

· 综述 ·

青蟹(*Scylla* spp.)养殖现状及拟穴青蟹(*S. paramamosain*)种群生物学研究

王桂忠*, 李少菁, 陈志刚

(厦门大学 海洋与地球学院, 近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建 厦门 361102)

摘要: 综述了国内外青蟹养殖的基本情况, 包括养殖模式、养殖历史、人工育苗的现状, 我国青蟹养殖在海水养殖中的地位及其特点, 以及我国拟穴青蟹种群生物学研究现状及其在养殖中的重要性。

关键词: 青蟹; 养殖现状; 养殖模式; 人工育苗; 种群生物学

中图分类号: S 968.25⁺1

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2016)05-0617-07

海洋中蟹类的种类资源很丰富, 仅在印度-太平洋区的蟹类就有 2 000 多种。我国的蟹类约占其中的 1/3, 约 600 种左右(我国的虾类约有 300 种, 相比而言蟹类的资源更丰富)^[1]。这些蟹类绝大部分生活在海洋中, 有一部分属于方蟹科(Grapsidae)的种类则生活在咸淡水中; 还有少数种类如中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)(俗称河蟹)在淡水中生长, 却要到浅海中繁殖, 仅有少数种类完全生活在淡水中; 另有少数种类能水陆两栖或在陆地上营穴居生活, 但产卵和幼体的发育需要在水中进行^[1]。

蟹类资源如此丰富, 但可进行人工增殖的蟹类却非常少, 增殖规模较大的只有 3 个种: 中华绒螯蟹、青蟹(*Scylla* spp.)(按新的分类法, 青蟹属分为 4 个种)和三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)。其中三疣梭子蟹的增殖在海洋蟹类中很有代表性。三疣梭子蟹的养殖起步于日本, 以放流增殖为主。日本三疣梭子蟹人工育苗的研究始于 20 世纪 30 年代初期, 经历了近 50 年的研究, 到 1979 年才获得成功^[2], 可见海洋蟹类的人工育苗有一定难度。这几年三疣梭子蟹人工育苗和养殖在我国也做得不错, 养殖的年产量大约 8 万~11 万 t(图 1 和图 2)^[3]。除了我国, 其他国家很少养殖梭子蟹。

以下主要叙述青蟹的养殖现状及拟穴青蟹(*S. paramamosain*)种群生物学的研究。

1 国内外青蟹养殖的现状

1.1 国内外青蟹养殖的基本情况

青蟹是热带亚热带种类, 分布很广, 分布区包括非洲、澳大利亚、印度、东南亚各国和我国的沿海。我国长江口是其分布区的北界, 再往北则没有青蟹分布。日本的情况比较特殊, 因为黑潮北上, 黑潮水温比较暖和, 所以日本沿海有青蟹分布。尽管青蟹的分布区这么广, 却只有少数几个国家养殖青蟹, 其主要的养殖国有我国、东南亚几个国家和印度, 且除我国之外, 其他国家青蟹的养殖规模都很小。根据联合国粮农组织公布的数据, 2010 年世界青蟹养殖产量前 5 名的国家和地区的排名是: 我国大陆地区、菲律宾、印度尼西亚、马来西亚和我国台湾地区。从产量来看, 只有我国大陆地区青蟹养殖产量超过 10 万 t, 产量居第 2 位的菲律宾也只有 1 万多吨, 其他国家和地区的产量都不达万 t 的规模(表 1)。青蟹在我国可养殖的区域局限在长江口以南的东南沿海。澳大利亚虽然海岸线很长, 但不养殖青蟹, 而从资源保护的角度出发通过限制母蟹的

收稿日期: 2016-03-11 录用日期: 2016-06-06

基金项目: 国家自然科学基金(31472294)

* 通信作者: gzwang@xmu.edu.cn

引文格式: 王桂忠, 李少菁, 陈志刚. 青蟹(*Scylla* spp.)养殖现状及拟穴青蟹(*S. paramamosain*)种群生物学研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2016, 55(5): 617-623.

