

珠江口黑鲷海捕群体与不同养殖群体的形态差异比较

刘胜男^{1,2}, 刘 岩², 周文礼¹, 孙典荣², 李 腾², 杨长平², 单斌斌², 刘蔓婷²

(1. 天津农学院 水产学院, 天津市水产生态与养殖重点实验室, 天津 300384; 2. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: 为探明珠江口黑鲷海捕苗种与人工繁殖苗种间的形态差异, 作者采用 3 种多元统计分析和方差分析方法, 对采集自珠江口两岸的海捕黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)苗种与 2 个繁殖场的人工繁殖苗种进行形态差异比较, 比较了不同样品组的外部形态特征差异。可量性状主成分分析结果表明, 前 2 项主成分的累计贡献率为 89.90%, 聚类分析结果表明汕头苗场(ST)样品组与另外 3 个样品组距离最远, 判别分析结果同样显示以对该样品组判别准确率最高; 可数性状单因素方差分析结果表明, 样品组间背鳍鳍条数、鳃耙数、椎骨数存在显著性差异($P < 0.05$)。主成分分析、聚类分析、判别分析和单因素方差分析从不同角度反映了样品组间的形态差异, 各分析方法获得结论基本类似, 相互印证。该研究结果显示, 采集自不同繁殖场的黑鲷苗种与珠江口海域野生苗种存在一定的形态差异, 但没有证据显示这种差异已导致黑鲷野生和养殖群体间明显的形态分化。

关键词: 增殖放流; 形态差异; 黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*); 珠江口

中图分类号: S 937.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2018)06-0046-07
DOI: 10.11759/hyxx20180322001

生物形态是物种性状的集合, 也是遗传因子与环境相互作用的结果, 形态学研究方法属于传统种群鉴别方法^[1-2], 被广泛应用于生物进化起源、物种分类及种群分化等研究中^[3-5]。传统的形态学测定方法包括对可量性状和可数性状的比较, 存在手段单一、丢失分类信息等现象^[6-7], 因而在种内群体分化的研究中, 国内外学者通常引入多元回归分析方法来帮助解决这类问题: 邱楚雯^[8]等采用 t 检验、主成分分析和判别分析的方法研究了台湾泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus* ssp.)雌雄形态差异, 韩真等^[9]采用多种多元统计分析方法对中国近海 9 个小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)群体的形态学进行了比较研究, 蔡晓鹏^[10]等采用多元回归方法研究了中国沿海日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)5 个地理群体的形态差异。

黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)是中国重要的经济鱼类之一, 因其经济价值高、适应能力强、不做长距离洄游等特性, 且繁育技术成熟, 成为中国主要增殖放流对象^[11-13]。近年来, 由于放流规模规模的不断扩大, 增殖放流苗种质量存在着诸如遗传多样降低等问题^[14], 黑鲷亦然。人工繁殖苗种受到亲体质量、数量、育苗环境等因素限制, 在形态特征上与其

海捕群体产生一定程度不同, 两者间的形态差异可作为区分二者的标准之一^[15-16]。

该研究采用主成分分析、聚类分析、判别分析和单因素方差分析等方法分析采集自 2 个不同繁殖场黑鲷苗种与珠江口两岸海捕苗种的形态差异, 以期探明珠江口黑鲷海捕苗种与人工培育苗种间的形态差异, 探讨其差异特征对放流后苗种群体适应野生环境产生的影响、探索放流黑鲷苗种形态学标记可能性。

1 材料与方法

1.1 样品来源

待测定黑鲷人工育苗样品组于 2016 年 5 月采集自汕头市南海渔业公司、深圳市高氏水产种鱼繁殖场, 海捕苗种样品组于 2016 年 6—7 月采集自珠江

收稿日期: 2018-03-22; 修回日期: 2018-05-03

基金项目: 中国-东盟海上合作基金中越北部湾渔业资源增殖放流与养护项目; 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303048)

[Foundation: China-ASEAN Maritime Cooperation Fund (China and Vietnam Beibu Gulf Fishery Resources Restocking and Conservation); Agro-scientific Research in the Public Interest, China (No.201303048)]

作者简介: 刘胜男(1993-), 女, 硕士研究生, 从事渔业资源增殖放流与标志技术研究, E-mail: 2452986418@qq.com; 孙典荣, 通信作者, 研究员, E-mail: drsun73@163.com

