

文章编号: 1674-5566(2021)01-0021-08

DOI:10.12024/jsou.20191102859

## 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其养殖子一代形态特征比较

姜晓东<sup>1,2,3</sup>, 成永旭<sup>1,2,3</sup>, 吴旭干<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 水产动物遗传育种中心 上海市协同创新中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

**摘要:** 为鉴别长江与闽江野生水系中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)及其养殖子一代, 运用基于地标点法的几何形态测量学方法研究两群体野生个体及其养殖子一代头胸甲的形态特征差异。先通过地标点法提取头胸甲上特征点的坐标值, 然后进行相对扭曲主成分分析和判别分析来区分 4 群体头胸甲, 最后利用薄板样条分析和网格变形将头胸甲形态变异矢量可视化。结果表明: 长江和闽江水系野生个体被完全分为两块较集中的区域, 而两野生群体养殖子一代频繁交叉出现, 各组不能形成较集中区域; 网格变形图显示各群体头胸甲的形态差异主要为额刺和侧刺长度; 逐步判别分析中两野生群体的判别准确率均为 100%, 而两野生群体养殖子一代判别准确率为 40%~60%, 存在明显的错判风险; 聚类分析先将两野生群体养殖子代聚为一类, 然后与长江野生个体聚为独立的一支, 最终与闽江野生个体相聚。综上, 长江与闽江野生中华绒螯蟹形态特征差异较大, 但这些形态特征差异在人工养殖一代后基本消失, 因此形态学特征不能区分长江与闽江野生中华绒螯蟹养殖子一代。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 地理种群; 地标点法; 几何形态学; 群体识别

**中图分类号:** S 966.16      **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards)俗称河蟹, 属甲壳纲(Crustacea)十足目(Decapoda)方蟹科(Grapsidae)绒螯蟹属(*Eriocheir*), 是我国重要的经济蟹类, 具有重要的养殖价值和食用价值。河蟹在我国的分布范围较广, 于福建闽江及其以北的自然流域中均有分布。由于不同流域的地理环境和气候特征各有不同, 长期的地理隔离和自然选择导致不同流域河蟹在生长、发育和繁殖等方面均存在一定差异<sup>[1]</sup>。长江流域拥有优良的水域环境和适宜的气候条件, 最适宜于河蟹养殖, 因此长江水系河蟹具有生长快、成蟹规格大和品质高等优点<sup>[2]</sup>。福建闽江流域气温较高, 往往导致该地区河蟹生长周期短、成熟速度快且最终规格小。此外, 闽江两岸多山, 缺少有利于河蟹生长育肥的附属湖泊, 并且野生环境中缺乏满足河蟹摄食所需要的

生物饵料, 水体环境条件均不如长江优越, 因此闽江水系河蟹天然资源较为贫乏<sup>[3-5]</sup>。

为解决闽江流域河蟹天然资源匮乏的问题, 当地国家机关将闽江野生亲本运输至适合河蟹生长的长江流域进行交配繁殖, 所产后代返还闽江用于增殖放流, 已取得较好的效果<sup>[6]</sup>。但伴随着的潜在危险不容忽视, WANG 等<sup>[7]</sup>通过对长江、瓯江、闽江和南流江绒螯蟹遗传多样性和种群结构的研究推断出闽江为中华绒螯蟹与合浦绒螯蟹的混杂区域, 如果在交配及养殖过程中闽江亲本所产子代逃逸至长江流域, 这无疑会导致长江水系河蟹的种质混杂, 从而导致一龄早熟率升高、商品蟹规格较小和抗病力下降等现象<sup>[8]</sup>。因此, 如何通过简便有效的方法鉴别长江及闽江水系河蟹显得尤为重要。

头胸甲和附肢作为河蟹直接接触自然环境

收稿日期: 2019-11-19      修回日期: 2020-02-04

基金项目: 科技部蓝色粮仓项目(2018YFD0900103, 2018YFD0900603); 农业农村部现代农业产业技术体系专项资金项目(CARS-48); 上海市高水平地方高校建设科研项目(A1-2801-18-1003)