Citation: WANG G Z, LI S J, CHEN Z G. Status of mud crabs (*Scylla* spp.) farming and studies on the population biology of *S. paramamosain*[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science), 2016, 55(5): 617-623. (in Chinese)



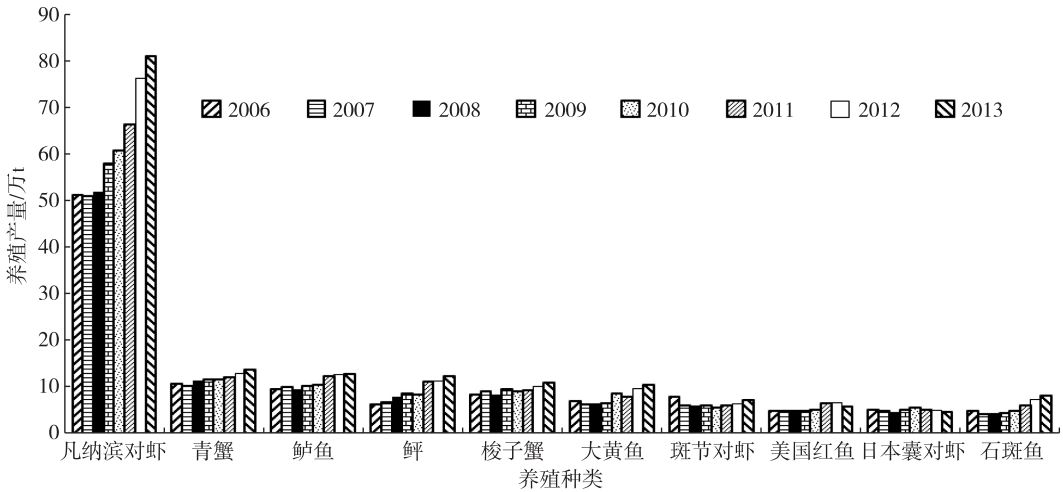


图 1 2006—2013 年我国大陆地区海水养殖产量排名前 10 名的种类(包括鱼类和甲壳类)

Fig. 1 Annual farming production of top 10 species (including fishes and crustaceans) in mainland of China from 2006 to 2013

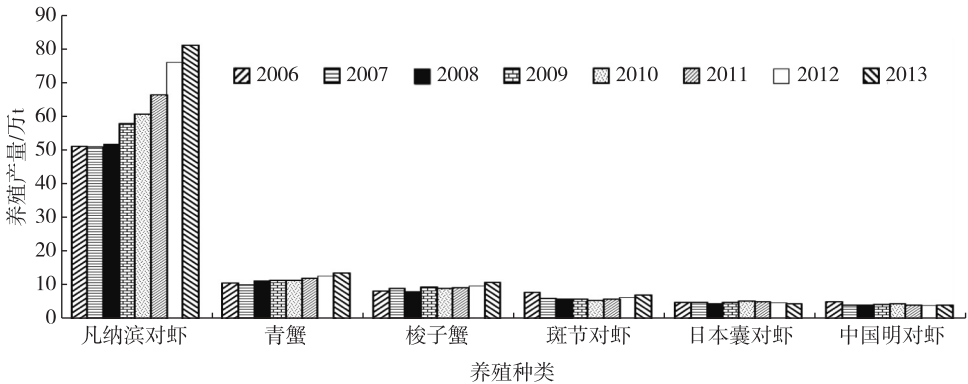


图 2 2006—2013 年我国大陆地区海产甲壳动物养殖产量

Fig. 2 Annual farming production of marine crustaceans in mainland of China from 2006 to 2013

捕获来保护青蟹的资源.菲律宾是个岛国,青蟹可养殖的区域比较大,但青蟹养殖的产量只有我国的1/10.印度的海岸线也很长,可养殖青蟹的区域也比较大,但印度的青蟹养殖刚刚起步,规模比较小.

近年来印度养殖的青蟹包括海捕的青蟹出口到我国大陆地区,获得了一定的利益,所以印度政府很重视青蟹的养殖及其相关的研究,专门拨款在印度南部的沿海建立了一个甘地水产养殖中心(Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture, RGCA),这个中心隶属于印度工商部海产品出口发展局(Marine Products Export Development Authority under the Ministry of Commerce and Industry, Government of India),设有一个青蟹育苗场和数个养殖场,专攻青蟹育苗与养殖的相关课题,以带动印度青蟹养殖业的发展.2013 年 4 月由印度工商部海产品出口发展局推动,在 RGCA 举

办了青蟹养殖及其养殖管理国际研讨会(International Seminar-Workshop on Mud Crab Aquaculture and Fisheries Management (ISMAF-2013), 10-12 April 2013, Tamil, India),迫切希望向世界上青蟹养殖先进的国家学习,以推动印度青蟹养殖及其相关科学研究的发展,由此可以看出印度政府对本国青蟹养殖业发展的重视.有青蟹分布的国家都有代表参加了这次会议,王桂忠也应邀参加并做了题为“中国青蟹的渔业、养殖及其科研进展”(Fisheries, cultivation and research aspects of mud crab (genus *Scylla*) in China)的学术报告.

