

斑节对虾种虾 繁育技术

江世贵 杨丛海 周发林 黄建华 编著

*BANJIE DUIXIA
ZHONGXIA FANYU JISHU*



海洋出版社

斑节对虾种虾 繁育技术

江世贵 杨丛海 周发林 黄建华 编著



海洋出版社

2013年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

斑节对虾种虾繁育技术/江世贵等编著. —北京: 海洋出版社, 2013. 1
ISBN 978 - 7 - 5027 - 7879 - 8

I. ①斑… II. ①江… III. ①对虾科—良种繁育 IV. ①S968.221

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 206058 号

责任编辑: 郑珂 常青青

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 18.75

字数: 378 千字 定价: 50.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

引 言

传统的商业繁殖所用斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 亲体绝大多数为天然海域捕捞的成虾。此时, 雄虾的精荚饱满, 多数情况下雌虾性腺已经开始发育, 纳精囊充满精子, 短暂的适应性驯养后, 经切除眼柄, 3~7 d 内性腺即可成熟并且产卵。因此, 几乎所有的成虾个体均可作为亲虾使用。1988 年, Primavera 系统地总结了传统的斑节对虾亲体培育、性成熟、产卵孵化和繁殖幼体的养殖生物学。1992 年, Bray 和 Lawrence 系统地总结了以凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 为主的多种对虾亲体培育、性成熟、产卵孵化和繁殖幼体的理论和实践操作。这些代表性著作吸收了已有的对虾苗种产业生产所需要的繁殖生物学基础知识, 例如繁殖生态、繁殖力、细胞水平的性腺发育生物学、繁殖行为学、受精生物学、胚胎发育、幼体发育的形态、亲虾和幼体饲料消化生理、摄食生理、控制性腺发育技术等, 为当时的产业发展提供了科学依据。

然而, 1993 年以后, 由于对虾白斑综合征 (white spot syndrome, WSS) 等烈性传染病的流行, 业界提出了人工培养种虾或亲虾的产业发展战略, 严格的疾病控制程序, 严格的遗传管理程序以及对虾品种改良等成为家养驯化的重要操作内容。因为, 全人工养殖状态下, 斑节对虾种虾、亲虾需要有较长的培育时间, 所以, 首先需要在生物安全 (biosecurity) 条件下, 按照一定遗传管理、遗传育种程序和规则, 选择、培养种虾, 然后将其中的优秀个体, 经促熟培育为繁殖用的亲虾 (亲体)。与此同时, 和传统的对虾养殖相似, 需要解决种虾、亲体培养的生态问题、营养要求及饲料技术, 还需解决亲虾在人工养殖环境条件下的内分泌调控机制、调控技术以及种虾、亲虾培育的生物安全技术、设施等基础理论问题和具体的技术开发问题。

20 世纪 90 年代以后, 尤其是在近几年, 许多科学家根据可持续发展养殖渔业战略要求, 针对当前海水池塘养殖存在的问题, 提出了降低投入, 降低土地、水资源、能量、蛋白质、遗传多样性消耗的要求, 创建了崭新的养殖技术及繁育体系。其中包括现代育种技术、生物安全技术、无特定病原亲虾、虾苗培育技术、抗特定病原对虾品系培育、健康养殖循环用水养殖水系统、微生物降解水处理技术、适应集约养殖模式的饵料配制技术 (例如研制环保型饲料) 等方面的研究。尤其在对虾养成系统中, 创建了新的高效养殖系统, Avnimelech(2000)和 Pruder (2004) 开发出“生物安全 -

零交换水”对虾养殖模式及配套体系和生物絮团技术 (bio-floc technology)。制定好的、高效的池塘养殖管理条例,以求最大限度地利用水源,减少养殖池和大环境水交换,彻底切断流行病病原体的传播途径和减少环境胁迫。生物安全-零交换水系统和生物絮团技术的研究结果已经显示可达到如下目标:可以在有限的土地上进行集约式养殖;无需从海湾进行频繁的水交换,限制了水的滥用;节约能耗;防止疫病传播;防止劣质基因外逃造成的基因污染;体现物尽其用的思想和生态养殖的理念,养殖生产的副产物(例如浮游生物和营养要素)得以充分利用。这些理论和技术也为实现全人工繁育技术体系,特别是为种虾培育的高健康发育体系提供了技术储备。