作者简介: 姜晓东(1991—), 男, 博士研究生, 研究方向为河蟹养殖技术和良种培育。E-mail: 310410555@qq.com

通信作者: 吴旭干, E-mail: xgwu@shou.edu.cn

的部位,可以充分反映环境差异及长期地理隔离所致的形态特征差异<sup>[9]</sup>。不同地理条件下河蟹的形态特征与其栖息环境相适应,底质、水流、温度和食物等环境因素均能导致一定的形态特征差异,因此形态特征常用于鉴别不同水系河蟹<sup>[10]</sup>。地标点几何形态测量法是指先选取具有明显特征且容易辨识的点并采集信息,然后使用软件分析组间差异,具有同源性、易于采集数据和易于分析等优点<sup>[11]</sup>。近些年来,地标点法在水生动物形态的研究中得到应用,其中以甲壳类和软体动物为代表的无脊椎动物和以鱼类为代表的脊椎动物的研究最为广泛<sup>[12]</sup>。已有研究<sup>[13]</sup>表明,长江和闽江水系野生河蟹形态特征差异明显且可以通过地标点法有效区分,但其人工养殖子一代是否仍存在形态特征差异尚不得知。鉴于此,本研究以河蟹头胸甲作为研究对象,以地标点法作为形态特征分析方法,探讨长江和闽江野生河蟹人工养殖一代后的形态特征差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

实验用蟹包括野生原代(G0)及人工繁育一代(G1)后的长江(YZ)和闽江(MJ)水系河蟹,分别标记为YZ-0、YZ-1、MJ-0和MJ-1。其中长江野生个体(YZ-0)河蟹于2017年11月捕自江苏镇江江段,闽江野生个体(MJ-0)河蟹于2017年10月捕自福建省福州市,均由渔民通过小型拖网捕捞而得,两水系野生河蟹的采集时间、采集地点以及平均体质量等信息见表1。从捕获的野生河蟹中挑选活力好、残肢少且规格大的个体作为亲本,活体运输至上海海洋大学如东河蟹遗传育种中心后对其进行育肥及配对,并于2018年4月初进行幼体土池培育。2018年5月,将淡化之后的大眼幼体运输至上海海洋大学崇明基地,用于扣蟹及成蟹阶段的养殖,于2019年11月采集两水系G1个体。

表1 长江和闽江水系野生亲本信息

Tab. 1 Sampling information of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River

水系 Population	采样时间 Sampling date	采样地点 Sampling area	平均体质量 Average mass/g	
			雄体 Male	雌体 Female
长江 YZ	2017-11	江苏镇江(119.27°E, 32.11°N)	153.11 ± 13.09	112.35 ± 9.03
闽江 MJ	2017-10	福建福州(119.08°E, 26.08°N)	125.32 ± 21.35	87.03 ± 15.20

### 1.2 几何形态测量分析

#### 1.2.1 地标点的建立与提取

以河蟹头胸甲作为数据采集对象,实验样本共120个,包括两群体G0和G1河蟹雌雄各15个。为避免测量时间不同对形态数据的影响,所有蟹种采集后均需保存于-40℃冰箱,待所有样本采集齐全后再统一测量。采用单反相机(Nikon D300)在相同目镜物镜倍数下拍摄取得河蟹头胸甲形态的二维影像。相机固定于翻拍架防止抖动,并在相机和翻拍架上放置水平仪,以保证镜头和拍摄面完全垂直。拍摄时镜头与样品间的距离保持在30cm左右,头胸甲放置于成像区域的正中位置,使得镜头同样与头胸甲垂直。利用tpsDig2软件在拍摄好的头胸甲图片上建立地标点(图1),获取相应地标点的x、y坐标值并建立数据文件。由于河蟹形态特征表现为一定的雌雄二态性,本研究中雌雄个体分开采点分析<sup>[14]</sup>。

