

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*) 4个地理群体体色差异分析*

高保全 刘萍^① 李健 刘磊

(农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 对鸭绿江口、莱州湾、海州湾、舟山4个野生群体的三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)头胸甲颜色进行观察及大螯斑点、头胸甲斑点、游泳足斑点数量统计,采用单因子方差分析和判别分析法对其进行比较。结果显示,4个地理群体头胸甲颜色存在显著差异,斑点数量存在显著或极显著差异;对样本所属群体进行判别分析,4个群体雌蟹的综合判别率为53.3%,其中海州湾最高,为83.3%;莱州湾最低,为30.0%;说明根据斑点数量不能精确完成个体群体归属判定。建立4个群体各自的判别函数公式,通过对同样环境下养殖的4个群体子代进行单因素方差分析,发现子代间差异减少;而家系结果显示,子代头胸甲颜色和亲本差异较大,斑点为中间型。综合以上数据初步判定,三疣梭子蟹体色受环境和遗传共同作用,且环境因素为主导因素。

关键词 三疣梭子蟹;野生群体;体色差异;单因子方差分析;判别分析法

中图分类号 S917 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)03-0079-06

体色对海洋蟹类具有重要作用,它可以作为一种保护色,与周围环境融为一体,避免被天敌发现,还可以作为一种交流信号,与其特定的生活生理特征相联系。研究发现,体色的改变可能与其生活环境的变化有关。同一物种具有不同体色个体或群体的现象十分普遍,譬如鱼类中的瓯江彩鲤(*Cyprinus carpio* var. Color)(王成辉等,2004)、豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)(陈超等,2014)、贝类中的海湾扇贝(*Argopectens irradians*)(郑怀平等,2003)、蟹类中的拟穴青蟹(*Scylla paramamosain* Estampador)(蔡小辉等,2011)。动物体色不仅是一个重要的经济性状,而且是品系选育中良好的表型标记,为遗传、发育和进化研究提供了良好的素材。体色形成的主导因子是环境还是遗传物质,众多研究者展开了研究。Goncalves等(2005)研究发现,石鳖(*Ischnochiton striolatus*)的壳色随着生存岩石背景的不同产生不同壳色变异;Brake等(2004)发现,太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)壳的色素沉积与其外套膜缘

的色素沉淀有一定的遗传相关性;Newkirk等(1980)研究发现,贻贝壳色的变异主要是由一个简单的遗传机制控制,壳色遗传符合孟德尔遗传定律;Strelkov等(2001)发现蛤类(*Macoma balthica* L.)壳色素合成由一特殊基因座位控制,该基因座位由一个或几个基因位点控制,同时壳色还与所处环境的盐度和深度有关。

关于三疣梭子蟹体色的研究与报道主要集中在以下几方面。戴爱云(1977)在河北北戴河及南排河口对三疣梭子蟹的渔业生物学进行了初步调查了解,发现该群体体色为茶绿色;苏秀榕等(1996)发现三疣梭子蟹雄性呈蓝绿色、雌性为深紫色;高保全等(2007)对我国沿海三疣梭子蟹4个地理群体调查后,发现三疣梭子蟹不同地理群体,头胸甲颜色及斑点存在较大差异;而迟大利等(2010)通过比较不同体色COI和16S rRNA基因片段发现茶绿色和紫色三疣梭子蟹属于同一物种;高焕等(2009)对海州湾、莱州湾、舟山地区野生三疣梭子蟹资源进行调查,发现3个群体均

* 国家863计划项目(2012AA10A409)、科技部农业科技成果转化资金项目(2013GB232660589)、山东省自主创新专项(2013CX80202)和山东省自然科学基金(ZR2013CQ046)共同资助。高保全, E-mail: gaobq@ysfri.ac.cn

