

海水安全优质养殖技术丛书

目 录

CONTENTS

第一章 海水安全、优质养殖技术概论	1
一、海水养殖的质量和生产现状	1
二、实施海水安全、优质养殖的必要性	4
三、海水安全、优质养殖的主要技术特点	6
四、饲料投喂技术	9
五、渔用药物使用技术	10
六、对虾养殖的发展前景	11
第二章 中国明对虾的安全、优质养殖技术	14
一、中国明对虾的生态习性	14
二、中国明对虾工厂化育苗技术	30
三、中国明对虾安全、优质养殖技术	67
第三章 凡纳滨对虾的安全、优质养殖技术	110
一、凡纳滨对虾的生物学	110
二、凡纳滨对虾的苗种生产	115
三、凡纳滨对虾的养殖	121
第四章 日本囊对虾工厂化育苗技术	138
一、日本囊对虾的生态习性	138
二、日本囊对虾的苗种生产	140

三、日本囊对虾的安全、优质养殖技术	144
第五章 斑节对虾安全、优质养殖技术	148
一、斑节对虾的生态习性	148
二、斑节对虾的苗种生产	150
三、斑节对虾安全、优质养殖技术	157
第六章 三疣梭子蟹安全、优质养殖技术	164
一、分类地位及地理分布	164
二、生物学特性	166
三、生态习性	168
四、三疣梭子蟹的苗种生产	176
五、三疣梭子蟹的成蟹养殖	193
六、三疣梭子蟹的活运技术	204
第七章 锯缘青蟹安全、优质养殖技术	206
一、分类地位及地理分布	207
二、生物学特性	207
三、锯缘青蟹的生态习性	213
四、锯缘青蟹的苗种生产	228
五、锯缘青蟹养成技术	244
第八章 日本蟳的养殖技术	288
一、生物学特性	288
二、生态习性	289
三、繁殖习性	294
四、苗种生产	296
五、成蟹养殖	310

一、海水养殖的质量和生产现状

1. 我国的海水养殖生产现状

我国的海水养殖业起步较早,从 20 世纪 50 年代的海带养殖开始,到后来的对虾养殖、扇贝养殖、海参养殖、鲍鱼养殖、海洋鱼类养殖,我国的海水养殖业历经辉煌。2006 年,中国的水产养殖总产量达到 3 594 万吨,养殖面积 779 万公顷,海水养殖总产量占全国水产品总产量的 68%,居世界首位。2006 年中国水产品进出口贸易达 136.6 亿美元,水产品出口量为 301 万吨,出口额 93.6 亿美元。目前,中国已形成出口规模的海水养殖品种达 10 多种,其中对虾的年出口额达到 8 亿美元以上,是最重要的出口水产品之一。中国海藻养殖和对虾养殖的巨大成功,奠定了我国海水养殖在世界养殖业中的领先地位。

在经历了 20 多年的高速增长后,海水养殖业也呈现出了许多负面问题。尤其是在对虾养殖经历了大起大落之后,养殖环境的可持续性和养殖产品的安全性引起了许多专家学者的忧虑。在此背景下,我国海水养殖界在 20 世纪 90 年代率先提出了安全、优质养殖的概念。现代海水养殖业并不是一个简单的技术问题,而是一项复杂的系统工程。近 10 年来,我国养殖科技工作者正在将生物技术、生态工程、信息工程技术、新材料技术的研究工作融入其中,以实现海水养殖业由传统走向现代的飞跃。目前,在优质养殖品种培育、动物营养需求和全价饲料配

方技术等方面取得的成果,已经在生产中应用。健康的海水养殖业十分重视养殖过程的安全,强调“防患于未然”。目前,我国海水养殖业在养殖过程中还存在着许多不符合安全、优质养殖理念的问题,需要解决。

(1)我国现有的养殖设施条件还不够完善,机械化、自动化程度不够高,大多数养殖厂的水处理设备落后,基本为流水式开放系统。

(2)目前我国海水养殖中,投喂天然饵料及人工粗配制的饲料还比较广泛,饲料利用率低,浪费严重。天然饲料极易传染疾病病原,饲料来源不稳定,最终造成养殖环境底质老化、水质污染。

(3)我国水产业管理还比较落后,各地为了局部利益,盲目追求高产,超量使用养殖资源的现象还很严重;环境控制手段落后,水产药物使用混乱,某些水产品药物残留问题严重;疫苗开发落后,没有完善的防疫系统;大多数养殖品种的营养及饲料研究薄弱,名优水产品养殖的抗逆品种选育工作还刚刚开始。

(4)国外发达国家的水产业把水产养殖与环境保护紧密结合起来,注重人类生存环境与水产养殖的协调,早已形成安全、优质养殖意识,并且在这方面的研究工作起步也很早。我国的水产业普遍还处于粗放型养殖状态,养殖户的素质普遍还比较低,不注重养殖技术的提高,环保意识不够,安全、优质养殖的概念得不到体现,养殖健康管理亟待认识和普及。

2. 我国的水产品质量现况

作为世界第一的养殖大国,在养殖水产品总量连年位居世界第一的同时,水产品质量却不容乐观。

由于长期的落后观念和落后生产方式的影响,有些养殖和加工企业片面追求产量和短期利益,超量或违禁使用抗生素、激素、添加剂等,水产品安全问题突出,极大地影响了水产养殖业的商誉。不仅出口常因微生物超标及使用禁用的抗生素而被拒收,国内市场也频频出现问题。使用过量添加剂、药物残留超

标、微生物超标等问题,极大地影响我国养殖水产品在市场上的声誉。

2000年,欧盟通过决议,将我国列入了允许向欧盟出口水产品的一类国家名单。但当时虽然我国有5 000多家水产品加工企业,但符合出口卫生标准的企业只有159家。近年来,经过综合治理,情况已经大有好转。但是在我国进入WTO后,国际市场上针对中国强大的生产能力,利用绿色壁垒限制我国水产品出口的国家和经济体越来越多,我国的水产品质量安全面临着更大的挑战。出口欧美的水产品屡屡受阻,产品的质量和安全性问题成为影响出口的主要障碍。

在内销方面,由于媒体的介入,“大菱鲆事件”、“福寿螺事件”等个案都在一定时期内打击了消费者的消费信心,殃及整个水产养殖业,使一些正规的生产经营单位也陷入困境,无力为继。

“十五”期间国家就水产品质量问题出台了一系列的相关政策和认证制度,我国水产品质量安全水平有了较大幅度的提升,水产品大宗品种(主要是鲜冻鱼、虾、蟹、贝)的抽检合格率不断提高,特别是养殖水产品滥用药物的现象得到了有效的控制。2007年4月11日,农业部新闻办公室发布了2007年一季度农业部组织有关质检机构对全国22城市水产品中氯霉素和孔雀石绿污染进行的第一次例行监测结果,水产品中氯霉素污染监测合格率为99.8%,在中国出口水产品的质量水平不断提高的前提下,养殖水产品出口量也不断扩大。但是,国际市场上的质量标准有越来越严格的趋势,我们的生产体制和技术力量都面临重大挑战。

当前市场准入、食品安全、技术标准等诸多深层次问题有待解决。如何构建一个既有利于养殖者、又有利于消费者,既有利于满足多样性消费需求、又有利于保障世界粮食安全,既有利于资源环境保护、又可可持续发展的海水养殖生产体系,是我们所有海水养殖从业者面临的重要课题。



二、实施海水安全、优质养殖的必要性

20 世纪 90 年代中后期以来,国际上安全、优质养殖的研究内容,主要涉及养殖生态环境的保护与修复,养殖动物疫病防治,绿色药物研发,优质饲料配制,养殖产品质量安全等领域。

安全、优质养殖以保护动物健康、保护人类健康、生产安全营养的水产品为目的,最终以无公害养殖业的生产为结果,安全、优质养殖生产的产品首先必须被社会接受,是质量安全可靠、无公害的产品;安全、优质养殖是具有较高经济效益的生产模式;安全、优质养殖对于资源的开发利用应该是良性的,其生产模式应该是可持续的,对于环境的影响是有限的,体现了现代海水养殖业的经济、生态和社会效益的高度统一,即三大效益并重。安全、优质养殖生态管理的基本原理,包括养殖环境的管理,组合因子的结合管理,加强对能引起养殖生物“应激反应”的生态因子的监控,合理的养殖密度、合理营养的管理和有效的疫病防控。安全、优质养殖是一种新型养殖概念,相对于传统的养殖技术与管理,它包含了更广泛的内容,不但要求有健康的养殖产品,以保证人类食品安全,而且养殖生态环境应符合养殖品种的生态学要求,养殖品种应保持相对稳定的种质特性。

据专家预测,人类对水产品的消费量在今后 15~20 年内将增加 50%~60%。但我国的养殖模式大多数仍为传统的养殖模式,随着养殖业的进一步发展,这种养殖模式的弊端也日益表现出来,已经远远不适应我国水产养殖发展的要求,主要表现在:传统养殖方式虽可以通过增加养殖面积来增加养殖总量,但养殖效益已明显下降,水产品质量降低;养殖营养物的外排、化学药物的使用,造成水体自身污染、环境恶化;主要养殖品种病情严重且呈暴发性流行;在海水养殖业中,由于人为对滩涂和养殖海域的破坏,造成大面积赤潮,使沿岸生态环境严重恶化,水

域生物多样性减少等。渤海湾是我国对虾养殖产区,近年来,由于高密度的养殖造成养殖水体破坏,水体日益富营养化,赤潮发生频率升高,生态环境恶化,造成对虾和贝类养殖业的严重衰退。20世纪90年代初期,在全国暴发的对虾流行病是给人们敲响的警钟。

在产品的销售领域,随着人们生活水平的提高,对水产品的品质要求也越来越高。水产品的安全问题已经是消费者选择水产品首先要考虑的问题了。味美、营养、安全,这是消费者对养殖水产品的基本要求。消费者更进一步的要求是水产品在养殖和加工过程中符合健康无公害的理念,要求有关认证。在欧盟,动物福利也被作为水产品市场准入的一个重要标准提了出来。2006年水产品出口贸易中,存在的主要问题依然是个别药物残留超标。2006年3月和7月,美国FDA和加拿大先后两次通报我国水产品中检出氯霉素、硝基呋喃类等禁用药物,为此美国FDA9月份派员首次对我国水产品药残监控体系进行了检查。2006年6月输日鳊鱼中被检出含有农药硫丹,经追查,兽药厂生产的渔药中就含有硫丹。近年来出现的出口虾仁氯霉素超标事件,给我国水产品的出口造成重大损失,几乎影响到出口欧盟的所有海产品。而大菱鲆药物超标问题也经媒体渲染后,极大地影响到了公众的消费心理,一度几乎毁了整个大菱鲆养殖业,造成成千上万的从业人员陷入经济困境,甚至波及到整个海水养殖产品。由于以上种种弊端的存在,水产品的卫生安全问题已成为目前水产业所面临的严重问题,我国目前还只是“养殖大国”,而非“养殖强国”。

要完成我国从“养殖大国”向“养殖强国”的转变,确保我国海水养殖业在世界水产品市场上的霸主地位,首先必须转变传统的养殖观念。要大力宣传和提倡安全、优质养殖和无公害养殖,致力探索新的养殖模式、研究新养殖技术和方法。要生产出优质的水产品,从根本上解决水产品质量安全问题,在市场上赢得消费者的信任,获得很好的经济效益。必须尽快地按照安全、

优质养殖的理念建立和完善我们的养殖系统,推行有效的技术措施,减轻养殖环境压力,保持养殖环境健康安全,维系水产养殖业的可持续发展。

三、海水安全、优质养殖的主要技术特点

海水安全、优质养殖目的是,使养殖行为更加符合客观规律。养殖专家认为,“安全、优质养殖是指根据养殖对象的生物学特性,运用生态学、营养学原理来指导生产,为养殖对象营造一个良好的、有利于快速生长的生态环境,提供充足的全价营养饲料,使其生长发育期间最大限度地减少疾病发生,使养成的食用商品无污染,个体健康,产品营养丰富与天然鲜品相当;并对养殖环境无污染,实现养殖生态体系平衡、人与自然和谐”。

安全、优质养殖概念有其空间性、时间性、指向性和可操作性。根据这“四性”特征,安全、优质养殖的概念可以用系统论的方法加以描述,“应用自然科学的基本原理,对特定的养殖系统进行有效控制,保持系统内外物质、能量流动的良性循环、养殖对象正常生长、产品符合人类的需要的养殖综合技术”。

本概念的空间性(范围)指特定的养殖系统及其所处的大环境;时间性指该系统随着人的生产行为的开始而存在,生产行为的结束而消失;指向性指“健康”相对于养殖系统的生态安全性、养殖对象的健康生长和人对养殖产品的健康需求而言;可操作性指各种形式的技术投入,包括物化技术(如机械设备、优良种质、配合饲料、药物及添加剂等),生产技能、技巧、经验(如疫病防治技术等),软技术(组织管理方式、方法、措施)等。

安全、优质养殖应纳入“系统”加以理解,系统包括养殖设施、养殖品种、养殖环境。安全、优质养殖是一个动态的概念,其内涵与外延随社会的发展、科技的进步、人类对健康需求的不断变化而变化。就目前而言,安全、优质养殖的健康性,至少包括

生态平衡、资源优化、动物健康、产品绿色 4 个层面,要正确引导是发展安全、优质养殖亟须解决的问题。

在国际上,水产安全、优质养殖的研究,主要涉及现行不同养殖方式的环境影响评估;养殖系统内的水质调控技术;病害的生物防治技术;水生生物的遗传多样性保护和水产养殖中的优质饲料技术等领域。

20 世纪 90 年代初期,在亚洲开发银行的支持下,亚太水产养殖网(NACA)组织实施了亚洲现行主要养殖方式的环境评估项目,对亚洲的水产养殖可持续发展研究提出了建议。澳大利亚著名微生物学家莫利亚蒂博士在养殖系统内部的微生物生态学方面进行了长期的研究,提出了利用微生物生态技术控制养殖病害的可行性及其对养殖可持续发展的重要意义。美国奥本大学在养殖系统内部的水质调控技术方面进行了大量的研究,并且形成了较为成熟的技术。日本是海水养殖比较发达的国家,20 世纪 80 年代以来,养殖环境的困扰使他们加强了这方面的研究,特别是网箱养殖的残饵粪便形成堆积物的处理方法,直至最近仍是研究热点。同时也对湾内养殖的容纳量、养殖污染的影响作了深入研究。

欧美在安全、优质养殖技术及管理方面比较有代表性的是,美国的淡水鲟鱼养殖与挪威的大西洋鲑养殖。他们的大多数技术措施均体现了安全、优质养殖的思想,首先是在这两种鱼类的养殖生物学、生态环境基础理论的研究比较深入,养殖设施先进,而且操作机械化程度很高,如排进水、投饵施肥、清塘、苗种运输等快捷方便,单位水体产量高,而且水产品质量也很高,有明确的卫生标准。他们的主要措施是,不间断地进行品种选育,以保证养殖良种化,如挪威大西洋鲑的人工选育品系,已占该国网箱养殖产量的 80% 以上。在对虾养殖方面,美国从虾苗着手,提出健康无病毒的 SPF 虾苗并用于生产,取得了良好的效果。

从总体来说,国际上安全、优质养殖的研究也处在起步阶段。微生物、微生态技术在安全、优质养殖中的应用尚属初步,

而对于许多具体的安全、优质养殖技术的有效性有待评价。

目前安全、优质养殖技术的主要技术要点有：

(1)养殖区域整体规划和管理,养殖模式合理确定。

(2)养殖场选址和建设符合养殖模式的要求。

(3)苗种健康。要从具有水产苗种生产许可证的企业,选购健康无疫病的苗种,投放前应进行检验和检疫,合格后方可放养。应鼓励开展遗传育种等工作,并利用先进的分子生物学技术,加速其进程。同时应强化检疫制度,对育苗生产和经营等单位实行生产许可证制度。

(4)饲料安全,营养平衡。按需要配齐能量、蛋白质、氨基酸、矿物质、维生素等营养要素。尽量不在饲料中添加抗菌药物,防止破坏肠道菌群平衡引起内源性感染,防止培养出耐药的“超级细菌”,给人类的生命安全造成威胁。

严禁使用各种违禁药物和添加剂,防止药物残留对人体造成危害。

(5)预防病害。制订科学的免疫程序,选用合适的疫苗。为了增强免疫效果,可使用免疫增强剂,常用的免疫增强剂主要有脂质体、中草药等。定期监测抗体水平、快速早期诊断疫病,也是安全、优质养殖的技术保障。使用的渔药应保证“三证”齐全(渔药登记证、渔药生产批准证、执行标准号),并按照规定的使用用量科学使用,并注意遵守休药期。

(6)谨慎消毒,控制污染。养殖水质应符合无公害养殖用水水质标准。养殖过程中可用物理和化学方法调控水质。物理调控方法有清淤和干塘暴晒、搅拌底泥和换水、机械增氧、铺设隔膜、使用沸石粉等。

化学调控可使用臭氧、生石灰、石膏、高锰酸钾和硝酸钠等化学物质。

(7)善待养殖动物。在环境改造、设计、日常管理、转运和加工方式等方面,都要充分考虑养殖动物的生理特点和生命本能需求,给予人道化的饲养制度和管理措施。

(8)制度规范。确立定期巡查制度,实施封闭管理制度,禁止无关人员随便进出养殖场;建立渔药档案制度,确保使用的渔药具可追溯性,确保按规定用药。

(9)评估检测。定期对养殖群体进行健康检测,对环境条件、管理制度进行安全检查和评估,认真查找安全隐患,防患于未然。

四、饲料投喂技术

饲料是水产养殖生产中的重要投入,饲料质量的好坏和饲料投喂技术是否合理,是影响水产养殖效果和环境生态效益的一个最重要的因素。饲料的质量不但决定了饲料本身的转化效率,而且对池塘环境起到决定性的影响。饲料质量低下不仅影响鱼类的正常生长,而且会在养殖过程中产生大量的废弃物,恶化养殖环境。目前我国水产养殖生产中使用的各种饲料,除了少数名优品种的专用饲料外,大多数产自一些中小饲料厂。由于他们对饲料营养学方面的基础知识缺乏,在进行配方研制时只是凭经验,甚至只是粗略的估算下养殖品种的营养需求,就随意生产出产品,从而造成产品质量不高。一方面,营养组成与养殖鱼类的营养需求有较大的差距;另一方面,饲料在水中的稳定性差,转化效率低,饲料系数高,影响了鱼类正常生长,也造成了养殖水体中各种有机物的大量积累,恶化了鱼类的生长环境,增加了病害发生几率。此外,养殖生产中饲料多采用人工投喂、技术粗糙、随意性大,常常造成饲料的浪费,恶化养殖环境。

因此,要开展安全、优质养殖,保持水产养殖的可持续发展,饲料投喂技术非常关键。首先应加强养殖品种摄食行为学的研究,应用摄食生态、摄食行为的特性,提高投饲的科学性。根据不同鱼类的摄食习性,提高饲料的利用率,减少对水体环境的污染。同时还要大力研究和推广应用先进的饲料投喂技术,如计



算机控制的饲料投喂技术、自动投喂技术等。保证鱼类生长需要,尽量减少饲料的浪费和对养殖环境的污染。进行高效饲料的开发及科学合理的饲料投喂技术。

五、渔用药物使用技术

水产养殖过程中的病害问题,目前已成为制约我国水产养殖发展的一个重要因素,造成这种局面的原因是多方面的。我国水产养殖中的健康管理和病害控制技术的研究远远滞后于生产的发展,再加上大的生态环境的恶化,形成了养殖环境恶化,病害增多,用药量增加,药效降低,用药量又加大的恶性循环。不但养殖成本增加、效益下降,而且大量用药对生态环境产生了极为不良的影响,甚至对人类的健康带来严重的威胁。因此,水产养殖中健康管理和病害控制技术是安全、优质养殖的关键技术,主要包括以下几个方面:

1. 养殖生产过程中的健康管理

安全、优质养殖管理包括:水域环境管理;加强对能引起养殖生物应激反应的生态因子的监控;合理的养殖密度是维持安全、优质养殖的物质基础;加强水域生态环境地理学研究,提供科学的数据,是健康生态管理的基础。

2. 病害的控制技术

水产养殖中的许多病害(尤其是由微生物引起的病害),不仅与病原生物的存在有关,而且和养殖水体的微生物生态平衡有着密切的关系。因此,通过对水体理化因子与微生物群落组成关系的深入研究,就有可能找到通过维持水体的微生态平衡,来消除某些病害发生环境条件的有效途径。此外,在水体中存在着不少有效分解和消灭病原菌的有益微生物,通过对这些有益微生物的分离和大规模培养技术的研究,有可能找到一种通过微生物来控制一些微生物病害的有效途径。微生物生态技术

和微生物制剂,将成为安全、优质养殖中病害防治的重要途径。通过养虾基地应用 EZO 免疫促生长剂,并建立新的养殖模式,93 天养虾产量突破 3 000 千克/亩。

3. 研制无公害渔药(绿色渔药的研制)

所谓“绿色渔药”,是指安全无害的渔用药品,是农业科学、环保科学、营养科学、卫生科学等相结合的高科技产物。即利用天然药、自然药和有益生物种群,采用现代制药先进技术,用于鱼、贝、虾等养殖动物所患疾病的防治和改善水产动物所处环境恶化的药品,通称为“绿色水产药品”。其作用特点是,不破坏水产动物的生态平衡,不会产生药物残留,防治效果较好,既能防治疾病,又能保护生态环境的药品。