口东侧深圳福永水域和珠江口西侧广州十九涌水域, 每个采样地点各随机采集 30 尾, 采集信息见表 1。

表 1 黑鲷采集信息

Tab.1 Sample information of *A. schlegelii*

采样地点	采样时间 (年.月)	数量/ 尾	体长/mm	
			范围	平均值 $\bar{X} \pm SD$
十九涌水域	2016.06	30	50~91	75.46 $\pm$ 11.35
福永水域	2016.07	30	103~150	120.28 $\pm$ 13.49
深圳苗场	2016.05	30	71~87	78.66 $\pm$ 3.94
汕头苗场	2016.05	30	116~178	159.68 $\pm$ 14.00

1.2 形态指标

使用直尺、游标卡尺测量样品全长(TL)、体长(BL)、头长(HL)、吻长(SNL)、上颌长(UJL)、眼后头长(POL)、尾柄长(LCP)、眼径(ED)、眼间距(WI)、体高(BH)、尾柄高(DCP)、体宽(BWI)、背鳍基长(FDL)、臀鳍基长(AL)、胸鳍长(PL)、腹鳍长(VL)等 16 个形态性状, 精确至 0.1 mm; 使用电子天平称量样品体质量(BW), 精确至 0.1 g; 统计背鳍、腹鳍、臀鳍的鳍棘数和背鳍、胸鳍、腹鳍、臀鳍的鳍条数以及鳃耙数和脊椎骨数等 9 个可数性状。

1.3 数据处理

采样标准化法^[7, 17]对 4 个采样点样品 16 个量度特征指标标准化, 以消除鱼体规格大小对实验结果的影响, 选则单因素方差分析中存在显著差异(至少在两个样品组间存在显著性差异, $P < 0.05$)的 9 个比例性状(BH/BL、BWI/BL、SNL/HL、HL/BL、ED/HL、PL/BL、VL/BL、FDL/BL、DCP/LCP), 使用 EXCEL、SPSS20.0 软件进行以下统计分析, 应用单因素方差分析方法对其 9 个可数性状进行分析。

1.3.1 主成分分析

运用 SPSS20.0 软件对 4 个采样点样品的形态特征数据进行主成分分析, 得到各主成分特征值和贡献率, 参照赵林林^[17], 对它们之间的形态差异进行归类。

1.3.2 聚类分析

运用 SPSS20.0 软件中的 Analyze-Classify-Hierarchical Cluster 方法对 4 个采样点样品的形态特征数据进行聚类分析, 用树形图显示群体间的亲疏程度^[18]。

1.3.3 判别分析

运用 SPSS20.0 软件中的 Analyze-Classify-Discriminant Analysis 方法对 3 个采样点形态差异贡献较大的参数建立 4 个样品组的判别函数, 对所有样本进

行逐个判别。

1.3.4 单因素方差分析

运用 SPSS13.0 软件, 采用单因素方差分析(one-way ANOVA)对 4 个采样点样品的形态特征数据进行分析, 进行组间多重比较, 分析不同样品组间的形态差异。

2 结果分析

2.1 可量性状

2.1.1 主成分分析

主成分分析结果表明前 2 项主成分的累计贡献率达到 89.90%(表 2), 其中主成分 1 贡献率为 57.08%, 主成分 2 为 32.82%。两个主成分累积贡献率较高, 包含了总变异的大部分, 说明可以用这两个相互独立的因子来概括该实验 4 个采样点间的形态差异。在贡献率最大的第一主成分中, 形态学指标 BWI/BL, SNL/HL, DCP/LCP, HL/BL, VL/BL, BH/BL 的作用最大, 其负荷值分别为-0.974、-0.953、0.827、0.802、0.779、0.732; 第二主成分是由 ED/HL, FDL/BL, PL/BL 决定。由主成分分析的结果可以推断, 该实验观测的 4 个样品组可量性状差异主要表现在体宽、吻长、尾柄高、头长、体高、眼径、背鳍基长、胸鳍长上。

表 2 黑鲷 9 个可量性状主成分的特征向量和贡献率

Tab. 2 Eigenvectors and cumulative contribution ratio of principle components from the 9 traits of *A. schlegelii*