^① 通讯作者:刘萍,研究员, E-mail: liuping@ysfri.ac.cn

收稿日期:2014-05-02, 收修改稿日期:2014-09-10

有紫色个体、茶绿色个体,推测体色差异虽受环境等因素影响,但是明显是由一定的内在遗传机制决定的;迟大利等(2010)推测三疣梭子蟹体色是数量性状,由多个微效基因控制。目前尚未发现三疣梭子蟹体色遗传机制研究的报道。

本研究比较了三疣梭子蟹4个野生地理群体头胸甲颜色差异,分析了不同部位斑点数量,通过对不同地理群体及家系子代同样环境下养殖,探讨了头胸甲颜色及斑点遗传规律,以期为种质资源的保护及利用提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 群体材料 2007年3月上旬,采集3海区4个野生地理群体(舟山、鸭绿江口、海州湾、莱州湾)亲蟹各50只,体重为(184±24.8)g。舟山种群来源于浙江舟山群岛近海,鸭绿江口种群来源于鸭绿江入海口近海,莱州湾种群来源于山东省昌邑市下营港近海,海州湾种群来源于江苏连云港市海州湾近海。观察个体头胸甲颜色,统计每个个体3个部位的斑点:头胸甲、大鳌、游泳足。4月上旬,每个地理群体随机选取30个个体,群体间单独排幼,苗种培育采用常规方法,以褶皱臂尾轮虫(*Brachinonous plicatilis*)、卤虫(*Brine shrimp*)为主要饵料,每天均换水10%,连续充气培养。幼体发育至Ⅱ期幼蟹,转移到室外,采用围格进行养殖,使每个围格的水环境尽量保持一致,每个围格面积为200 m²,放养Ⅱ期幼蟹1500只,每个群体放养6个围格。

1.1.2 家系材料 选取具有海州湾群体典型特征的紫红色雄性个体(图1-A)和具有鸭绿江口群体典型特征的浅绿色雌性个体(图1-B),采用人工控制室内定向交尾技术完成交配,经过越冬、排幼,建立3个F₁家系(图2-A),家系的培育及养殖同群体方法,每个家系放养两个围格。F₁家系性成熟后,采用自交的方式,建立3个F₂家系(图2-B),家系培育及养殖同上。

1.2 实验方法

1.2.1 斑点统计 120日龄时,每个群体随机选取120个个体:每个围格20个个体,每个个体统计头胸甲、大鳌、游泳足3个部位的斑点;每个家系随机选取60个个体:每个围格30个个体,观察头胸甲颜色,斑点统计方法同上。

1.2.2 统计分析 采用SPSS软件,对各群体斑点进行单因素方差分析,采用逐步判别法进行判别分析,建立判别公式。

判别准确率 $P_1 = (\text{判别正确的个体} / \text{实际判别的个体}) \times 100\%$

$$\text{综合判别率 } P_2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^K A_i}{\sum_{i=1}^K B_i} \right) \times 100\%$$