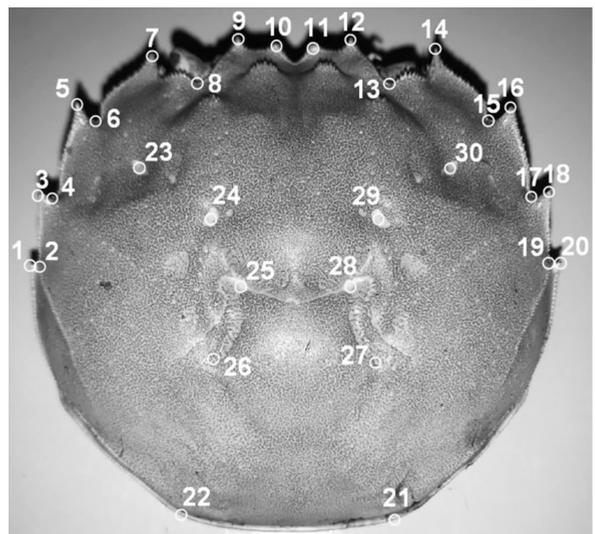


图1 中华绒螯蟹头胸甲的地标点位置图  
Fig. 1 Landmark locations on the carapace of Chinese mitten crab

1.2.2 平均形与薄板样条分析

用 tpsRelw 软件经普氏叠加得出地标点的分布情况,对每个样本的地标点进行平移置中、旋转和缩放等处理去除非形状差异并得到标准化数据,据此进行局部扭曲和相对扭曲 (relative warp, RW) 主成分分析,并保存软件生成的相对扭曲得分矩阵和分析报告用于后续分析。利用 tpsRegr 软件进行薄板样条分析,绘出各水系河蟹的网格变形图,比较形态差异。

1.2.3 判别分析与聚类分析

利用各样本的相对扭曲得分,采用欧氏距离的未加权组内平均法进行系统聚类分析,采用 Bayes 方法进行逐步判别分析,分析软件为 SPSS 24.0。

2 结果

2.1 主成分分析

相对扭曲主成分分析提取了 10 个主成分,其中雌雄个体第一主成分和第二主成分的累积贡献率均超过 50.00% (表 2),说明第一和第二主成分可以概括两水系之间主要的形态特征差异。由图 2 可知,无论雌体还是雄体,长江和闽江 G0 个体被完全分为两块较集中的区域,说明两群体 G0 个体形态特征差异较大。而两野生群体养殖一代后个体频繁交叉出现,各组不能形成较集中区域,由此可见两野生群体人工繁育后代形态特征趋同。

表 2 相对扭曲得分主成分的特征值与贡献率

Tab.2 Eigenvalues and contributions of the first five principal components of relative warps scores

主成分 Principal component	雄体 Male			雌体 Female		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Variance/%	累计贡献率 Cumulative variance/%	特征值 Eigenvalue	贡献率 Variance/%	累计贡献率 Cumulative variance/%
1	9.511	43.231	43.231	7.807	35.485	35.485
2	3.332	15.146	58.377	3.997	18.168	53.652
3	2.278	10.356	68.732	2.737	12.442	66.095
4	1.324	6.019	74.751	1.767	8.030	74.125
5	1.216	5.527	80.278	1.587	7.214	81.339