性状		主成分	
		1	2
X_1	BH/BL	0.732	0.553
X_2	BWI/BL	-0.974	-0.042
X_3	SNL/HL	-0.953	0.208
X_4	HL/BL	0.802	0.583
X_5	ED/HL	-0.42	0.908
X_6	PL/BL	0.661	-0.718
X_7	VL/BL	0.779	0.173
X_8	FDL/BL	0.445	-0.83
X_9	DCP/LCP	0.827	0.453
各主成分贡献率/%		57.08	32.82
累计贡献率/%		57.08	89.90

2.1.2 聚类分析

通过 9 个形态特征值的聚类分析结果表明 4 个样品组可分为 2 组, 采集自珠江河口两侧的海捕苗种福永水域和十九涌水域样品组距离最短, 形态极

为接近聚为一组,采集自深圳苗场样品组与海捕样品组接近,采集自汕头苗场样品组与另 3 个样品组距离较远,形态差异最大(图 1)。

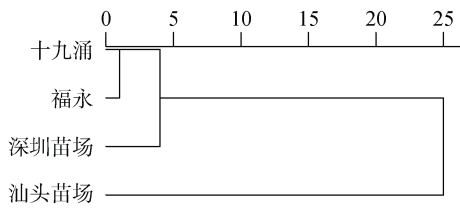


图 1 4 个黑鲷样品组的聚类关系图

Fig. 1 Hierarchical dendrogram of four different samples of *A. schlegelii*

2.1.3 判别分析

用逐步判别分析程序在确保一定判别准确率的前提下,对 4 个黑鲷样品组的 9 个形态特征值进行筛选,得到 6 个形态特征值,并进一步筛选贡献较大的特征建立了 4 个黑鲷样品组的判别函数公式如下:

深圳苗场:

$$Y_1 = 587.426X_2 + 280.500X_3 + 1325.253X_4 + 425.426X_5 + 340.502X_6 - 438.306$$

福永水域:

$$Y_2 = 717.470X_2 + 255.097X_3 + 1156.374X_4 + 393.317X_5 + 334.747X_6 - 388.940$$

十九涌水域:

$$Y_3 = 717.470X_2 + 255.097X_3 + 1156.374X_4 + 393.317X_5 + 334.747X_6 - 388.940$$

汕头苗场:

$$Y_4 = 523.255X_2 + 253.455X_3 + 1235.843X_4 + 369.884X_5 + 414.522X_6 - 403.688$$

其中, $X_2 \sim X_6$ 的含义见表 2, $Y_1 \sim Y_4$ 代表深圳苗场、福永水域、十九涌水域、汕头苗场样品。

对 4 个采样点样品的 6 个形态特征值进行判别分析,判别准确率为 36.7%~96.7%,综合判别率为 67.5%,深圳苗场和汕头苗场样品组判别正确率为 86.7%和 96.7%,福永水域和十九涌水域样品组为 36.7%和 50.0%。

基于前两个判别函数值绘制散点图,结果显示福永水域(FY)和十九涌水域(SJC)样品组主要分布在第三象限,深圳苗场(SZ)样品组主要分布在第一象限,汕头苗场(ST)样品组主要分布在第四象限(图 2)。福永水域(FY)和十九涌水域(SJC)样品组高度重合,与海捕样品组界限较明显。

2.1.4 单因素方差分析

对黑鲷 9 个可量性状标准化指标进行单因子方差分析,结果表明福永水域与十九涌水域样品组间无指标存在显著性差异;汕头苗场样品组与另 3 个

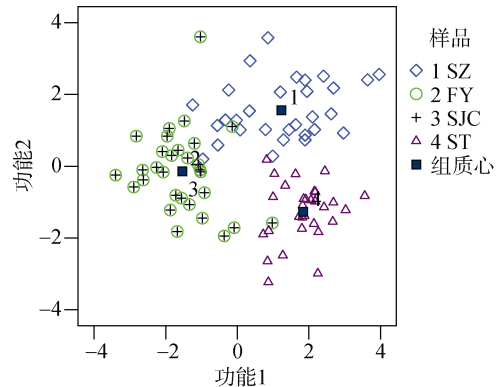


图 2 基于前两个判别函数值的散点图

Fig. 2 Scatter plot of scores based on the first two canonical discriminant functions

样品组有 9 个指标存在显著性差异($P < 0.05$);深圳苗场样品组与海捕苗种 2 个样品组有 3 个指标存在显著性差异($P < 0.05$)。

2.2 可数性状

对 4 个样品组的可数性状进行统计分析,4 个样品组背鳍鳍条数范围 10~12+11~12;胸鳍鳍条数范围 12~16;臀鳍鳍条数 1~3+8~9;腹鳍鳍条数 1+5;鳃耙数差异较大,在 12~17;椎骨数范围 23~25。单因素方差分析(表 3),结果表明 4 个样品组中背鳍鳍条数、鳃耙数、椎骨数存在显著性差异($P < 0.05$)。