式中, A_i 为群体判别正确的个体数, B_i 为实测的群体个体数, K 为群体数。

2 结果与分析

2.1 4个地理群体头胸甲颜色及斑点数量

4个地理群体的头胸甲颜色及头胸甲、大鳌、游泳足斑点数量结果见表1。由表1可知,4个地理群



图1-A 雄性亲本
Fig.1-A Male parent

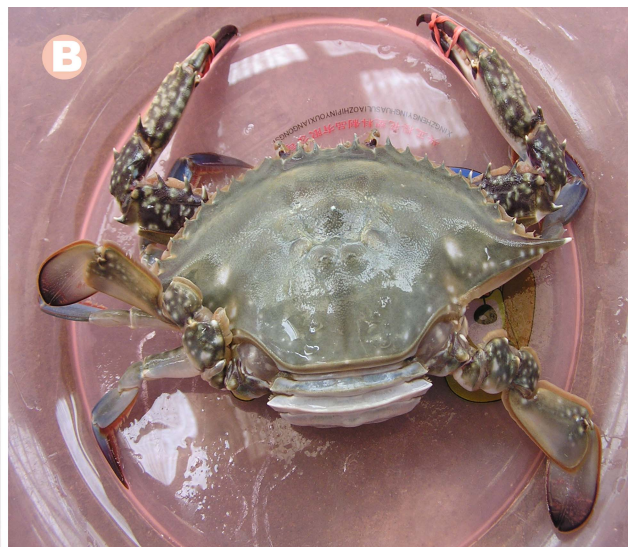


图1-B 雌性亲本
Fig.1-B Female parent



图 2-A F₁ 代

Fig.2-A First filial generation



图 2-B F₂ 代

Fig.2-B Second filial generation

表 1 4 个地理群体头胸甲颜色、斑点数量

Tab.1 The carapace color and the quantity of spots of four populations

群体 Populations	个体数 Samples	头胸甲斑点数 Carapace spots	大螯斑点数 Claw spots	游泳足斑点数 Pleopod spots	头胸甲颜色 Carapace color
鸭绿江口 Yalujiang Estuary	30	38.23±6.31	83.80±8.07	28.6±6.35	浅绿色 Aqua
莱州湾 Laizhou Gulf	30	21.50±5.21	73.27±9.68	47.3±6.27	浅黄褐色 Fawn
海州湾 Haizhou Gulf	30	4.27±2.81	38.00±5.32	28.6±3.76	紫红色 Amaranth
舟山 Zhoushan	30	22.93±7.24	71.07±8.20	38.93±3.40	深黄褐色 Dark brown

体间头胸甲颜色差别较大, 斑点数量也差别较大。

2.2 4 个地理群体斑点数量单因子方差分析

在 P 为 0.05 水平, 莱州湾群体和鸭绿江口群体之间有 3 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 鸭绿江口群体和海州湾群体之间有 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 鸭绿江口群体和舟山群体之间有 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 莱州湾群体和海州湾群体之间 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 莱州湾群体和舟山群体之间 1 个参数存在差异: 游泳足斑点数; 舟山群体和海州湾群体之间有 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑点数、斑点总数。

在 P 为 0.01 水平, 莱州湾群体和鸭绿江口群体之间有 3 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 鸭绿江口群体和海州湾群体之间有 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 鸭绿江口群体和舟山群体之间有 3 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 莱州湾群体和海州湾群体之间 4 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、游泳足斑

点数、斑点总数; 舟山群体和海州湾群体之间有 3 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、大螯斑点数、斑点总数; 莱州湾群体和舟山群体之间斑点数不存在差异。

2.3 4 个地理群体斑点数量判别分析

判别分析是一种多元分析方法, 在一定程度上也可以反映群体之间的差异, 以 4 项参数: 全甲宽斑点数 x_1 、大螯斑点数 x_2 、游泳足斑点数 x_3 、斑点总数 x_4 作为预测变量, 建立判别公式如下:

$$F_{\text{海州湾}} = -0.062 x_1 + 0.084 x_2 + 0.133 x_3 - 0.020 x_4 - 4.039$$

$$F_{\text{舟山}} = -0.029 x_1 + 0.134 x_2 + 0.129 x_3 - 0.022 x_4 - 6.83$$

$$F_{\text{鸭绿江口}} = -0.096 x_1 + 0.046 x_2 + 0.174 x_3 - 0.050 x_4 - 12.10$$

$$F_{\text{莱州湾}} = -0.053 x_1 + 0.134 x_2 + 0.175 x_3 - 0.023 x_4 - 8.27$$

表 2 是 4 个地理群体采用 4 项参数的判别结果, 各群体的判别准确率: 莱州湾群体为 30.0%, 海州湾群体为 83.3%, 鸭绿江口群体为 60.0%, 舟山湾群体为 40.0%, 综合判别率为 53.3%。

2.4 4 个地理群体子代斑点数量单因子方差分析

在 P 为 0.01 水平, 鸭绿江口群体和海州湾群体之间有 3 个参数存在差异: 全甲宽斑点数、游泳足斑点数、斑点总数; 鸭绿江口群体和莱州湾群体之间 4 个参数均不存在差异; 莱州湾群体和海州湾群体之间

