53 倍;维生素 C 的沉积量比养殖亲鱼提高了 515.7%($P<0.05$);与养殖亲鱼相比,营养强化虽然大大提高了维生素 E 在肝脏中的沉积量(34.41~96.08 $\mu\text{g/g}$),但仍显著低于野生亲鱼肝脏内的维生素 E 含量($P<0.05$)。

2.3 3 种来源褐牙鲈亲鱼卵内维生素 A、C、E 的含量

野生、养殖及营养强化褐牙鲈亲鱼卵内维生素 A、C、E 的组成见表 3。表中数据显示,养殖亲鱼卵中维生素 A 和维生素 C 含量均显著低于野生亲鱼($P<0.05$),而维生素 E 含量与野生亲鱼相比增加了 31.6%($P<0.05$)。营养强化亲鱼卵内维生

素 E 含量显著高于野生亲鱼和养殖亲鱼($P<0.05$),而维生素 A 和维生素 C 含量与养殖亲鱼相当($P>0.05$),均显著低于野生亲鱼卵内的含量($P<0.05$)。

3 讨论

维生素 A 主要包括视黄醇、视黄醛和视黄酸 3 种分子形态。目前已有研究发现,哺乳类和成鱼体内维生素 A 多以视黄醇和视黄醛酯的形式存在,而低级脊椎动物包括鱼类卵中维生素 A 则主要以视黄醛的形式存在^[23-24]。维生素 A 在视觉、繁殖、胚胎正常发育、生长、上皮组织的分化与维持等生理过程中起重要作用,另外卵中维生素 A 的沉积还会影响后代仔稚鱼体内色素物质的沉积,进而影响仔稚鱼的体色。然而同其他脊椎动物一样,鱼类自身不能合成维生素 A,必须从饲料中获得。Furuita 等^[25-26]研究显示,当饲料中维生素 A 添加量为 16.9 mg/kg 时,实验组与对照组亲鱼卵内维生素 A 含量无显著差异;而当饲料中添加高剂量维生素 A(3×10^5 IU/100g)时,实验组亲鱼卵内维生素 A 含量约为对照组亲鱼的 2 倍,表明牙鲈亲鱼卵内维生素 A 的沉积受营养强化剂使用剂量的

表 2 野生、养殖与营养强化褐牙鲈肝脏中维生素 A、C、E 的含量

Tab. 2 V_A, V_C and V_E contents in liver of wild, farmed and fortified *Paralichthys olivaceus*

$\bar{x} \pm \text{SD}; \mu\text{g/g (DW)}$

维生素 Vitamins	野生亲鱼 Wild broodstock(n=8)	养殖亲鱼 Farmed broodstock (n=10)	营养强化亲鱼 Fortified broodstock (n=10)
V_A	55.66±2.08 ^a	53.76±1.16 ^a	135.86±4.89 ^b
V_C	209.09±8.13 ^b	160.57±4.91 ^a	988.61±34.36 ^c
V_E	127.81±2.93 ^c	34.41±1.33 ^a	96.08±10.54 ^b

注:同行数据不同上标字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

表 3 野生、养殖与营养强化褐牙鲈卵中维生素 A、C、E 的含量

Tab. 3 V_A, V_C and V_E contents in eggs of wild, farmed and fortified *Paralichthys olivaceus*

$\bar{x} \pm \text{SD}; \mu\text{g/g (DW)}$

维生素 Vitamins	野生亲鱼 Wild broodstock(n=8)	养殖亲鱼 Farmed broodstock (n=10)	营养强化亲鱼 Fortified broodstock (n=10)
V_A	72.61±2.78 ^b	27.66±2.85 ^a	30.72±1.28 ^a
V_C	15230±1210 ^b	11180±2180 ^a	11460±3880 ^a
V_E	106.06±4.70 ^a	139.58±16.99 ^b	207.89±7.30 ^c