六、对虾养殖的发展前景

我国的对虾养殖业,经历了 1982~1992 年的快速发展阶段和 1993~1994 年的急剧衰退阶段。对虾养殖在我国尽管只有 20 多年时间,但已在全国沿海省(市)得到普及,其发展速度之快,公众认同度之高,确实是其他养殖业所不可比拟的。分析养虾业发展的动力因素,首先是科技力量的投入,突破了苗种的规模化培育和池塘养殖技术两大关键技术;其次是对虾养殖业具有较高的投资回报率;而最主要的是得益于各级政府在组织管理和政策、资金等方面的大力支持。客观地讲,对虾养殖业的发展对于确立海水养殖在水产业中的地位,改善沿海渔民的工作和生活条件,改变“以捕为主”的思想观念起了决定性的作用。

从安全、优质养殖角度反思对虾养殖业的发展,也存在许多问题。在发展生产的同时,由于缺乏相应的养殖环境容量研究等技术基础作依托,各级政府及养殖主管部门无法对养殖规模进行宏观调控。养殖模式和养殖品种过于单一,忽视了养殖模式选择必须与养殖条件相一致的原则。在养殖面积增大、生物

饵料供不应求的情况下,耐水性差、饲料效率差的自制颗粒饲料大量投入,加剧了养殖“自身污染”的过程。不少研究者在分析1993~1994年全国对虾病暴发,对虾养殖产量由1992年的20万吨骤降到1993年的8.7万吨、1994年的5.5万吨时,确认病毒是主要病源,通过海水水流水平传播,都把养殖环境恶化、致病细菌大量繁殖、养殖对虾抗病力下降作为主要因素加以考虑。

对虾养殖业的发展与周边水域环境有着密切的联系,由于养殖水体生态的复杂性以及养殖环境的不可控性,一旦养殖负荷超过水域的自净能力,就会造成投入越大、损失越大。因此,要使对虾养殖业持续、稳定、健康发展,发展规模必须以不破坏周边环境为前提。这就要求每一个从业人员树立安全、优质养殖的观念,在制定发展规划、选择养殖模式以及实际操作中应遵循因地制宜,尽量避免对养殖环境的无效负荷,减轻和延缓养殖自身污染进程的原则。概括1995年以来对虾养殖模式方面的变化,主要体现在以下几个方面。

1. 养殖方式和养殖品种趋向多样化

对虾养殖密集区和不具备精养条件的养殖区,除部分虾池继续进行对虾单养外,大部分虾池采取虾鱼混养、虾蟹混养、虾贝混养以及罗氏沼虾和对虾轮养、间养等多品种养殖方式,不仅使海区的养殖负荷得以减轻,而且利用不同养殖生物在摄食习惯和活动能力方面的差异,促进了虾池有机物的循环,达到了改善养殖环境的目的。在对虾品种方面,在原来单纯养殖中国对虾的基础上,利用各地的温度条件和不同虾种抗病力的差异,开发了斑节对虾、日本对虾、南美白对虾、刀额新对虾等品种。

2. 进水方式趋向科学、合理

1993年以前,对虾养殖一般均采用养殖前期少量添加水、中后期大排大灌的进水方式。近年来,通过一系列的探索、实践,各地总结出了一套符合各地实际情况的进水方式,如配备蓄水池、冬季蓄水;养殖期间用水经沉淀、消毒处理;利用盐场卤水和深井水调配海水养虾;养殖区引入淡水等多种方式。在换水

量方面,由原来的每天 30%,改进为根据对虾摄食生长和池塘水质情况适时适量换水,一般每 3~4 天换水 3%~5%。

3. 投喂饲料讲究优质、高效、适时、适量

通过 1995 年以来防治虾病的实践,养殖者对于饲料在安全、优质养殖中的作用有了进一步认识,总结出了前期肥水繁殖基础生物饵料,中期适量投喂优质全价配合饲料,后期投喂足量优质鲜活饲料等切实可行的投喂方法。

4. 养殖条件日趋完善

1993 年以前,由于可通过大换水方式带走虾池中的有机负荷,供应足量的新鲜海水,对于增氧机、水泵之类的养殖机械要求不甚严格。随着养殖方式的改变、换水量的减少,虾农在选择养殖方式时,都把养殖机械配套作为必要条件加以考虑。

5. 收虾方式因地制宜、灵活多样

在 1993 年以前,我国养殖对虾基本以对虾体长 12 厘米作为商品虾规格,一次起捕、分级冷冻销售。近年来,随着国内消费能力的提高,消费习惯的改变,活虾、冰鲜虾直接上市已成为对虾销售的主要方式,由此也改变了养殖方式单一的局面,如福建、广东地区的利用陷断网捕大留小,上海、江苏等地的多茬、多品种养殖。此外,由于上市对虾的规格不再以体长 12 厘米作为唯一标准,使大部分养虾池的单茬养殖周期由原来的 100~130 天缩短到 60~80 天,利用养殖季节和养殖品种的调整,避开对虾发病高峰期,也便于通过换茬养殖间隔对养殖池进行晒池、消毒,降低对虾发病率。

综上所述,尽管我国目前的对虾养殖业还存在着诸多问题,但是作为一个行业已经步入健康发展的正确轨道。1993 年以来,我国养虾业由急剧衰退到逐步复苏的过程,以及全国各地对虾病害防治示范区的成功运行表明:只要全体从业人员认真落实各项安全、优质养殖措施,因地制宜选择合理的养殖模式,按照规划控制合理的养殖面积,防止养殖环境的恶化,中国的对虾养殖业一定可以再续辉煌。

第二章

中国明对虾的安全、优质养殖技术

中国明对虾是举世闻名的海产珍品,由于具有个体大、味道好、价值高,以及生长快、食性广、对环境的适应能力强等诸多优点,在海水养殖中备受青睐。中国明对虾大面积养殖兴起于 20 世纪 70~80 年代,全国沿海都进行了中国明对虾的养殖。对虾养殖是一种投资高、周期短、见效快的行业,对沿海经济的发展起到了很大的促进作用。对虾病毒性疾病暴发以后,养殖对虾的经济效益受到了很大影响,但经过科研单位、养殖单位和虾农在养殖方式、养殖品种、病害防治等方面的积极探索,取得了一定的成效,养殖的盈利面正逐步扩大,养殖单位及虾农又逐步恢复了养虾信心。同时也出现了许多健康对虾高产典型,对虾养殖在具有风险的情况下又具高额利润,这对对虾养殖的发展必将起到很大的促进作用。

中国明对虾俗称东方对虾、黄渤海对虾、明虾、对虾,中国明对虾分布在我国北部的黄海、渤海,珠江口附近也有少量种群。由于中国明对虾的增殖放流,江苏、浙江沿海也有一定的产量。随着养虾业的普及,中国明对虾南移养殖成功,北起辽宁、南到海南,中国沿海 11 个省(市)皆有中国明对虾养殖。

一、中国明对虾的生态习性

(一)形态构造

1. 外部形态

中国明对虾体长而侧扁,略呈梭状(图 1)。体分头胸部和

腹部,由 20 个体节和 19 对附肢组成。虾体覆被一层透明的甲壳,包被头胸部的称为头胸甲。其前端中央突出,形成额角,头胸甲表面大都具有突出的刺、隆起的脊或凹下的沟。腹部较头胸部长,每节之甲壳由关节膜相连,可自由伸缩。

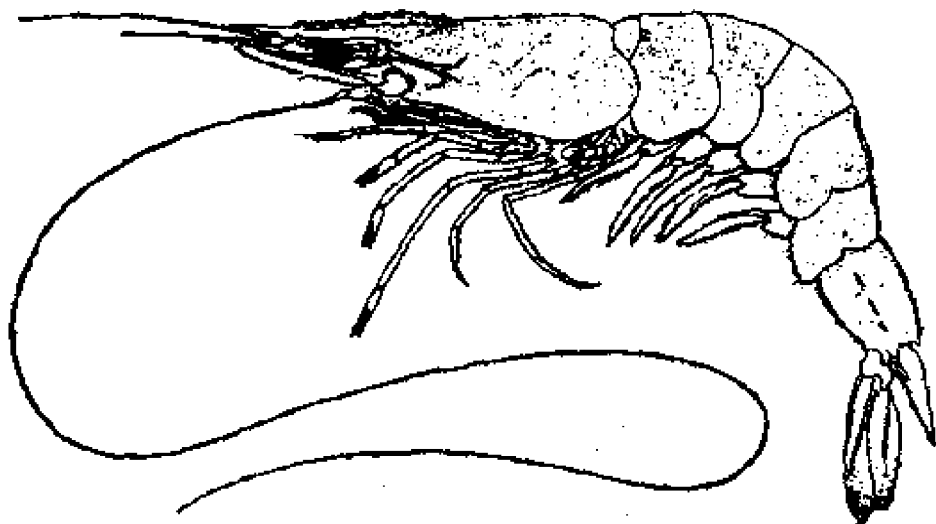


图 1 中国明对虾外形

虾体各部附肢均由基肢、内肢、外肢组成,因各对附肢功能不同,形状变化也大。口器附肢主要用于抱持和咀嚼食物,基肢发达;胸部附肢为捕食及爬行器官,内肢发达;腹部附肢功能在于游泳,内、外肢均发达。

甲壳透明、光滑,散布有棕蓝色细点。额角、头胸甲及腹部的脊都是深红褐色。胸部及腹部肢体略带红色,尾肢末端为深棕带蓝并夹有红色。雄性体色褐黄;雌性生殖腺未完全成熟前呈绿色,完全成熟后呈棕褐绿色。

第 1 和第 5 步足末端相齐,伸至第 2 触角柄末。第 3 步足伸至第 2 触角鳞片末端附近。第 1 步足具基节刺和座节刺,第 2 步足具基节刺,5 步足皆具短小外肢。

雄性交接器:“喷泉”形,两侧纵行曲卷,形成筒状。中叶末端稍钝尖,明显伸出于侧叶末缘之外。雄性附肢由 2 节构成,末节方圆形、鳞片状,长度大于宽度,边缘上生有粗短的小刺。

雌性交接器:圆盘状,长度稍大于宽度,基部两侧各有一小

突起,中央纵行开口边缘向外曲卷,开口前端有一圆杆状突起,缝口内为纳精囊。

雄虾性腺成熟后即可与雌虾交配,交尾后雌虾甲壳变硬,二三天后扇体脱落,纳精囊微微突出,略显白色。雌对虾的产卵期一般为每年水温上升期。在北方,中国明对虾约4月下旬或5月上旬开始产卵。

2. 内部构造

中国明对虾由消化、呼吸、循环、排泄、生殖、神经和肌肉等系统组成一个完整的有机体,且各系统相互配合,维持其正常的生命活动(图2)。

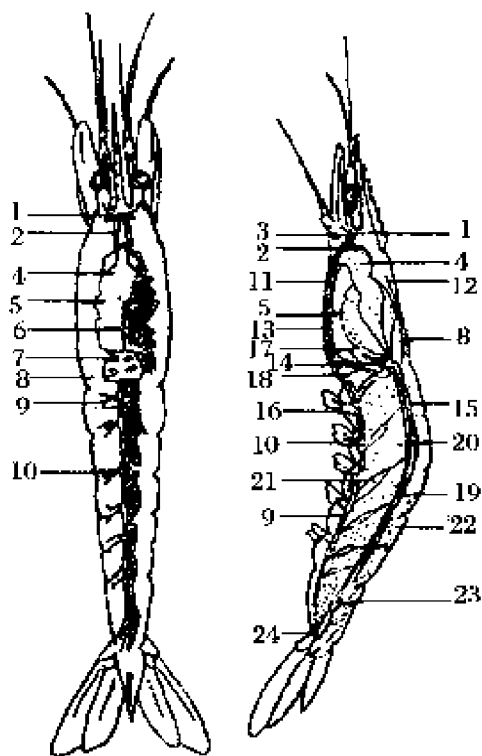


图2 中国明对虾的内部构造

1. 脑 2. 环食道神经 3. 触角腺(示所在位置) 4. 胃 5. 肝脏 6. 卵巢 7. 心孔 8. 心脏 9. 腹神经索 10. 神经节
11. 食道下神经节 12. 前大动脉 13. 胸下动脉 14. 胸动脉
15. 腹上动脉 16. 腹下动脉 17. 精巢 18. 精荚囊 19. 后肠
20. 腹部屈肌 21. 斜屈肌 22. 背伸肌 23. 直肠腺
24. 肛门

(1)消化系统:对虾的消化管由上下唇之间的口、短管状的食物道、囊状的胃、短的中肠、长而直的后肠、粗短的直肠以及开口于尾节腹面的肛门所组成。

胃分前后两部,前部名贲门胃,后部称幽门胃。在幽门胃的后部和中肠两侧有一对大消化腺,即肝脏,有肝管通入中肠。中肠背面有中肠盲囊,在后肠和直肠交界处有一直肠腺。食物由“口器”附肢传送至口,由大颚切断、磨碎,经食道至贲门胃,贲门胃内壁有许多形似小齿的角质突起,形成“胃磨”,将食物磨细后送到幽门胃。该胃前端生有无数刚毛,具有过滤作用。中肠具有消化吸收的功能,未被消化吸收的物质经肠道由肛门排出体外。

(2)呼吸系统:对虾以鳃进行气体交换。鳃位于头胸部两侧的鳃腔之中,由于鳃的着生部位和功能不同,分为侧鳃(胸鳃)、足鳃、关节鳃和肢鳃4种,共25对。鳃由鳃丝构成。鳃内血管有入鳃血管和出鳃血管,两条血管各有分支通入鳃丝,形成血管网。由于第2小颚的颚舟片和各鳃的摆动,使水流不断地流经鳃腔。当鳃与水接触时便吸收水中的溶解氧,排出二氧化碳,进行呼吸。

(3)循环系统:循环系统为开放式,包括心脏、血管和许多大小血窦。心脏位于头胸部后端背面的围心室内,黄白色,扁平囊状,可透过活虾的头胸甲看到心脏的跳动。心脏具心孔4对,2对在背面,1对位于前侧面,另一对在腹侧面。心孔内有防止血液倒流的瓣膜。虾体内有动脉(眼动脉、触角动脉、肝动脉、腹上动脉、胸动脉及其分支——胸下动脉和腹下动脉等)分布全身各部。由于肌肉质的心脏不停运动,压迫血液流入上述动脉,再经分支的小动脉输送营养物质到组织内。

血液无色,血浆内含有血蓝蛋白,能携带氧气到组织中去。血液通过细小动脉流入组织间的血窦内。由血窦将血液收集流入胸部底面的胸血窦,然后流入鳃血管而达鳃内。经气体交换,将血液澄清后,再经出鳃血管最后流回围心室,经心孔入心脏,周而复始,不断循环。

(4)排泄系统:对虾的排泄器官为触角腺,位于第二触角基部,由一囊状腺体和一薄壁的膀胱及排泄管组成,排泄孔开口于第二触角基部的乳突上。由于腺体内的排泄物呈绿色,故触角腺又称为绿腺。

(5)生殖系统:

①雌性生殖系统:

卵巢:位于身体背面。成熟的卵巢由并列而且对称的左右两大叶组成,从胃的前方向后一直延伸到腹部末端。卵巢占体重的 $\frac{1}{6}$,重约 15 克。由于卵巢各部形态不同,一般可分为前叶、中叶(侧叶)和后叶三部分(图 3)。

输卵管及雌性生殖孔:输卵管 1 对,长 1~2 厘米,一端与卵巢第 5 侧叶的下叶末端相接,另一端开口于第 3 步足基部内侧的乳突上,即雌性生殖孔。

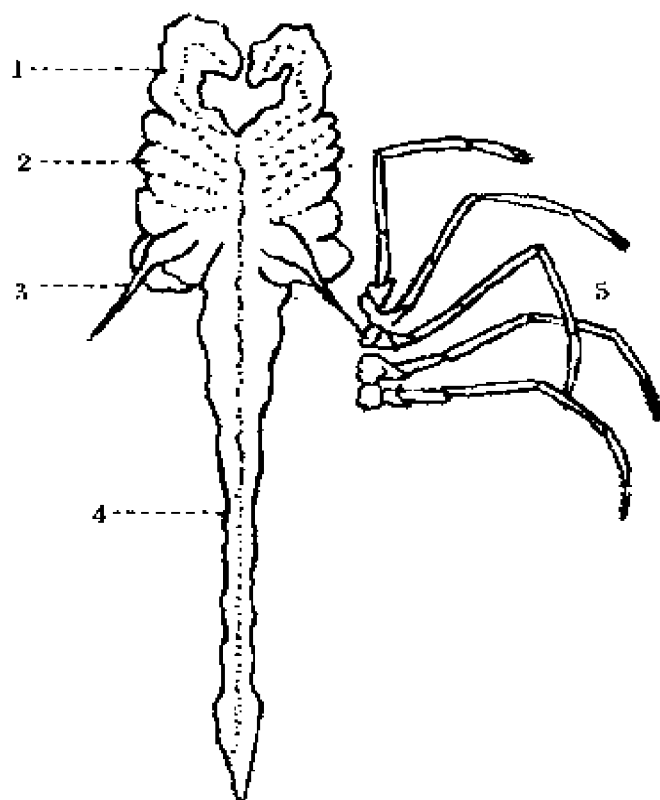


图 3 中国明对虾成熟的卵巢

1. 前叶 2. 侧叶(中叶) 3. 输卵管 4. 后叶
5. 第 3 步足

纳精囊(受精囊):1个,位置在第4~5步足基部之间的腹甲上,略呈圆盘状,长略大于宽,纵向开口。口的两侧边缘分别向外翻卷,开口前方有一圆杆状突起。口内为一空囊,为雌虾交尾并贮存精子的器官,故名纳精囊或受精囊。

②雄性生殖系统(图4):

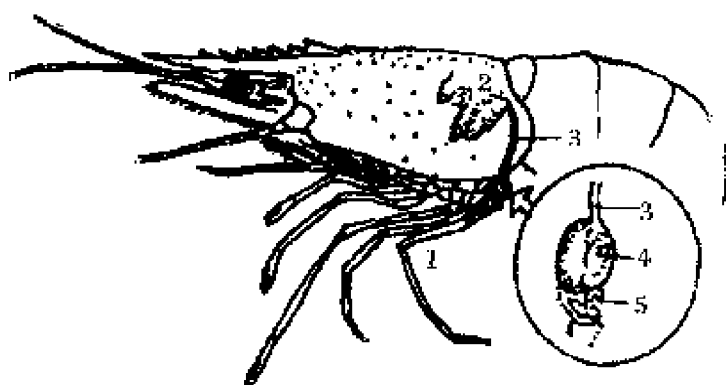


图4 雄性生殖系统

1. 第5步足 2. 精巢 3. 输精管 4. 精英囊 5. 生殖孔

精巢:并列而且对称,位于头胸部肝区中部至第1腹节之间,呈盘肠状。成熟的精巢其重量也不超过1克,仅占体重的1/10。精巢分前叶(1对)、中叶(即侧叶,6对)和后叶(1对)。精巢薄而透明,成熟时微白色,由为数众多的精子囊组成,精原细胞经发育而形成精子。精子长约10微米,分头、颈、尾三部分,头部圆球形,颈部不明显,尾部与头部等长,形似“图钉”。

输精管:1对,其一端与精巢后叶相通,另一端与贮精囊相接。输精管透明、弯曲,呈不规则膨大的管状体。管轴与精巢大体平行,但走向相反。

贮精囊:为1对膨大的囊状物,各自位于第5步足基部,是雄虾产生和贮存精英的所在。成熟的雄虾,外观其贮精囊似1对豆状的圆形球体,白色,交配时精英(图5)即由该处经生殖孔排出体外。

生殖孔:贮精囊有一短管,开口于第5步足基部内侧乳突上,即生殖孔(或称排精孔)。交尾时期,该乳突特别膨大,平时则不易见到。

雄性交接器:1个,由第一腹肢的内肢特化而成。中国明对虾的雄性交接器呈“古钟”状,长度明显大于宽度。中部纵向卷曲,合成圆筒形,中叶末端稍尖,伸出于侧叶末缘之外。

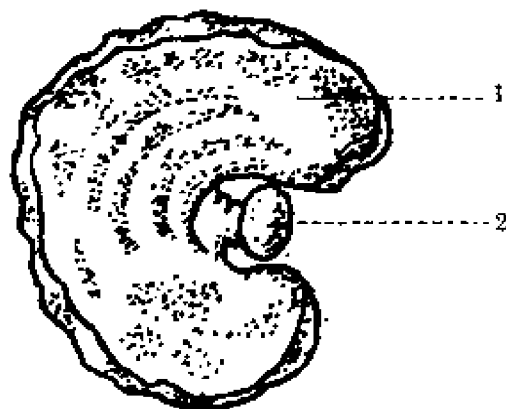


图5 中国明对虾的精荚

1. 瓣状体 2. 豆状体

(6)神经系统和感觉器官:脑位于两眼基部之后方,由两个大的神经节合并而成。由脑发出神经到复眼、第1触角、第2触角等处,并分发1对神经(环食道神经)绕过食道与食道下方的食道下神经节联结,其后以腹神经索纵贯身体腹面的中央。该神经索由2条神经索合并而成,外包有结缔组织,在7~8胸节分离成为一孔,胸动脉即由此孔穿过。腹神经索在8~19节的每一体节内,均有腹神经节分发出的神经到各体节相应的附肢中去。