表2 4个地理群体雌蟹的判别结果
Tab.2 Discriminant results of four female populations

群体类型 Population type(n)		预测分类 Predicted group membership				判别准确率 Identification accuracy(%)	综合判别率 Total discriminant accuracy(%)
		YL	LZ	ZS	HZ	P_1	P_2
海州湾	Haizhou Gulf	25	1	0	4	83.3	53.3
舟山	Zhoushan	10	12	3	5	40.0	
鸭绿江口	Yalujiang Estuary	2	4	18	6	60.0	
莱州湾	Laizhou Gulf	5	9	7	9	30.0	

2个参数存在差异：全甲宽斑点数、斑点总数；鸭绿江口群体和舟山群体之间4个参数均不存在差异；舟山群体和海州湾群体之间有3个参数存在差异：全甲宽斑点数、游泳足斑点数、斑点总数。

海州湾亲本和子代之间只有全甲宽斑点数存在显著差异，而其他3个参数均不存在显著差异；舟山群体亲本和子代之间只有大螯斑点数存在显著差异，而其他3个参数均不存在显著差异；鸭绿江口群体亲本和子代之间：4个参数均不存在显著差异；舟山群体亲本和子代之间只有大螯斑点数存在显著差异，而

其他3个参数均不存在显著差异。

2.5 家系亲本与子代头胸甲颜色及斑点差异分析

由表3可知，子代头胸甲颜色没有遗传亲本， F_1 3个部位斑点数呈现中间型，经显著性检验： F_1 头胸甲、大螯、游泳足斑点数和亲本之间均存在显著差异($P<0.05$)，但和亲本的平均数之间不存在显著差异($P>0.05$)； F_2 与 F_1 大螯斑点数存在显著差异($P<0.05$)。雌、雄性个体之间，头胸甲、游泳足及大螯斑点数不存在显著差异($P>0.05$)。

表3 家系子代与亲本头胸甲颜色及斑点比较
Tab.3 The carapace color and spots between filial generation and parent of family

	头胸甲颜色 Carapace color	斑点数量 Spot number		
		大螯 Claw	头胸甲 Carapace	游泳足 Pleopod
父本 Male parent	紫红色 Amaranth	76.5±8.2	40.8±9.4	62.9±9.4
母本 Female parent	浅绿色 Aqua	50.8±6.4	10.0±6.8	40.6±4.7
F_1	褐色 Brown	58.9±3.6	28.4±2.9	47.9±9.8
F_2	浅褐色 Sandy beige	44.9±7.5	28.0±4.5	46.7±8.5

3 讨论

影响动物体色的因素有遗传因素、内分泌、环境、年龄、性别等。鱼类的体色遗传模式不仅因不同的研究对象而异，而且体色遗传是相对的，鱼类体色由细胞学、遗传学和生理学等一系列因素共同作用决定，有些因素受环境影响而使鱼体体色发生改变(王成辉等, 2004)；徐伟等(1999)通过彩鲫与红鲫杂交研究发现，彩色是受显性基因控制，红色是受隐性基因控制；昆虫学家认为昆虫体色多型与环境、内分泌调控及遗传相关，如果环境和内分泌调控起决定作用，昆虫的体色将随环境温度及行为的改变而改变，如果是遗传因素起决定作用，昆虫的体色将不受环境、行为影响，而受特定等位基因控制或成为多基因控制的数量性