1.2 国内外青蟹的养殖模式

青蟹养殖的历史很长,在我国和东南亚某些国家有 100 多年的历史.最早的青蟹养殖模式是育红和育肥,而发展到今,青蟹养殖已有很多种模式.

表 1 2005—2010 年全球青蟹养殖产量前 5 位的国家或地区
Tab. 1 Annual farming production of top 5 countries or regions from 2005 to 2010

国家或地区	产量/t					
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
中国大陆地区	97 463	93 363	101 529	113 852	115 881	115 829
菲律宾	6 861	7 800	9 308	11 625	13 720	14 437
印度尼西亚	4 379	5 516	6 631	7 642	7 516	9 557
马来西亚				4 584	2 180	750
中国台湾地区	240	247	221	185	170	225
全球总产量	109 161	107 170	117 839	138 032	139 580	140 919

注:数据来自“Country Paper in International Seminar-Workshop on Mud Crab Aquaculture and Fisheries Management (ISMAF-2013),10-12 April 2013,Tamil,India”.

1. 2. 1 根据养殖用蟹的发育阶段划分

1) 育红:把海区捕到的性腺未成熟的雌蟹养成性腺饱满的红膏蟹。

2) 育肥:把海区捕获的刚脱壳的软壳蟹或瘦蟹——这种蟹因刚脱壳,身体大量吸水而膨胀,所以水分多肉质少,经过短期饲养之后,育成肉质饱满的肥蟹出售。

因为收购从海区捕获的瘦蟹、软壳蟹和性腺未成熟的蟹比较便宜,育成红膏蟹和肥蟹后市场价格成倍增长,有很高的经济效益,而且养殖周期短(育肥约 15 d,育红约 60 d),资金周转快,所以这 2 种养殖模式很受青睐,是青蟹养殖初期阶段的主要养殖模式.因为养殖效益好,所以直到 21 世纪初,在我国还有很多地区仍采用这 2 种养殖模式,如:福建省闽江口的琅岐和广东珠江口的珠海。

3) 从仔蟹和幼蟹开始养殖,即把海区捕到的约为第 7、8 期仔蟹(壳面只有五分硬币或扣子大小,俗称扣蟹)或幼蟹(每只 50~100 g 以下的小蟹)养到成品蟹。

4) 从大眼幼体开始养殖,即从海区捕捞大眼幼体或在育苗室进行人工育苗育到大眼幼体就移到养殖池进行放养.由于是从蟹的幼体阶段开始养殖,其技术难度比较大。

1. 2. 2 根据养殖的场地(所)划分

共有 4 类,主要的 3 类是:1) 土池养殖,2) 滩涂围网养殖,3) 红树林区养殖。

从养殖场所来讲,滩涂围网养殖的优点主要有以下两方面:其一,自然纳潮,水质好,养的蟹质量也好,吃起来味道比土池养的要好得多,而且成活率高;其二,与土池养殖相比,滩涂围网养殖是自然纳潮,不用

动力排灌水,成本比较低。

从养殖方式来讲:用土池养殖适用的范围比较广,适合于育红、单养和混养(蟹鱼混养、蟹虾混养、蟹贝混养等);而滩涂围网养殖则更适合于育红和养成(从幼蟹开始养到成蟹)。

红树林区养殖主要是东南亚几个国家采用得比较多,因为那里有比较多的红树林区.在红树林区养殖青蟹的优点是成活率高,天然饵料丰富;缺点是不容易收获,青蟹会隐藏于红树的根部.目前我国有红树林的沿岸海域很少,因此我国在红树林区养殖青蟹的面积很小.随着红树林保护在我国得到重视,很多地方红树林已开始逐渐恢复,在红树林区进行青蟹增殖放流的工作在有些地区也已开始尝试.红树林区特别适合青蟹大眼幼体的增殖放流,理由如下:首先,青蟹蚤状幼体一旦蜕皮变态为大眼幼体,其生活习性便由浮游转为底栖,同时具备蟹类所特有的两个大螯,攻击能力很强,在自然水域中生存能力很强,成活率很高;其次,红树林区有丰富的天然饵料可保证大眼幼体乃至随后的幼蟹生长发育的需求,红树的根部可为幼蟹提供隐蔽场所,减少其自相残杀;再次,红树林区多数是在河口低盐区域,在低盐区域放流青蟹的大眼幼体不会向海外高盐区域扩散,加上红树林为青蟹提供了很好的栖息场所,因此在红树林区进行青蟹的增殖放流,其回捕率比放流在其他区域更高。