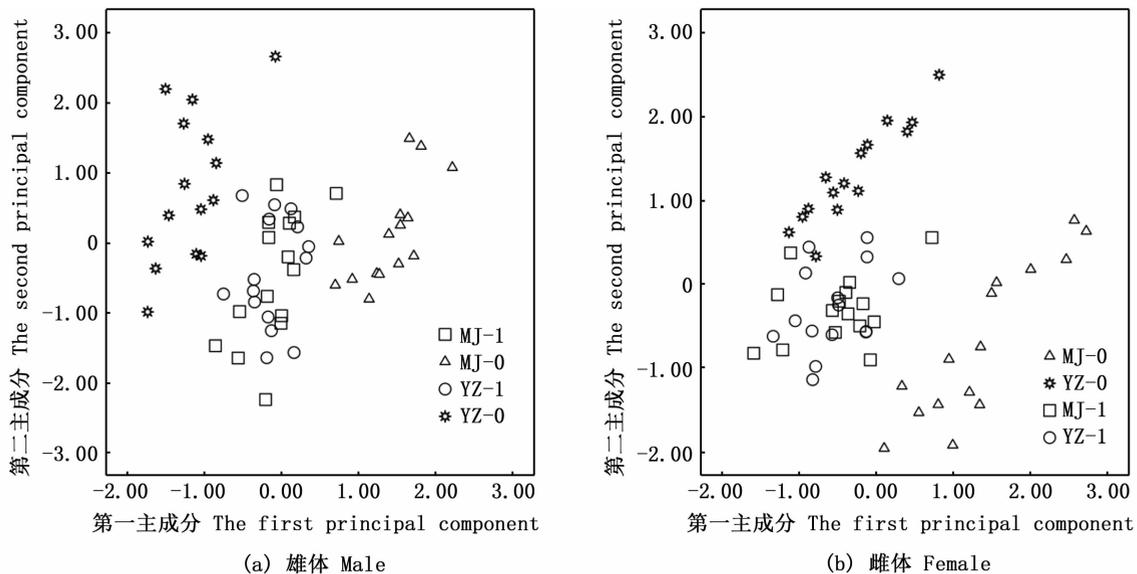


图 2 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代形态特征的第一和第二主成分散点图

Fig.2 Scatter plots of PC1 and PC2 of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring

2.2 差异可视化分析

利用 tpsRelw 软件根据地标点数据文件计算

的平均形和重叠后的效果见图 3,通过 tpsRegr 软件进行扭曲、回归分析和置换检验后的网格图见

图4。通过比较平均形与各群体网格图可以发现,各群体头胸甲的形态特征差异主要为额刺和

侧刺的长度。

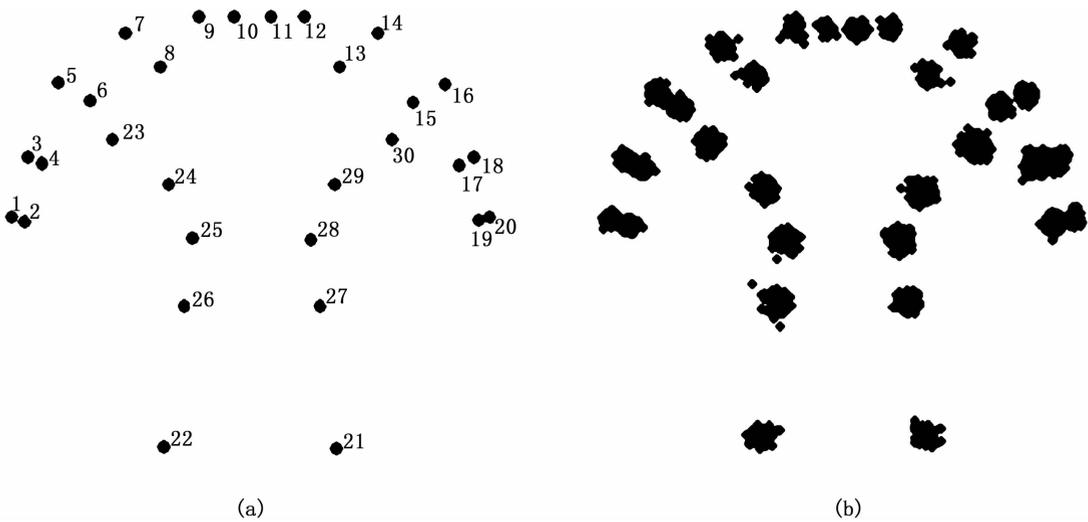
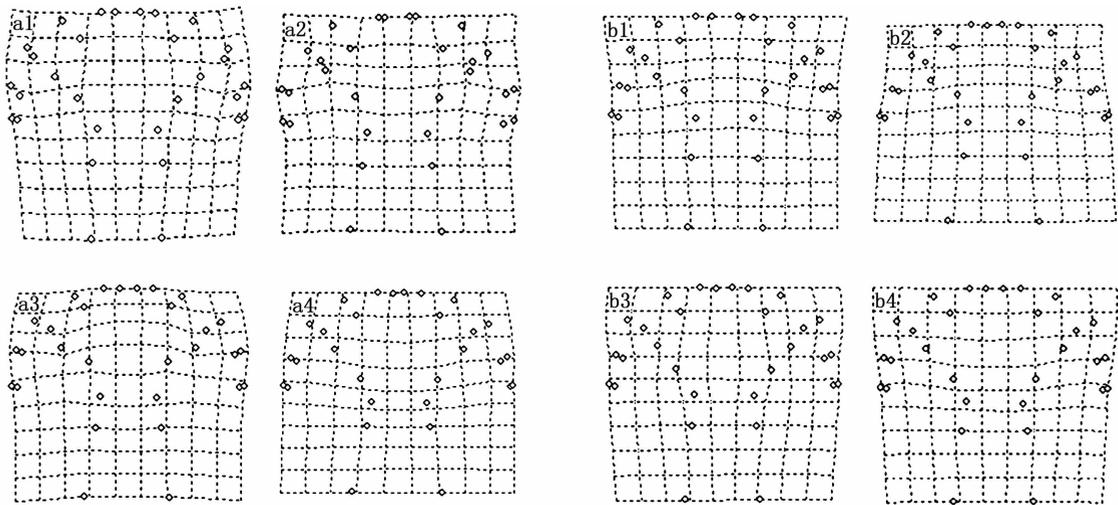