状(张玉勇等, 2011)。

体色与环境与遗传的关系，在贝类方面开展了大量研究，结果发现，其壳色和花纹除受遗传控制外，还与贝类生存的生态环境、生理特性、食物等有关系(Mitton *et al*, 1977; Raffaelli, 1982)，也有学者认为，壳色主要受基因决定，环境只是起到影响作用(Innes *et al*, 1977)，郑怀平等(2003)研究发现，海湾扇贝壳色是一个质量性状，能够稳定遗传，受环境影响较小；闫喜武等(2005)¹⁾研究发现，菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)中斑马蛤花纹特征能稳定遗传给后代；Peignon 等(1995)研究发现，花蛤壳色和性别没有关联，壳色至少被两个基因控制，其中不对称壳色被包含两个等位基因的1个基因控制；徐建荣等(2008)发现，福寿螺(*Pomacea canaliculata*)壳色黄与黑是1对相

1) 闫喜武. 菲律宾蛤仔养殖生物学、养殖技术与品种选育. 中国科学院海洋研究所博士研究生学位论文, 2005

对性状,黄色为隐性,黑色为显性,正反交后代同样说明壳色性状与性别无关,其遗传方式符合孟德尔定律。有关蟹类体色的研究只有零星报道,张饮江等(2001)研究发现,螺旋藻能加深中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)的体色;石志洲等(1999)认为,盐度较高、砂底质、水深1.5 m以上,养殖的梭子蟹体色好看,而盐度较低、泥质底、水深1.0 m左右,养成的梭子蟹体色较差。我国三疣梭子蟹不同地理群体表现出了头胸甲颜色的多样性(高保全等,2007),因此,探讨三疣梭子蟹体色与环境、遗传的关系,对种质资源的保护具有重要意义。本研究群体实验结果显示,三疣梭子蟹子代头胸甲颜色表现型没有明显遗传亲本,通过头胸甲、大螯、游泳足斑点数统计,发现4个地理群体子代间斑点差异比群体亲本间差异小,表明三疣梭子蟹体色受环境影响;但发现4个地理群体子代与亲本斑点差异比群体子代间差异小,表明三疣梭子蟹体色同时受遗传影响。家系研究结果证实,三疣梭子蟹体色受双亲遗传影响,雌、雄个体间体色不存在差异,与苏秀榕等(1996)的研究结果不同。综合数据表明,三疣梭子蟹体色受环境和遗传共同作用,且环境因素为主导因素,环境因素包括的因子(盐度、饵料、温度、水深、底质等)如何与基因互作,尚需大量实验验证。

本研究发现4个地理群体三疣梭子蟹在头胸甲颜色及不同部位斑点方面存在一定的分化,但由判别公式可知,尽管4个群体头胸甲颜色及斑点形成一定差异,用头胸甲颜色及斑点来区分某未知来源的个体群体归属问题不科学,并不能将头胸甲颜色和不同部位斑点作为群体判别的科学依据,验证了高保全等(2007)在三疣梭子蟹4个野生群体形态差异分析中提出的群体判别观点是正确的。

参 考 文 献

王成辉,李思发,曾伟光,等. 瓯江彩鲤体色与生长的遗传-环境互作分析. 上海水产大学学报, 2004, 13(2): 103-106
 石志洲. 三疣梭子蟹池塘养殖技术. 海洋渔业, 1999(3): 129-131
 迟大利,高焕,沈颂东,等. 两种体色三疣梭子蟹线粒体DNA部分片段序列的比较分析. 海洋科学, 2010, 34(11): 27-34
 张玉勇,贾智英,白庆利,等. 养殖条件下山女鳟银化体色个