从世界范围来看,包括斑节对虾在内的主要养殖对虾种类的全人工繁殖技术,虽然20年前已经取得很好的进展,但是,由于成本较高、繁殖率低等经济效益方面的原因,多年来,几乎所有的斑节对虾虾苗繁殖场需要的亲虾仍然主要来自捕捞的野生对虾群体。传统对虾繁殖的亲体培育技术,主要是将捕获后的野生亲虾作短时期培育后,即可产卵繁殖。有些种类,例如中国明对虾 (*Farfantepenaeus chinensis*),是我国黄海特有的对虾,具有封闭型纳精囊和特有的繁殖生物学特性。该虾头年秋季交配,雌虾的纳精囊保存精子,第二年春天雌虾产卵前不再蜕皮。雌性亲虾捕获前在天然水域已经完成交配,因此无须再捕获雄性对虾,即使在人工水槽养殖的条件下,雌性的性腺也很容易成熟,雌虾产卵的同时即可受精,而且该虾产卵季节集中,不用切割眼柄,繁殖期集中,在人工条件下也可获得大量高质量的受精卵。但是其他多数养殖种类的对虾,例如日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*)、凡纳滨对虾、斑节对虾,虽然不切除眼柄也可以在人工条件下性成熟和产卵,但是通常群体的产卵期很分散,雌虾的成熟率较低,生产者难以在短期内获得大量受精卵,只有在切割眼柄等促进卵巢成熟的条件下,才能在短时期内获得大批量受精卵。当前,出于经济方面的原因,全球众多对虾养殖场均使用野生捕获的或者使用野生捕获后蓄养的亲虾。但是这样做存在很大的问题和风险。首先是亲体携带病原问题。因为近几年,近海的野生对虾种虾、亲体中均有比较高的病毒携带率。根据我国及日本、泰国等国的科学家调查研究,近几年养殖虾的天然群体中种虾、亲虾的对虾白斑综合征病毒 (white spot syndrome virus, WSSV) 阳性检出率通常为30%~50%,有时甚至更高。传统的育苗工艺培育的虾苗携带病毒率逐年升高。以我国为例,20世纪90年代中期对采用传统育苗工艺的育苗场进行调查,以育苗场为样本单位进行统计,白斑综合征病毒阳性检出率几乎达100%。表明由于种虾、亲体及虾苗携带白斑综合征病毒,养殖阶段的风险大大提高。

目前,应用生物学安全概念发展的精细对虾养殖系统,不仅是为了减轻养殖环境对对虾的胁迫,而且根据这一观念建立的生物安全养殖系统,应用于遗传选择、培育健康虾苗、培育高品质种虾和亲虾,也是今后产业发展的方向。因此,亲虾培育技术的内容,除了常规的亲虾养成及选择技术,亲体性腺成熟、交配的水系统及设施条

件,水环境条件,种虾、亲虾营养等外,特定病原控制技术就成了非常关键的内容。再者,使用野生虾,养殖者不能对养殖虾进行驯化、改良其遗传品质。目前生物安全和遗传改良已经成为产业发展十分迫切的任务,鉴于病毒性疾病对对虾产业的危害以及养殖生物的遗传改良需要,要求人们进行对虾繁殖不再使用捕获野生亲虾,必须改革传统的种虾来源方式,必须在人工养殖条件下,进行培育种虾及亲虾促熟技术的开发。

当前全球的对虾养殖产业不但对无特定病原群体倍加关注,而且许多养殖对虾国家将培育抗病品系以及培育具有优良养殖特性的育种计划也列入了养殖开发计划。目前,只有少数种类的对虾,例如中国明对虾、凡纳滨对虾等重要养殖种类,已经完成产业化的人工可控条件下全人工养殖技术,并且培育对虾种虾、亲体的工艺技术,环境要求,营养要求,控制规模化批量产卵的技术参数已经逐步规范化。同时,日本囊对虾和斑节对虾的全人工繁育体系也已经积累了大量的技术参数及生产工艺,有待实现商业化。

20世纪90年代以后,由于疾病对对虾产业的危害,人们认识到选育优良品种,建立生物安全繁育体系,在可控制条件下养殖对虾亲体,使用在人工条件下培育的优良亲体繁殖培育的虾苗,成为对虾安全养殖的必由之路,也是对虾养殖产业亟待解决的战略问题。建立对虾繁育体系,选择健康的具有优良遗传特性的亲体,保存优良的种质资源,保持有商业价值的重要经济性状,保持遗传多样性,是种虾、亲虾培育的重要技术内容。

虽然20世纪80年代以后,斑节对虾的种虾、亲虾培养技术有了长足的发展,但是由于该虾原产地自然繁殖水域属于温暖海域,尽管每年也有两个相对集中的几个月的繁殖期,可是天然水域的种群繁殖季节很长,几乎全年每个月都有虾产卵。因此,整个种群产卵期不集中造成自然种群对虾的月龄结构复杂,这些特性也是捕捞野生种虾作为亲虾使用时出现产卵质量不高、产卵数量较少的原因。此外,大量使用天然群体也会造成资源日益枯竭。养殖对虾培育成亲体,虽然月龄结构简单,但是需要在人工养殖条件下长期培养,多数情况下由于营养不足及养殖环境不能全面满足种虾、亲虾要求,致使人工养殖的雌性斑节对虾性腺难以成熟,特别是难以在短时期内大批量集中成熟。因此,虽然该虾的全人工养殖在实验室早已完成,但出于经济效益原因,当前商业性育苗需要的种虾、亲体仍然依赖从自然海域捕捞。