图3 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代头胸甲的平均形(a)和叠加图(b)

Fig.3 Mean shape (a) and superposition (b) of landmarks on carapace of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring



a. 雄性; b. 雌性; 1. 长江原代; 2. 闽江原代; 3. 长江子代; 4. 闽江子代。  
a. male; b. female; 1. YZ-0; 2. MJ-0; 3. YZ-1; 4. MJ-1.

图4 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代头胸甲的网格变形图与变异可视化(变异扩大10倍)

Fig.4 Grid deformation and variation visualization of carapace of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring (Variation enlarged 10 times)

### 2.3 判别分析

利用 SPSS 进行逐步判别分析时,分别从雌雄个体的相对扭曲得分中筛选出对判别贡献率较大的4~5个变量建立判别方程,用于各群体河蟹的初步判别,判别方程系数见表3。逐步判别分析的结果如表4所示,长江G0、闽江G0、长

江G1和闽江G1的各15只河蟹样本中,雌蟹的判别准确率分别为100%、100%、46.7%和40.0%,雄体的判别准确率分别为100%、100%、60.0%和53.3%。因此,利用基于地标点法的几何形态学测量可以有效判别两水系野生绒螯蟹,但对两水系野生群体养殖子代的判别效果较差。

表 3 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代头胸甲的判别方程系数  
**Tab.3 Discriminant function coefficients of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring**

群体 Population	YZ-0	MJ-0	YZ-1	MJ-1
雄体 Male				
RW1	3 096.148	2 886.216	3 120.143	3 110.492
RW2	2 175.064	3 438.982	2 877.063	2 851.567
RW3	8 868.883	7 650.712	8 418.079	8 439.265
RW4	-1 720.825	611.268	-1 411.699	-1 362.360
常数 Constant	-165.380	-170.620	-168.250	-174.000
雌体 Female				
RW1	6 524.725	5 634.738	6 432.131	6 455.903
RW2	-2 734.382	-1 903.947	-2 743.750	-2 729.823
RW3	16 957.003	15 426.509	17 053.469	17 037.038
RW4	7 939.231	6 399.014	7 699.064	7 646.297
RW5	16 742.502	15 421.731	16 461.095	16 451.891
常数 Constant	-10 196.038	-9 176.994	-10 031.242	-10 028.718

表 4 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代的判别分析结果  
**Tab.4 Classification results of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring**

群体 Population	YZ-0	MJ-0	YZ-1	MJ-1
雄体 Male				
YZ-0	15 (100%)	0	0	0
MJ-0	0	15 (100%)	0	0
YZ-1	0	0	7 (46.7%)	8 (53.3%)
MJ-1	0	0	9 (60.0%)	6 (40.0%)
雌体 Female				
YZ-0	15 (100%)	0	0	0
MJ-0	0	15 (100%)	0	0
YZ-1	0	0	9 (60.0%)	6 (40.0%)
MJ-1	0	0	7 (46.7%)	8 (53.3%)