3 讨论

形态度量法是鱼类分类学研究的传统方法^[18]。利用主成分分析、聚类分析、判别分析、因子分析、回归分析和方差分析等多元统计分析方法,在分析不同群体间形态差异等水生动物群体判别的研究中得到了广泛的应用^[4-5, 7-10, 15-17]。

生物形态作为物种性状的集合,受遗传因子和生存环境的共同作用,同种之间或因地理、环境、人工选育等因素存在形态差异^[16]。该研究多元统计分析结果显示,采集自珠江口两岸的海捕黑鲷苗种两组样本无显著形态差异,采集自与珠江口距离较近的深圳苗场人工育苗样品组,与汕头苗场人工育苗样品组存在一定差异。据了解,深圳苗场的亲鱼为采捕自阳江海域野生黑鲷,汕头苗场的亲鱼则来自广东饶平购买的受精卵。赵林林^[17]的研究结果亦表明,采集自广东阳江的黑鲷样品与福建厦门的样品存在较大形态差异,这与该实验研究结果相一致。赵爽^[19]从群体遗传变异的角度进行研究,结果表明中国黑鲷北方和南方群体间出现了一定的遗传分化。

表 3 黑鲷可数性状范围、平均值比较

Tab. 3 Comparison of number range and mean value of *A. schlegelii*

样品组	数值	背鳍		胸鳍鳍条	臀鳍		腹鳍		鳃耙	椎骨
		鳍棘	鳍条		鳍棘	鳍条	鳍棘	鳍条		
福永	范围	11~12	11~12	14~16	3	8	1	5	14~16	23
水域	平均值	11.06±0.23 ^a	11.94±0.23 ^a	14.97±0.29 ^a	3 ^a	8 ^a	1 ^a	5 ^a	15.00±0.34 ^a	23 ^a
十九涌	范围	10~11	11~12	12~16	1~3	8~9	1	5	14~17	24
水域	平均值	10.98±0.15 ^a	11.05±0.21 ^b	14.16±0.90 ^b	2.79±0.47 ^b	80.7±0.26 ^a	1 ^a	5 ^a	15.98±0.34 ^b	24 ^b
深圳	范围	11~12	11~12	15	3	8	1	5	12~15	23~25
苗场	平均值	11.03±0.16 ^a	11.03±0.16 ^c	15 ^a	3 ^a	8 ^a	1 ^a	5 ^a	14.25±0.87 ^c	23.40±0.74 ^c
汕头	范围	11~12	11~12	14~16	3	8~9	1	5	12~17	24~25
苗场	平均值	11.06±0.24 ^a	11.39±0.50 ^d	15.00±0.56 ^a	3 ^a	8.88±0.33 ^b	1 ^a	5 ^a	15.52±1.18 ^d	24.09±0.29 ^d

注: 平均值±标准差, $n=30$, 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

主成分分析、判别分析和聚类分析的结果能从不同角度反映形态学差异, 相互印证, 具有很强的实用性^[20-21]。主成分分析结果表明, 前两项主成分的累计贡献率达到 89.90%, 该实验观测的 4 个样品组可量性状差异主要表现在体宽、吻长、尾柄高、头长、体高、眼径、背鳍基长、胸鳍长上。可数性状的单因素方差分析结果表明 4 个样品组中背鳍鳍条数、鳃耙数、椎骨数存在显著性差异($P<0.05$)。体宽、体高等形态指标可一定程度指示摄食水平^[22], 游泳器官或因摄食能力强弱不同产生微小形态差异。聚类分析、判别分析结果均显示, 采集自珠江口两岸的海捕黑鲷苗种两组样本形态极为接近, 当归属同一野生群体。另两组人工繁育黑鲷样品组形态与野生群体较为接近的是深圳苗场样品组; 来自汕头苗场的样品组则与野生群体形态差异较为明显, 判别分析对其的判别准确率为 96.7%。这种养殖与野生群体的形态差异, 或因近交衰退、遗传因子变异、食物组成差异及环境理化因子导致的行为方式变化等导致^[23], 有关小体鲟(*Acipenser ruthenus*)^[24]、中华乌塘鳢(*Tanichtys albonube*)^[15]、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)^[25]、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)^[16]等的研究表明: 食物组成和摄食行为差异等因素会导致野生群体与养殖群体产生形态差异。野生状态下的黑鲷, 主要以小鱼小虾为食, 并能用尾部挖掘软体动物和环节动物为食^[17]; 养殖状态下的黑鲷幼苗通常基于养殖成本的考虑, 多以投喂浮性配合饲料为主。建议放流用苗应投喂沉性饵料并提前进行摄食驯化。