体生产性状. 动物学杂志, 2011, 46(4): 8-15
 张饮江,何培民,何文辉. 螺旋藻对中华绒螯蟹生长和体色的影响. 中国水产科学, 2001, 8(2): 59-62
 苏秀榕,李太武,欧阳芬,等. 三疣梭子蟹营养成分的研究. 营养学报, 1996, 18(3): 342-346
 陈超,吴雷明,李炎璐,等. 豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)早期形态与色素变化及添加剂对其体色的影响. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 83-90
 郑怀平,张国范,刘晓,等. 不同贝壳颜色海湾扇贝家系的建立及生长发育研究. 海洋与湖沼, 2003, 34(6): 632-639
 高保全,刘萍,李健,等. 三疣梭子蟹4个野生群体形态差异分析. 中国水产科学, 2007, 14(2): 215-220
 高焕,阎斌伦,陈百尧,等. 两种体色三疣梭子蟹种质资源调查与形态学分析. 淮海工学院学报, 2009, 18(3): 82-85
 徐伟,白庆利,刘明华,等. 彩鲫与红鲫杂交种体色遗传的初步研究. 中国水产科学, 1999, 6(1): 33-26
 徐建荣,沈辉,李旭光,等. 不同品系福寿螺壳色性状的遗传规律分析. 江苏农业科学, 2008(4): 210-212
 蔡小辉,宋忠魁,彭银辉,等. 二种体色拟穴青蟹群体ISSR分析. 台湾海峡, 2011, 30(3): 363-368
 戴爱云,冯钟琪,宋玉枝. 三疣梭子蟹渔业生物资源的初步调查. 动物学杂志, 1977(2): 30-33
 Brake J, Evans F, Langdon C. Evidence for genetic control of pigmentation of shell and mantle edge in selected families of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Aquaculture, 2004, 229(1-4): 89-98
 Newkirk GF. Genetics of shell color in *Mytilus edulis* L, and the association of growth rate with shell color. J Exp Mar Biol Ecol, 1980, 47: 89-94
 Goncalves RLT, Absalao RS. Shell colour polymorphism in the chiton *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828) (Mollusca: Ployplocophora) and habitat heterogeneity. Biol J Linnean Soc, 2005, 85(4): 543-548
 Innes DJ, Halev LE. Inheritance of a shell-color polymorphism in the mussel. J Hered, 1977, 68(3): 203-204
 Mitton JB. Shell color and pattern variation in *Mytilus edulis* and its adaptive significance. Chesapeake Sci, 1977, 18(4): 387-390
 Raffaelli D. Recent ecological research on some European species of *Littorina*. J Molluscan Stud, 1982, 48(3): 342-354
 Peignon JM, Geraed A, Nacir IY, et al. Analysis of shell colour determinism in the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Aquat Living Resour Vivantes, 1995, 8(2): 181-189
 Strelkov PP, Gantsevich MM, Basova LA. Shell color polymorphism in *Macoma balthica* L. (Bivalvia, Tellinidae) from the White and Barents Seas. Doklady Biol Sci, 2001, 376(1-6): 59-61

Analysis of Body Color Variations Among Four Wild Populations of *Portunus trituberculatus*

GAO Baoquan, LIU Ping^①, LI Jian, LIU Lei

(Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract *Portunus triuberculatus* is an important economical species in China with fast development in the past decades. In recent years, the wild stocks of *P. triuberculatus* along the coast of China have suffered from the overfishing and environmental pollution. To investigate effects of the body color diversity of *P. triuberculatus* in resource conservation, 50 individuals were collected in March 2007 from four wild geographic populations distributed in the Yalujiang Estuary, Laizhou Gulf, Zhoushan, and Haizhou Gulf. Families were established by group hybridization. Discriminant analysis and One-Way ANOVA analysis were adopted during the analytical process. Cluster analysis and discriminant analysis were conducted on spots characters of *P. trituberculatus* from four populations. The results indicated that the total accuracy rate of discriminant on female crabs from four gulfs was 53.3%. The lowest accuracy rate of discriminant of 30.0% was observed in Laizhou Gulf population and the highest of 83.3% was in Haizhou gulf population. Results showed that carapace color and spots were significantly different among four populations. There was a tendency for the association between less carapace color and spots with the decrease in culturing in the same environment at four populations. These results supported that body color of *P. triuberculatus* is decided mainly by environment, and that genetic also is an impact factor.

Key words *Portunus trituberculatus*; Wild population; Body color difference; One-Way ANOVA; Discriminant analysis

① Corresponding author: LIU Ping, E-mail: liuping@ysfri.ac.cn