2.4 聚类分析

由图 5 可知,无论雌体还是雄体,该聚类分

析先将两水系子代聚为一类,然后与长江野生个体聚为独立的一支,最终与闽江野生个体相聚。

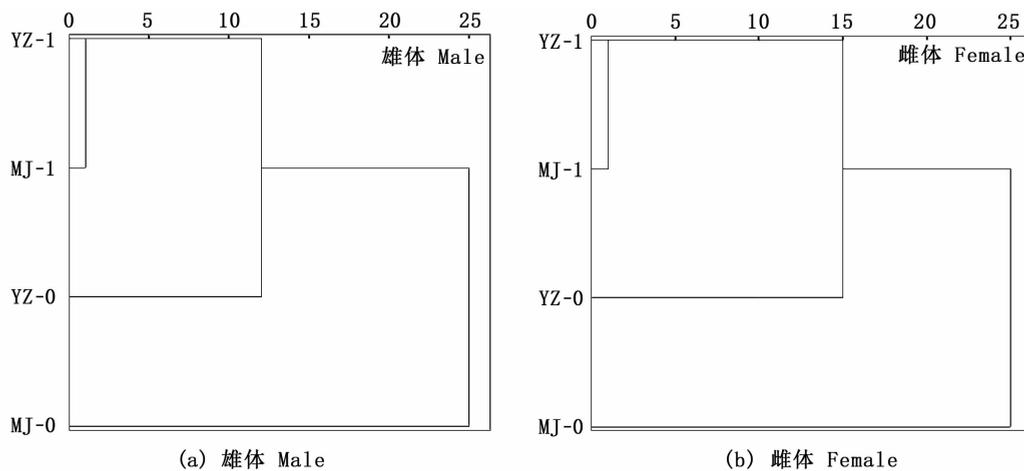


图 5 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹及其子代聚类分析树状图  
**Fig.5 Dendrogram of cluster analysis among wild Chinese mitten crab from the Yangtze River and Minjiang River as well as their pond-reared offspring**

### 3 讨论

利用基于地标点的几何形态测量法量化形态特征差异并用于不同物种或不同地理种群之间的鉴别正受到越来越多的关注。由于河蟹具有坚硬的头胸甲,它们可以为形态特征分析提供丰富而准确的数据。例如,郑朝臣等<sup>[15]</sup>通过地标点法区分长江水系不同产地的池塘养殖河蟹,姜晓东等<sup>[13]</sup>利用地标点法考察几大水系野生中华绒螯蟹的形态特征差异。本实验主成分分析中两野生群体被完全分为两块集中的区域,判别分析中两野生群体判别准确率均为100%,这些结果均为长江和闽江水系野生河蟹的形态特征差异提供了清晰证据。长江和闽江流域环境特征(如水温、水流、盐度、食物、生物群落等)各异,为适应各自的栖息环境野生河蟹形态特征相应调整,这些形态特征差异随着长期的地理隔离而越发明显,因此环境差异可能是两水域野生河蟹形态特征差异较大的主要原因之一<sup>[16]</sup>。但表型特征的地理差异也可能是遗传物质长期进化的结果,因此很难判断我们所观察到的这些形态差异哪些直接受到环境的诱导,哪些由基因控制<sup>[17]</sup>。

虽然两水系野生河蟹形态特征差异明显,但两群体河蟹人工繁育一代后形态特征均发生显著变化,且两水系之间形态特征差异基本消失。这说明野生和养殖环境的巨大差异导致了两群体河蟹形态特征的显著变化,并且在相同的人工池塘养殖条件下,两群体河蟹形态特征趋于一致。在自然环境中,野生河蟹需要不停爬行来抵御急流及敌害生物,因此较长的额刺和侧刺等独特的形态特征有利于其在野外环境中生存<sup>[18]</sup>。此外,天然环境中底栖生物资源有限,这意味着野生河蟹需要积极主动地寻觅饵料<sup>[19]</sup>。相比之下,野生亲本人工繁殖后代在池塘养殖条件下主要以配合饲料为食,且不存在敌害生物或急流,这些摄食及环境上的差异可能促使了人工繁殖后代形态特征的变化<sup>[20]</sup>。先前研究表明河蟹形态特征是环境因素和遗传因素共同作用的结果<sup>[21-22]</sup>,本研究中两水域河蟹在自然环境中特有的形态特征在人工繁殖一代后完全消失,这说明环境因素对形态特征的贡献远大于遗传因素。