感觉器官有复眼1对,着生在能转动的眼柄上,由脑前侧发出的视神经通入眼柄,神经末端周围分布多个细胞群,具有分泌激素的作用,称为X器官。平衡囊位于第一触角基部丛毛之中,司身体平衡。第1与第2触角的触鞭以及与神经末梢相连的各部刚毛,皆有触觉作用,故对虾感觉灵敏。

(7)肌肉系统:肌肉为横纹肌,由许多肌肉束构成,分布于胸部和腹部,但以腹部最发达。肌肉束分为伸肌与屈肌两种,协调的伸缩运动,使对虾具有很强的游泳能力。腹缩肌几乎占据整个腹部,与斜伸肌绞在一起构成强大的肌肉块,它的收缩可使虾体迅速弯曲。背伸肌欠发达,位于后肠上方,运动能力较弱。

在头胸部,有肌肉通到各有关器官内。眼柄的竖立,大颚的活动,触角的摆动,胸部附肢的运动,分别依赖于复眼肌、大颚转肌、触角肌和胸腹肌的运动。

(二)生态习性

在自然海区,中国明对虾寿命多为1年,仅少数个体生命可达2~3年。中国明对虾一生要经过好几个不同的生长阶段,在不同生长发育阶段,对外界环境条件要求也不同。

1. 对环境的适应

(1)对温度的适应。中国明对虾是变温动物,环境水温决定着体内生理、生化反应的速度,因而决定新陈代谢的速率,从而影响着对虾的生长、发育、繁殖,也决定着对虾在自然界的分布。中国明对虾沿海有两个地方种群,分布在黄渤海的种群既能耐受较高的温度,又有较强的耐低温能力;分布于珠江口的种群属于高温虾类,耐低温能力较差。黄渤海种群生活的水温在8~26℃,越冬场的最低水温可达6℃,而仔虾生活的潮间带水温可达32℃。幼虾超过35℃时出现不适,到38℃活动异常,39℃即死亡。据报道,越冬亲虾适温是7~11℃,低于7℃活力明显下降,2℃时绝大多数偶倒死亡。在水温急剧变化时,耐温范围缩小。如生活在23℃中的仔虾,当水温急剧下降到10℃时便会引起部分个体死亡。对虾产卵孵化的适宜水温为18~22℃,水温低于10℃或高于28℃时不能孵化。幼体发育的适温是20~27℃,无节幼体阶段适温为20~33℃,溞状幼体适温为20~30℃,仔虾适温为20~35℃。

(2)对盐度的适应。中国明对虾是一种广盐性虾类,这意味着它对渗透压的调节能力较强。在自然条件下,中国明对虾产卵、胚胎发育和幼体发育都是在近海完成的,盐度一般在23~32。仔虾具有溯河的习性,多分布在河口或河道内,分布范围与河道的径流量有关,径流量大时仔虾多分布于河口附近,径流量小时仔虾往往可溯河数十千米,发现仔虾处的最低盐度是0.86。

幼虾随着生长逐渐游向外海。对虾虽属广盐性生物,但对盐度突然急剧变化的适应能力较差。

在人工养殖条件下,中国明对虾可在盐度为 40 的盐田贮水池中生存,也可在盐度 1.5 的池塘中生存,但当盐度逐渐降至 0.25 时,对虾身体变白,不久便死亡。中国明对虾不能在纯淡水中生存。

(3)对 pH 值的适应。中国明对虾在 pH 值为 7.6~9.3 的海水中能正常生活。

(4)栖息与运动。中国明对虾喜栖息在泥沙质海底,白昼多匍匐爬行或潜伏于海底表层泥沙中,夜间活动频繁,常缓游于水底部,有时也急速游向水的中上层。养殖的中国明对虾平时极少观察到潜底行为,但在温度降低至 14~15℃ 时则大都潜底,水温越低潜底时间越长,但在临近致死低温时多跳离底质而死在水中。严重污染的底质,对虾不愿潜底;水中溶解氧含量接近窒息点时,对虾亦不潜底而浮于水面。静伏时,步足支撑着身体,游泳肢缓缓摆动。游泳时,第 2 触角触须分列于身体两侧,步足自然弯曲,游泳肢频频划动,升降自如。

对虾是多种肉食性动物的食饵,既无攻击敌害的本领,又无贝类那样的坚硬贝壳,防御敌害的本领是一逃、二藏。活动中的对虾遇到敌害时会以连续的弹跳,避开敌害。

幼体阶段营浮游生活,受海水流动支配,水平分布较广。具有一定活动能力的仔虾,常聚集在河口附近或在内湾中觅食。随着幼虾迅速生长,又逐渐离开河口到近岸浅海区域栖息活动。当幼虾长至 8~9 厘米后,便开始移向较深的水域中生活。

2. 洄游

中国明对虾在黄渤海有明显的洄游习性。

(1)越冬洄游。起源于暖海的中国明对虾,向北分布到渤海湾,虽然在水温较高的夏、秋两季能在渤海湾繁殖生长,但在严寒即将来临、水温降至 10℃ 以下时,便迁移南下到黄海南部水温较高的水域中越冬。

(2)生殖洄游。翌年2~3月份水温回升,在黄海南部越冬的虾群,又成群结队地向北方进发。3月上旬到达山东半岛南端的石岛外海,3月中、下旬便密集于山东半岛的东端附近,然后向西进入莱州湾、渤海湾、海州湾浅海处产卵。少量的虾群到达山东半岛南岸、江苏沿岸、辽东半岛南岸和朝鲜西海岸、朝鲜半岛南海产卵。进入产卵场的虾群摄食强度增加,性腺迅速发育,4月末至5月初开始产卵,5月中旬至6月初为产卵盛期。在此期间,北上产卵的主要虾群,大约在2个月内完成近千千米的旅行,最终到达产卵场,寻找适宜的环境繁殖后代。由黄海南部越冬场向近岸产卵场的洄游称为产卵洄游。中国明对虾的洄游在对虾类中最具特点,洄游距离亦最远。

从夏初到秋末,各河口近海区的自然条件适合对虾繁殖,新生的幼虾可以得到丰富的食饵,顺利而迅速地生长。秋末冬初时,幼虾就长得和母体一般大小,此时雄虾性腺已发育成熟,即与雌性进行交尾。寒冬又至,新生的虾群又南移越冬,如此往复,一直不变。

3. 食性

在不同的生长发育阶段,食物种类及组成不尽相同。幼体阶段从溞状幼体开始摄食,溞状幼体以摄取植物性饵料为主。在糠虾幼体阶段除摄取植物性饵料外,同时也捕食动物性饵料生物。在仔虾阶段以食浮游动物为主,随着生长发育和运动能力的增强,就以底栖饵料生物为主要摄食对象。人工育苗的幼体多以轮虫、卤虫幼体、微粒配合饲料以及豆浆、蛋黄等为饵料。

在自然海区,幼虾多以小型甲壳类(如介形类、桡足类、糠虾等)及软体动物和多毛类的幼体为食,成虾则以海区的底栖甲壳类、瓣鳃类、多毛类及小型蛇尾类为食。在人工饲养中幼虾、成虾常投喂人工合成饵料,也可投喂一些小型贝类、杂鱼虾、蟹等。

4. 繁殖习性

(1)雌雄鉴别。中国明对虾雌雄性征比较明显,易从外形上识别雌雄(表1)。雄虾生长约5个月成熟,秋末初冬与雌虾交

配,将含有精子的精荚囊输入雌虾纳精囊内。雌虾翌年4~5月性成熟,将精子和卵子同时排入水中受精。受精卵在海水中发育孵化,经无节幼体、溞状幼体、糠虾幼体、仔虾期进入幼虾期,完成幼体发育。

表 1 中国明对虾雌雄对虾在形态上的区别

形态		雄性	雌性
个体大小		小于雌虾,自然海区成熟的雄虾体长一般为15~18厘米,体重40~60克	长成的雌虾体长为18~23厘米,体重80~120克
体色		成熟后的雄虾体为黄色	微显蓝绿色而较透明
第2触角触须		在近基部有明显折曲	呈平滑的抛物线状
第3颚足		较长,末节呈匙状	较短,末节呈爪状
第1腹肢		内肢变成雄性交接器	内肢退化
第2腹肢		内肢内缘有一鳞片状雄性附肢	内肢正常
交接器	位置	由第1腹肢左右内肢联合而成	位于第4与第5步足基部之间腹甲上
	形状	呈“古钟”状	呈圆盘状
生殖孔位置		雄孔位于第5步足基部	雌孔在第3步足基部

(2)交配(交尾)。当年生的雄虾在9月下旬精巢内可见到成熟的精子,此后雄虾产生婚姻色,体色变黄,群众称为“黄虾”。此时雌、雄虾聚群,10月中旬前后当雌虾进行生殖蜕壳时,雄虾与之交配,将精荚囊输入雌虾纳精囊内,精荚的瓣状体留于纳精囊之外。2~3天当雌虾甲壳变硬后,瓣状体脱落。交配后的纳精囊由凹平变为微凸,并可见其中白色的精荚。在渤海中,至10月15日可见到10%~30%的交配率(雌虾),10月末交配率可达80%~90%,至11月上旬交配活动基本结束。交配期水温为由20℃降至16℃,18~19℃为交配盛期。在寒潮期或大潮期间交配活跃。

交尾是在雌虾刚蜕皮不久时进行,这一习性对于对虾繁殖

具有一定的适应意义。因雄虾个体小于雌虾,游泳能力也不如雌虾,而刚蜕皮的雌虾暂时失去游泳能力,常侧卧水底,这就给雄虾追逐交尾造成有利条件。此外,雌虾蜕皮后,纳精囊入口处的甲壳变得柔软,便于雄虾输入精荚。待软壳变硬后,此口牢牢关闭,精荚不致掉落。

交尾时,刚蜕皮的雌虾在水底静卧一段时间后,便向中、上层缓缓游动。雄虾尾随其后,并快速接近雌虾,从雌虾下方用额角顶住雌虾口器部位,与雌虾同游,两虾呈锐角状(图6)。数秒钟后,雄虾突然翻身,使腹面向上,形成雌雄腹部相贴的姿态。然后雄虾又将身体横转 90° ,与雌虾呈“十”字形交叉,并将身体弯曲,扣住雌虾。接着雄虾作短促的抽搐,相继将两侧精荚的豆状体释出,由雄性交接器推送进入雌虾的纳精囊内,而精荚的瓣状体还留在雄虾体内。雌、雄虾分离时,留在雄虾体内的瓣状体由雌虾带出,这时就可看到雌虾纳精囊外有两片乳白色的瓣状体随体飘动,依此可作为雌虾刚交尾不久的标志。二三天后,飘动的瓣状体脱落,而豆状体则长久地被封留在雌虾纳精囊内,使得原先平扁而透明的纳精囊变得饱满微凸而呈乳白色。对虾是否已经交配是对虾育苗生产上挑选亲虾时的重要依据之一。因为没有交尾的亲虾,有时也能产卵,但不能受精孵化。

5. 生长

对虾全长(毫米):额剑尖端至尾节末段的长度。

对虾体长(毫米):眼窝后缘至尾节末段的长度。

头胸甲长(毫米):眼窝后缘至头胸甲背面中央后缘的长度。

尾重(克):体重减去头胸部重以后的重量。

(1)生长迅速。中国明对虾的生长速度在对虾类中属上中等,次于斑节对虾和凡纳滨对虾,较长毛明对虾、日本囊对虾快。当年繁殖的虾苗,雄性至9月末体长可达140~150毫米、体重30~38克,雌虾10月上、中旬生殖蜕壳后体长可达175~185毫米、体重60~70克。此后进入低温期,生长缓慢,翌年春汛,雄虾体长140~155毫米、体重30~43克,雌虾体长180~190

毫米、体重 65~80 克。如果冬季水温适宜,仍可继续较快生长。两年生的雄虾体长可达 170~175 毫米、体重 55~65 克,雌虾 210~240 毫米、体重 110~165 克。渤海中,中国明对虾各月龄的增长数据如表 2 所示。从表 2 中可知,中国明对虾在 6~10 月生长迅速,平均每日体长增长 1 毫米,最快的 8 月每日平均增长 1.9 毫米。体重的增长值也是高水温的 8 月最快,月增长 24 克,平均日增长 0.8 克。

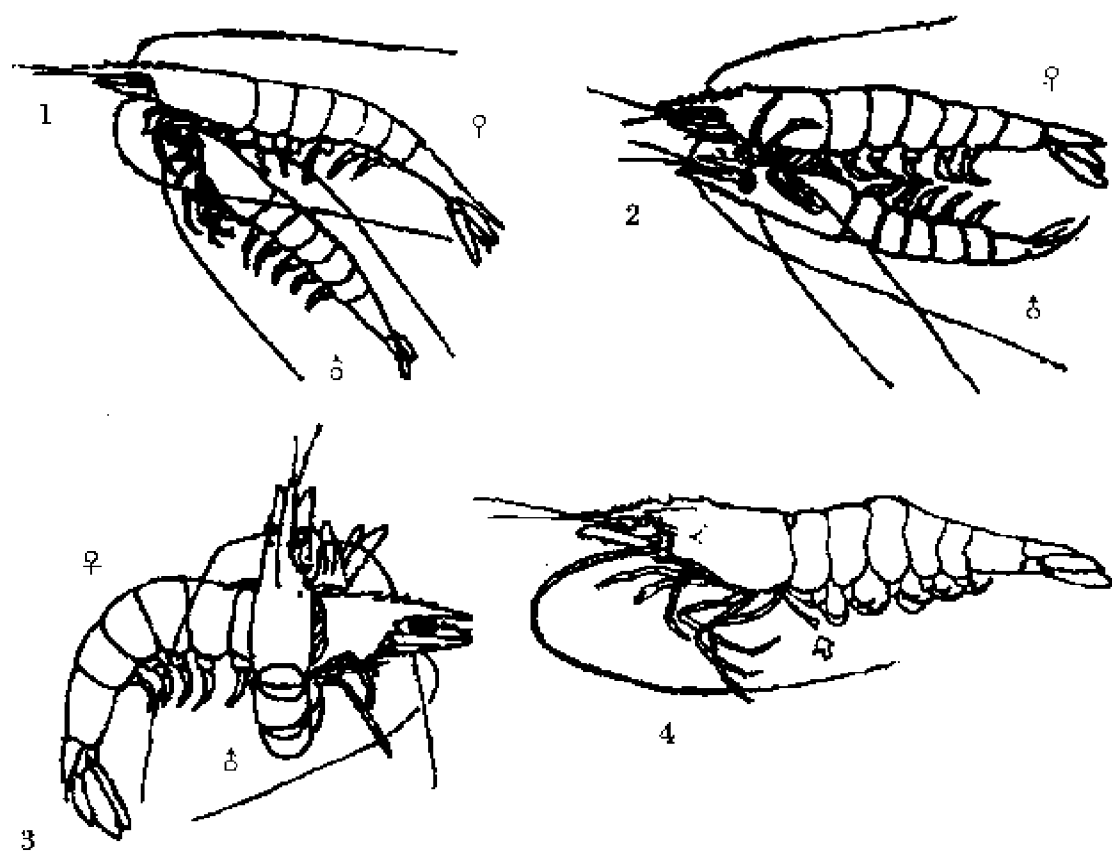


图 6 中国明对虾的交配

1. 交配前呈锐角状游动 2. 腹面相对 3. 交配状态
4. 随体飘动的瓣状体(箭头所指)

人工养殖的中国明对虾,由于环境和饵料的限制,生长速度大多数要低于上述生长速度。人工养殖的方式、条件等不同,中国明对虾的生长速度差异较大。早期可以每天 1.5 毫米的生长速度增加体长,精养 4 个半月能达到 130~150 毫米,如表 3 所示。

表 2 中国明对虾在渤海中不同月龄的增长

月龄(月/日)	1 (6/25)	2 (7/25)	3 (8/25)	4 (9/25)	5 (10/25)	6 (11/25)	7 (12/25)
平均体长(毫米)	27	81	139	155	169	176	180
平均体重(克)	0.21	5.91	29.92	41.49	53.79	60.76	65.0
体长月增长(毫米)	27	54	58	16	14	7	6
体重月增长(克)	0.21	5.70	24.01	11.57	12.30	6.97	4.21
体长月增长率(%)		80	71.6	11.5	9.0	4.1	2.2
体重月增长率(%)		2 714	406.2	38.6	29.6	12.9	6.9

表 3 人工养殖的中国明对虾不同时期体长增长参数

月 旬		平均体长(厘米)	平均体长日增长(厘米)
6	上旬(虾苗入池)	1.5	0.13
	中旬	3.0	0.15
	下旬	4.5	0.15
7	上旬	6.0	0.15
	中旬	7.5	0.15
	下旬	8.5	0.10
8	上旬	9.5	0.10
	中旬	10.3	0.08
	下旬	11.1	0.08
9	上旬	11.9	0.08
	中旬	12.7	0.08
	下旬	13.5	0.08
10	上旬	14.3	0.08
	中旬	14.9	0.06

由于人工养殖的条件不同,对虾体长与体重的关系并非固定不变。我们还可以用肥满度来表示对虾的生长情况,即:

$$\text{肥满度} = \frac{\text{体重(克)}}{\text{体长}^3(\text{厘米}) \times 100}$$

中国明对虾的肥满度,仔虾期一般为 1,体长 5~10 厘米为 1.1,10 厘米以上为 1.2~1.3。小于以上值,则表明饲喂的条件欠佳。

中国明对虾生长在性别上差异显著,仔虾期 60 天后(渤海野生虾体长达 70 毫米后),雌雄个体在生长上开始表现出差别,以后差别逐渐加大。雄虾 4 个月龄性成熟,基本不再蜕皮生长,此时对虾体长达 140~150 毫米、体重 30~38 克;雌虾 5 个月龄交配后,不再蜕皮生长,此时体长达 175~185 毫米、体重 60~70 克。

根据诸多专家对渤海中国明对虾生长研究,在渤海野生中国明对虾的性成熟(自仔虾 1 期开始)为 5 月龄,自然繁殖为 12 月龄。繁殖产卵群体,雌虾体长 180~190 毫米、体重 65~80 克,雄虾体长 140~150 毫米、体重 30~43 克。

中国明对虾绝大多数个体的寿命为 1 年,然而少数个体的寿命可达 2 年,极少数达 3 年。2 周龄的雌虾体长 210~240 毫米、体重 100~150 克,雄虾体长 170~175 毫米、体重 55~65 克。

(2)生长与蜕壳。甲壳虽然具有保护作用,但也会限制中国明对虾体积的增长,中国明对虾的生长必须要进行蜕壳,每蜕一次壳,体积迅速增长。但是也必须认清生长与蜕壳的因果关系,蜕壳是生长的结果,绝不是因蜕壳而引起生长。中国明对虾生长是营养物质积累与同化的结果。在蜕壳间期,对虾大量摄食,进行营养物质的积累与同化,体内营养物质增加,体液减少。蜕壳之后,对虾迅速吸收水分,迅速增大。当营养条件不佳时,中国明对虾即便是蜕了壳也不增长,甚至出现负生长。因此,主张用物理或化学(各类蜕壳素)方法促进对虾蜕壳,达到促进对虾生长的目的是徒劳的,甚至是有害的。蜕壳不仅增加虾体的消耗,不成熟的蜕壳也往往是造成对虾死亡的一个因素。

但是,中国明对虾在蜕皮间期也是会生长的,这主要是靠各甲壳之间的关节膜伸长来实现。中国明对虾处于溞状幼体 1~

3 期,在不蜕皮的情况下,体长可分别增长 12%、11%和 7%。

(3)对虾生长与环境。对虾的生长固然有自身的内在规律,但是环境的影响也是不容忽视的,特别是水温、盐度、水质、营养条件。

①水温:水温对变温动物的新陈代谢速率影响很大。在适温范围中,水温升高,新陈代谢增快,生长也就加快。试验表明,在 20~30℃时生长速度随水温上升而显著增加,在 30℃中生长最快,34℃时生长速度下降(表 4)。

表 4 中国明对虾仔虾在不同温度中 10 天增长

项目	第一次试验(℃)				第二次试验(℃)			
	20.92	25.05	28.01	29.72	25.26	29.77	32.69	34.38
开始体长(毫米)	6.17	6.17	6.17	6.17	4.90	4.90	4.90	4.90
结束时体长(毫米)	9.13	12.40	15.53	17.10	9.59	14.76	14.69	11.97
体长增长值(毫米)	2.96	6.23	9.36	10.93	4.69	9.86	9.79	6.97
体长增长率(%)	4	7.2	9.7	10.7	6.9	11.7	11.6	9.6
开始体重(毫克)	1.06	1.06	1.06	1.06	0.56	0.56	0.56	0.56
结束时体重(毫克)	6.64	22.91	47.34	62.62	8.34	39.25	37.69	17.84
体重增长值(毫克)	5.58	21.85	46.28	61.56	7.78	38.69	37.13	17.28
体重日增长率(%)	20.1	36.0	46.2	50.4	31.0	53.0	52.3	41.4
开始时尾数	50	50	50	50	50	50	50	50
结束时尾数	41	36	39	35	13	9	7	9
成活率(%)	82	72	78	70	26	18	14	18

由以上试验结果得知,中国明对虾耐高温能力较强,这个特征有利于人工养殖。北方池塘中,夏季水温经常在 30~32℃,处于对虾生长的适温期,应加强管理、投足饵料,促使其快速增长。如有短时的 34~35℃的高温天气,应注意防暑降温措施。