同种水生生物的不同群体间, 有可能存在明显的形态差异, 例如: 人工养殖褐牙鲈(*Paralichthys*

olivaceus)会在无眼侧出现皮肤黑化现象^[26], 该研究中未能在养殖与野生黑鲷群体间发现类似差异。该研究结果显示, 采集自不同繁殖场的黑鲷苗种与珠江口海域野生苗种存在一定的形态差异, 但没有证据显示这种差异已导致黑鲷野生和养殖群体间出现明显的形态分化。

渔业资源增殖放流规模稳步扩大^[27], 但增殖放流模式仍有待进一步完善提高, 放流效益也不能单纯以放流规模来衡量, 放流苗种投放到自然水域之后, 受空间、密度、饵料、敌害生物等因素制约, 同时放流苗种的来源与质量同样对放流效果和生态安全产生影响^[28-30]。该研究从放流苗种来源入手, 研究人工培育黑鲷苗种与海捕苗种的形态差异, 并参考同行遗传学有关研究报道^[17, 19], 建议放流黑鲷苗种亲本, 应尽量选择靠近实际放流海域的野生资源作为其来源首选, 同时保证充足的亲本数量, 不宜选择跨越海区的亲本来源。

参考文献:

- [1] 明俊超, 董在杰, 梁政远, 等. 6 个不同鲤群体的形态差异分析[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(6): 1-6.
Ming Junchao, Dong Zaijie, Liang Zhengyuan, et al. Analysis of morphological variation in six common carp (*Cyprinus carpio*) populations[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2009, 29(6): 1-6.
- [2] Cadrin S X. Advances in morphometric identification of fishery stocks[J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 2000, 10(1): 91-112.
- [3] Frédéric B, Liu S Y V, Dai C F. Morphological and genetic divergences in a coral reef damselfish, *Pomacentrus coelestis*[J]. Evolutionary Biology, 2012, 39(3): 359-370.
- [4] 邹琰, 李莉, 张良, 等. 山东沿海菲律宾蛤仔不同地