基于斑节对虾繁殖生物学的特性及其在对虾养殖产业上的重要性,近年来,在人工养殖条件下大批量养成高健康斑节对虾种虾、亲体的基础研究和应用技术开发受到许多国家的重视,并作为重点内容列入养殖渔业发展规划。

斑节对虾作为一个优良养殖对虾种类,在生物安全养殖条件下进行全人工养殖更有其特殊的意义。众所周知,当前全球对虾养殖产量的提高,很重要的因素是应用了

盐度较低的水环境养殖凡纳滨对虾取得了极大的成功。而具有巨大商业价值的斑节对虾，却因为对虾白斑综合征病毒、黄头病毒（yellow head virus, YHV）和斑节对虾缓慢生长综合征（monodon slow growth syndrome, MSGS）等引发的烈性传染性流行病，商业生产日益萎缩。20世纪末之前，斑节对虾养殖产量占全球对虾养殖产量75%以上，2001年以后，比例逐渐下降。目前，全球经过十多年的研究，对斑节对虾病毒性疾病的病原体及感染途径与发病机制已有相当的了解。例如，野生种虾普遍带有白斑综合征病毒病原体，而且整个养殖环境均充满携带白斑综合征病毒病原者，是使得对虾白斑病随时都有可能暴发的主要原因。就短期而言，如何将已开发的白斑综合征病毒的PCR等检测技术用于避免感染源、生产无特定病原的优质虾苗、保持环境的稳定以及增强斑节对虾的免疫能力，使疾病不致暴发性流行，是目前产业化养殖唯一可采用的方法。国内外的研究报告显示：不但自然水域捕获的亲虾、种虾感染白斑综合征病毒的比例非常高，而且此病毒能经历亲体繁殖生产过程，对幼虾产生获得性垂直感染。因此，为根除该病原危害，发展无特定病原的斑节对虾繁殖、养殖技术，开发可控环境条件下养殖种虾、亲虾培育技术，性腺成熟技术，完成规范化的斑节对虾全人工繁殖技术以取代捕捞野生种虾十分迫切。从长远来说，对虾养殖迫切需要对养殖品种进行驯化，或利用生物技术改良其遗传品质，这样才能解决疾病问题。生物安全和遗传改良的经济效益要求已经十分迫切。发展无特定病原斑节对虾的繁育养殖技术，改进养殖池中种虾的养殖技术、亲虾培育技术以及亲虾催熟技术，完全取代捕捞天然种虾，进而开发遗传育种技术，生产具有抗病能力且易成熟的斑节对虾品种是根本解决斑节对虾疾病问题之道。

全球的对虾育种计划以及无特定病原群体受到人们的关注，其中有关斑节对虾的内容已经在一些国家和地区进行了深入而广泛的研究。

中国是研究斑节对虾繁殖最早的国家。1968年，廖一久首先利用自然群体的斑节对虾亲虾繁殖虾苗获得成功。1977年，陈惠彬应用单侧切眼柄技术促进斑节对虾性腺发育产卵并孵化成功。此后逐步解决了斑节对虾在人工控制条件下大批量个体在短期内性腺成熟、产卵的关键问题，实现了该虾人工培育苗种的商业性生产。20世纪80年代以来至1992年，中国水产科学研究院南海水产研究所、中国水产科学研究院黄海水产研究所、湛江市郊区水产研究所、中山大学、海南水产研究所、厦门水产学院等研究单位和生产单位结合，先后完成斑节对虾的人工繁殖或全人工繁殖研究。利用渔塭养殖的斑节对虾作为种虾，培育成可以产卵的亲虾的研究开始于1984年。1991年，杨小立应用秋天收获的渔塭养殖的斑节对虾，完成生产性繁殖试验，培育雌性亲虾278尾，利用切眼柄技术，90%个体性腺可以被促熟。在40d的培育期内，产卵608尾次，共培育无节幼体11988万尾，仔虾1028.5万尾。林明男等于1989年、陈秀男等于1993年分别对利用渔塭培育种虾、全人工繁殖种虾以及种虾培育的