②盐度:中国明对虾虽是广盐性动物,但在不同的盐度中的生长速度不完全相同。养虾经验证明,中国明对虾在半咸水中生长较快。仔虾在盐度 20.97~43.26 的不同梯度试验中,生长

率和成活率都随盐度升高而下降(表 5)。

试验中还观察到仔虾在半咸水中蜕壳勤、体色鲜艳。关于低盐度海水促进对虾生长的机理尚欠研究。对体长 10 毫米仔虾进行了加入不同比例淡水的饲养试验,结果是加入 10%、20%、30%淡水的在 24 小时内蜕壳率较高,而加入 70%以上各组的死亡率明显增高。因此,认为加入适量淡水有刺激蜕壳的作用。

此外,影响对虾生长的因子还有水质、底质、饲料、疾病等。

表 5 对虾在不同盐度中生长和成活情况

试验盐度	20.76	23.86	25.48	34.70	37.30	41.20	43.20
成活率(%)	96.7	95.5	98.7	97.3	97.0	89.2	84.0
体长增长率(%)	77	71	71	64	59	47	31

二、中国明对虾工厂化育苗技术

20 世纪 80 年代,我国开发了中国明对虾工厂化育苗技术,对虾育苗技术开始快速发展并逐步规范化。90 年代以后,对虾的养殖获得快速发展,对虾的育苗技术取得不断进步。

在当前多种病毒性疾病流行的情况下,使用不被流行性病毒,如白斑综合征病毒(WSSV)、桃拉病毒(TSV)、对虾细小样病毒(HPV)等潜伏感染的健康虾苗,是保证安全养殖、无公害养殖的必要条件。从预防病毒病的迫切需要出发,我国对虾养殖产业应该建立无特定病原(SPF)对虾育种场,为养殖产业提供大量健康虾苗。但是,目前要很快实现这一设想,不论在资金投入,还是管理上都有较大难度。如果仅仅是为商业生产提供不携带 WSSV、TSV 等病毒的健康虾苗,或者说仅仅是培育基本上不携带特定病原的虾苗,还是容易实现的。近年来一些初步的研究工作表明,用灵敏 PCR 检测病毒技术与严格的消毒措施相结合,使用杀菌消毒水系统,使用病毒检测为阴性的雌性亲

虾,对对虾受精卵、无节幼体作一些处理,即可获得基本上不携带 WSSV 的虾苗。或者至少可以把虾苗的病毒携带率降低到可以为生产接受的水平。这种方法培育的虾苗,由于只是对当代商业用苗负责,操作容易、设备简单,从我国已经开展的这方面工作的效果来看,目前我国多数对虾育苗场均可开发此项技术。

培育无 WSSV、TSV 等病毒感染的虾苗,通常可采取如下操作程序:亲虾进入培育池之前,应使用 200~300 毫克/升甲醛浸泡消毒,使用经严格过滤后再消毒的海水培养亲虾。对虾产卵、受精卵孵化和无节幼体培育,也应使用过滤后再消毒海水。受精卵进入孵化池前,应先消毒处理并用消毒后的海水反复冲洗。幼体各个阶段及使用的饵料均应进行病原检测,凡是阳性饵料、卵、幼体应舍弃。有的研究者发现,如果使用没有对特定病毒检测的亲虾育苗,只是对亲体、卵、幼体消毒处理,尚难以彻底消除少数对虾幼体被感染。因此,在生产中需要对亲体进行病毒检测,挑选不携带病毒的亲虾作为产卵亲虾。产卵前亲虾活检可采用切取对虾游泳足检测,由于可能对亲虾成活造成影响,也可采用单尾亲虾产卵,对产卵后的雌虾纳精囊、鳃丝、胃等器官或组织进行病原检测。亲虾检测如为阳性,该亲虾产的卵子应抛弃。但是,这种处理方式在大规模生产中应用很不方便,最好的办法是培养生产无特定病原潜伏感染的亲虾。

鉴于近年来中国明对虾养殖疾病仍不能有效地控制,苗种生产疾病增多,选育生长快、抗病力强、不携带暴发性流行病原体的良种亲虾,已成为养殖业刻不容缓的研究内容之一。通过培育抗病力强的高健康虾苗,切断病原的垂直传播途径;通过实施安全、优质养殖技术,切断病原的水平传播途径,将会大幅度提高中国明对虾养殖的成功率。如能进一步培育既不携带病毒暴发性流行病病原体,又对病原体有较强抵抗力的优良苗种用于养殖生产,对恢复和发展对虾养殖业将有巨大的推动作用。由于中国明对虾种虾可以人工培育,通过特定的筛选及严格的



防疫培育体系,完全可以获得品质优良的健康种虾。从对虾育苗和养殖工艺要求及养殖地域分布考虑,必须建立起可覆盖全国的中国明对虾良种培育体系。黄海水产研究所等单位已在这方面做了一定的工作,2003年人工选育成功了我国第一个海水养殖动物新品种——中国明对虾“黄海1号”,由农业部公告(水产新品种【2004】证字第1号,品种登记号:GS01001-2003)。中国明对虾“黄海1号”作为水产优良养殖品种,已在山东、江苏、天津、河北等部分省(市)推广。

(一)育苗场建设

1. 建场地理条件

在建场之前应考察地形,测试水质,审慎选择育苗场地。场址应在避风内湾山丘或高地上,坐北朝南,周围水质清净,无工业及城市排污影响。水源水质应符合 GB 11607 的规定,培育用水水质应符合 NY 5052—2001 的规定。海水盐度不低于 23, pH 值稳定在 8.0 左右。育苗场应靠近自然亲虾产区。通电、通水、通信、交通方便,车船可以直接到达,淡水水源充裕。最好不要太靠近居民区。中国明对虾育苗水源可耐受的重金属及有机物含量如表 6 所示。

2. 育苗场设施

主要设施有育苗室、饵料培养室、亲虾越冬池、产卵池以及供气、供热、供水、供电系统。如在河口地区进行海水人工育苗,还需建造蓄卤池、海水调配池(室)及海水净化装置等。

(1)育苗室。为温室结构,建筑必须满足对光线和通风的要求。一般使用玻璃或透光率为 70% 以上的原色玻璃钢波形瓦覆顶,并开设天窗,使晴天上午 10 时室内光强度最低在 5 000 勒克斯以上。室内房顶、窗设遮光帘,以调节光照强度。北方育苗室墙壁通常为砖石结构,最好用保温材料。建设高而宽的窗户,最好为双层玻璃,以利于保温、通风、采光。气候温暖地区,也可建透明塑料薄膜覆盖的育苗室。

表 6 中国明对虾育苗水源可耐受的重金属及有机物含量(毫克/升)

项目	控制含量	项目	控制含量
汞	0.0002	润滑油	0.5
镉	0.001	敌百虫	0.005
铬	0.01	内吸磷	0.002
铅	0.05	杀虫脒	0.3
铜	0.01	间苯二酚	1.0
锌	0.01	对苯二酚	0.05
镍	0.005	甲醛	0.3
砷	0.03	水合肼	0.01
马拉硫磷	0.0005	滴滴涕	0.00005
六六六	0.0004	甲基对硫磷	0.0005
五氯酚钠	0.01	乐果	0.1
丙烯腈	0.3	多氯联苯	0.00002
挥发性酚	0.005	硫化钠	0.1
石油类	0.05	硒	0.02
氰化物	0.005	煤油	0.02
原油	1.0	轻柴油	0.7
汽油	0.1		

(2)育苗池。育苗池宜为 2:1 的长方形,水体 20~50 米³,池深 1.2~1.5 米。池壁顶面高于室内地面 50~70 厘米。池四角抹成弧形,池底向排水孔以 2% 的坡度倾斜。排水孔设在池中间或池的短边,孔径随池子的大小而异,一般不应小于 110 毫米。每个育苗池都应设有输水、充气和加温管道,管道安装要坚固安全,便于操作、维修。在育苗池池底排水孔外,设置收集虾苗的水槽(即集苗槽),槽底应低于池底排水孔 40 厘米。集苗槽为 1.2 米×1.0 米×0.8 米(长向垂直于育苗池壁),集苗槽的池壁底设一排水管(沟),管径(沟宽)不小于 250 毫米。集苗槽排水设施亦可建成宽 20 厘米的多页插板闸门。对虾育苗池兼



做亲虾越冬与蓄养池用时,育苗室内应增设遮光、保温设施。

(3) 饵料培养室。包括植物性饵料培养室、动物性饵料培养室及卤虫孵化间,各个室均应是独立的生产间。

①植物性饵料室:主要用于培养单细胞藻类,要求光照度在晴天中午能达到1万勒克斯以上。因此,须有玻璃或透光率强的玻璃钢波形瓦覆顶。培养室四壁须有较宽大的窗户,屋顶开设天窗。室内建有单细胞藻类藻种间、二级培养池和三级培养池。两种池子的总水体数为育苗池的10%~20%。二级培养池面积可为1.5~2米²,池深0.5米左右;三级培养池面积可为10~15米²,池深0.8~1.0米。二、三级培养池均应有人工光源、增温及充气设备。单细胞藻类二、三级培养也可采用塑料袋吊挂式、立柱式及其他封闭方式培养方法。

②动物性饵料室:以培养轮虫、枝角类等为主。池面积10~15米²,池深1.2~1.5米,池内必须有充气 and 增温设备,总水体为育苗池的10%~20%。轮虫及其单细胞藻类饵料也可在室外塑料大棚内进行培养。

③卤虫孵化间:卤虫冬卵的孵化要采用卤虫冬卵孵化器,放置在隔离的卤虫培养专用室内。

值得注意的是,由于中国明对虾水产苗种人工配合饵料的开发和利用,增加有效的育苗水体,同时考虑到防病及操作方便,一些育苗场家对动、植物性饵料的培养已大大减少,甚至不用。

(4) 供水设施。包括蓄水池、沉淀池、高位水池、过滤池(或过滤器)、水泵及进出水管道、阀门等。在低盐度地区育苗,还应增加盐卤池及调配池。

①蓄水池:有蓄水和使海水初步沉淀两个作用。通过闸门纳入或用泵抽入蓄水池的海水,经24~48小时的沉淀后送往沉淀池。为达到较好的沉淀目的,沉淀池可隔为两池轮换使用。注意在育苗结束后,蓄水池、沉淀池不可做养殖池使用,以免污染池底。

②沉淀池:容水量一般为育苗总水体日(包括育苗池和饵料池)最大用水量的1~2倍,最好建2个或分隔成2个,以便轮换使用和清洗。蓄水池容水量为沉淀池的15倍。两池水深度均应在1.5米以上。

③高位水池:位于全场最高处,利用势能自动供水。池底高于所有培育池顶部。一般过水用高位水池贮水量为50~80米³,通常设置为2个,便于清洗。

④砂滤池或反冲式过滤器:开放式砂滤池,利用水的重力自动过滤。该方式过滤速度稍慢,需要人力冲洗,但水质较好,经济适用。反冲式密闭加压过滤设备体积小、过滤快,但费用略高。

(5)消毒设备。为预防病毒性病原,用水必须消毒处理。可选择紫外线消毒设施,或适宜的消毒剂。砂滤海水再经紫外线海水消毒器或精密滤器处理,或用药物处理,可作为亲虾培育、育苗、饵料培养和滤洗对虾受精卵用水。预防供水设备材料对水质的污染,严禁使用含铜、锌等重金属和含有毒物质的水泵、管道和阀门等部件。

(6)充气设施。亲虾越冬池、蓄养池、育苗池和动、植物饵料培养池等均应设充气设备。其主要设备为无油的鼓风机,供气能力每分钟应达到上述总水体的2.5%。为能灵活调节送气量,可选用不同风量的鼓风机组成鼓风机组,分别或同时送气。同一鼓风机组中的风机,风压应该一致。

罗茨鼓风机风量大、压力稳定,气体不含油污,适合育苗场使用。根据水体及水深也可选用旋涡气泵或层叠式气泵,以降低能耗。在选用鼓风机时注意风压与池水深度间的关系,一般应选用风压为34.3~49.0千帕的风机。

充气支管可用塑料软管,管的末端装散气石。散气石宜为圆筒状,长5~10厘米,直径2~3厘米,一般用80~100号金刚砂制成。各育苗池所用散气石必须型号一致,以使出气均匀。每0.6~0.8米²池底设置一枚散气石。此外,也可于池底安装

硬质塑料管散气,管径 1.0~1.5 厘米,管两侧每间隔 5~10 厘米交叉钻一孔径为 0.5~0.8 毫米的散气孔,各散气管间距 0.5~0.8 米。

(7)增温设施。根据各地区气候和能源状况的不同,采用不同增温方式。可使用锅炉蒸汽通过管道增温,也可使用其他增温设施,如电热器、工厂余热和地热水等增温。利用蒸汽增温,每 1 000 米³ 水体需用蒸发量为 1~2 吨/小时(251.2~502.4 千焦)的锅炉,蒸汽经池中加热管增温,通常可用耐腐蚀、基本无重金属离子污染的不锈钢管作为加热管道。

板式换热器可以有效的节约燃料消耗,尤其是越冬或水温低季节生产时,可以充分利用地热资源或循环用水。

(8)备用供电设备。增温、充气和供水都需有持续、充足的电力供应。因此,育苗场必须根据用电量自备发电装置。

(9)水质分析室及生物监测室。为能随时掌握育苗过程中水质状况及幼体发育状况,育苗场必须建有水质分析室和生物监测室,配备所需的测试仪器,如水温计、比重计、酸度计、溶氧测定仪、分光光度计、显微镜和解剖镜等。

(二)亲虾的选择与培育

1. 亲虾的选择

目前,我国亲虾来源是人工越冬培育的养殖亲虾和采捕海中亲虾。采捕海中亲虾是主要来源,为了保护黄渤海对虾资源,规定只允许捕捞黄海沿岸及向渤海生殖洄游途中的“过路虾”,禁止捕捞已进入渤海产卵场的亲虾,所以多是从 3 月中旬到 4 月底在黄海区捕捞。在选购亲虾时应按照 GB/T 15101.1—1994 标准执行。亲虾健康是首要条件,应选体壮力强的个体,淘汰身体瘦弱、体色异常、黑鳃、烂鳃和身粘异物以及有严重外伤的个体。有条件时,应由检疫部门进行病毒病的诊断,如用聚合酶链反应(PCR)、单克隆抗体酶联免疫(ELISA)检测及分子杂交检验技术等,进行病毒病的快速诊断,淘汰带病毒亲虾,这

是生产无病毒虾苗的前提。无病毒虾苗卵巢发育正常、丰满,纵贯整个虾体背面,无变红或变白的间断处;卵巢绿色或浅绿色,边缘轮廓清晰,无白色边缘;纳精囊饱满,能看到其内乳白色的精荚。个体越大,怀卵量也越大,应选大个体亲虾。

2. 亲虾数量

雌虾的怀卵量因个体大小而异,一般在 50.7 万~108.9 万粒,怀卵量与体重之间的关系式为:

$$Y=10.244+8.398W$$

式中:Y 为怀卵量(万粒);W 为体重(g)。

海捕亲虾首次产卵平均数约在 50 万粒,二次成熟产卵在 30 万~50 万粒,亲虾还可以再产几次卵。如按集卵率 70%、孵化率 80% 计算,每尾海捕虾两次产卵可孵出无节幼体 50 万尾左右,足够 1 米³ 水体培育。但是为了能集中获得早批卵子,加快布池速度,可适当多购买亲虾,但每立方米水体 2 尾亲虾已足够。越冬亲虾虽然产卵量少,但时间充足,亦可按照上述标准购买。

实际生产中,由于育苗技术的改进、亲虾资源的减少、亲虾价格的升高及多次产卵的利用等,亲虾的使用数量明显下降,每尾亲虾可出苗 20 万尾以上。亲虾过多不仅对资金和资源是浪费,由于数量多、密度大,也常常导致产卵量和孵化率的下降。

3. 亲虾运输

根据路途远近和运输条件,可采用陆运、水运或空运等方式来运输亲虾。

(1)陆运。一般采用帆布桶以汽车运输,优点是灵活性大,适合于 24 小时以内路程的运输。一般情况下,直径 80~100 厘米,水深 40~50 厘米,水温 8~10℃,可装运亲虾 50~100 尾,陆运时应注意配备充气机或氧气瓶,以确保亲虾的成活率。

(2)水运。一般也是用帆布桶等容器以船载运,或以活水仓运输,优点是取海水方便,可以经常换水或流水运输,可增大亲虾密度,而且也较安全可靠。

(3)空运。是指用尼龙袋装亲虾用飞机运输,适用于国际或国内长距离运输,方法是用20升的尼龙袋装水1/3,可放入亲虾5~8尾,充满氧气扎口后装于保温箱内运输。高温期运输还应放冰袋降温,保持水温在10℃左右,同时为了防止额角刺破尼龙袋,可在额角剑上套一段胶皮管。

不管哪种方式运输亲虾,都应注意运输工具要洁净,新帆布桶应浸泡几日后在使用;装运亲虾用的海水要清澈新鲜,换水温差小于2℃;途中应经常检查亲虾的活动情况,亲虾静卧于水底属正常,若浮于水面或跳动或侧倒说明氧气不足,应迅速充氧、搅水或换水。

要求亲虾入池前后的温差要小于2℃、盐度小于5,否则,应进行温度、盐度调节。水温以每小时升降1~2℃的幅度调至正常值,盐度要求在24小时内逐步过渡到本育苗场用水的盐度范围。

亲虾入池前用250~300毫克/升的甲醛消毒3~5分钟,入池后加1~5毫克/升的抗菌素。

4. 亲虾越冬

为保护我国沿海中国明对虾的资源,我国北方沿海各省普遍开展了中国明对虾亲虾人工越冬技术的研究工作,并已取得显著成效。实践证明,利用人工越冬亲虾育苗,亲虾来源稳定;可人为控制亲虾产卵时间,根据需要可提早育苗、提早放苗;亲虾利用率高,并可重复利用。

(1)现行人工越冬亲虾的方法。

①锅炉加温越冬:利用现有的育苗室、越冬室,用锅炉加温越冬。这种方法较普遍,但成本偏高。

②利用地热水越冬:可根据需要进行适当的温度、盐度调整,此方法可降低燃料消耗。

③利用塑料大棚越冬:采用地上或地下、半地下等各种技术措施,提高越冬室气温,节省能源并解决亲虾越冬对水温的要求。

(2)塑料越冬大棚的建造。塑料越冬大棚要选择背风向阳、排水方便、底质为硬泥或泥沙质、保水性能好、虾苗外运方便、一般水深2米左右的地方。棚的结构要坚固耐用,一般要求池四壁用砖石浆砌,以防风袭,上部使用木杆或竹竿,把大棚膜用木条钉在其上,加强塑料大棚的支撑能力。

放亲虾前要进行清池,可用漂白粉等含氯消毒剂,老池每亩用量30千克,新池减半;进水时用60~80目筛绢过滤;施肥可选用硝酸钠或尿素5~10克/米³水体。

(3)亲虾暂养。由于市场规律或其他原因,中国明对虾的起捕时间越来越早,很少在10月后起捕,造成对虾大部分未达到作为亲虾的规格,其中雄虾也没有达到性成熟,所以育苗单位不得不提前购入合适的对虾进行亲虾暂养。从对虾出塘到亲虾入越冬室这一段时间称为亲虾暂养,目的在于提高亲虾的规格,随水温降低促使亲虾交尾。

暂养池应东西走向,以防季风袭击而造成水温急剧下降和日温差过大。暂养池面积视亲虾数量而定,一般暂养1万尾亲虾需面积0.17~0.20公顷。暂养池堤坝和闸门应不漏水并配备水泵,保证冷空气来时亲虾不冻伤致死。

暂养期间水质交换的好坏,直接关系到雌虾的生殖蜕皮率,从而影响到亲虾交配率。因此,加大换水量,特别是在暂养后期的潮汛期间,可以促进雌虾大量生殖蜕皮,增加亲虾的交配机会,提高交配率,尽最大可能获得室外交尾亲虾;同时又使亲虾交配具统一性,有助于亲虾入室时间的确定。若水交换不充分,常引起亲虾体表附着藻类等杂物,将严重影响亲虾的质量。换水方法是,保持水深2.5米以上,每2~3天换水量不少于1/3,且白天排水、晚上加水,促使对虾蜕皮交尾。投喂新鲜优质饵料,如蓝蛤、卤虫、活沙蚕等,活体饵料应经检测不带病菌。

(4)亲虾专池培育。目前许多单位的越冬亲虾是从一般的生产池挑选的。这些生产池饲养的对虾,由于密度大、投饵多、池底污染严重,往往对虾患有或潜伏有各种疾病,给越冬或育苗

带来相当大的困难。因此,将越冬亲虾专池培育,是获取体大、健壮无病交尾亲虾的最好方法。

亲虾培育池选择在向阳、避风处,水深要达到 2.5 米以上,关键时刻日换水量应达到 100%。掌握最佳的放养时机,以 5 月中旬水温稳定在 16℃ 以上放苗为好,虾苗要体壮、无病、活力好,体长 1 厘米以上,每亩放苗 5 000 尾左右。为防止虾病的发生,要提前在池内定向繁殖饵料生物,力争虾苗体长 6 厘米之前不投饵,这样可保持一个良好的养殖环境。养殖中后期最好投喂不败坏水质、经检测不带病菌的饵料(如蓝蛤、活沙蚕等),也可补充些优质配合饵料;后期要增加水深,加大换水量,为亲虾生长发育提供良好的环境条件。有关尽最大可能获得室外交尾亲虾的大换水方法,与前面亲虾暂养中介绍的方法相同。