注:同行数据不同上标字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

影响。在本实验中, 营养强化褐牙鲈亲鱼肝脏组织中维生素含量明显高于卵及肌肉组织, 约为强化前的 2.53 倍, 稍高于 Furuita 等^[26]的研究中实验组(SD; 16.90 mg/kg V_A)与对照组(CD; 0.77 mg/kg V_A)牙鲈亲鱼之间的倍数关系(1.48), 表明肝脏是亲鱼体内维生素 A 的主要沉积部位, 这在 Combs 等^[27]和 Furuita 等^[25]的研究中得到了验证。同 Furuita 等^[25]的研究结果相一致, 本研究中野生褐牙鲈亲鱼卵中维生素 A 含量显著高于养殖亲鱼卵中的含量, 而养殖亲鱼与营养强化亲鱼间无显著差异。究其原因, 可能与亲鱼摄食饵料种类、卵中 V_A 的存在形式等因素有关^[25]。然而肝脏中过高水平的维生素 A 对亲鱼繁殖能力具有不利影响^[25], 因此维生素 A 强化剂的具体添加量及添加形式均有待进一步研究。

精液中维生素 C 对精子 DNA 具有一定的保护作用, 高浓度维生素 C 可使精子内重要成分免遭氧自由基损伤^[28]。雌性动物在受孕期间血浆中维生素 C 的水平上升到最高, 也表明了维生素 C 在水生动物繁殖中的作用。亲鱼方面的研究结果显示, 饲料中添加维生素 C 能显著提高虹鳟和莫桑比克罗非鱼亲鱼的浮卵率^[29], 促进金鲫亲鱼卵母细胞的成熟和精巢的发育^[30]。在本实验中, 除肌肉外, 肝脏和卵中维生素 C 含量均表现为野生亲鱼显著高于养殖亲鱼, 且以卵中含量最高, 这与 Blom 等^[25]关于“卵中高含量的维生素 C 可以降低孵化仔鱼死于维生素缺乏的概率”的结论相吻合。经营养强化后, 养殖亲鱼肌肉和肝脏内维生素 C 含量显著升高, 而卵内维生素 C 增加不明显, 该结果与 Lavens 等^[22]用维生素 C-2-多聚磷酸酯强化大菱鲆的效果相反, 表明卵内维生素 C 的沉积除受强化剂剂量、强化时间、卵内维生素 C 饱和水平^[22]及鱼体种类间差异等因素外, 还可能受维生素 C 强化剂形式(维生素 C-2-多聚磷酸酯/包膜维生素 C)的影响。本研究结果还显示, 维生素 C 在褐牙鲈亲鱼体内的优先沉积顺序依次为卵、肝脏、肌肉, 表明当饵料中维生素 C 不足时, 亲鱼体内维生素 C 可以通过肝脏或肌肉等组织转移至卵内, 这与 Biswas 等^[32]对条石鲷的研究结果一致。

维生素 E 是某些凝血烷、前列腺素和免疫球蛋白的前体物, 能调节动物体内脏和性腺中类固醇激素的生物合成, 从而促进亲鱼性腺成熟和调控胚胎发育, 改善亲鱼繁殖性能。已有研究表明, 维生素 E 能提高黄鲈(*Perca flavescens*)卵的孵化率^[33], 改善斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)受精卵的质量和仔鱼质量^[18], 大幅提高金头鲷(*Sparus aurata*)的产卵量、孵化率和仔鱼成活率^[34], 提高鲤亲鱼的性腺系数^[35]以及遮目鱼(*Chanos chanos*)亲鱼产卵力、孵化率和育苗成活率^[36]。研究表明, 维生素 E 对卵子质量的影响主要取决于维生素 E 的自由基清除能力^[37]。研究发现, 饲料中维生素 E 的添加水平与鱼体(大西洋庸鲽、大菱鲆及金鲷)组织中维生素 E 的积累存在一定的线性相关关系^[38-41], 表明对褐牙鲈亲鱼进行维生素 E 的强化具有较强的可操作性。在本实验中, 养殖褐牙鲈亲鱼肌肉和卵中维生素 E 含量高于野生亲鱼, 而肝脏中维生素 E 含量则低于野生亲鱼。维生素 E 营养强化使肝脏、卵中维生素 E 含量分别增加了 179%和 48.9%, 表明维生素 E 在褐牙鲈亲鱼体内沉积的优先顺序依次为肝脏、卵、肌肉, 该结果与 Lewis-McCrea 等^[42]发现的维生素 E 在大西洋庸鲽肝脏中沉积最多的现象相一致。