综上,虽然两水系野生河蟹形态特征差异明显,但两群体人工繁育一代后形态特征差异基本

消失,以至于很难通过地标点法将两野生群体的养殖后代有效区分,基于遗传分化的进一步研究可能有助于两野生群体后代的识别。

### 参考文献:

- [1] WU X G, ZHAO H L, JIANG X D, et al. Comparison of culture performance and gonadal development of wild-caught Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* juveniles from three major river populations [J]. *Fisheries Science*, 2018, 84(6): 929-937.
- [2] 姜晓东, 吴旭干, 刘青, 等. 长江野生和池塘养殖河蟹 (*Eriocheir sinensis*) 蟹种早期养殖性能、抗病力和非特异性免疫性能的比较 [J]. *渔业科学进展*, 2016, 37(6): 131-137.  
JIANG X D, WU X G, LIU Q, et al. Comparison of the early culture performance, the disease resistance, and the non-specific immunity between wild-caught and pond-reared juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(6): 131-137.
- [3] 李晨虹, 李思发. 中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹)群体亲缘关系: 形态判别分析 [J]. *水产学报*, 1999, 23(4): 337-342.  
LI C H, LI S F. Phylogenesis of populations of mitten crabs (*Eriocheir sinensis*, *Eriocheir japonicus*) in six river systems of mainland China: morphology discriminant analysis [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1999, 23(4): 337-342.
- [4] 黄良敏, 李军, 张雅芝, 等. 闽江口及附近海域渔业资源现存量评析 [J]. *热带海洋学报*, 2010, 29(5): 142-148.  
HUANG L M, LI J, ZHANG Y Z, et al. Current fishery resource assessment in the Minjiang River Estuary and its neighboring waters [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2010, 29(5): 142-148.
- [5] 孙秋凤, 姜晓东, 徐建峰, 等. 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹生殖性能及其胚胎生化组成的比较 [J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(2): 226-233.  
SUN Q F, JIANG X D, XU J F, et al. Comparison of the reproductive performance and their biochemical composition of the wild female *E. sinensis* broodstock between Yangtze and Minjiang populations [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(2): 226-233.
- [6] 周永昌, 姜晓东, 王海宁, 等. 长江水系和闽江水系野生中华绒螯蟹子一代在扣蟹阶段养殖性能的比较研究 [J]. *水产科技情报*, 2019, 46(5): 272-276.  
ZHOU Y C, JIANG X D, WANG H N, et al. Comparison on juvenile culture performance of pond-reared offspring of wild Chinese mitten crabs from the Yangtze River and Minjiang River [J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2019, 46(5): 272-276.
- [7] WANG S H, ZHANG C, SHANG M, et al. Genetic diversity and population structure of native mitten crab (*Eriocheir sensu stricto*) by microsatellite markers and mitochondrial