饲料作了比较深入的研究,取得一定进展。

笔者经过近几年的系统开发研究以及对我国以往斑节对虾繁殖研究的成果进行整合,完成了预定的目标:建立了生产无白斑综合征病毒等对虾病原的健康苗种的技术体系;构建了斑节对虾种虾生物安全养殖系统,确立了无白斑综合征病毒等对虾病原的健康斑节对虾繁殖模式;解决了人工养殖获得批量大规格的斑节对虾亲虾以及催熟等关键技术问题,初步开发形成了斑节对虾繁育体系。

本书系统总结了国内外斑节对虾种虾、亲虾培育的研究进展、生产经验以及笔者近几年的研究成果,包括在人工养殖条件下大批量养成种虾、亲虾的关键技术,希望能促进斑节对虾养殖产业的发展,并希望在今后几年的研究中,在技术上不断完善,形成规范性的操作技术并推广应用。

本书在编写和出版过程中得到了许多同志的热情帮助和鼓励,在此表示深切的感谢!

由于编者水平有限,同时编写时间也比较仓促,书中难免存在不足之处,敬请各位专家同行不吝赐教。

编著者

2010年12月

目 次

第 1 章 斑节对虾产业发展及市场背景	(1)
1.1 全球虾类养殖状况	(1)
1.2 斑节对虾养殖生产的发展趋势:建立高健康繁育体系	(3)
第 2 章 斑节对虾种虾、亲虾培育生物学	(5)
2.1 斑节对虾亲虾性腺发育	(6)
2.2 雌性对虾性成熟的内分泌调控	(17)
2.3 斑节对虾繁育的营养要求	(32)
2.4 斑节对虾繁殖群体及繁殖特性	(78)
2.5 斑节对虾种虾、亲虾培育	(109)
第 3 章 高健康繁育体系的基础理论	(123)
3.1 斑节对虾繁殖的生物安全及疾病预防理论:建立生物安全观念, 保障繁育体系的可持续性	(124)
3.2 斑节对虾健康繁育体系及遗传管理	(131)
3.3 斑节对虾种虾健康养殖的有限水交换系统的管理原理及营养保障	(144)
第 4 章 斑节对虾种虾养成健康管理及实践	(165)
4.1 斑节对虾种虾养成的生物安全健康管理:仔虾发育为亚成虾的养殖	(166)
4.2 斑节对虾种虾养成的生物安全健康管理:由亚成虾养殖至成虾	(188)
4.3 斑节对虾亲虾培养技术及管理	(198)
第 5 章 生物安全状态下斑节对虾的幼体培育技术	(207)
5.1 育苗场地的选择与基本设施	(208)
5.2 建立 HACCP 管理体系和生物安全管理操作	(213)
5.3 斑节对虾幼体的营养与饵料管理	(217)

斑节对虾种虾繁育技术

5.4 幼体培育的水环境管理	(220)
5.5 培育幼体、虾苗操作.....	(224)
5.6 幼体健康状况管理	(231)
第6章 种虾培育过程中的病原、疾病与诊断	(235)
6.1 对虾病原及疾病的前期诊断程序	(236)
6.2 斑节对虾白斑综合征病毒病的诊断	(242)
参考文献	(255)

第1章 斑节对虾产业发展及市场背景

1.1 全球虾类养殖状况

全球虾类养殖发展迅速,全球养殖对虾的面积估计为170万 hm^2 以上,2006年全球养殖对虾总产量约250万t以上,其中亚洲地区的产量约占90%。如此大的养殖产量,却集中在凡纳滨对虾和斑节对虾两个品种,凡纳滨对虾约占70%以上,斑节对虾占20%~25%。近几年来,凡纳滨对虾产量得到进一步上升,斑节对虾产量基本维持在50万~70万吨。

根据《中国渔业统计年鉴2010》统计,2009年我国海水对虾养殖产量总计796479t,其中,凡纳滨对虾580843t,斑节对虾60210t,中国明对虾44388t,日本囊对虾50407t。合计海水、淡水养殖对虾产量约为1333778t。其中凡纳滨对虾约为1118142t,占83.8%,斑节对虾占4.5%,中国明对虾占3.3%,日本囊对虾占3.8%。

近几年我国养殖对虾虽然在产量统计上为世界首位,但是出口虾在国际市场的地位并不利。世界虾进口国家和地区集中在美国、日本、欧洲。根据《Infofish》杂志报道,2007年在进入美国虾市场的国家和地区中,我国输入的对虾总量处于第二位(第一位是泰国),进口值却是第四位。在日本进口虾市场,少量进口鲜活虾主要是从中国进口,而占进口虾量80%以上的冻虾,包括带头虾、无头虾、带壳虾、去皮带尾虾以及熟食虾等,我国的输出量处于第三位。其主要原因是价值较高的个体大的对虾,例如冻斑节对虾,主要来源于亚洲的印度尼西亚、越南、印度和泰国。