以上结果显示, 野生与人工养殖褐牙鲈亲鱼肌肉、肝脏及卵中维生素 A、C、E 含量存在一定的差异, 结合已有的关于维生素 A、C、E 对鱼类繁殖性能影响的研究, 作者认为, 卵中维生素含量的差异可能与养殖褐牙鲈亲鱼后代质量下降有关。营养强化实验结果表明, 通过在亲鱼饲料中添加维生素 A、C、E 提高养殖亲鱼卵中维生素的含量具有一定的可行性, 但维生素强化剂的具体添加形式及添加量、2 种维生素之间的相互影响以及同其他营养要素的协同使用效果有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 姚峰. 褐牙鲈白化相关基因的研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2001: 2-3.
- [2] 张利民, 常建波, 张秀珍, 等. 50DE 微囊营养强化轮虫

- DHA 的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(5): 44-49.
- [3] 王涵生. 海水盐度对牙鲆仔稚鱼的生长、存活率及白化率的影响[J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(4): 399-405.
- [4] Furuita H, Tanaka T, Yamamoto T, et al. Effects of high levels of n-3 HUFA in broodstock diet on egg quality and egg fatty acid composition of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* [J]. Aquaculture, 2002, 210 (1-4): 323-333.
- [5] Lavens P, Sorgeloos P. Variation in egg and larval quality in various fish and crustacean species. [M]// Larvi'91, Fish and Crustacean Larviculture Symposium, P. Lavens P, Sorgeloos E, Jespers and F. Ollevier (eds), European Aquaculture Society, Gent, 1991: 221-226.
- [6] Peleitero J B, Lavens P, Rodriguez-Ojea G, et al. Relationship between egg quality and fatty acid content of various turbot broodstock (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. ICES Marine Science Symposium, 1995, 201: 51-56.
- [7] Watanabe T. Importance of the study of broodstock nutrition for further development of aquaculture [M]// Nutrition and Feeding in Fish. London: Academic Press. 1985: 395-414.
- [8] Czesny S, Dabrowski K. The effect of egg fatty acid concentrations on embryo viability in wild and domesticated wall-eye (*Stizostedion vitreum*) [J]. Aqu Living Res, 1998, 11(6): 371-378.
- [9] Gallagher M L, Paramore L, Alves D, et al. Comparison of phospholipid and fatty acid composition of wild and cultured striped bass eggs [J]. J Fish Biol, 1998, 52: 1218-1228.
- [10] Sargent J R, Tocher D R, Bell J G. The lipids [M]// Halver J E, Hardy R W, Fish Nutrition, 3rd ed. USA: Elsevier, 2002: 181-257.
- [11] Pavlov D, Kjorsvik E, Refsti T, et al. Culture of Cold-Water Marine Fish. Oxford: Blackwell Science, Blackwell Publishing Ltd, 2004: 519.
- [12] Cerda J, Zauny S, Carrillo M, et al. Short and long term effects on female sea bass *Dicentrarchus labrax*: seasonal changes in plasma profiles of lipids and sex steroids in relation to reproduction [J]. Comp Biochem Physiol, 1995, 111C: 83-91.
- [13] Harel M, Tandler A, Kissil G Wm, et al. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream *S. aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality [J]. Br J Nutr, 1994, 72: 45-58.
- [14] Tandler A, Harel M, Koven W M. et al. Broodstock and larvae nutrition in gilthead seabream *Sparus aurata* - new findings on its mode of involvement in improving growth, survival and swimbladder inflation [J]. Isr J Aqu, 1995, 47: 95-111.
- [15] Furuita H, Ohta H, Unuma T, et al. Biochemical composition of eggs in relation to egg quality in the Japanese eel, *Anguilla japonica* [J]. Fish Physiol Biochem, 2003, 29: 37-46.
- [16] Ignacio F, Pimentel M S, Ortiz-Delgado J B, et al. Effect of dietary vitamin A on Senegalese sole (*Solea senegalensis*) skeletogenesis and larval quality [J]. Aquaculture, 2008, 295 (3-4): 250-265.
- [17] Terova G, Sarogila M, Papp G Z, et al. Dynamics of collagen indicating amino acids, in embryos and larvae of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*), originated from broodstocks fed with different vitamin C content in the diet [J]. Comp Biochem Physiol-Part A: Mol Integr Physiol, 1998, 121(2): 111-118.
- [18] 肖伟平, 刘永坚, 田丽霞, 等. 维生素 E 和维生素 C 对斜带石斑鱼亲鱼产卵质量的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2003, 42(增刊(2)): 214-217.
- [19] 马爱国, 徐宏伟, 杜卫, 等. 维生素 A 与维生素 E 增强叶酸防畸效果的研究[J]. 卫生研究, 2001, 30(6): 343-346.
- [20] 谢嘉华, 杨儒名, 陈雅瑜. 维生素 C 和 E 对金鲫生长及繁殖的影响[J]. 泉州师范学院学报, 2006, 24(4): 84-90.
- [21] 李爱杰, 张道波, 魏万权, 等. 牙鲆幼鱼营养需要的研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2001, 20(suppl): 6-10.
- [22] Lavens P, Leregue E, Jaunet H, et al. Effect of dietary essential fatty acids and vitamins on egg quality in turbot broodstocks [J]. Aquacult Int 1999, 7: 225-240
- [23] Costaridis P, Horton C, Zeitlinger J, et al. Endogenous retinoids in zebrafish embryos and adult[J]. Dev Dyn, 1996, 205: 41-51.
- [24] Ronnestad I, Herme G-I, Finn RN, et al. Alternate sources and dynamics of vitamin A and its incorporation into the eyes during the early endotrophic and exotrophic larval stages of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L) [J]. Compr Biochem Phys, 1998, 119A: 787-793.
- [25] Furuita H, Tanaka H, Yamamoto T, et al. Effects of high dose vitamin A on reproduction and egg quality of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J]. Fish Sci, 2001, 67: 606-613.
- [26] Furuita H, Tanaka H, Yamamoto T, et al. Supplemental effect of vitamin A in diet on the reproductive performance and egg quality of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* (T & S)[J]. Aqu Res, 2003, 34: 46 1-467.