(5) 亲虾入室。亲虾入室入棚,应尽量减少机械创伤。挑选亲虾时要逐个检查,对红肢、红胃、黑鳃、烂鳃或有其他明显病症的对虾要坚决清除,保证雌虾体长 13 厘米以上。室内交尾需要雄虾时,除保证质量外,体长应达 12 厘米以上,以保证交尾亲虾的质量。

选择亲虾入室时间,是提高亲虾越冬成活率和利用率的重要一环。如果亲虾入室时间早,亲虾交尾率低,入室后因室内水温偏高,亲虾会大量蜕皮甚至死亡。如果亲虾入室时间晚,一旦遇上强冷空气,则亲虾会在池内或在入室过程中冻死。另外,11 月中旬是气候变化较大的季节,每年这时都有一二次的冷空气南下。为保证亲虾适时入室入棚,必须提前做好亲虾出池入室入棚的准备工作,保证亲虾随时入室入棚。注意收听气象预报,在中旬前期若有不很强的冷空气,则不要急于在冷空气来前入室,可加深水位,等冷空气过后再出池入室。11 月 15 日以后,若有北方冷空气南下,或虽在中旬前期,但冷空气来之前入室。如果因入室亲虾数量大或其他原因,在冷空气来到之前亲虾不能全部入室,则对不能完成入室的亲虾不要急于出池,而应加深水位到 2.5 米以上,待冷空气过后、气温回升时再出池入室。切

忌在冷空气过境时排水出池。

(6)亲虾交配。根据地区特点,较温暖的山东省以南沿海可以在室外池塘中暂养,降温早的北方沿海则多在室内池中交配。为了获得较多的交配亲虾,必须掌握其交配活动的规律并创造条件,促使其交配活动。

①室外交尾:我国北方对虾交尾是有季节性的。每年10~12月为交尾期,以10月20日至11月15日为盛期。此时正常交尾水温为12~20℃,雄性对虾精英发育良好,通常体长应达12厘米以上,雌雄比例最好为1:1,最高为2:1。

②室内交尾:为了尽快地在室内完成交尾过程,应在种虾培育池水温14~16℃时入池。对虾要求体质健壮、无病,雌、雄比例为1:1。放入池内的密度为20~30尾/米²,每天换水量为70%以上。水温可随室内气温升降,但换水时温差不要大于1℃。池内最低水温不应低于12℃,最好控制在14~16℃。水温太低,雌虾蜕皮困难,蜕皮死亡率高;水温较高,雌虾蜕皮频繁,交配后再蜕皮,即可失去精英。水温对对虾交配的影响如表7所示。

表7 水温对中国明对虾交配的影响

水温(℃)	12~14	16	18	20	23	25
使用雌虾尾数	10	10	14	25	21	20
使用雄虾尾数	10	10	11	13	12	11
雌虾蜕皮尾数	6	6	4	14	16	19
雄虾蜕皮尾数			3	3	7	11
雌虾交配后保持精英尾数	5	6	4	11	11	10
保持精英尾数/总雌虾数 (%)	50	60	28.6	44	52.3	50
雌虾蜕皮数/保持精英尾数	1.2	1.0	1.0	1.3	1.5	1.9

交尾期以及移入室内前均应注意对虾营养。使用鲜饵,日投饵量为体重的8%~10%,可适量充气,注意水质监测。室内

光照可维持自然光照强度,通常应能达到 3 000 勒克斯以上。室内交尾切忌人为反复升降水温及盐度等刺激,通常只要在交尾季节,水质等环境条件适宜、稳定,室内交尾率可达 70% 以上。对虾交尾后,尚带瓣状体者切勿捞取,待甲壳变硬后才可捞入越冬池。捞入越冬池后,应逐日缓慢降温至越冬培育要求的温度并维持该温度。

③人工精英移植:人工移植精英可以作为弥补自然交尾率不高的技术手段。移植时间以正式进入越冬培育期,对虾不再自然蜕皮为好。通常在 12 月中下旬至雌虾产卵前一周均可,选用体长达 12 厘米以上、精英发育饱满的雄虾进行人工移植精英手术。

主要工具及药品:直径 50~60 厘米、深 10~16 厘米的塑料盒,消毒海水,75% 的酒精(消毒用),取纳精囊用镊子(用精细血管镊子加工而成,镊子端部直径约 1 毫米,镊子端部分别向两侧弯,呈钝角状,弯曲部 2 毫米长,镊子长 7~9 厘米),放精英用镊子(镊子长 7~9 厘米,但镊子端部加工成向一侧弯曲的弧形,拐角要圆滑,弯曲部约长 3 毫米)。

精英获取方法:使用挤压法或解剖法均可,通常使用挤压法。一手握虾,使腹部向上,捏住头胸部的后端,用另一手指和食指捏住第 5 对步足基部,两手同时挤压精英囊;精英则由生殖孔挤出,而瓣状体仍留在精英囊内;用镊子镊住精英和瓣状体相连的柄部,轻轻把瓣状体拉出;然后放在消毒后的玻璃片上,待移放用。挤压时注意手指勿堵住生殖孔,放在玻璃片上时,勿用海水浸泡精英。

精英植入方法:将未交配过的雌虾自池子捞出,一人以左手将雌虾握住,腹部向上;另一手轻轻将雌虾尾部握住,勿使其弹跳,将虾的头胸部倾斜放入盆内水中,使纳精囊部位露于水外。另一人用镊子夹酒精棉球轻擦纳精囊表面消毒,再用消毒海水冲洗一下。一手持端部向两侧弯曲的镊子将纳精囊分开轻轻提起,分开纳精囊;另一手用端部为同方向弯曲成弧形的镊子捏住

精英瓣状体和精英连接的柄部,将精英放入纳精囊内。用一手指轻压纳精囊,取出镊子,瓣状体留于纳精囊外,再轻轻拉一下瓣状体,确认已放入纳精囊内的精英不再掉出,立即把雌虾放入池内。

注意事项:握虾者,握头部的手指切勿用力压迫对虾心脏部位及鳃部。放精英时切勿用镊子扎到纳精囊背部。握虾者应戴棉线手套操作。镊子不得划破纳精囊。通常一尾雌虾的纳精囊内应放2个精英,以提高受精率。

(7) 亲虾越冬。

①密度:在水质、饵料、增氧有保障的前提下,越冬期间密度可控制在40尾/米²左右,成活率可达70%以上。但在越冬后期性腺促熟阶段,随着水温升高,须将亲虾及时疏散培育,培育密度为15~20尾/米²,以免影响亲虾性腺的成熟和怀卵量。

②水温:亲虾越冬期间,若温度变化频繁、温差过大,将直接影响越冬亲虾的摄食量,进而影响虾的成活率。越冬期间水温在8~9℃条件下,每尾亲虾日摄食量控制在体重的3%~5%,是维持越冬亲虾正常生存所需营养物质的最佳摄食率。据实践证明,越冬期水温适当高些,而翌年春天升温晚些,对提高亲虾成活率和性腺成熟率有明显效果。具体措施是,亲虾入池后池水温度要求随自然温度变化而逐渐下降。北方地区11月下旬水温可降到9℃,此时可点炉升温,整个越冬期水温要保持和稳定在9℃,并做到上下温差不超过0.5℃。翌年3月初开始升温,视性腺发育情况每5~7天提高1℃,到4月初水温可达14~15℃,此时亲虾发育成熟即可开始准备产卵育苗。在江浙等南方地区,亲虾入室后有时由于水温回升快,有时超过14℃,常引起亲虾蜕皮而蜕掉精英,又没有重新交尾的机会,而使亲虾失去意义。

③盐度:正常海水的盐度对越冬亲虾的成活率无明显影响,但低盐度不利于亲虾的摄食及性腺发育,且成活率低。试验证明,亲虾人工越冬培育生产的最适盐度是26~32,不应低于20。



④增氧：亲虾越冬期间使用鼓风机充气增氧，充气量一般不大，以每分钟供气 0.5% 左右，水面微泡即可。

⑤光照：光照对越冬亲虾的成活率和性腺发育影响并不明显，因此，越冬室内不必花费较多的资金安装调光、遮光设备。但为避免水质变化和藻类繁生乃至附生于亲虾体表，光线不宜过强，以 500~1 500 勒克斯的弱光为宜。

⑥防治虾病：对虾越冬及亲虾培育期间，某些场家为了预防虾病，经常向越冬池内泼洒一些抗菌素。这些药物在低温水中的抗菌效果并不好，这样不仅加大越冬成本，而且容易使病菌产生抗药性。育苗时这些病菌便会很快繁殖，再使用抗生素已不起作用。此外，越冬后期过量使用抗生素会抑制性腺成熟，对卵子的胚胎发育产生不利影响。因此，防治越冬亲虾疾病，应从改善水质环境，提高亲虾的抗病能力入手，避免过多使用抗生素。对虾越冬期间主要防治拟阿脑虫病、甲壳溃疡病、红肢病、镰刀菌病等。

5. 亲虾成熟培育

亲虾的成熟培育是苗种生产的关键。亲虾的健康状况、个体大小和年龄是性腺发育的内在因素，适宜的环境是性腺发育的外部条件，只有内外条件具备，性腺才能正常发育，发育良好的成熟卵子可顺利地培育出健壮的子代。亲虾越冬培育后期，对虾性腺开始发育，对虾的生理状态不同于越冬期。因此，越冬亲虾和捕捞的春季接近成熟的亲虾都必须进行成熟培育，使生产顺利地进入育苗期。

(1) 雌性亲虾性腺成熟过程。亲虾性腺发育状态，可以通过背部甲壳观察卵巢的轮廓和颜色等鉴别。性腺最初由透明、半透明逐步发育至白色或淡灰色，外观不易观察。待发育至淡黄色或黄绿色，卵巢体积增大，则背部可明显地看出卵巢的轮廓。进一步发育，外观背部呈暗绿色的卵巢，胸甲处也有卵巢可见，解剖后可见卵巢表面有龟裂，卵巢呈绿色或灰绿色，明显增大。发育成熟的卵巢外观很饱满，整个头胸甲处可见卵巢。从背部

看卵巢在第1、2、3腹节各向两侧下垂,特别是第1、2腹节处,下垂伸长达整个腹节宽度的 $1/3 \sim 1/2$,外表观察卵巢颜色个体差异较大,呈褐色、暗红色、灰绿色、暗黄色、褐绿色等。解剖卵巢观察通常呈暗灰色或灰褐色,卵粒明显。产卵后,从卵巢外表看轮廓不清。握虾对着光亮透视,没有卵巢黑廓;解剖观察,卵巢表面呈微黄或土黄色。

(2)亲虾升温进程。在保证水质、饵料的前提下,水温是促进亲虾性腺成熟的关键因素。多数地区从计划产卵前的1个月开始可逐渐增温。增温的方法是:亲虾入池后稳定 $3 \sim 5$ 天,以后每天 0.5°C 的升幅, 11°C 稳定 $1 \sim 2$ 天,在 $13 \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ 时多停2天,有利于亲虾的营养积累和性腺发育。最后,越冬亲虾升至 $14 \sim 15^{\circ}\text{C}$,海捕亲虾升至 $15 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。稳定在此水温中,等待亲虾性腺发育成熟、产卵。亲虾促熟培育期间,升温和降温的日温差都不应超过 1°C 。

(3)亲虾的饵料。虽然对虾卵母细胞是糖原、脂类及蛋白质合成的,但卵黄蛋白来源极可能是来源于雌虾的肝脏。在激素的作用下,肝脏合成了只有雌虾具有的卵黄磷脂蛋白原,通过血液输送为卵母细胞所摄取。可见卵子发育的物质基础均来源于饵料,饵料的质量和数量对性腺发育均有重要影响。关于饵料质量研究的较多,通常认为鲜饵优于干饵。如缢蛏、蛤子、蟹肉和乌贼等均是较为优良的饵料,特别是鲜的活沙蚕,具有某些促进对虾性腺发育的物质,已经成为全世界养殖种虾的通用饵料。多种饵料搭配使用,才能更好地满足对虾营养的全面需要。即使是鲜饵,多种饵料交替、混合使用的效果也优于单种饵料。使用冰冻的鲜蛤、小虾、乌贼和沙蚕(-15°C 保存6个月内)以及这4种饵料混合使用。试验表明,乌贼和小虾是较好的单一饵料,其次是沙蚕和蛤,当然混合投喂最为理想(实际使用方法为每天4种单一饵料交替喂)。各种饵料对雌性对虾性腺发育的影响如表8所示。饵料对对虾越冬成活、产卵的影响如表9所示。

表 8 各种饵料对雌性对虾性腺发育的影响

指标	蛤	沙蚕	小虾	乌贼	混合饵料*
平均每天成熟指数	3.11	9.71	11.24	15.13	16.02
生殖腺指数	1.34	2.10	3.50	2.80	4.20

* 混合交替使用多种饵料。

表 9 饵料对对虾越冬成活、产卵的影响

饵料种类	人工配合 饵料	活缢蛏	人工配合饵料 + 活缢蛏	人工配合饵料 + 活缢蛏
平均水温(℃)	10.7	11	10.4	10.6
总越冬虾数(尾)	166	120	172	199
对虾密度(尾/米 ²)	20.1	15	17.2	19.9
存活虾尾数	23	95	97	91
越冬成活率(%)	13.8	79.1	56.4	45.7
对虾平均体长(厘米)	15.0	14.7	15.0	15.3
开始产卵日期	4月6日	3月28日	4月1日	3月30日
产卵结束日期	5月18日	5月18日	5月1日	5月9日
产卵天数(天)	42	43	41	40
产卵的虾尾数	13	79	67	64
产卵虾占成活虾 数的比率(%)	56.5	83.1	69.1	70.3
产卵虾次	17	189	134	140
平均每尾虾产卵 次数	1.3	2.4	2.0	3.5
每尾虾的首次产 卵量(万粒)	19.2~39.2, 平均 19.6	27~95, 平均 52.7	12~65, 平均 44.8	16.9~80.3, 平均 49.7

①产卵的数量和饵料有关,质量差的饵料的产卵率较低。对虾饵料质量以鲜饵最好,混合投喂者也可获得较好结果。

②饵料质量和产卵开始、结束相隔的天数无关,说明性腺发育产卵主要是受内分泌控制。

③饵料质量和对虾卵巢的卵子数量有密切关系。采用质量差的饵料,对虾的怀卵量下降。

④由于对虾营养状况影响了对虾体质和成活率,并最终影响了产卵批次。喂人工配饵者产卵批次最少;而喂鲜活饵料者,平均每尾虾产卵都在两次以上。上述的两例饵料对虾性腺发育影响的试验表明,对虾卵巢发育期,需要供应适合于对虾性腺发育所需营养成分的饵料。通常对虾的性腺总重量约占体重的16%,主要增长发生在越冬后期,特别是多次产卵时尤其如此。因此,该期的饵料投喂数量和质量应特别注意。

因此,亲虾饵料应以鲜沙蚕为主,鲜活蛤肉、缢蛏等为辅,日投饵量为亲虾体重的8%~12%。日投饵2次,早晚各一次,各占50%。投喂的活沙蚕或蛤肉要用淡水或者用5毫克/升的高锰酸钾溶液消毒3~5分钟,冲洗干净后称重投喂。

增温培育之日起,应视其摄食强度,逐日增加投饵量。随着水温的升高,亲虾的日摄食量也随之增加,最高时日投饵量可达亲虾体重的15%~20%。

(4)控制对虾同步产卵。在越冬生产后期(即成熟培育中后期),大部分对虾性腺发育加快,外观特征明显。当卵巢发育至外表呈绿色,在背部明显充满卵巢时,彻底检查一次亲虾性腺发育情况,按发育的快慢分类管理。发育慢的亲虾可适当升温培育,保持较暗的光照,加强营养,喂以沙蚕;对于发育过快的少数个体,可稳定在较低的水温环境下饲养。在对虾性腺发育期,切除对虾的一侧或两侧眼柄,可以显著地促进雌虾卵巢发育。

摘除眼柄是促进性腺快速成熟的有效方法。在对虾眼柄中,分布着一些特殊的神经分泌细胞(又称X器官),它能分泌一种抑制卵细胞发育的激素。这种激素与卵巢成熟激素之间具

有拮抗作用,阻止或减少 X 器官的分泌,就可促进性腺成熟。摘除眼柄,就等于破坏了眼柄中 X 器官,使神经分泌细胞失去作用。摘除眼柄催熟卵巢的方法已在世界各地采用,采用这种方法能在 $11.5\sim 14^{\circ}\text{C}$ 的低温条件下,使中国明对虾卵巢成熟并产卵。摘除单眼柄(左眼或右眼)比摘除双眼柄效果好。摘除眼柄一般有烫灼和挤压两种方法。前者用烧热的金属镊子夹烫眼柄,后者用手指挤压眼柄。这两种方法比刀切效果好,用刀剪摘除眼柄容易造成亲虾死亡。此外,用尼龙线结扎或用激光击伤眼柄组织,也能取得卵巢催熟效果。

(5)日常管理。亲虾培育用水需经 200 目网袋过滤,日换水量为培育水体的 $50\%\sim 100\%$ 。每天早上换水时吸污,清除残饵、粪便,捞出死虾,检查亲虾性腺的发育情况,确定当天的投饵量。培育期间保持连续微量充气,每平方米布设气石一个。

为防止亲虾池换水时排水管口吸走亲虾,在管口采取网笼的保护措施,并能方便日后的正常集卵。产卵量达 10 万粒/米³ 时开始收卵。

培育期间水质标准为,盐度 $25\sim 33$,溶解氧大于 4 毫克/升,pH 值 $8.0\sim 8.4$,氨氮含量小于 0.6 毫克/升,光照强度 $500\sim 1\,000$ 勒克斯。

(6)亲虾多次利用。质量好的亲虾一般产卵 4~5 次,最多可达 7~8 次,产卵可持续 40 天左右,累计产卵量可达 100 万粒以上,因此,亲虾多次利用潜力很大。具体方法是,将产卵后的亲虾,及时从产卵池移入其他水泥池中,精心饲养。密度为 $15\sim 20$ 尾/米²,水温控制在 $15\sim 16^{\circ}\text{C}$,最高不超过 17°C ,投喂活沙蚕、蛤肉等优质饵料,勤吸污、多换水,保持水质清新。

(三)产卵及孵化

1. 产卵及孵化

黄渤海的中国明对虾越冬后于 4 月初进入产卵场,至 4 月下旬黄海乳山渔场即有亲虾开始产卵,5 月为产卵盛期,一直可

延续至6月底。但由于气候条件不同,各年略有早晚。产卵期的水温在 $13\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。广东珠江口的中国明对虾产卵期是2~3月。中国明对虾产卵期多集中在河口和内湾,如辽河口的辽东湾、海河口的渤海湾、黄河口的莱州湾,临洪河口的海州湾、珠江口等。产卵场多在10米以下的浅海区,海区软泥底质,海水浑浊,透明度较小,盐度为 $23\sim 32$,海水pH值 $8.0\sim 8.2$,总碱度在2700摩尔/毫升以上,有机质多且浮游生物丰富。

产卵活动多在夜间,雷雨、大风天气可促使对虾集中产卵。一个繁殖期内可以多次产卵,待水温升至 20°C 时性腺发育终止。约有2%的2龄以上对虾可以第2~3次产卵,但多数中国明对虾在第一年产卵后衰弱而死,或被鱼类等吃掉。

对虾在产卵的同时排出纳精囊中的精子,精、卵在水中受精。在静止水中,受精卵为沉性卵,但在流动或有波浪的水中,受精卵则随波逐流漂于水中。所以,对虾多在风浪天气和有潮流的海区产卵,这是具有生物学保护意义的。

人工育苗中,亲虾产卵的方法大致可归纳为产卵池中产卵、网箱中产卵和育苗池中产卵。

(1)产卵池中产卵。育苗设施中配备专用的亲虾产卵池,该池亲虾投放量较大,每平方米池底可容亲虾15尾。亲虾产卵后用虹吸或放水法集卵,及时将收集的卵子移入育苗池孵化。

(2)网箱中产卵。用120目的筛绢网制成四壁相围、下有底、上无盖的网箱。将网箱配置在网箱架上,放置于水池中,然后将产卵亲虾移放在网箱内产卵,产卵后捞出亲虾,留卵在箱中孵化,待幼体发育至无节幼体5~6期时,将其移到育苗池培育。

(3)育苗池中产卵。将亲虾移入育苗池,待产的卵达到所需数量时,将亲虾捞出,进行吸污,清除亲虾排泄物、残饵和死卵等,并进行“洗卵”工作。

产卵池的水温控制在 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$,最高不能超过 18°C ,有利于亲虾的性腺恢复,再次产卵。孵化期间的水温控制在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

2. 受精与胚胎发育

刚产出卵的直径在 240~320 微米,正处于第一次成熟分裂末期或中期。在产卵的同时,由于第 4 对步足基节的运动,产生类似泵的作用,使纳精囊内的精子顺着外覆刚毛,从又细又深的通道进入受精腔,与卵子相遇。一个卵子表面会有许多精子附着,但只有一个精子能与卵子结合。精子附着后,周边体排出花瓣状凝胶,并很快形成凝胶层,精子经初级和次级顶体反应后进入卵内,精卵结合,受精卵完成第一次成熟分裂,出现第一极体,接着卵膜举起,将第一极体撑到卵膜之外。不久受精卵进行第二次成熟分裂,在卵表面形成第二极体。正常受精卵卵膜(又称受精膜或孵化膜)的直径为 330~440 微米。