上述现象说明我国虾出口和亚洲其他主要产虾国家比较,在出口贸易上处于下风。我国的对虾出口受限的重要原因是美国的反倾销政策。我国出口产品以凡纳滨对虾为主,过度追求降低养殖成本,产品个体较小、质量较差也是重要原因。

由于对虾产量大幅度上升,大量淡水养殖凡纳滨对虾,致使对虾质量下降,国内对虾市场价格总体上呈下降趋势。例如,海南省养殖的规格为80尾/kg的凡纳滨对虾,2000年出池价格为70元/kg,2002年为32元/kg,2003年为20元/kg,2004年为16

元/kg。国内虾价下滑原因是多方面的，例如生产者只重视产量不重视质量；养殖品种主要是质量较差的凡纳滨对虾；受白斑病的影响提早收虾，对虾个体小；产量快速增长，货源过剩；出口受限等。

斑节对虾不但是亚洲传统的养殖虾种，也是全世界的重要优秀养殖虾种。虽然该虾种的养殖生物学参数十分优秀，然而近十年来，全球以及我国的斑节对虾养殖产量却停滞不前。其主要原因是受到对虾白斑综合征及亲虾依赖于野生捕捞两个因素的制约。凡纳滨对虾对白斑综合征病原抵抗力较强，适应的盐度广泛，对饲料蛋白质含量要求较低，是虾农放弃养殖斑节对虾的重要原因。斑节对虾生长速度快，体形大，肉质好，市场价格优于凡纳滨对虾，如果在技术上解决了上述两大问题，增加斑节对虾产量，可能对提升我国养殖对虾的质量和产值有重要作用。不但可以占据市场获取外汇，而且可以极大地提高我国对虾产品质量，以满足不同消费者的需求。

联合国粮食和农业组织（FAO）等有关机构为了唤起大家对斑节对虾养殖的重视，2005年出版文献“Cultured aquatic species information programme *Penaeus monodon*”，论述了该虾的生物特征、生产概况、产业历史背景、主要生产国、生物栖息地和生产周期、生产系统疾病管理、生产统计、贸易市场、负责养殖实践等内容。

该文献认为斑节对虾生长快且肉质优良，价格很高，但货源比较缺乏。目前，斑节对虾主要依靠野生种虾大规模繁殖苗种。该种对虾比凡纳滨对虾容易发生白斑综合征病毒病，为了控制疾病，需要精细管理和投入一定成本。通常养殖斑节对虾比养殖凡纳滨对虾成本提高1/3，但是前者的市场销售价却比后者高出1~2倍。国际上普遍认为斑节对虾生产成本较高，生产成本取决于场地、季节、生产规模、水管理系统（例如水交换方式）以及疾病等一些影响产量养殖的其他问题。对于苗种生产的操作成本，通常每万尾苗是25美元。联合国粮食和农业组织统计的斑节对虾养成阶段的生产成本见表1-1。

表1-1 斑节对虾养成阶段的生产成本（FAO，2005）

单位：美元/kg

开支项目	粗养	半精养	精养
虾苗	0.53	0.58	0.59
饲料	—	1.41	2.02
劳力	0.85	0.20	0.19
电力或动力油	0.21	0.36	0.33
化学药剂、原料和供应材料	0.16	0.18	0.26
企业一般管理费	—	0.13	0.37
折旧	0.20	0.66	0.52
总计	1.95	3.52	4.28

由于我国、越南、印度等国采用粗放式、半精养方式养殖斑节对虾，饲料及劳力成本较低，养成成本较低，总生产成本大约只有2.0~2.5美元/kg。

养殖斑节对虾产品的国际市场价格虽然略有下降，但仍然维持在较高水平。在贸易金额上，斑节对虾是亚洲极为重要的水产养殖产品。日本的C&F市场，主要需求是大的无头虾（16/20级别），多来源于印度尼西亚、印度、越南的粗养池和半精养池，2001—2004年这类虾价为9~14美元/kg。美国市场主要需求小规格的无头虾（21/25级别，带皮的和去皮的两个规格），主要来源于泰国、印度的精养池。在同期的日本C&F市场，这类虾价格为7~13美元/kg。欧洲市场主要需求小型带头虾（31/40级别），多来源于东南亚精养池。该规格的虾在2001—2004年，日本C&F市场的价格为4.7~9.0美元/kg（FAO，2005）。

近几年，虽然斑节对虾国际市场价格仍然维持在较高水平，但是全球的斑节对虾养殖产量却维持在50万~70万t。

1.2 斑节对虾养殖生产的发展趋势：建立高健康繁育体系

目前全球斑节对虾养殖亟需研究解决的主要问题是发展经济可行的人工条件下种虾培育及驯养技术。进行类似于当前凡纳滨对虾无特定病原的种虾培育是所有对虾养殖研究者的首要任务。需要开发的技术核心内容包括：有效预防和处理病毒的技术；满足种虾养殖的环境友好型饵料；低成本的长期养殖系统等。