- [27] Combs G F Jr. The vitamins-Fundamental aspects in nutrition and health [M]. 2nd Edition. San Diego: Academic Press, 1998.
- [28] Fraga C G, Motchnik P A, Shigenaga M K, et al. Ascorbic acid protects against endogenous oxidative DNA damage in human sperm[J]. Proc Natl Acad Sci, USA, 1991, 88: 11003-11006.
- [29] Sandnes K, Uigenes Y, Braekkan O R, et al. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Aquaculture, 1984, 43(1-3): 167-177.
- [30] Soliman A K, Jauncey K, Roberts R J. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters) [J]. Aquaculture, 1986, 59 (3-4): 197-208.
- [31] Blom J H, Dabrowski K. Ascorbic acid metabolism in fish: is there a maternal effect on the progeny? [J]. Aquaculture, 1996, 147: 215-224.
- [32] Biswas A K, Seoka M, Ueno K, et al. Growth performance and physiological responses in striped knifejaw, *Oplegnathus fasciatus*, held under different photoperiods [J]. Aquaculture, 2008, 279: 42-46.
- [33] Lee K J, Dabrowski K. Long-term effects and interactions of dietary vitamins C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens* [J]. Aquaculture, 2004, 230: 377-389.
- [34] Fernndez-Palacios H, Izquierdo M S, Gonzalez M, et al. Combined effect of dietary α -tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata*) broodstock [J]. Aquaculture, 1998, 161: 475-476.
- [35] 蔡中华, 邢克智, 董双林. 维生素 E 对鲤鱼健康的影响[J]. 动物学报, 2001, 47(增刊): 120-124.
- [36] Emata A C, Borlongan I G, Damaso J P. Dietary vitamin C and E supplementation and reproduction of milkfish *Chanos chanos* Forsskal [J]. Aqu Res, 2000, 31 (7): 557-564.
- [37] Watanabe T, Lee M, Mizutani J, et al. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1991, 57(4): 681-694.
- [38] Hamre G, Waagbo R, Berge R K, et al. Vitamins C and E interact in juvenile Atlantic salmon (*Salmon salar* L.). Free Radic[J]. Biol Med, 197, 22: 137-149.
- [39] Ruff N, Fitzgerald R D, Cross T F, et al. The effect of dietary vitamin E and c level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus*) fillet quality[J]. Aquac Nutr, 2003, 9: 91-103.
- [40] Mourente G, Diaz-Salvaga E, Tocher D, et al. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid/vitamin E (PUFA/tocopherol) ration on antioxidant defense mechanisms of juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L., Osteirhthyes, Sparidae) [J]. Fish Physiol Biochem, 2000, 23: 337-351.
- [41] Tocher D, Mourente G, Van der Eecken A, et al. Effect of dietary vitamin E on antioxidant defense mechanisms of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Aquac Nutr, 2002, 8: 195-207.
- [42] Lewis-McCrea L M, Lall S P. Effects of moderately oxidized dietary lipid and the role of vitamin E on the development of skeletal abnormalities in juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Aquaculture, 2007, 262: 142-155.