4) 设施养殖,即在人工制作的养殖设施中养殖青蟹.这种养殖在我国尝试得不多,而在东南亚一些国家采用得比较多.如马来西亚实施的联体设施分隔养殖,一个格子养一只蟹,或把蟹的大螯切除后几只蟹放在一个格子中进行养殖,作者认为这种方式的养殖效果有待进一步评估.又比如软壳蟹养殖,这种养殖是挑选

已达到商品规格的成蟹单只养在类似于上述的小格子中,除了投喂给饵料之外,每 2~3 h 逐格巡视观察是否有蜕壳的蟹,如果有则马上将软壳蟹收集起来,送到工厂进行加工处理、包装、速冻,最后通过物流派送到商店出售.软壳蟹的养殖和加工在东南亚几个国家做得比较成功,效益不错.但软壳蟹的养殖不是真正意义上的养殖,在整个养殖过程中蟹没有生长,所以它实际上是加工处理过程.

此外还有生态养殖,即蟹虾混养、蟹鱼混养、蟹贝混养,前面提到的红树林区养殖即是生态养殖的一种.生态养殖主要是根据鱼、虾、贝和蟹的不同生态习性,将它们养在一起,既充分利用空间,又达到良好的生态效益.特别是近年来,我国通过充分利用已建成的虾池进行养蟹,或蟹与其他品种混养,使青蟹养殖的规模不断扩大,推动了青蟹生态养殖模式的发展,收到了较好的生态效果.

1.3 国内外青蟹人工育苗的基本情况

在我国、印度以及东南亚各国均进行过青蟹人工育苗的研究和生产性人工育苗的尝试,但大部分国家都只达到中试水平,这与青蟹的养殖规模有关.前面提到,大部分国家青蟹养殖的年产量都没有达到万 t 的规模,因此青蟹养殖所需的苗种并不缺乏,人工育苗的需求也就不那么迫切.我国青蟹养殖的年产量目前已达 14 万 t^[3],仅靠海区捕捞青蟹苗种不能很好地满足青蟹养殖业发展的需要,因此对人工育苗是有需求的.从 20 世纪 80 年代中期开始,我国东南沿海各省普遍开展青蟹规模化人工育苗的研究.到 1994 年本课题组在 500 m² 的育苗室中一次育出了 200 多万只第 1、2 期仔蟹,首次实现了大批量的人工育苗^[4].特别是从 21 世纪初开始,本课题组连续 2 次得到国家高技术发展计划(863 计划)的支持,致力于开展青蟹大规模人工育苗的研究、中试和推广,人工育苗的技术和规模都有了重要的突破,达到了生产性人工育苗的水平^[4],可见我国青蟹人工育苗的技术已较成熟.但是我国青蟹养殖中并没有人工苗的供应,除了本课题组在课题研究期间育的一些人工苗进入市场之外,没有人工苗在养殖生产上使用.作者分析这与青蟹的特殊性有关:1) 青蟹自相残杀现象很严重,单位面积放养苗种的密度不能很高,一般每平方米仅能放养 1.5 只左右,与对虾、鱼类、毛蟹的苗种放养密度相比,这一密度非常低;2) 现在我国青蟹养殖多数是采用混养,放养的密度因此更低;3) 目前我国青蟹养殖苗种放养不是一次性投放,而是取决于从海区能收购到的种苗情况,随时收随时放,且数目不定,加上青蟹养殖多是混

养,如果收购到的苗种少了,那么青蟹的苗种就少放,其他混养的品种就多放.虽然根据我国青蟹养殖的总产量推算,青蟹苗的需求量很大,但是由于上述原因,市场上没有表现出对人工苗有非常迫切的需求,从而延缓了青蟹人工育苗产业化的进程.