- COI gene sequence[J]. *Gene*, 2019, 693: 101-113.
- [8] HE J, WU X G, LI J Y, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds; implications for seed selection and genetic selection programs[J]. *Aquaculture*, 2014, 434: 48-56.
- [9] 何杰, 徐跑, 朱健. 南北水系中华绒螯蟹形态差异分析[J]. *海洋湖沼通报*, 2009(3): 79-86.
- HE J, XU P, ZHU J. Morphological variations and species validity of *Eriocheir sinensis* in the north and south drainage systems of China [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2009(3): 79-86.
- [10] GIBSON A R, BAKER A J, MOEED A. Morphometric variation in introduced populations of the common myna (*Acridotheres tristis*): an application of the jackknife to principal component analysis[J]. *Systematic Biology*, 1984, 33(4): 408-421.
- [11] 闫宝荣, 花保祯. 几何形态测量学及其在昆虫分类学和系统发育中的应用[J]. *昆虫分类学报*, 2010, 32(4): 313-320.
- YAN B R, HUA B Z. Geometric morphometrics and its application in the systematics and phylogenetics of insects [J]. *Entomotaxonomia*, 2010, 32(4): 313-320.
- [12] 姜涛, 杨健, 刘洪波, 等. 刀鲚、凤鲚和湖鲚矢耳石的形态学比较研究[J]. *海洋科学*, 2011, 35(3): 23-31.
- JIANG T, YANG J, LIU H B, et al. A comparative study of the morphology of sagittal otolith in *Coilia nasus*, *Coilia mystus* and *Coilia nasus taihuensis* [J]. *Marine Sciences*, 2011, 35(3): 23-31.
- [13] 姜晓东, 成永旭, 潘建林, 等. 基于地标点几何形态测量法区分不同水系野生中华绒螯蟹[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(6): 1116-1125.
- JIANG X D, CHENG Y X, PAN J L, et al. Landmark-based morphometric identification of wild *Eriocheir sinensis* with geographically different origins [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(6): 1116-1125.
- [14] 卢义, 吴旭干, 何杰, 等. 长江、黄河、辽河水系中华绒螯蟹野生扣蟹的形态学及生化组成[J]. *中国水产科学*, 2016, 23(2): 382-395.
- LU Y, WU X G, HE J, et al. Comparative studies of the morphology and biochemical composition of wild juvenile Chinese mitten crabs from the Yangtze River, Yellow River and Liaohe River systems [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(2): 382-395.
- [15] 郑朝臣, 姜涛, 骆仁军, 等. 不同产地中华绒螯蟹形态差异的地标点法分析[J]. *水产学报*, 2017, 41(12): 83-94.
- ZHEN C C, JIANG T, LUO R J, et al. Landmark-based morphometric identification of different geographical origins for the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(12): 83-94.
- [16] ADITE A, WINEMILLER K O. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, West Africa [J]. *Ecoscience*, 1997, 4(1): 6-23.
- [17] OVERTON J L, MACINTOSH D J, THORPE R S. Multivariate analysis of the mud crab *Scylla serrata* (Brachyura: Portunidae) from four locations in Southeast Asia [J]. *Marine Biology*, 1997, 128(1): 55-62.
- [18] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 池塘养殖和野生长江水系中华绒螯蟹扣蟹形态学及生化组成的比较研究[J]. *水产学报*, 2015, 39(11): 1665-1678.
- HE J, WU X G, LONG X W, et al. Comparative studies of morphology and biochemical composition between wild-caught and pond-reared juvenile Chinese mitten crab for Yangtze population [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(11): 1665-1678.
- [19] IMRE I, GRANT J W A, CUNJAK R A. Density-dependent growth of young-of-the-year Atlantic salmon *Salmo salar* in Catamaran Brook, New Brunswick [J]. *Journal of Animal Ecology*, 2005, 74(3): 508-516.
- [20] BEHRINGER D C. Diseases of wild and cultured juvenile crustaceans; insights from below the minimum landing size [J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2012, 110(2): 225-233.
- [21] LINDENFELSER M E. Morphometric and allozymic congruence: evolution in the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae) [J]. *Systematic Zoology*, 1984, 33(2): 195-204.
- [22] STONER A W, DAVIS M. Experimental outplanting of juvenile queen conch, *Strombus gigas*: comparison of wild and hatchery-reared stocks [J]. *Fishery Bulletin*, 1994, 92(2): 390-411.

## Landmark-based morphometric identification of wild Chinese mitten crab and their pond-reared offspring originated from the Yangtze River and Minjiang River

JIANG Xiaodong<sup>1,2,3</sup>, CHENG Yongxu<sup>1,2,3</sup>, WU Xugan<sup>1,2,3</sup>

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Collaborative Innovation for Aquatic Animal Genetics and Breeding, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Although morphology has been successfully used to distinguish wild Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) from the Yangtze River and the Minjiang River, whether morphology could be used to identify the pond-reared offspring of these two wild *E. sinensis* populations still remains unclear. This study was undertaken to examine the morphological difference of wild *E. sinensis* (G0) from the Yangtze River (YZ) and Minjiang River (MJ) as well as their pond-reared offspring (G1). The results showed that: G0 populations were clearly divided into two independent groups by the first two principal components in the principal component analysis, but the plots were completely overlapped between two G1 populations; the grid distortion map showed that morphological differences of various populations are mainly manifested in the frontal and lateral spines of carapace; the discriminative accuracies of two G0 populations in the stepwise discriminant analysis both are 100%, but the discriminative accuracies of two G1 populations were 40% – 60% with obvious misjudgment risk; cluster analysis showed that two G1 populations were clustered firstly and then were clustered with G0 of YZ population, while G0 of MJ population was formed into another distinct cluster. In summary, morphological differences between two wild *E. sinensis* populations disappeared after one generation of artificial culture, and morphology thus probably cannot be used to distinguish the pond-reared offspring of wild *E. sinensis* populations originated from the Yangtze River and Minjiang River.

**Key words:** Chinese mitten crab; geographical population; landmark-based analysis; geometric morphometrics; population identification