A comparison study of Vitamin A, C and E in wild and farmed Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*

WANG Jiying¹, LI Baoshan¹, MA Jingjing¹, LIU Xudong², SONG Zhidong², MIAO Shuyan², LI Peiyu²,
WANG Shixin¹, HUANG Bingshan¹, ZHANG Limin¹

(1. Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006, China; 2. Shengsuo Fishery Feed Research Centre of Shandong Province, Yantai 265500, China)

Abstract: A comparison analysis of vitamin A, C and E contents in muscle, liver and eggs of wild, cultured and nutrition fortified *Paralichthys olivaceus* broodstock was conducted, attempting to explain the decline of larval fish quality in farmed *Paralichthys olivaceus*. The results showed that no differences were found in vitamin A content of wild and farmed fish, however, egg vitamin A content of wild fish was significantly higher than that of farmed fish ($P < 0.05$). Vitamin C contents in liver and eggs of wild fish were statistically higher than those of farmed fish ($P < 0.05$), while no change were detected in muscle. Vitamin E content in muscle and egg of wild fish were significantly higher than those of farmed fish, with liver vitamin E content following the opposite tendency. Fortification strategies in this study improved vitamin A and C contents in liver and muscle, vitamin E content in eggs of farmed broodstock, while vitamin A and C contents in eggs as well as vitamin E content in muscle changed a little ($P > 0.05$). All the above results reached a conclusion that the discrepancy of vitamin A, C and E contents existed between wild and farmed fish, to some extent, may be correlated with the decline of the larval fish quality in the culture of *Paralichthys olivaceus*, and this could be diminished by more effective fortification strategies of vitamin A, C and E, which is needed to be further studied. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1250–1256]

Key words: *Paralichthys olivaceus*; wild Population; farmed; fortification; vitamin A; vitamin C; vitamin E

Corresponding author: ZHANG Limin. E-mail: zhanglimin@126.com

欢迎订阅 2011 年《水产学报》

《水产学报》是由中国科协主管、中国水产学会主办、上海海洋大学承办、科学出版社出版的以反映我国水产科学技术成果为主的学术类核心期刊(中国科学引文数据库 CSCD 核心库和中信所核心库), 1964 年创刊, 是中国水产界历史最为悠久的刊物之一。2002-2009 年连续荣获“百种中国杰出科技期刊”称号, 2006-2008 年获得中国科协“精品期刊工程项目(C 类)”资助, 2009-2010 年获得中国科协“精品科技期刊示范项目(B 类)”资助。

本刊主要刊载水产基础研究、水产养殖和增殖、水产品病害防治、渔业水域环境保护、渔业资源与管理、水产品保鲜加工与综合利用等方面的研究论文、研究简报和综述。

本刊为月刊, 每期 160 页, 国内每期订价 49.00 元, 全年订价 588.00 元(含邮费)。国内统一刊号: CN 31-1283/S, 国际标准刊号: ISSN 1000-0615, 国内邮发代号: 4-297, 国外发行代号: Q-387。读者可在当地邮局办理订阅, 破季、漏订或补订均可直接与编辑部联系。个人订户可享受 6 折优惠。

编辑部地址: 上海市临港新城沪城环路 999 号 201 信箱 邮政编码: 201306

联系人: 张美琼 联系电话与传真: 021-61900227

E-mail: mqzhang@shou.edu.cn; jfc@shou.edu.cn Website: www.scxuebao.cn