2 我国青蟹养殖在海水养殖中的地位及其特点

长期以来一直认为,分布于我国的青蟹仅有锯缘青蟹(*Scylla serrata*)一个种.20 世纪 90 年代中后期,本课题组对我国东南沿海 13 个地区青蟹样品的 27 个形态、栖息地的生态特点、幼体培养的条件以及 mtDNA 的 *COI* 和 *Cytb* 基因片段序列等进行了比较分析,结果表明,分布于我国的青蟹有 4 个种,即锯缘青蟹、拟穴青蟹、紫螯青蟹(*S. tranquebarica*)和榄绿青蟹(*S. olivacea*),其中优势种是拟穴青蟹.拟穴青蟹在我国长江口以南的所有沿海水域均有分布,但其他 3 个种的青蟹只分布在北部湾和海南岛的沿岸水域,且在北部湾和海南岛的沿岸水域,拟穴青蟹仍然是优势种^[5].在我国,青蟹养殖的种类也主要是拟穴青蟹,其养殖产量占青蟹养殖总产量的 90% 以上.

我国海域青蟹的资源量较少,不是渔业捕捞的主要种类.根据我国渔业统计年鉴的数据,2006—2013 年间全国青蟹的年捕捞总量在 6 万~8 万 t 之间(未包括台湾地区的数据)(图 3),约为蟹类年捕捞总量的 1/10(如:2010 年全国蟹类捕捞总量约为 59 万 t)^[3].虽然青蟹不是我国渔业捕捞的主要种类,但却是我国海水养殖的主要种类.我国渔业统计年鉴数据显示:2006—2013 年间我国青蟹养殖面积在 2.5 万~3.5 万 hm²(图 4),年养殖产量在 10 万~14 万 t 之间(图 5).青蟹养殖产量在我国海水鱼类和海水甲壳动物的养殖中均位居第二(图 1 和图 2)^[3],可见我国青蟹养殖在我国海水养殖中占有相当重要的地位.

我国青蟹养殖已有 100 多年的历史.早在 1890 年,我国广东省珠江口沿海海域就开始对青蟹进行蓄养育肥^[4].在 20 世纪 80 年代以前,我国青蟹养殖主要是以育肥和育红为主.20 世纪 90 年代以后直到现在,主要是以生态养殖为主,单养青蟹的较少.近年来,我国青蟹养殖的一个新特点是品牌建设、基地建设,进行规模化的生产和销售,这些主要是发生在几个大河口的青蟹养殖区,因为在河口低盐区域,青蟹生长好,品质好,养殖规模也比较大.

近年来本课题组建议和推广分级养殖模式和多

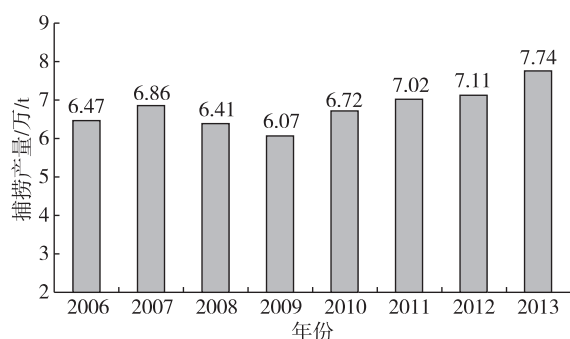


图3 2006—2013年我国大陆地区青蟹捕捞产量

Fig. 3 Wild catch of mud crabs in mainland of China from 2006 to 2013

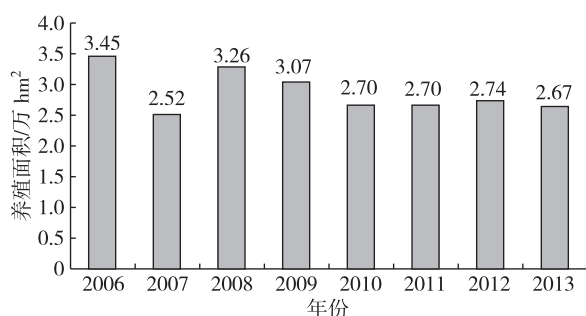


图4 2006—2013年我国大陆地区青蟹养殖面积

Fig. 4 Annual farming area of mud crabs in mainland of China from 2006 to 2013

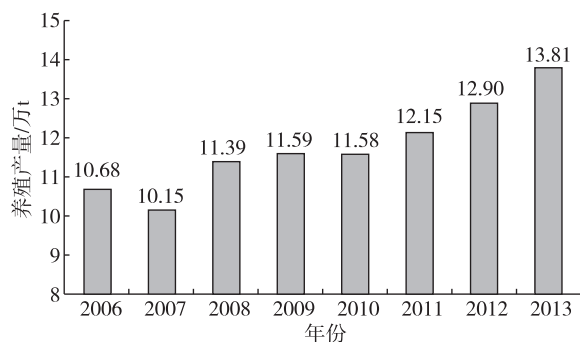


图5 2006—2013年我国大陆地区青蟹养殖产量

Fig. 5 Annual farming production of mud crabs in mainland of China from 2006 to 2013