- 理群体遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 海洋科学, 2014, 38(2): 76-79.
- Zou Yan, Li Li, Zhang Liang, et al. Analysis of genetic diversity of different geographical populations of *Ruditapes philippinarum* along the coast of Shandong Province by AFLP markers[J]. Marine Sciences, 2014, 38(2): 76-79.
- [5] 刘建勇, 杨廷宝. 我国沿海鲻鱼(*Mugil cephalus*)不同地理群体形态差异研究[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(5): 572-576.
- Liu Jianyong, Yang Yanbao. Morphological variation of grey mullet *Mugil cephalus* in different geographical populations along China coast[J]. Oceanologia & Limnologia Sinica, 2009, 40(5): 572-576.
- [6] Cadrin S X. Advances in morphometric identification of fishery stocks[J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 2000, 10(1): 91-112.
- [7] 孙诗萌, 安百胜, 蔡明城, 等. 大泷六线鱼不同群体的形态差异分析[J]. 水产学杂志, 2015, 28(4): 6-11.
- Sun Shimeng, An Baisheng, Cai Mingcheng, et al. Analysis of morphological variation of different populations of fat greenling *Hexagrammos otakii*[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2015, 28(4): 6-11.
- [8] 邱楚雯, 王韩信, 陈迪虎. 台湾泥鳅雌雄形态差异分析[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(5): 87-91.
- Qiu Chuwen, Wang Hanxin, Chen Dihui. Morphological differentiation and sexual identification of male and female *Paramisgurnus dabryanus* ssp.[J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(5): 87-91.
- [9] 韩真, 肖永双, 高天翔. 中国近海 9 个小黄鱼群体的形态学比较研究[J]. 南方水产科学, 2012, 8(3): 25-33.
- Han Zhen, Xiao Yongshuang, Gao Tianxiang. Comparison of morphological characteristics of 9 *Larimichthys polyactis* populations in China[J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(3): 25-33.
- [10] 蔡晓鹏, 游欣欣, 曾凡荣, 等. 中国沿海日本囊对虾 5 个地理群体间形态差异比较分析[J]. 中国水产科学, 2010, 17(3): 478-486.
- Cai Xiaopeng, You Xinxin, Zeng Fanrong, et al. Analysis on morphological variations among five populations of *Marsupenaeus japonicus* from coastal areas of China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 478-486.
- [11] 刘岩, 孙典荣, 耿倩, 等. 茜素红与钙黄绿素标记不同规格黑鲷幼鱼的比较研究[J]. 南方水产科学, 2016, 12(6): 17-24.
- Liu Yan, Sun Dianrong, Geng Qian, et al. Comparative study on immersion marking with alizarin red S and calcein for black porgy *Acanthopagrus schlegelii* of different sizes[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(6): 17-24.
- [12] 陈丕茂. 广东人工鱼礁区增殖放流种类初探[J]. 南方水产, 2005, 1(1): 11-20.
- Chen Pimao. Discussion on enhancement species of artificial reefs area of Guangdong[J]. South China Fisheries Science, 2005, 1(1): 11-20.
- [13] 陈丕茂, 袁华荣, 贾晓平, 等. 大亚湾杨梅坑人工鱼礁区渔业资源变动初步研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(5): 100-108.
- Chen Pimao, Yuan Huarong, Jia Xiaoping, et al. Changes in fishery resources of Yangmeikeng artificial reef area in Daya Bay[J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(5): 100-108.
- [14] 程家骅, 姜亚洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. 中国水产科学, 2010, 17(3): 610-617.
- Cheng Jiahua, Jiang Yazhou. Marine stock enhancement: Review and prospect[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 610-617.
- [15] 刘汉生, 易祖盛, 梁健宏, 等. 唐鱼野生种群和养殖群体的形态差异分析[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2008, 29(3): 295-299.
- Liu Hansheng, Yi Zusheng, Liang Jianhong, et al. Morphological variations between the wild population and hatchery stock of *Tanichys albonubes*[J]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medicine Edition), 2008, 29(3): 295-299.
- [16] 郑宽宽, 何杰, 苏志星, 等. 野生和养殖三疣梭子蟹雌蟹形态学的比较研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2017, 36(2): 103-108.
- Zheng Kuankuan, He Jie, Su Zhixing, et al. The comparative study of morphology between wild-caught and pond-reared *Portunus trituberculatus* females[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2017, 36(2): 103-108.
- [17] 赵林林. 两种海洋鱼类的遗传多样性及基于线粒体基因组的石首鱼科系统发育研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 77-113.
- Zhao Linlin. Genetic diversity of two marine fishes and phylogeny of sciaenidae based on mitochondrial genome[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015: 77-113.
- [18] 马爱军, 王新安, 孙志宾, 等. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)三个不同群体的形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(1): 166-172.
- Ma Aijun, Wang Xinan, Sun Zhibin, et al. Morphological variations among three different populations of *Takifugu rubripes*[J]. Oceanologia & Limnologia Sinica, 2016, 47(1): 166-172.
- [19] 赵爽, 章群, 乐小亮, 等. 中国近海 5 个黑鲷地理群体的遗传变异[J]. 海洋科学, 2010, 34(2): 75-79.
- Zhao Shuang, Zhang Qun, Le Xiaoliang, et al. Genetic