由于疾病、亲虾的不足以及市场竞争、贸易壁垒等问题，斑节对虾养殖生产并未像原来设想的那样快速发展。许多原先养殖斑节对虾的养殖场为利润驱使改为养殖凡纳滨对虾，因为后者的种虾驯化更容易，烈性传染疾病也少一些，特别是该虾适宜水较淡的池塘养殖，养殖凡纳滨对虾更易获得利润。以往斑节对虾是市场上最优秀的养殖甲壳类，在亚洲许多国家斑节对虾的养殖有了较大发展。当时由于缺少竞争以及日本市场强有力的需求，市场价格一直很好，直到如今全球约60万t的年产量。2001—2004年以后全球的凡纳滨对虾产量大幅度上升，同时也导致斑节对虾产值下降。

为了斑节对虾养殖今后能够长期平稳持续增长，应用原有的传统繁殖、养殖系统已难以解决在国内本地消费虾价格较低的问题。与畜牧养鸡业发展以及鲑鱼养殖系统相似，只有降低养殖成本、提高成活率、提高产品质量，才有竞争力。目前在亚洲选择养殖斑节对虾，至少在质量、市场价格上，还是有很大的出口竞争力。

近几年，由于考虑到预防疾病和对生物多样性的保护，在发展育种驯化、减少野生苗和野生种虾的应用方面，已经取得很大的进步，并接受了FAO制定的负责任养殖行为规范（COC）、好的养殖操作（GAP）法规等。未来斑节对虾养殖预计还有很大的发展余地。建立我国斑节对虾高健康繁育体系，发展优质对虾养殖，提高我国对

虾出口竞争力，势在必行。

1) 为什么要建立高健康繁育体系

从全球范围来看，尽管对虾养殖及相关产业每年为全球带来上百亿美元的经济效益，但是高健康对虾繁育体系最近几年才受到人们关注。例如美国在创立凡纳滨对虾繁育体系取得的成果，不但使创立者受惠，而且对世界养虾业产生了很大影响。建立每个地区的对虾繁育体系越来越受到人们的重视。我国作为对虾养殖的主要国家，产量多年来处于世界首位，但是缺乏现代养殖核心技术、创新技术，其中包括繁育体系不完善，这也是造成我国对虾产品质量不高的重要原因。

和其他养殖动物一样，对虾开始家养驯化后必然出现两个过程，即需要实现人工繁殖以及在保种、留种的同时，发生有意或无意的遗传选择。虽然家养对虾的繁殖和育种是两个不同的生产过程，但是对虾养殖繁育体系是一个完整的系统。在这个系统内繁殖是育种工作的一个部分，育种必须通过繁殖来实现和完成既定的目标，即在对虾繁殖过程中对种虾、亲虾进行选择 and 培育。通过人工控制对虾繁殖过程，实现对虾育种目标。对虾繁殖育种体系的研究和构建，对对虾业健康、持续发展意义深远。

2) 我国已具备建立斑节对虾高健康繁育体系的条件

我国对虾养殖已经成为一个完整的配套生产行业，年产量超过 100 万 t，其中斑节对虾的产量在逐年缓慢增加。我国对虾养殖品种、养殖模式的多样化，可适应在各种地区环境和经济状况条件下养殖。我国沿海地处温带、亚热带、热带，具有适宜许多优良养殖对虾种类的养殖区，目前世界公认的适宜养殖的对虾优良种类例如斑节对虾、中国明对虾、日本囊对虾、刀额新对虾 (*Metapenaeus ensis*)、凡纳滨对虾等，我国均具备养殖条件。其中斑节对虾不但可以在长江以南养殖，而且在我国北方某些地区也可进行商业性养殖，例如近几年山东地区就有少量养殖，并已取得一定效益。

我国农业及水产业的发展历来重视“种子”工作，农业部将“种养殖业良种体系”作为农业建设七大体系之首。我国在水产养殖良种繁育方面具有丰富的经验，并取得了巨大成绩，比如在中国明对虾繁育技术良种选育方面就积累了很多成功经验。近几年完成的斑节对虾规模化全人工繁殖，已经掌握了人工驯化、培育斑节对虾种虾、亲虾的关键技术，这是建立高健康繁育体系很重要的技术支撑。