季育苗模式。

1) 分级养殖的模式,即在青蟹的不同发育阶段采用不同的养殖方式,具体如下:第1级,从第1期溞状幼体到第5期溞状幼体后期,在育苗室中高密度培育,每立方米水体可放养15万只溞状幼体,成活率可达80%~90%;第2级,从大眼幼体到第1、2期仔蟹,

在育苗室中稀疏分养或在土池中培育,此期间在池中悬挂隐蔽物或设计特殊的设施来进行养殖,以减少大眼幼体和仔蟹的自相残杀,该级的成活率不高,如果没有采用特殊设施进行处理,成活率不到5%,用了特殊设施可以提高到15%左右;第3级,从第1、2期仔蟹到第7、8期仔蟹(此时已是幼蟹);第4级,从第7、8期仔蟹(幼蟹)到成蟹。第3、4级的养殖密度不同,所用的饵料也不同。由于这种养殖模式充分考虑到青蟹不同发育期的习性,养殖的效果比较理想^[4]。

2) 多季育苗模式,即根据养殖上的具体情况,在一年中进行多季节的人工育苗。分布于我国的青蟹,一年的繁殖有2个高峰,分别在5月中旬至6月中旬和8月中旬至10月中旬,可在这2个繁殖高峰期进行人工育苗。早季育的苗可供蟹农马上用于养殖,晚季育的苗可利用冬季闲置的虾池进行越冬,到第2年进行放养。两季育的苗都在春季至夏初放养,一方面可以减轻春苗紧张状况,另一方面春季放养的苗种可以在8月份收成,能避开病害高发期。基于多季育苗的上述优点,作者提倡将其作为模式进行推广^[4]。

3 我国拟穴青蟹种群生物学研究

本课题组采用RAPD(random amplified polymorphic DNA)和AFLP(amplified fragment length polymorphism)技术对分布于我国的拟穴青蟹13个野生群体和3个养殖群体共480个样品进行了遗传多样性和遗传分化分析,研究结果表明:分布于我国的拟穴青蟹其遗传多样性按地理位置从南向北递减;聚类分析显示我国拟穴青蟹存在一定程度的遗传分化,琼州海峡对拟穴青蟹的基因流产生了一定的阻隔作用,北部湾独特的地理水文环境使北部湾拟穴青蟹群体与大陆拟穴青蟹其他群体产生了一定的遗传分化^[6-8],这与形态学分析的结果^[9]一致。运用微卫星技术对我国东南沿海拟穴青蟹自然群体的遗传结构进行研究,结果显示:尽管各地理群体大部分位点都稳定地显示出较高的遗传多样性,但各地理群体均在一定程度上出现偏离Hardy-Weinberg平衡的情况;聚类分析和分子方差分析(AMOVA)均显示分布于我国沿海的拟穴青蟹已分化为南北2个种群^[10]。本课题组曾对这2个种群的温盐要求^[11]、大眼幼体在发育过程中的“不可恢复点”和“营养储存饱和点”^[12]、对能量的利用、抗氧化效应和组织器官生化成分的季节变化与温度的相关性^[13-19]、呼吸代谢的季节变化与温度的相关性^[20]等方面进行了较系统的研究,发现这2个种

群在上述几方面均存在很大差异。

种群的分化可能会给我国拟穴青蟹养殖造成很重要的影响,这是因为不同的种群其养殖生物学也有诸多的不同,在养殖上需要对不同的种群进行有区别的对待,才能获得更好的成活率和经济效益。类似的情况在其他蟹类已有报道^[21-28],但就拟穴青蟹而言,对于这一问题的了解得还很少。目前,我国拟穴青蟹养殖的苗种不分种群全国范围调运,本课题组用分子生物学的方法在浙江温州养殖的拟穴青蟹中检测到福建闽南的群体,在福建闽东养殖的拟穴青蟹中检测到海南的群体^[10]。苗种如此不分其种群来源在全国范围调运、混养,会给养殖生产造成不良的影响,如基因污染、成活率低下等问题,这很可能就是近年来我国拟穴青蟹养殖规模愈来愈大,但养殖的成活率却愈来愈低的一个重要原因。目前,我国青蟹养殖从业者乃至水产科研工作者尚未认识到这个问题,笼统地将拟穴青蟹养殖中的低成活率归咎于病害,多认为是细菌病或病毒病所导致的^[29-36],但作者则认为并不全然,不同种群生物学上的差异在养殖上造成的危害不容忽视。因此,作者建议要进一步加强拟穴青蟹种群生物学和不同种群养殖生物学的研究。虽然通过分子生物学的方法可以识别我国拟穴青蟹南北 2 个不同种群,但在养殖生产上如何直观地从形态学上判别这 2 个种群,目前尚无明确的标准;此外,如何界定这 2 个种群明确的地理分布区以及其养殖生物学的差异如何,这些问题现在尚不清楚。因此非常有必要对我国拟穴青蟹不同种群的形态学判别标准、分布区的界定及其养殖生物学的差异开展进一步的研究,以期规范我国拟穴青蟹养殖的苗种标准,提出识别不同种群拟穴青蟹苗种的特征,界定其在我国沿海的适宜养殖区域和适宜的养殖生态条件,做到对不同种群的拟穴青蟹进行有区别的养殖,以提高其养殖效益。