中国明对虾卵属于中黄卵,卵裂为完全均等的分裂。从第二次卵裂开始出现螺旋分裂的特征,并受螺旋分裂的影响,分裂球排列不很规则,但分割球的大小仍相等。当分裂至 32 细胞时,胚体发育成圆球状的囊胚期,植物极的分割球稍大于动物极分割球。64 细胞的末期植物极稍平,开始以内陷方式形成原肠胚。此时从切片中可看见有两个内胚层母细胞内陷入囊胚腔中,至 128 细胞期,中胚层细胞内陷。由于内陷和内卷作用,胚孔呈三角形。受精后 15~16 小时,原肠作用完成,胚孔闭合。受精后 17~18 小时,胚体两侧出现 3 对芽状突起,逐渐向胚体腹面伸长,即第 1、2 触角和大颚,此时称肢芽期。此后第 2 触角和大颚又分出内肢和外肢,肢端生出刚毛,胚体前端腹面生出黑色单眼,肢体可逐渐在膜内转动和抽搐,做间歇性运动,此时称为膜内无节幼体。在水温 21℃ 时,受精后约 24 小时孵化。

3. 幼体发育

中国明对虾具有多幼体阶段的特征,幼体分为无节幼体 6 期、溞状幼体 3 期、糠虾幼体 3 期、仔虾期 14~22 期。其发育速度与水温密切相关,在适温范围内,水温越高发育越快。各期幼体主要特征及生活习性如图 7 及表 10 所示。

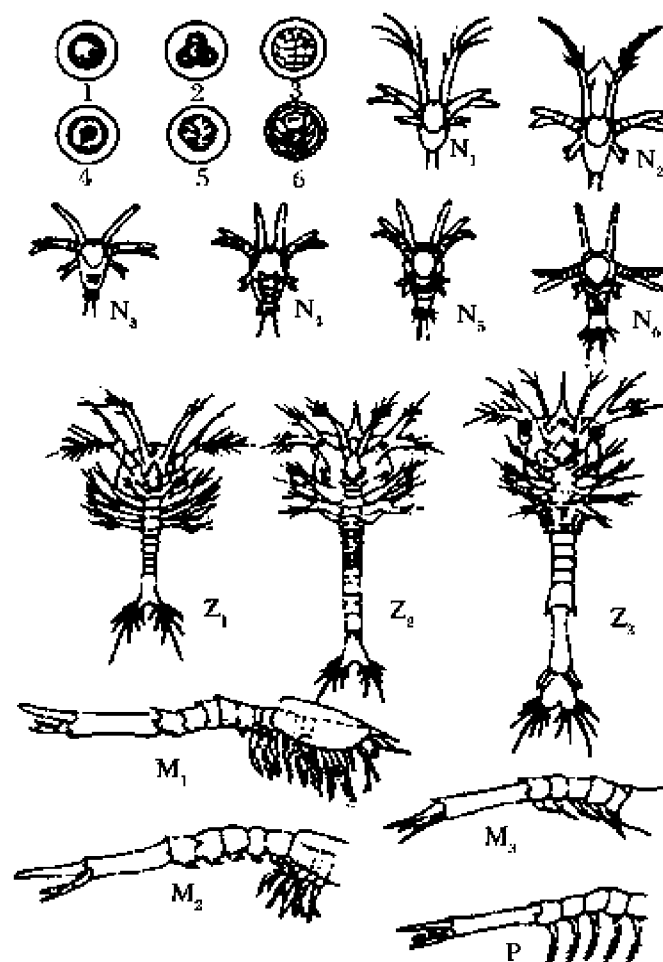


图7 中国明对虾各期幼体形态特征

1. 受精卵 2. 4 细胞 3. 囊胚期 4. 原肠期 5. 肢芽期 6. 膜内无节幼体 N. 无节幼体 Z. 溞状幼体 M. 糠虾幼体 P. 仔虾

4. 受精卵孵化

中国明对虾育苗技术现已成熟,各育苗单位基本能达到批量生产水平。但多年来,我国的对虾工厂化苗种生产中受精卵的孵化技术多采用人池孵化并培育苗种的方法,从生产实践看,尚存在许多弊端。对此,一些生产单位进行了生产性实践改进,并取得了显著效果,进一步完善了我国延续多年的对虾苗生产生产工艺,提高了对虾苗种生产技术水平。对虾受精卵进行小水体高密度集约孵化,制约因素主要是海水中溶解氧的含量。根据有关专家测定,中国明对虾受精卵在胚胎发育过程中,每百粒卵每小时耗氧量大致在 0.6 毫克。据此测算,0.1 米³ 自然海



中国明对虾各期幼体特征及生活习性

表 10

发育阶段	时期	平均体长 (毫米)	形态鉴别特征	器官发育	运动形态	食性	适温范围 (℃)	适盐范围
无节幼体	1	0.349	尾棘 1 对, 附肢刚毛光滑	3 对附肢, 体不	间歇性游	不摄食,	18~25	24~35
	2	0.355	尾棘 1 对, 附肢羽状刚毛	分节, 中眼一	动, 动则浮,	靠卵黄营		
	3	0.368	尾棘 3 对, 出现尾凹	只, 无完整口	静则沉, 有	养		
	4	0.384	尾棘 4 对, 又出现 4 对附肢芽突	器, 消化道未形	趋光性			
	5	0.432	尾棘 6 对, 出现头胸甲雏形	成				
	6	0.509	尾棘 7 对, 头胸甲雏形增大					
溞状幼体	1	1.072	无额角, 末期出现复眼雏形	体分节, 有头胸甲、口器和消化道形成	连续跳跃式游动	摄取小型浮游动植物	20~25	25~37
	2	1.596	有额角, 复眼形成, 具眼柄					
	3	2.299	尾节增大, 生出尾肢					

(续表)

发育阶段	时期	平均体长 (毫米)	形态鉴别特征	器官发育	运动形态	食性	适温范围 (℃)	适盐范围
糠虾 幼体	1	2.809	步足无螯,游泳足乳突状	体形似糠虾,胸部	倒立,向后方游动	摄取较大的浮游动物	22~25	25~39
	2	3.188	出现3对螯足,游泳足两节不动	部附肢形成		植物肉虫		
	3	3.512	第3步足增大,游泳足增长会动	腹部附肢雏形		幼体等		
仔虾	1~14	3.899~20	步足内肢增大,外肢退化,游泳足具羽状刚毛,额角小齿数日及尾节形态是各期仔虾鉴别依据	初具虾形,附肢齐全	水平运动并逐渐转向底栖	初期以浮游动植物为食,逐渐转向底栖小动植物	22~26	16~39



水中的溶解氧含量,完全可以满足 200 万粒受精卵的胚胎发育和 100 万尾初孵无节幼体在 24 小时内正常发育的需要。因此,在充气条件下,采取小水体进行受精卵集约孵化和暂养 1、2 期无节幼体是可行的。

(1)孵化容器。主要使用 1~2 米³ 的圆柱形玻璃钢桶,放置在计划进行苗种生产的育苗池靠走廊一侧的池壁上,这样便于无节幼体就近虹吸入池操作,减少无节幼体的损伤。虹吸管一般采用直径 25.4 毫米的无毒塑料软管和橡皮管,长度视虹吸落差和入池距离而定,一般 6~8 米。

(2)受精卵收集。从亲虾产卵池先虹吸排水后,由排水管直接排水至 100 目的集卵网箱中收集。

(3)洗卵。由于收集到的受精卵含有大量的残饵、粪便等污物,需及时进行洗卵处理。洗卵处理分两步进行,医用纱布吸附污物和渗透作用强于尼龙筛绢网,因此,先用双层医用纱布对收集集中起来的受精卵进行过滤处理,在轻度冲洗过滤过程中可将受精卵全部滤入下面的接卵器中,残饵、粪便等污物则截留在纱布上。第二步是在 100 目以上筛绢网中,用沉淀过滤处理过的干净海水冲洗 2~3 次,即可将受精卵投入高密度集约孵化容器中进行孵化。在受精卵的处理过程中,操作要迅速、轻快,以减少损失。此外,洗卵所用海水的理化环境条件必须与亲虾产卵及孵化所需的一致。

(4)孵化密度及管理。根据受精卵在胚胎发育过程中的耗氧量,再加之每个容器中放置 2 枚 80~100 号气石不间断充气,孵化密度每立方米水体可放受精卵 8 000 万粒左右。然后再投放适量的 EDTA-2Na、抗生素 0.2 克/米³ 等,水温控制在 18~20℃,pH 值、盐度、氨氮等理化环境因子的控制应符合对虾育苗操作规程中的水质标准要求。另外,放受精卵要在玻璃钢桶消毒洗刷干净加满水后进行。

(5)初孵无节幼体的处理。小水体高密度集约孵化出的无节幼体,经计数后停止充气,选择上层的健康无节幼体进行培育

管理。注意集约孵化出的无节幼体密度大,不宜在玻璃钢桶中久置,以免造成损失。此外,无节幼体入池后,要尽快除去桶底死胚胎和污物,并将玻璃钢桶彻底消毒洗刷干净后继续使用。

此对虾受精卵孵化技术,不仅可充分利用水体,而且具有操作灵活、机动性强、管理方便、劳动强度低等特点。

另外,有的育苗场家又在以上方法基础上作了相应的改进。在孵化池中安装 1~2 只网箱,网箱由 80~100 目尼龙筛绢制成,网箱大小与整个孵化池相一致,进水 1~1.2 米深。升温后,将收集好的卵放入网箱中孵化。孵出的无节幼体经计数后,停止充气,先用虹吸法将一部分幼体移至培育池,然后通过收缩网箱的办法,将幼体移进培育池中进行培育。在转池过程中,操作应尽量小心,并预先准备好培育池,水温、盐度的差异不能太大。

(四) 各阶段幼体培育

1. 幼体饵料的准备

幼体培育的饵料,可分为活体饵料和人工配合饵料两大类。活体饵料是指海水中天然生长或人工培养的微生物、浮游植物和浮游动物。饵料的营养成分、种类的搭配投喂能否满足幼体的需要,是影响幼体成活的一个重要因素,因此,应针对幼体不同发育阶段对饵料的要求,提早将饵料准备好。

(1) 单胞藻类的培养。单胞藻的种类很多,其中海洋微藻就达几万种,迄今在我国水产养殖上的海洋微藻已有 20 多种,最常见的有扁藻、中肋骨条藻、小新月菱形藻、牟氏角毛藻、三角褐指藻、小球藻等。

①影响单胞藻生长繁殖的因子:主要有光照、温度、盐度、溶解气体、营养盐、pH 值和生物因子等,只有各种因子在其适宜的范围内,单胞藻才可能生长繁殖好。单胞藻和所有的绿色植物一样,只有在光照条件下,同时光照强度高于补偿强度时,才能进行光合作用,各种单胞藻有不同的适光范围。各种单胞藻又有一定的温度、盐度、pH 值的适应范围和耐受限值,超过耐



受限值就会引起死亡。对于营养盐,不同单胞藻所需要的种类和数量也有所不同,要根据藻类的不同,选择不同的营养液配方。微藻在光合作用中,对二氧化碳的吸收以游离二氧化碳为主,水中的二氧化碳不足会影响光合作用的效率。单胞藻的生长繁殖除受环境的理化因子影响外,还必须考虑生物之间相互关系的影响,要防止细菌、原生动物等污染生物体的污染。在藻类的培养中,必须注意选用指数生长期的藻类作藻种,接种量要大,以保持其生长优势,并选择晴天,避免温度、盐度等的差异过大。

②营养液的配制:营养液是由洁净的海水加入营养盐配制而成。营养盐有无机肥(化肥)和有机肥(例如人畜的尿粪、贝与鱼的汤汁等)。常用的无机氮肥有硝酸钠、硝酸钾、硝酸铵、尿素、硫酸铵,磷肥有磷酸二氢钾,铁肥有柠檬酸铁等。若培养硅藻类,尚需加入硅酸钠等;培养金藻类加入维生素 B_1 、 B_{12} 等,会促进其生长繁殖。

培养液的浓度(以氮元素浓度为标准)可分三级:低浓度培养液的含氮量为 5~15 毫克/升,中浓度为 16~30 毫克/升,高浓度在 80 毫克/升以上。氮、磷、铁 3 种元素的比例为 10:1:0.1~0.5。使用低浓度培养液,藻类早期生长繁殖效果好,但持续时间短,培养过程中需多次追肥;高浓度培养液对藻类早期生长有一定的抑制作用,但肥效期长,对藻类后期生长有促进作用,常用于保种培养;中浓度培养液介于前二者之间,在藻类的培养中最常用。

③单胞藻的培养技术:单胞藻的培养可按藻种培养、藻种扩大培养和生产性培养的次序来进行。选择色泽鲜艳、无沉淀、无明显附壁的藻液接种,凡有原生动物或其他杂藻污染的皆不能作藻种用。

藻种培养:培养容器为 300~500 毫升的三角烧瓶,洗净并煮沸消毒,加入新配制的培养液 200~300 毫升。接入经严格分离而得的纯种或保存的纯种,瓶口包以消毒纱布、棉花或滤纸,

置于适宜的光照和温度中培养,及时摇动、充气。

藻种扩大培养:将培养好的藻种,逐步扩大接种入已消毒过的 10~20 升无色细口玻璃瓶中培养。同样置于适宜的光照和盐度条件下,及时摇动、充气。培养的容器还可因地制宜地选用无色塑料瓶(桶)、塑料袋等,标准是结实、透光性好、易于操作。

生产性大量培养:培养可在室内,也可在室外,有封闭式培养和开放式培养两种类型,目的是为育苗生产提供饵料。培养的容器为大型水泥池、大型玻璃钢水槽和大型塑料袋等。先将培养容器消毒,加入经沉淀、消毒处理过的海水,将营养盐按配方计算总量溶化后入池,最后按培养水体的 $1/5 \sim 1/2$ 接入藻种。

④育苗池内直接培养单胞藻:人工育苗进入企业化生产规模后,全靠专门设施培养单胞藻类,不仅占用水体、耗资大,而且也难以满足大水体育苗的生产需要。可在育苗池内通过施肥、接种来培养,进行定向的生态系育苗。

在育苗水体内施化肥,一般为氮肥(如硝酸钠、硝酸钾等)2~5 毫克/升,磷肥(如磷酸二氢钾)0.2~0.5 毫克/升,对于硅藻类还需加施硅酸钠(钾)0.1 毫克/升,1~2 天施肥一次。几天后视水色或根据对藻类的实测密度来调整施肥量,使池内单胞藻的密度在孵化幼体时达到 10 万~20 万个/毫升。

未经过消毒处理的育苗用水,一般都会含有在自然海区繁殖生长的单细胞藻类,根据检测看是否能作为幼体的饵料,通过施肥在池内繁殖起来。如果育苗用水中藻类组成比较贫乏,或者育苗用水经过消毒处理,就需向施肥的育苗池内接种藻种。

育苗池内藻类繁殖生长的好坏,除与营养盐、水温、盐度、光照强度等因子有关外,还与换水、充气有关。如果环境条件合适、充气均匀、换水适当,藻类就可能很快繁殖起来。但要注意控制藻类的过分繁殖,避免使水色过浓、pH 值过高。若遇这种情况,就应及时停肥、换去原水、添加新水,将池水的藻类密度调至适宜范围内。



(2)轮虫的培养与强化。轮虫是一种小型的多细胞动物,营浮游生活,具有生长快、繁殖力强的特点。轮虫的大小、浮游速度、营养价值很适合中国明对虾前期溞状幼体的需求。在轮虫培养时,以单胞藻、鲜(干)酵母、豆浆等作为其饵料,适宜盐度15~30、温度25~30℃。目前轮虫的大量培养技术有了很大发展,可维持2000个/毫升的密度和100%的增长率,可用250目筛绢网采收。

①轮捕轮养法(一次性培养法):轮捕轮养法适合于20米³以下的培养池,要求池子数量多,一般为6~8个。培养周期多为4天左右,接种密度为100~150个/毫升,采收密度可达200~300个/毫升,日增殖率达30%左右。该法的优点是培养密度较高,状态稳定;缺点是劳动强度大,必须每天都进行采收和接种操作。

②连续培养法(间收法):轮虫的连续培养法适用于20米³以上的水泥池,多在培养池体积大、数量少的情况下采用。一般培养周期可达30天,密度可维持在100个/毫升左右,日采收率为20%左右。该法的优点是劳动强度低,每天只需采收所需要的轮虫和加入相应的藻类或淡水即可;缺点是培养密度低,稳定性较差,容易发生原生动物污染。通常也可以把轮捕轮养法和连续培养法结合起来培养轮虫。

③室内培养:可采用间收法和连续接种培养法,也可以两种方法兼用。培养水池(槽)可采用1~6米³的小型水池(槽)和20~50米³的大型水池(槽)。使用单位应根据其培养方式、需求数量、培养时间等实际情况,来决定采用水池的容量。另外,也可以用虾、蟹育苗池培养轮虫。

一般用连续接种培养法,此法培育密度高(采收密度在200~300个/毫升),培养效率高,能维持较长时间的稳定培养,做到有计划生产。

间收法培养,多用大型水池(槽)。首先将含有小球藻的海水(含小球藻 $2 \times 10^7 \sim 2.5 \times 10^7$ 个/毫升)接种于培养池中,然

后加入淡水和海水,调整海水比重至 $1.017 \sim 1.018$,小球藻密度达 $1 \times 10^7 \sim 1.5 \times 10^7$ 个/毫升,升温至 $20 \sim 28^\circ\text{C}$ 。轮虫的接种采取连续接种法,开始密度为 $100 \sim 300$ 个/毫升,2~9 天后增殖到 $200 \sim 600$ 个/毫升时大部分采收,留下一部分作为继续培养的原种,再加水,加小球藻继续培养。当水池内小球藻被摄食、水色变淡时,可继续投喂小球藻,或投喂面包酵母和油脂酵母。投喂量控制在每 100 万个轮虫每天投喂酵母 $1 \sim 1.25$ 克,分 2~3 次投喂。

轮虫的采收可用位差虹吸法,用 200 目尼龙筛绢网接滤,或用小功率水泵(0.25 千瓦、0.4 千瓦)抽取,用网接滤,或直接用 200 目锥形网捞取。

④室外大面积培养:单细胞藻培养池 2 个,面积 0.33 公顷以上,池深 1~1.5 米;轮虫接种池 3~4 个,每池面积 $0.07 \sim 0.1$ 公顷,池深 1.5 米左右;轮虫培养池 4~5 个,面积 $0.2 \sim 0.27$ 公顷。每年 3 月上旬左右,清理单细胞藻培养池中的杂藻,然后先进水至水深 40~50 厘米,施尿素 10 毫克/升、过磷酸钙 5 毫克/升,每周施肥 2 次,待水色增深后减少施肥量。

轮虫培养池的清池,可用浓度为 500 毫克/升的漂白粉全池泼洒,2~3 天后用 200 目筛绢过滤网进水至水深 40~50 厘米,然后施尿素 10 毫克/升、过磷酸钙 5 毫克/升,再接种轮虫。待轮虫大量繁殖后不再施肥,而从单细胞藻培养池中抽取藻液,经 150 目筛绢过滤到轮虫培养池中,使单细胞藻的含量维持在 5 万~10 万个/毫升。培养期间要经常检查轮虫的生长情况,随时捞取水面上的漂浮物。采收时使用直径 40~50 厘米的锥形网(200 目)施捕或用小水泵抽取,用网接滤。

⑤高密度大量培养:用一般方法培养轮虫,增殖密度只能达到 $200 \sim 300$ 个/毫升,致使育苗饵料培养池所占的面积较大,影响了中国明对虾育苗水体的有效利用。经研究发现,高密度培养轮虫时阻碍其增殖的主要原因是,轮虫的饵料不足、溶解氧不足、氨氮毒性大。因此,采取了增加投饵密度(用浓缩的海水小



球藻、淡水小球藻),强化增氧,在培养水体中加入盐酸调控 pH 值,用以抑制氨氮上升等措施,维持水温 32℃、pH 值 7.0 左右,每个轮虫小球藻的投喂量达到 2.5 万~5 万个/天,轮虫的生产效率显著提高。

⑥二次培养:轮虫的二次培养,目的是为了强化营养。可采用小球藻和油脂酵母,也可单独使用小球藻或油脂酵母。其培养时间和投饵量因各单位的采收时间和投喂方法不同,而各有不同。在采收的当天,投饵培养 2~6 天;如第 2 天投饵,要培养 24~48 小时。油脂酵母的投喂量为每 100 万个轮虫投喂油脂酵母 0.25~1 克,亦可根据培养时间适量掌握投喂量。这样的轮虫采收后,仍需进行营养强化方可投喂。

⑦营养强化培养:营养强化的目的是为了使轮虫大量富集高度不饱和脂肪酸(主要是 EPA 和 DHA),以有效地提高苗种的生长速度、抗病力和成活率。强化的方法是在强化用的容器中,加入经消毒过滤的海水和经消毒处理的轮虫 500~1 000 个/毫升,水温以 20℃、充气量以 30~40 升/分钟为宜。然后加入市售的优质品牌强化剂,添加量依据各厂家提供的指导浓度和饵料群体密度换算而定,可分数次投入。经 6~12 小时强化后即可采收投喂。