第2章 斑节对虾种虾、 亲虾培育生物学

斑节对虾不但是亚洲传统的养殖虾种，也是全世界重要的优秀养殖虾种。它是养殖对虾类中体形最大、经济价值最高的一种对虾。该虾个体巨大，身体有带状条纹，因此英文名称为“Giant Tiger Shrimp（巨大虎虾）”，我国台湾地区称其为“草虾”。根据捕捞记录，斑节对虾的天然栖息地分布在 30°E — 155°E ， 35°N — 35°S 的印度洋—太平洋广大沿岸海域，它们的天然繁殖地集中在 20°N — 20°S 的温暖水域，例如印度尼西亚、巴基斯坦、印度、斯里兰卡、马来西亚、新加坡、泰国、越南、中国、菲律宾、巴布亚新几内亚、斐济、澳大利亚、非洲东岸、红海、马达加斯加和毛里求斯等地。

斑节对虾对水域环境变化具有较强的适应能力，虽然成虾需要在近岸正常盐度的海域产卵以及完成随后的幼体发育阶段，但是长成仔虾以后却可以在盐度较低的水域生活。养殖阶段的斑节对虾，也就是从仔虾至亚成虾，可以适应的盐度非常广泛。Cheng和Liao于1986年研究发现，幼虾血淋巴的可调节渗透压为 $103 \sim 1480 \text{ mOsm/kg}$ ，这说明幼虾具有高效的渗透压调节能力。体长8 cm左右的幼虾甚至可在盐度为0.55的低盐度水域养殖（臧维玲等，2001）。幼虾分布在浅海近岸索饵，有些进入河口索饵。斑节对虾的饵料十分广泛，包括甲壳类、软体动物、多毛类等小型底栖动物。另外，它们也少量摄食浮游生物、植物性物质碎屑等。

斑节对虾是个体最大的一种对虾，有记录报道最大个体的体长为350 mm（也有人报道个体体长达到363 mm）、体质量为500 g。它也是生长速度最快的虾种。据刘瑞玉1988年报道，我国南海野生斑节对虾种群，仔虾生长1个月体长达45 mm，体质量为0.8 g；2个月体长达79 mm，体质量为4.3 g；6个月体长达160 mm，体质量为50 g；1年体长达240 mm；体质量达100 g。在养殖条件下，同样可以获得较快生长，例如，廖一久于1977年报道，在养殖量为 15 尾/m^2 ，放养体质量为0.82 g（仔虾后40 d）的斑节对虾，养殖75 d平均体质量达25 g，养殖136 d平均体质量为44 g（体质量为10~83 g），每旬生长3 g以上。天然水域斑节对虾雌性成熟生殖群体的体长为300~350 mm，体质量为350~400 g，由此可以认为，实际上雌性对虾终生均在

快速生长。

Primavera 于 1988 年研究发现, 斑节对虾雌虾比雄虾大, 成虾雌虾的平均体长显著大于雄虾的平均体长。在野生状态下, 雄性成熟具有精荚的最小个体头胸甲长为 37 mm, 体质量约为 35 g。雌性成熟的最小个体头胸甲长为 47 mm, 体质量约为 67.7 g (Motoh, 1981)。雌虾怀卵量或产卵量因情况不同而有变化, 通常野生斑节对虾的产卵量为 248 000 ~ 811 000 粒/ (尾·次)。因此, 它也是繁殖力最大的对虾种类。

斑节对虾为雌雄异体, 异性繁殖。成虾具有明显不同的外性器官特征。雌虾具有 1 个前板和 2 个侧板构成的封闭型纳精囊, 贮藏交配后的精荚。纳精囊位于第四对和第五对步足之间的腹部, 生殖孔位于第三步足的基节。雄虾具有第一对游泳足内肢特化形成的交接器, 第二游泳足内侧有小型附属雄性附肢, 精荚排出口位于第五对步足基节。

雄虾的内部繁殖器官包括 1 对精巢和输精管。输精管终端为壶腹, 精巢位于心脏背面直到肝胰腺区域。精巢为半透明, 每侧由 6 个叶片组成, 每一个叶片内侧一边与输精管相连。输精管由四部分组成, 分别是短窄的近端输精管, 增厚比较大的中段输精管, 相对较长而狭窄的末梢输精管以及附属的壶腹。末端的壶腹包含精包, 并在第五对步足基节具排出孔。游离的精子为圆球状, 约为 30 μm , 具有 1 个棘突。

雌虾的内部生殖器官包括成对的卵巢及输卵管。1 对卵巢为两侧对称, 有部分融合, 沿着虾体伸延。前部的叶片包位于食管部位, 侧叶占据胃区心脏部位, 直到后面的肝胰腺区, 腹部的卵巢叶片沿着背部直到后肠背腹动脉处。输卵管由侧叶的第六叶伸出, 伸延到第三步足基节的排卵孔。

在天然水域, 斑节对虾成虾通常需要进入近海较深水域才能完成性腺成熟。分布区往往在 110 ~ 162 m 的泥质或沙质海底 (Motoh, 1981)。尤其是雌性对虾, 由于养殖的环境、饲料营养和天然环境、饵料的差异, 在人工养殖条件下其性成熟条件往往不易满足, 因此, 商业性养殖培育苗种需要的亲体性腺成熟发育, 主要依赖切除对虾眼柄的技术手段。