参考文献:

- [1] 戴爱云,杨思谅,宋玉枝,等.中国海洋蟹类[M].北京:海洋出版社,1986:642.
- [2] 刘卓,李善勋,刘世禄,编译.日本三疣梭子蟹的育苗、养殖技术和放流研究[M].北京:农牧渔业部水产局,1986:213.
- [3] 中华人民共和国农业部渔业局.中国渔业统计年鉴 2006—2014[M].北京:中国农业出版社,2006:2-4;2007:2-4;2010:25-53;2012:28-56;2013:28-56;2014:28-56.
- [4] 李少菁,王桂忠.锯缘青蟹生物学及人工育苗和养成技术[M].厦门:厦门大学出版社,2007:806.
- [5] 林琪,李少菁,黎中宝,等.中国东南沿海青蟹属(*Scylla*)的种类组成[J].水产学报,2007,31(2):211-219.
- [6] 黎中宝,李少菁,王桂忠,等.锯缘青蟹等位酶的生化遗传分析[J].中国生态农业学报,2004,12(2):61-64.
- [7] 黎中宝,李少菁,王桂忠.锯缘青蟹(*Scylla serrata*)不同种群的杂合性研究[J].海洋与湖沼,2004,35(4):358-363.
- [8] 林琪.中国青蟹属种类组成和拟穴青蟹群体遗传多样性的研究[D].厦门:厦门大学,2008:134.
- [9] 黎中宝,李少菁,王桂忠.中国东南沿海锯缘青蟹群体的形态判别分析[J].厦门大学学报(自然科学版),2004,43(1):101-106.
- [10] 许晓军.拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)微卫星标记的开发及应用[D].厦门:厦门大学,2009:115.
- [11] 刘子明.拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)不同种群呼吸代谢的比较研究[D].厦门:厦门大学,2013:148.
- [12] 张雪丽.饥饿和能量储存对拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)幼体生长与发育影响的研究[D].厦门:厦门大学,2009:86.
- [13] 孔祥会,王桂忠,王克坚,等.低温驯化下锯缘青蟹肝胰腺蛋白质表达及脂肪酸组成的变化[J].水生生物学报,2005,29(5):524-532.
- [14] 孔祥会,王桂忠,李少菁,等.低温驯化对锯缘青蟹可溶性蛋白与可溶性糖的影响[J].厦门大学学报(自然科学版),2006,45(2):257-260.
- [15] 孔祥会,王桂忠,李少菁.低温适应下锯缘青蟹肌肉及其细胞膜脂肪酸组成的变化[J].水产学报,2006,30(5):603-610.
- [16] 孔祥会,王桂忠,李少菁.低温驯化锯缘青蟹鳃抗氧化防护,ATPase 及膜脂肪酸组成变化[J].水生生物学报,2007,31(1):59-66.
- [17] Wang G Z, Kong X H, Wang K J, et al. Variation of specific proteins, mitochondria and fatty acid composition in gill of *Scylla serrata* (Crustacea, Decapoda) under low temperature adaptation[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2007, 352(1): 129-138.
- [18] Kong X H, Wang G Z, Li S J. Seasonal variations of ATPase activity and antioxidant defenses in gills of the mud crab *Scylla serrata* (Crustacea, Decapoda) [J]. Marine Biology, 2008, 154(2): 269-276.
- [19] Kong X H, Wang G Z, Li S J. Effects of low temperature acclimation on antioxidant defenses and ATPase activities in the muscle of mud crab (*Scylla paramamosain*) [J]. Aquaculture, 2012, 370/371: 144-149.
- [20] Liu Z M, Wang G Z, Wu L S, et al. Seasonal change in mitochondrial function and metabolic enzyme activity of different populations of the mud crab, *Scylla paramamosain*, from China [J]. Aquaculture, 2013, 376/377/378/379: 68-75.