(3)卤虫卵的孵化。卤虫卵出产于高盐度的咸水湖或盐田。卤虫卵的孵化可在小型水泥池或底部为圆锥形的玻璃钢罐内进行。在安有充气装备的孵化设备中,每升海水可孵化 1~3 克卤虫卵,水温控制在 25~30℃,充气量宜大不宜小,经过 18~24 小时就可孵化出卤虫无节幼体。

对于卤虫无节幼体与卵壳及未孵化卵的分离,通常采用的方法有:一是停止充气,一部分卵和卵壳浮于水面,另一部分则沉于池底,幼体则多居中下层,用胶管从中下层吸取水分,经筛绢网过滤收集幼体。二是利用卤虫无节幼体的趋光性,把池子或孵化罐的一端或上端遮光,让其另一端或下端进光或加入人工光源,经一段时间后幼体从遮光处游到有光处,吸取后将水滤



去,收集幼体。这两种方法在实际生产中,一次分离的效果都不甚彻底,要想分离彻底,在增加分离次数的同时,还应选择纯度高、孵化率也高的产品。另外,也可以采取卤虫去壳卵孵化。

(4)人工配合饵料。在生产中,各个场家根据本地的具体资源条件,选择制备了适合中国明对虾育苗的多种饵料,主要有虾片类、黑粒类、微粒类及藻粉类等。中国明对虾的人工育苗全程可以使用人工配合饵料,并能顺利培育出健康苗种。

2. 育苗池水环境

水环境包括水的温度、盐度、pH 值、溶解氧、氨氮、重金属离子含量等。

(1) 温度。

①亲虾产卵的适宜水温:中国明对虾在自然海区的产卵温度为 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$,产卵期可持续 1 个月左右。人工育苗亲虾产卵的适宜水温是 $17\sim 20^{\circ}\text{C}$,最好不要超过 18°C ,有利于亲虾的性腺恢复,再次产卵。

②胚胎发育水温:受精卵孵化的适温为 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 。在适温范围内,水温高,发育快;水温低,就会相应延长卵化时间(如水温 20°C 时孵化时间为 30 小时, 15°C 时孵化时间则延长到 50 小时)。当水温低于 14°C 时,死卵逐渐增多,在 11°C 以下卵子就不能发育。相反,水温高于 23°C 时,胚胎发育速度虽然加快(水温 25°C 时,孵化时间仅 20 小时),但畸形卵和死卵数却明显增加,孵化率反而下降。一般认为,受精卵孵化的适宜水温为 20°C 左右。

③幼体发育水温:幼体发育的水温随着发育阶段不同而逐渐升高,一般控制在 $21\sim 26^{\circ}\text{C}$ 。中国明对虾在适温情况下完成幼体发育约需 25 天。在适温范围内采用偏高温度育苗(如无节幼体 $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ 、溞状幼体 $23\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、糠虾幼体 $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ 、仔虾 $25\sim 26^{\circ}\text{C}$),15~17 天即可完成幼体发育全过程。

(2)盐度。对虾虽属广盐性虾类,但在早期发育中适应盐度的范围比较狭窄。对虾胚胎发育与幼体发育的早期阶段,对盐

度的要求也比较严格。幼体进入仔虾阶段后,对盐度的适应范围就发生明显变化,趋于向低盐方向发展。中国明对虾从无节幼体阶段至糠虾幼体阶段,适宜盐度均为 25~36。进入仔虾阶段后,适应低盐的范围扩大到 15。仔虾经过淡化处理,对低盐适应范围会更宽,可在盐度 2 或更低的微咸水中生活。

研究表明,低盐度突变对体长 1.56 厘米仔虾存活率的影响极为明显,存活率的高低取决于盐度降幅和速率。在盐度降幅较低(3/天)时,仔虾培养至第 15 天(在淡水中已生存 5 天)存活率为 12%,并能继续生长,存活个体的生长率为 30.7%。这表明,在中国明对虾仔虾期可以采取逐级淡水驯化的方法,来提高在低盐度水域养殖的存活率。

(3)溶解氧。一般幼体阶段的耐氧限度为 4 毫克/升。为了保证育苗水体内有足够的氧气供应,最好在池内充气,充气量和充气强度要控制得当。受精卵通气以小强度为宜,进入无节幼体后随着发育变态,通气量可逐渐加大,直至池水呈翻腾状态。一般情况下,每分钟向育苗水体送入 1%左右的气量即可。在育苗过程中,应不间断地进行充气。在高密度育苗条件下,中断充气最长不能超过 15 分钟。

(4)pH 值。pH 值是水质好坏的指标之一。自然海水的 pH 值一般稳定在 8.1~8.3。如果 pH 值下降,意味着水体二氧化碳含量增多,酸度变大,溶氧的含量降低,这可能导致腐生细菌的大量繁殖。反之,pH 值过高,将会使水体中有毒氨(NH_3)的比例增大。当 pH 值由 7 增至 8 时,毒氨的含量增加近 10 倍,这会给对虾幼体造成很大的威胁。不同发育阶段的幼体,对 pH 值的适应大都在 7.4~9.0,最好控制在 7.7~8.3。

(5)氨氮。非离子态氨对幼体是一种有毒害的因子,故又称毒氨,它与离子态氨合称为总氨。非离子态氨是非极性化合物,有相当高的脂溶性,容易穿过细胞膜,是总氨中对幼体最有影响的部分,能够产生严重的毒害作用。尤其是蚤状幼体和糠虾幼体阶段,对氨的毒性甚为敏感。即使尚未达到致死的浓度,它的

存在也会影响到虾的免疫力、生长率及发生某些组织细胞的变性等病理变化。中国明对虾各个幼体期的氨安全浓度如表 11 所示。在一定条件下,毒氨和离子态氨可以相互转化,pH 值、水温 and 溶解氧含量是转化的主要因素。水体中的 pH 值越高,则离子态氨转化成非离子态氨的百分率越高;反之,pH 值下降,毒氨的浓度也随之降低。水温升高能加速转化作用,在 pH 值相同的情况下(如 pH 值 8.3),水温从 15℃ 提高到 20℃,有毒氨可从 8% 升高到 9.1%。溶解氧的含量对毒氨的影响也十分明显,水体中溶氧量减少时,毒氨含量就会升高,加剧了毒氨的毒性。

表 11 中国明对虾各个幼体期的氨安全浓度(毫克/升)

幼体期别	NH ₃ -N	总 NH ₃ -N(盐度 32)		
		pH 值 8.1	pH 值 8.0	pH 值 7.9
卵(胚胎,20℃)	0.041	1.04	1.30	1.63
无节幼体(21℃)	0.049	1.16	1.44	1.81
蚤状幼体(22℃)	0.023	0.51	0.63	0.79
糠虾幼体(22℃)	0.023	0.51	0.63	0.79
仔虾 _{10~14} (23℃)	0.067	1.37	1.72	2.14
仔虾 _{30~34} (23℃)	0.068	1.39	1.74	2.17

(6)重金属离子。对虾的幼体对某些金属离子的毒害作用是敏感的。当育苗水体中某些金属离子的浓度超过一定限值时,幼体发育就会出现不正常的现象。例如,正常海水内的锌、铜离子的含量大体分别为 10 微克/升和 3 微克/升,如果它们分别超过 30 微克/升和 10 微克/升时,虽然受精卵的发育未见到明显影响,但无节幼体却不能正常发育变态而相继死亡。汞离子浓度超过 0.1 毫克/升,会使处于原肠期的受精卵绝大部分在几分钟内受其毒害,仔虾对汞离子的浓度平均忍受限度为 0.018×10^{-6} ,进入幼虾期后为 0.57×10^{-6} 。许多重金属离子即使其浓度在 1×10^{-6} ,也足以使大部分幼体畸形或致死,毒性强度以

汞、铜、铅、锌、镉为序。

3. 幼体培育

(1) 无节幼体培育。水温逐步提高到 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$, 溶解氧 4 毫克/升以上, pH 值 $7.8\sim 8.6$, 盐度 $25\sim 35$, 充气量与亲虾产卵时相同。发育到无节幼体 1~2 期时施肥肥水, 接种单细胞藻类来繁殖做饵料, 接种量为 1 万~2 万个/毫升。发育到无节幼体 6 期时, 每日施肥量为氮肥 2 克/米³、磷肥 0.2 克/米³, 以使单细胞藻类数量达到 10 万个/毫升以上。当单细胞藻类数量繁殖到 15 万个/毫升时, 应暂停施肥。无节幼体经 3~4 天可发育至蚤状幼体。

(2) 蚤状幼体培育。水温逐步提高到 $22\sim 24^{\circ}\text{C}$, 作为饵料的单细胞藻类密度维持在 10 万个/毫升。到蚤状幼体 3 期, 增投少量卤虫无节幼体(1~3 个/尾·天)。饵料生物达不到密度时, 可投喂市售人工配合饵料, 如虾片、日配车虾料、藻粉及豆浆(6~12 克/米³·天)、蛋黄(0.6~1.2 个/米³·天)、贝类担轮幼虫(5~10 个/米³·天)等。

此外, 有人在对虾育苗实践中发现, 对虾蚤状幼体 1 期就有较强捕食动物性饵料的能力。经反复试验发现, 对虾幼体进入蚤状幼体 30~36 小时后, 就完全可以摄食烫死的卤虫无节幼体。由此总结出在投喂蛋黄、活酵母、蓝藻粉、人工轮虫代用饵料的同时, 将卤虫无节幼体的投喂时间提前 60 小时, 并随幼体发育不断增加投量, 结果幼体发育齐壮、变态顺利、成活率高。

总之, 应本着勤观察、勤投喂的原则, 根据幼体胃肠饱满情况和池中饵料情况, 以确定投喂量; 同时要保持良好水质, 每日或隔日清除池底污物, 并加水 20 厘米, 当池水加满后开始换水。蚤状幼体经 3~5 天可发育至糠虾幼体。

(3) 糠虾幼体培育。水温调至 $23\sim 25^{\circ}\text{C}$, 充气量调至 1.5%~2%。此时幼体食性发生转换, 以动物性饵料为主, 但藻类饵料还应保持一定数量。糠虾各期幼体饵料投喂有所不同, 糠虾幼体 1 期每日投喂卤虫无节幼体 10 个/尾, 单细胞藻类 2 万~3

万个/毫升;糠虾幼体 2~3 期投喂卤虫无节幼体 20~30 个/尾,单细胞藻类 1 万~2 万个/毫升。

每日数次检查幼体胃饱满情况及水中饵料生物数量,活体饵料生物投喂不足时可投虾片、日配车虾料、蛋黄等代用饵料。及时清除池底污物,每天换水 $1/3 \sim 1/2$ 。糠虾幼体需 3~4 天发育成仔虾。

(4)仔虾培育。培育水温 25°C 、充气量与糠虾阶段相同。仔虾期应着重满足动物性饵料。仔虾 1~3 期以投喂卤虫无节幼体为主,投喂量为 70~100 个/尾·天。以后除继续适量投喂卤虫无节幼体外,可投人工配合饵料,也可投喂蛤肉(日投喂量为 10~15 克/万尾)。有条件时可投喂少量扁藻,以丰富饵料种类。

仔虾期的管理很重要,由于水温较高,越冬亲虾的性腺发育及产卵时间都相应提前,进入 4 月下旬就可达到出苗标准。此时由于室外的自然水温低,养殖不能及时放苗,育苗单位造成压苗现象,结果虾苗死亡率高,且增加了育苗成本。因此,建议采取如下技术措施,以保住越冬苗数量,同时也给养殖单位提供大规模越冬苗种。

①适时倒池,防止育苗池底恶化。当仔虾发育到 3 期时,把仔虾倒入其他育苗池培育,这样可避免原育苗池中的残饵及粪便分解所产生的有害物质对幼体发育的影响。

②适当调整仔虾密度,避免仔虾相互残食。倒池以后仔虾密度控制在 15 万~20 万尾/米³,再培育 1 周左右仔虾可达 1 厘米以上。

③适度控制仔虾的培育水温。为使出苗时间与室外自然水温的适宜放苗温度相吻合,倒池后仔虾的培育水温应逐步降至 16°C 。

④做好药物预防,避免虾病发生。由于倒池会使部分幼体受外伤,在低温培育的条件下易发生真菌疾病,因此,倒池以后应立即采用 0.01~0.1 毫克/毫升氟乐灵全池泼洒,药浴 12 小

时后大量换水。

⑤采用代用饵料,降低培育成本。除人工配合饵料外,可加工代用饵料,如采用鲜毛虾、卤虫成体、虾蛄以及肉质比较松软的贝类肉屑直接投喂,或与鸡蛋调制加工成蛋羹投喂。

⑥增加换水量。每天换水2次,每次不少于50%。

此外,塑料大棚培育早繁虾苗对越冬苗及时出池放养,提高亲虾产苗量,增加规格和提高经济效益有着重要意义。塑料大棚池塘暂养虾苗一般为0.07公顷,以毛竹等支起棚架,盖上塑料薄膜,并配置增氧机等设备。

(5)虾苗出池。中国明对虾仔虾长达0.7厘米以上时,即可出池。但最近国外学者研究了日本囊对虾幼虾的疾病,通过组织学观察,发现对虾在 P_{7-10} 期间,其淋巴器官发育较差,而在 P_{20} 以后,淋巴器官迅速成长,抵抗疾病的能力明显增加,因此,日本、美国、泰国等国的养殖对虾苗出池时间一般都在 P_{20} 以后。我国长期以来采用 P_7 左右出池,仔虾的内部组织,特别是抗病能力尚未健全,在育苗池靠升温不断增加体长,加大抗生素的用量来防治疾病保持虾苗数量,治标不治本。一旦出池,由于环境的突然改变,使本来就处于低抵抗力的虾苗雪上加霜。若原本就带致病菌或病毒,或受外界致病因子的侵袭,随着天气的转暖,就容易暴发流行性疾病。因此,建议适当推迟虾苗出池时间,增加仔虾体质,或放养至条件好的大棚池塘暂养,以提高仔虾的应变能力。

(6)虾苗计数。

①带水容量计数法:将虾苗集中在已知容量的大桶内,加水至预定刻度,将虾苗搅匀后迅即用已知容量的烧杯自水中层(或不同位置取样2~3杯)计数,根据容器容量与取样水量之比求出全桶的虾苗总数。

②无水容量计数法:利用带有小孔的专用计数杯计数。方法是先将虾苗集于网箱或小水槽内,计数时在捞网中捞取一杯虾苗,计数每杯的虾苗数。为准确可连取3杯,求出每杯的虾苗

数,再以此杯为量具,量出所需的虾苗数。我国南方多采用此法。

③带水重量计数法:定量前先取 10 克左右的虾苗,计算出每克的虾苗尾数。计数时可用容量 10 千克左右的水桶带水称取 5~8 千克,再用捞网捞取虾苗,滴去水分,倒入桶内,称取重量,减去桶及水重即为虾苗重量。根据所取样标数,计算出全桶内虾苗数。

④无水重量法计数法:先称取一定重量的虾苗,用湿毛巾吸去水分后计数。然后用同样方法称出全部虾苗的重量,计算出虾苗总量。此法多使用于较大个体的虾苗。

(7)虾苗运输。应根据路程远近、运输时间及运输者所具备条件而定。通常近距离可采用帆布桶内衬尼龙袋运输,远距离使用尼龙袋充氧运输。

①帆布桶运输:直径 80 厘米的帆布桶,加水 $1/3$,在水温 20°C 以下时,每 0.1米^3 水体可装全长 1 厘米虾苗 10 万~15 万尾,可耐受 5~8 小时运输。帆布桶内衬大塑料袋,袋内装水 $1/3$,充氧,扎口运输,运输量可增大至 40 万~50 万尾。

②尼龙袋运输:使用容量为 10 升的尼龙袋,装水 $1/3$,可运输体长为 1 厘米虾苗 1 万~2 万尾。充入氧气,在 20°C 左右的气温下,可耐受 10~15 小时运输。

运苗应避开中午高温时间,做到防晒、防雨。

三、中国明对虾安全、优质养殖技术

(一)主要养殖方式

1. 生态型养殖模式

虾塘面积较大,一般 50~100 亩,平均水深较浅,设施简陋,为防范病毒病继续造成的重大损失,被动采用的低管理强度、广种薄收的养殖方式。这种模式在集约化程度上虽属粗养,但与



我国 20 世纪 70 年代的大型渔港的生态系养殖迥然不同。养殖的关键技术是,养殖池保持 1.5 米水深,养殖池底氧化处理,投放健康虾苗,降低投苗密度(一般 4~8 尾/米²),繁殖天然饵料为主,较少使用人工饵料。生态型对虾养殖虽不能避开白斑综合征病毒(WSSV)的感染,但是由于该系统养殖环境较好,对虾摄食大量的天然饵料,致使对虾处于良好的营养状态,减轻了对虾的胁迫因素,从而减轻了病毒在对虾体内的扩增,WSSV 基本上处于潜伏感染状态。只要按照配套的养殖措施进行操作和管理,不进行违规操作,仍然可以养殖成商品虾,具有较高的养殖成功率。该方式投入较少,目前我国仍然有推广价值。

2. 半精养模式

这是我国 20 世纪 80 年代兴起的半集约化养殖模式,是 1993 年前我国对虾养殖的主体模式,基本原理是建立一个适合对虾生长的生态环境。现在虾塘面积一般在 30~50 亩,产量一般为 50~100 千克/亩。在具体运作中,要增大蓄水面积,适当加高水位至 1.5~2.0 米,减少换水量;投放健康虾苗,控制放苗量(一般 15~30 尾/米²);严格清池,适度肥水,努力发挥基础生物的生态调控作用和饵料效果;提高投喂饵料的质量,严格控制投饵数量;科学规范进排水(使进排水严格分开、循环利用等),严格水质管理;综合运用势能、机械(如增氧机)、化学、生物等行之有效的水质调控手段,抓好健康管理和综合防病的诸项措施。

3. 精养模式

较先进的养虾模式,要求养殖池水环境适宜于对虾的养殖参数,主要依赖人工技术措施调控养殖池的环境。对虾所需的能量来源主要来源于人工配合饲料,投入较高。为获得高的经济效益,必须有较高的产出,放苗密度大则产量高。建设废水处理设备。

(1)高位池养虾模式。高位池养虾,投喂人工配合饵料,且对饵料质量有较高的要求。池塘面积较小,一般在 2~15 亩,要求虾塘能够完全排干,水深 2 米以上,设有进排水系统、排污及

增氧设备,建蓄水池,池底铺地膜。精养虾塘的放养密度较高,一般在 $30\sim 75$ 尾/米²,产量可达 $300\sim 600$ 千克/亩,高者可达1吨以上。

(2)工厂化养殖。虾池一般为在陆地修建的圆形或跑道式水泥池,面积一般在 $300\sim 2\,000$ 米²,能自动排污、充气、常流水,日换水量可达 $100\%\sim 300\%$ 。此方式的放养密度大,产量可达 $1\sim 2$ 千克/米²。

(二)养殖场(池)的建设

1. 养殖场地的选择

养殖场地应选择风浪小、潮流畅通、海水交换好、容易排灌的中潮区,并且不受暴雨、台风及工厂排污影响。场地环境符合GB/T 18406.4-2001的要求,水源应符合GB 11607的要求,养成水质符合NY 5052的要求。对虾养殖环境参数如表12所示。同时还应注意苗种与饵料资源较丰富,技术、劳力、物力充裕,通信、交通方便,电力、淡水供应充足,建场省工省料。对养殖密度大,已超过海区的负荷能力;海水富营养化,生态平衡遭到破坏的地区不能继续建场。

2. 养成池的建造

(1)场区总体布局。一个规模化的养虾场,在规划设计中应以虾池为主体,还要充分考虑进排水系统、扬水站、蓄水沉淀池、虾苗中间培育池、供电设施、冷藏保鲜车间、饵料加工车间、贮存车间、化验室等。总的原则是,各类设施应相对集中,便于管理,又互不干扰。合理利用自然条件,力求节约能源和劳力,降低养虾成本。

一个虾池群体应该有独立的进排水系统,进排水应严格分开,出口、入口的间隔越远越好。虾池的总体多呈“非”字形。

在水源的供给上应力求利用潮差纳水以降低能耗,所以半精养虾池多在潮间带建池,并根据各地的地形和海况特点,正确处理节约能源和保证虾池安全的关系,合理选定在潮间带的具

体位置。养虾池的位置不应建在靠近低潮线或面向外海,应留出一定缓冲地带,以防大坝受到风浪的侵蚀。在南方地区,这种缓冲地带上的红树林不应清除,有条件的地方还可种植红树,以增强缓冲效果。为提高产量,减少污染和疾病发生,并保证虾池安全,养虾者还选择在潮上带建造小型精养虾池,完全依靠机械提水,我国琼、粤地区称为“高位池养虾”。

表 12 对虾养殖环境参数 (单位:毫克/升)

参数项目	限制量	适宜量
透明度(厘米)	<20, >100	30~40
水色	蓝绿、黑褐、白浊、清澈	绿、黄绿、黄褐
化学耗氧量(COD)	<6, >40	10~30
水表面泡沫	水搅动停止后,泡沫难消散	水搅动停止后,泡沫消散快
总氨态氮	>0.6	<0.4
亚硝酸态氮	>3	<2
总碱度	>20	30~200
硫化氢	>0.003	不能检出
铜离子	>0.5	<0.1
镉离子		<0.05
汞离子	>0.1	<0.04
铅离子	>1	<0.1
锌离子	>1	<0.4
锰离子	>5	<0.1
酚		<0.1
马拉硫磷		<0.001
敌百虫		<0.005
内吸磷		<0.002
杀虫脒		<0.1