- variation among 5 stocks of *Acanthopagrus schlegelii* in China's coastal waters[J]. Marine Sciences, 2010, 34(2): 75-79.
- [20] Mamuris Z, Apostolidis P, Panagiotaki P, et al. Morphological variation between red mullet populations in Greece[J]. Journal of Fish Biology, 1998, 52(1): 107-117.
- [21] Li S F, Wang C H, Cheng Q Q. Morphological variations and phylogenesis of four strains in *Cyprinus carpio*[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(5): 606-611.
- [22] 王新安, 马爱军, 陈超, 等. 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 655-660.
- Wang Xinan, Ma Aijun, Chen Chao, et al. Morphological variation in two wild populations of sevenband grouper (*Epinephelus septemfasciatus*)[J]. Oceanologia & Limnologia Sinica, 2008, 39(6): 655-660.
- [23] Arechavala-Lopez P, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere J T, et al. Morphological differences between wild and farmed Mediterranean fish[J]. Hydrobiologia, 2012, 679(1): 217-231.
- [24] Lenhardt M, Jaric'I, Cvijanovic' G, et al. Comparison of morphological characters between wild and cultured sterlet (*Acipenser ruthenus* L.)[J]. Slovenian Veterinary Research, 2012, 49(4): 177-184.
- [25] 王映, 柯巧珍, 刘家富, 等. 大黄鱼养殖群体和野生群体形态、鳞片及耳石特征比较[J]. 海洋渔业, 2016, 38(2): 149-156.
- Wang Ying, Ke Qiaozhen, Liu Jiafu, et al. Comparison on morphology, scales and otolith characteristics between cultured stock and wild stock of *Larimichthys crocea*[J]. Marine Fisheries, 2016, 38(2): 149-156.
- [26] 吕红健. 许氏平鲈和褐牙鲈标志技术与标志放流追踪评价[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013: 67-83.
- Lü Hongjian. Experimental studies of marking techniques and mark-recapture for juvenile black rockfish (*Sebastes schlegelii*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013: 67-83.
- [27] 聂永康, 陈丕茂, 周艳波, 等. 水生生物增殖放流生态风险评价研究进展[J]. 生态科学, 2017, 36(4): 236-243.
- Nie Yongkang, Chen Pimao, Zhou Yanbo, et al. Advances in ecological risk assessment of aquatic organism enhancement[J]. Ecological Science, 2017, 36(4): 236-243.
- [28] 祁剑飞, 曾志南, 宁岳, 等. 底栖动物增殖放流生态风险评价[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1099-1105.
- Qi Jianfei, Zeng Zhinan, Ning Yue, et al. Construction of ecological risk assessment system for stock enhancement in zoobenthos[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(7): 1099-1105.
- [29] 罗刚, 庄平, 赵峰, 等. 我国水生生物增殖放流物种选择发展现状、存在问题及对策[J]. 海洋渔业, 2016, 38(5): 551-560.
- Luo Gang, Zhuang Ping, Zhao Feng, et al. Development status, existing issues and countermeasure in the selection of suitable species for stock enhancement[J]. Marine Fisheries, 2016, 38(5): 551-560.
- [30] 潘勇, 殷守仁, 贾丽. 鱼类入侵的生态效应及管理策略[J]. 北京农业, 2009, 33: 30-35.
- Pan Yong, Yin Shouren, Jia Li. Ecological effects of invasive fish species and management Strategy[J]. Beijing Agriculture, 2009, 33: 30-35.

Comparison of *Acanthopagrus schlegelii* morphological differences between marine fishing population and the different breeding populations in the Pearl River Estuary

LIU Sheng-nan^{1, 2}, LIU Yan², ZHOU Wen-li¹, SUN Dian-rong², LI Teng², YANG Chang-ping², SHAN Bin-bin², LIU Man-ting²

(1. Tianjin Key Laboratory of Aqua-Ecology and Aquaculture, Collgeg of Fisheries, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China; 2. Key Lab. of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Received: Mar. 22, 2018

Key words: Enhancement; morphological difference; *Acanthopagrus schlegelii*; Pearl River Estuary

Abstract: To explore the morphological differences of *Acanthopagrus schlegelii* between the captured samples in Pearl River Estuary and aquatic seedling samples, we statistically compared morphological differences of four *A. schlegelii* juvenile fish samples between these captured in both sides of the Pearl River Estuary and two aquatic seedling fields in hierarchical cluster analysis, principal component analysis, discriminatory analysis, and one-way ANOVA analysis. Principal component analysis results showed that the cumulative contribution of the first 2 principal components was 89.90%. The hierarchical cluster analysis results showed that the most marked morphological differences displayed between group ST (Shantou seedling field) and the other 3 samples. Discriminant analysis results also showed the highest discriminant accuracy rate of group ST (Shantou seedlings field). The results of One-way ANOVA analysis with meristic characters showed that there were significant differences between four groups on dorsal fin spine, gill raker, vertebrate ($P < 0.05$). All results of these statistical analyses reveal the morphological differences between the four samples from different aspects, which are similar and corroborated each other. These findings show that there are some morphological variation of *A. schlegelii* juvenile fish captured from different aquatic seedling field and the uncultivated group. However, no evidence suggests that these difference has led to significant morphological differentiation between the wild and cultured *A. schlegelii* populations.

(本文编辑: 谭雪静)