- [21] 亓磊,乔振国,张晓可.海水虾蟹类不同地理种群自繁、杂交后代形态、生长差异研究进展[J].现代渔业信息,2009,24(10):21-27.
- [22] Bas C C, Spivak E D, Anger K. Seasonal and interpopulational variability in fecundity, egg size, and elemental composition (C H N) of eggs and larvae in a grapsoid crab, *Chasmagnathus granulatus* [J]. Helgoland Marine Research, 2007, 61(4): 225-237.
- [23] Monaco C J, Brokordt K B, Gaymer C F. Latitudinal thermal gradient effect on the cost of living of the intertidal porcelain crab *Petrolisthes granulosus* [J]. Aquatic Biology, 2010, 9(1): 23-33.
- [24] Storch D, Santelices P, Barria J, et al. Thermal tolerance of crustacean larvae (zoea I) in two different populations of the kelp crab *Taliepus dentatus* (Milne-Edwards) [J]. The Journal of Experimental Biology, 2009, 212(9): 1371-1376.
- [25] Stillman J H, Tagmount A. Seasonal and latitudinal acclimatization of cardiac transcriptome responses to thermal stress in porcelain crabs, *Petrolisthes cinctipes* [J]. Molecular Ecology, 2009, 18(20): 4206-4226.
- [26] Lardies M A, Muñoz J L, Paschke K A, et al. Latitudinal variation in the aerial/aquatic ratio of oxygen consumption of a supratidal high rocky-shore crab [J]. Marine Ecology, 2011, 32(1): 42-51.
- [27] Ituarte R B, Bas C, Luppi T A, et al. Interpopulational differences in the female reproductive cycle of the southwestern Atlantic estuarine crab *Chasmagnathus granulatus* Dana, 1851 (Brachyura: Grapsoidea: Varunidae) [J]. Scientia Marina, 2006, 70(4): 709-718.
- [28] Fischer S, Thatje S. Temperature-induced oviposition in the brachyuran crab *Cancer setosus* along a latitudinal cline: aquaria experiments and analysis of field data [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2008, 357(2): 157-164.
- [29] 毛芝娟,卓华龙.锯缘青蟹细菌性传染病的病原菌研究[J].水产科学,2000,20(1):8-11.
- [30] 潘良坤,朱刚.青蟹病害的防治[J].中国水产,2002(9):84-85.
- [31] 王荣智,郑嘉熙,汪世华.锯缘青蟹疾病研究进展[J].武汉工业学院学报,2008,27(3):27-30.
- [32] 郑天伦,黄家庆,孔蕾,等.浙江省锯缘青蟹养殖病害调查[J].海洋学研究,2009,27(1):96-100.
- [33] 邹清.福建省养殖青蟹呼肠弧菌病毒研究[D].厦门:厦门大学,2007:76.
- [34] Jithendran K P, Poornima M, Balasubramanian C P, et al. Diseases of mud crabs (*Scylla* spp.): an overview [J]. Indian Journal of Fisheries, 2010, 57(3): 55-63.
- [35] Weng S P, Guo Z X, Sun J J, et al. A reovirus disease in cultured mud crab, *Scylla serrata*, in southern China [J]. Journal of Fish Diseases, 2007, 30(3): 133-139.
- [36] Liu W, Qian D, Yan X J. Studies on pathogenicity and prevalence of white spot syndrome virus in mud crab, *Scylla serrata* (Forsk.) in Zhejiang Province, China [J]. Journal of Fish Diseases, 2011, 34(2): 131-138.

Status of Mud Crabs (*Scylla* spp.) Farming and Studies on the Population Biology of *S. paramamosain*

WANG Guizhong*, LI Shaojing, CHEN Zhigang

(State Key Laboratory of Marine Environmental Science,

College of Ocean & Earth Science, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: This paper summarized the internationally general situation of mud crabs (*Scylla* spp.) farming, including cultivation pattern, cultural history, the situation of artificial mass larvae culturing, study progresses of population biology of *S. paramamosain* and its significance in its farming in China, as well as the status and characteristics of China mud crab farming.

Key words: *Scylla*; farming status; cultivation pattern; artificial mass larvae culturing; population biology