2.1 斑节对虾亲虾性腺发育

在人工控制条件下培育斑节对虾亲体, 绝大多数情况是雄性对虾的性腺容易成熟, 也就是说, 即使在一般的养殖条件下, 雄性性腺也可以成熟, 并且精荚质量及精子数量基本上可以满足卵子受精的要求。但是雌性对虾性腺成熟困难, 因此, 在雌性对虾内分泌调控机制方面的研究较多。

Panouse 于 1943 年首先认识到, 通过切除眼柄可以导致甲壳类性腺非季节性增大成熟和再次成熟。Adiyodi 等人于 1970 年发现, 甲壳类眼柄中存在一种卵巢抑制激素, 并且证实采用人工切除长臂虾眼柄, 可以促进雌虾卵巢发育。对斑节对虾应用切

眼柄技术促进性腺发育开始于1975年。之后，切眼柄技术开始应用于斑节对虾全人工培育的研究。其中具有代表性的工作有：1977年 Aquacop 在法属塔希堤完成斑节对虾的全人工繁殖；1978年 Primavera 主要应用切眼柄技术，完成对5月龄斑节对虾性腺促熟产卵。1980年以后全世界许多实验室逐步对切眼柄技术进行完善，形成对虾在人工条件下繁殖的规范性操作 (Bray and Lawrence, 1992)。1983年以后，许多地区由于进口性腺成熟的斑节对虾亲虾受到很大限制，开始从自然群体获取成虾或半成虾，在人工控制的池塘或水槽培育种虾和亲虾。利用切眼柄技术成为关键性的操作，并且通过应用鲜活饲料保证亲体营养和控制环境条件相结合等性腺促熟技术，斑节对虾繁殖在少数地区实现规模化生产。

控制斑节对虾繁殖的性腺发育以及性行为的内在原因是内分泌的生理作用。然而，由于对虾调控繁殖激素的多样性以及人们对甲壳类的内分泌还没有足够的认识，至今，在对虾养殖产业规模化繁殖中，使用人工养殖的亲虾进行繁殖，实用的、人为的激素调控技术仍仅限于切除眼柄诱导对虾卵巢发育和产卵。切除眼柄基本上成为大多数对虾有效地促使性腺发育成熟的手段。多数人认为，由于对虾眼柄内的窦腺 - X - 器官复合体 (Sinus Gland - X - Organ, SG - XO) 分泌多种激素，因此，切除眼柄肯定会影响到各种激素分泌对正常生理活动的平衡。虽然该手术刺激了性腺增长，但这种方法副作用也很明显。亲虾切除眼柄后因失去或减少性腺抑制激素的控制，卵巢在促进性腺发育有关激素的刺激下，持续一次又一次成熟，不断产卵，卵巢得不到必要的营养补充，导致卵的质量越来越差，直至衰竭。切除眼柄破坏了卵巢发育的正常生理机制，卵母细胞在卵巢中难以积聚足够的卵黄，卵子成熟质量差。事实上许多对虾育苗场常遇到亲虾后几批所产的卵质量较差、孵化率普遍较低或所培育苗的健康程度较差等情况。切眼柄增加了对虾产卵频率，但是产卵量不大，而且随着时间延长，产卵量逐次下降。单纯应用切眼柄技术尚存在如下一些问题：切眼柄的雌虾和没有切眼柄的虾比较，蜕皮周期缩短；由于手术的熟练程度不够，往往对雌虾造成损伤，造成雌虾死亡率高；某些情况下，切眼柄的对虾产的卵孵化率不高或延迟，增加了对疾病的易感染性，也对随后的养殖产量产生影响。大量的实例证明，由于切眼柄而导致卵巢快速发育，似乎与饵料无关。然而在自然界，卵巢虽然可达对虾体质量的10%，但是对虾的营养首先是供应机体的代谢，第二是生长，第三才是繁殖。切眼柄后卵巢的增长并不顾及营养平衡，也不顾及卵子是否受精 (Bray and Lawrence, 1992)。因此，全面研究对虾的生殖系统内分泌调控机制，弄清卵母细胞发育的生理过程、卵黄发生和积累的内在机理，内分泌系统在这一发育过程中所起的调控作用及其与营养条件、外界环境因素的相互影响和作用机制（例如，饵料因素影响到卵子孵化率和对虾产卵率，温度、盐度也是影响内分泌正常发挥作用的重要因子）才能真正达到人工控制亲虾成熟的目的，从而避免使用切除眼柄等损害亲虾生理、组织的方法。