在同一海湾内,养虾场不能过于集中,有人对半精养对虾养殖区养虾期间排水量和区域海水净化量进行了初步测算,认为养虾面积一般不应超过海湾可养面积的8%~10%。超负荷养殖必将带来区域的富营养化,破坏了生态平衡,使虾病频发,养殖效率下降。

(2)半精养虾池的建造。目前我国半精养虾池多系20世纪80年代开始相继建成,结构基本合理,在发展中国明对虾养殖业中起到了重要的作用,在今后对虾养殖业的发展中也不失为较好的模式之一。

①池型和规格:鉴于多数对虾类有沿池边环游和分布的习性,建池时在相同面积条件下,应适当增加其边长,以避免对虾过于集中,故半精养虾池多取长方形,且流水畅通,建设施工也较容易。池面积以30~50亩为宜,一般不应超过100亩。池水深以1.5~2米为宜。因半精养虾池多无充氧设施,水深超过2米,易影响风力充氧的效果。池水过浅(小于1.2米),水体理化因子如水温、盐度受外界干扰过大,影响对虾生存和生长,且减少了水体,降低了土地的利用率,提高了建池成本。

②堤坝、水闸和环沟:在潮间带、低潮区建起的虾池群体,为了保证不受风浪袭击,必须修建防潮大坝,并在其合适的位置上修建进、出水大闸,作为供排水的通道。防潮大堤,也称主堤,应设在能保证堤内养殖水面可以充分纳潮的合理位置。坝顶不允许越浪,一般取平均高潮位以上1米。坝顶宽度应根据坝的结构、施工条件及交通要求(坝顶可通车车辆的大小)来确定,一般大于5~6米。大坝的坡度,迎海外坡一般为1:2~1:3;内坡1:1.5~1:2,大坝迎海面外坡一般以插条石护坡。

作为单个半精养虾池,池堤一般为土质,顶宽2~3米,坡比1:2,有的用水泥板护坡。堤顶高度一般高出虾池正常水位0.5米。

虾场总进排水闸是虾池群体进排水的“咽喉”,是关键工程之一,应建在压缩性小、承载力大的坚实地基上。进排水闸应远

离分设,力求水源少受自身污染。总排水闸应建在养殖场最低处,闸底低于总进水闸底的 0.3~0.5 米,但不低于历年最低潮位。总进水闸应建在方便进水,又远离排水闸处。长方形(或长条形)的虾池进排水闸各 1~2 个,相对分设在短边上。进排水闸的闸宽应一致,一般为 1.2 米。

池底多设环沟,沟宽 6~8 米、深 0.3~0.5 米,沟壁坡度为 1:1.5~1:2。环沟距池堤坡脚应大于 10 米。环沟不但增加了养殖水体,还为对虾提供了避暑、避寒的场所。同时环沟挖出的土,正可作为建坝的土料。

提水和输水设施:半精养虾池多采取潮差纳水和机械提水相结合的方式。建在潮上带的虾场,完全采用机械提水。

由扬水站的水泵,将海水从引潮沟抽入蓄水池或进水渠渠首的出水池内。扬水泵宜采用低扬程、大流量的轴流泵或混流泵。扬水泵的安设位置以长远、安全、水质好、汲水时间长为宜。水泵日提水量应达到养殖池总蓄水量的 10%~20%。

为保护水源,保证养殖用水质量,预防病原传播,在集中的对虾养殖区需要建设进排水渠道。进排水口应尽量远离。新建虾场的排水口不得设在已建虾场的进水口或扬水站附近。根据水力学原理设计进排水渠道的断面,避免因流速过大冲损渠道,或因水量过大溢出渠外。排水渠除考虑正常换水量需要外,还应考虑暴雨排洪及收虾时急速排水的需要,所以排水渠的宽度应大于进水渠,渠底一定要低于各相应虾池排水闸闸底 30 厘米以上。

(3)精养虾池建造。对虾精养虾池,单池面积一般在 15 公顷以下。因对虾密度大,设计应池小、水深(1.5~2.5 米),对虾分布相对均匀。从池水合理流动及除污的角度考虑,池形宜为正方形,且四角呈弧形,也可为圆形。池壁铺设平面板,或为混凝土结构。池底平坦,铺设地膜或混凝土结构,不设环沟,底四周略向中央倾斜。排水孔宜设在池中央,由铺设在池底面以下 50 厘米左右的多条硬质塑料管道排水。排水管池中央处连接

有多个筛孔的盲管,对虾小时可以筛绢网封住,以免对虾逃逸。

排水管出口以连通器形式设在池堤之外,以控制水位,排出池底污物(图8)。

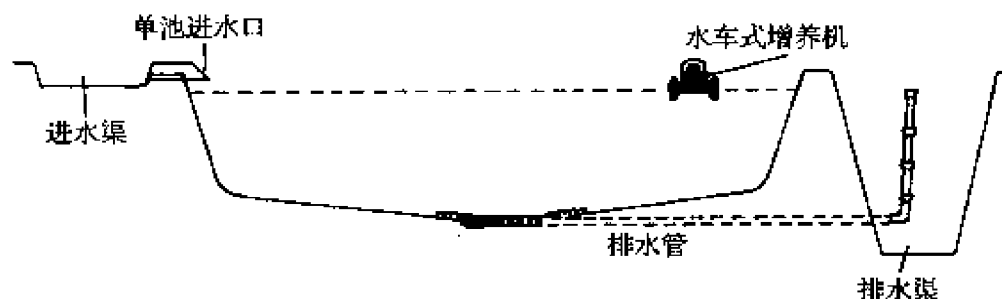


图8 排水孔设在中央的小型精养虾池

长方形的虾池可以用设在短边上的排水管或排水闸门排水。池底倾斜方向不在池中央而在排水管(闸)的一边,以便于池水全部排出。

增氧机是精养虾池必备设施,具增氧和动水双重作用。增氧机设位置应与池形配合,以使池底尽可能大的面积无污物,避免搅起已沉积的废物。一般每池设4台功率1~2千瓦的水车式增氧机,分设在四个池边距斜坡3~5米处,环形排列,车轮动水方向与池堤平行,向同一方向顺时针或反时针转动,以搅动池水,使污物向池中央聚集,便于排出。在无电源地区可选用柴油机带动的增氧设备。每个养殖场必须设置备用发电机,保证全天候不断电。增氧机还可取钢梳式、叶轮式、充气式、喷水式等。不同的增氧机动水方向不同,应根据虾池构造及相应排水方式而合理选用。

在底质差(如池底污染或酸性土质或池水渗漏)的虾池,可在池底面铺上地膜。这种方法在泰国、印度尼西亚等东南亚国家采用较多。中国海南省1998年采用地膜养虾面积达10公顷以上,每公顷生产斑节对虾4500~9000千克。

铺设地膜的虾池,单池面积2~15亩,池深2.5米,水深1.8~2米,堤坡约1:1.5。池底要夯实,地膜厚而坚固,接口以缝纫机缝合(人工热黏合),铺满整个池底,并在池堤上压固,且与池底的增氧机水泥座充分粘合、封闭,严防漏水。膜上不放置任



何物品,施肥后藻类可长在膜上,形成藻床,对虾生长良好。地膜式虾池排水也可以虹吸法将老水连同污物排出。

精养池的进水更要经过严格处理,应设蓄水池。蓄水池具蓄水、沉淀、生物净化等多种作用。蓄水池对控制虾池环境十分有利,尤其在水质不稳定或间歇供水的地方更为重要。精养贮水池贮水量应为全部养殖所需水量的 30% 以上。提水设备功率要求能在 4~6 小时把蓄水池注满。设置较大的蓄水池是预防病毒性虾病的重要措施之一。

供水渠道容量宜大些,水在供水渠道里得到沉淀、净化,浮游生物在其内繁殖生长,化肥或生石灰等也可在渠道中使用。尤其是当蓄水池水情有变、不宜使用时,水渠可起到暂时取代蓄水池的作用。也可铺设大口径水泥管道,从低潮区将海水引入岸边的大口贮水深井,再用电泵将海水提到进水渠道。供水渠道的高程应适当高些,以使海水自流入虾池。排水渠道应比虾池最低点低 30~50 厘米,以便自流排水。废水最好经过处理后再排出虾场。可建废水处理池,一般为养殖池面积的 8%~10%。

3. 虾池改造

由于近年来病毒性虾病的蔓延,使中国已经开发的大量虾池及所确立的面积 30~50 亩、每亩产虾 100 千克左右的半精养模式经受严峻的考验。虾农根据各自的情况,在原建的虾池上调整了养虾技术,创造了新的经验。有的保留原虾池设施不变,适当降低了集约化程度,采取少放苗、少换水、少投饵,乃至人工生态系的养殖方式,降低了成本,提高了效率,减少了病害的发生;有的走集约化的路子,把大池改小,以充氧代替部分换水,加大投入和管理,高投入、高产出。

在虾池改造中多采取以下措施:适当减少实有养虾面积,在原建的虾池中增大蓄水面积,拿出部分虾池作为蓄水池,蓄存、稳定和净化水质,供养虾使用。将原来的虾池分隔改造,大改小、浅改深,增设充氧机,变半精养为精养。例如,将 40 亩虾池

一分为二,25亩养虾,加深至2米,改造成精养池;其余15亩作为蓄水池,贮水池与精养池之间设一小闸门,养殖初期经闸门自流注水,后期以轴流泵从蓄水池汲水入虾池。精养池部分设4台功率1.5千瓦的叶轮式电动增氧机。该虾池1998年养殖中国明对虾,取得每亩产虾200千克、规格12厘米以上,每公顷效益13.2万元的好成绩。改善虾池周边环境,进排水进一步分开,并增大储水面积。有条件的要做好排污处理。将排出的污水集中,沉淀消毒处理后排出场外。水源缺乏的地方,废水经处理后可引入蓄水池,以备再用,建立封闭式循环水养虾模式。充分挖掘淡水水源,利用提前蓄存的海水或盐碱地地下渗出的高盐水,加淡水逐渐淡化,供养虾使用。淡水可利用河水、水库水或地下井水。淡水使用前必须进行严格检验分析,避免造成污染。

4. 蓄水池

蓄水池的作用是存储养殖用水,经沉淀、净化,降低病原微生物及病原体数量,改善水质的物理、化学和生物因子参数,达到对虾需要的养殖池用水标准。当水源水质经常发生变化,如水源水质较差,水源水供应较为困难,需要调配盐度,或采用循环用水,蓄水池更是必需设施。通常蓄水池水容量为总养殖水体的 $1/3$ 。为处理水方便,3~5个养殖池可配备1个蓄水池。蓄水池尽量使用纳潮方式进水,以节约能源。蓄水池应具备提水设备,这是为了增加可纳水的时间,尽可能多纳入水质较好的水,提高水位。蓄水池内可放养少量滤食贝类、鱼类,适当繁殖水草、挺水植物等。在疾病流行期,蓄水池进水后应先用消毒剂处理。蓄水池必须有排水闸,保证能完全排干,以利每年清污消毒。蓄水池应设渠道或管道,与养殖池相通,用水泵向养殖池供水,水泵的功能应与渠道或管道配套。

5. 养殖废水处理池

如果采用循环式用水方式,养殖池的水排出后,应先进入处理池,经过净化处理后再进入蓄水池。采用有限水交换系统用



水,养殖后的废水,应经处理池净化处理后,排入排水沟。

6. 设置防蟹屏障

在滩涂蟹类比较多的地区,为防止携带白斑综合征病毒的蟹类进入养殖池传染病毒,可在每个养殖池堤上围置高 30~40 厘米的光滑塑料膜或薄板、密网,作为防蟹隔离墙。

(三) 养殖用水及养殖程序

1. 养殖用水

现在一般养殖模式是放苗前,向养殖池注满清洁的、基本上没有病原的养殖用水后,或养殖池注满水经消毒清野处理以后,在放苗后的养殖过程中不再进行大水量交换。养殖用水流程为:水源—蓄水池—消毒过滤—养殖池—废水处理池—海域。养殖前期、中期不换水,为保持水位,只添加水,不排水。力求使用水质调控技术,如使用增氧机、水质改良剂、有益微生物和调控单细胞藻类等措施,保持良好稳定的水质。如水环境出现恶化而必须换水时,使用蓄水池水,少量添加,少量排放,每天换水量不超过 10%。养殖排换水最好是与处理池、蓄水池相配合,循环使用排出的养殖池水。养殖用水要经过蓄水池沉淀、净化处理,或根据养殖使用水源状况进行物理、化学处理后,循环使用。经济简单循环式用水模式:水源—蓄水池—消毒过滤—养殖池—沉淀池—生物净化—消毒—过滤—养殖地。

在盐度较低的海区,可利用冬季病原微生物比较少的季节蓄海水,在蓄水池长期沉淀蓄水净化。放虾苗前,如盐度不超过 32,可作为养殖用水。如养殖水源的海水盐度在 30 以上,为预防长期蓄盐度升高,可在养殖对虾放苗前一个半月,将蓄水池清池后纳满海水,经过两周以上净化,供养殖池使用。在地表淡水丰富的地区,可利用淡水调节养殖用水盐度。在养成期使用低盐度水,有利于预防对虾白斑综合征病毒。

2. 养殖程序

对虾养殖周期一般需要 5 个月左右。基本的养殖程序为:

水源进入蓄水池,经沉淀、消毒、过滤后,进入已消毒的养殖池。肥水繁殖基础饵料后放苗,经过80~120天养殖,即可收获。收获时排出的养殖废水,经沉淀净化处理,达到排放的水质标准后排入海区。准备进入下一个养殖周期,将收虾后的养殖池内积水排干,封闭清除养殖场、虾池污物及杂物,维修堤坝、渠道、闸门等,清洗虾池底表泥沙并翻晒池底,养虾池消毒后开始养殖。

(四)养殖放苗前的准备工作

1. 池塘清整

池塘清整是养殖中国明对虾的一个技术关键,对中国明对虾的成活率、生长速度和体质强弱都有很大影响。因此,除了新挖的池塘外,在放养虾苗前都应彻底清整,包括环水沟。池塘的清整,主要包括池塘的修整和药物清塘两个环节。

(1)池塘的修整。最好在秋末收虾后进行。收虾之后,敞开闸门,让海水冲刷数日,尽量冲洗去除池内有机沉积物和环沟内的淤泥,以后排空池水,封闭闸门,翻松池底淤泥进行暴晒,使残留有机质进一步氧化分解。有条件的,可将淤泥杂藻一并清除运出。清淤后还可进水泡池2~3次,每次持续7~10天。除此之外,还应维修塘堤、堵塞池堤上的漏洞等。也可利用吸泥泵吸除池底过多淤泥,可节约人力,减低劳动强度,提高工作效率。

对于精养虾池,由于其中央设排污口,收虾后可用高压水枪冲洗,直接将污物排出池外。

(2)药物清塘。经修整后的池塘,还要进行清塘消毒,杀灭中国明对虾养殖的病原体和敌害生物。清塘的时间一般在放养前30天进行,清塘应选在晴天进行,阴雨天气清塘的药物不能充分发挥其作用,操作也不方便。目前生产中常用的清塘药物有生石灰、漂白粉、茶子饼、鱼藤酮等。水草特别多的池塘,也可采用除草剂清塘。

①生石灰清塘:生石灰不仅能杀死杂鱼、杂虾、病菌及寄生虫,而且还可改良池塘底质,是一种很好的清塘药物。清塘时使

池塘水深保持在 5~10 厘米,每立方米水体用优质石灰 375~500 克,可干撒,也可用水化开后趁热全池泼洒,凡在最高水位线以下的池堤处都要泼到,并要泼得均匀。最好在泼后第二天再用耙子将塘泥和石灰搅和一遍,以充分发挥石灰的作用。休药期为 7~10 天。

②漂白粉清塘:漂白粉对于原生动物、细菌有强烈的杀伤作用,故可预防疾病,并可杀死鱼类等敌害生物,使用时加水溶解,然后全池泼洒,泼洒方法同生石灰。用量是每立方米水体加漂白粉 50~80 克。休药期为 1~2 天。

③茶子饼清塘:其主要杀伤鱼类及贝类等,使用时将茶子饼粉碎后用水浸泡数小时,按每立方米水体 15~20 克的用量连水带渣全池泼洒,1~2 小时即可杀死鱼类。休药期为 2~3 天。

④鱼藤制剂清塘:鱼藤制剂内含有的鱼藤酮对鱼类有强烈的毒性,对甲壳类毒性却甚微。

鱼藤酮乳油:又称鱼藤精,清池一般用含鱼藤酮 5% 的鱼藤精,每立方米水体施药 1~2 克。但由于该药有效成分不稳定,陈旧药品药效下降,因此,使用前应进行药效试验,再定用量。

鱼藤根粉含 4%~5% 的鱼藤酮,清池时每立方米水体用干粉 4~5 克,稍经浸泡后连水带渣一同撒入池中。本品价格便宜,保管及使用都较方便,是较理想的清池药物。同时鱼藤的鲜根也可用于清池,效果比干根还要好,小根比大根效果好。使用时应将根切成小块,在水中浸泡,边泡边砸,砸过再泡,使鱼藤酮尽量浸出,1~2 天后把溶液洒于池中。鲜根用量比干根要酌情增加。

药物清塘还应注意以下事项:清池应选择在晴天上午进行,可提高药效;清池前要尽量排出池水,以节约药量;在虾池死角,积水边缘、坑洼处、洞孔内亦应洒药;清池后要全面检查药效,如在 1 天后仍发现活鱼,应加药再清,注意休药期(表 13),并经试验证实池水无毒后再放虾苗。

表 13 常用清池渔药的休药期

药物名称	停药期(天)
敌百虫(90%晶体)	≥ 10
漂白粉	≥ 5
二氯异氰尿酸钠(有效氯 35%)	≥ 7
三氯异氰尿酸(有效氯 80%以上)	≥ 7
土霉素	≥ 30
磺胺间甲氧嘧啶及其钠盐	≥ 30
磺胺间甲氧嘧啶及磺胺增效剂的配合剂	≥ 30
磺胺间二甲氧嘧啶	≥ 42

2. 进水及饵料生物的繁殖

清塘药性消失后,就可开闸进水。为防敌害生物入池,须用 60 目筛绢滤水。注入塘内的水源,应未受污染,不含有害元素,盐度为 16~34,pH 值为 7.8~8.6,溶氧 5 毫克/升以上,进水水深为 70~80 厘米。有条件的应对入池后池水用含氯消毒剂等消毒处理,杀灭水中病菌。

池塘进水后,还需施肥培育虾苗的饵料生物。实践证明,施肥培养饵料生物,并在池塘中移植桡足类、端足类(如螺赢蜚)、藻钩虾、拟沼螺、伪才女虫、卤虫等,可大大提高中国明对虾的苗种成活率,并可降低养殖费用。因此,饵料生物的繁殖是中国明对虾养殖中一项重要技术措施。

基础饵料生物是指养虾池内自然生长以及人工移植后繁衍的各类对虾饵料生物的总称。通过采取向池中施肥、添换水、投喂一定食物等手段,创造有利条件,促进这些生物不断繁殖、生长,通常称为基础饵料生物的培养。在基础饵料生物的移植前,最好对饵料生物进行检测,检测呈阴性的物种再移入池中培养。在养虾池中提早培养基础饵料生物,是充分利用池塘的生产力,解决对虾前期饵料,降低生产成本,促使对虾快速生长和减轻水质污染,预防虾病发生的一项十分重要的技术措施,也是养虾生



产中不可缺少的工艺环节。基础饵料生物可分为浮游生物和底栖生物两大类。前者主要是浮游植物、滤食性桡足类、卤虫、各类无脊椎动物幼虫、箭虫等；后者主要包括多毛类（如沙蚕）、端足类（如螺赢蛭）、有孔虫和微小型底栖生物群落等。

繁殖饵料生物一般从放苗前 1 个月左右开始，也可根据当地水温高低、水体的“肥瘦”情况及饵料生物的繁殖特点等灵活掌握。目前采用的方法一般是在清池后首先进水 60~80 厘米，而后向水中施肥，促使单细胞藻类及桡足类等浮游生物迅速繁殖。放苗时，使池水透明度稳定在 30~40 厘米，水色呈黄绿色、黄褐色等。肥料有发酵的鸡粪、牛粪等有机肥和硝酸铵、磷酸二氢钾等无机肥。新建的虾池，以施有机肥为主，每亩可施 20~30 千克，宜分 2~3 次投入（施前需经过充分发酵，以免污染池底）；老虾池则以施化肥为主，每次施氮肥 2×10^{-6} ~ 4×10^{-5} 、磷肥 4×10^{-7} ~ 8×10^{-7} ，前期每 2~3 天施肥一次，后期 7~10 天施肥一次。当池水透明度达到 30 厘米以下时，停止施肥。有机肥具有肥效发挥慢，但肥效期较长；无机肥虽然肥效快，但持效期较短。因此，为了保持池内水色的稳定，可采用有机肥与无机肥相结合的施肥方法。

值得指出的是，虾池中繁殖的单细胞藻类有些可被对虾直接摄食利用，同时在养殖过程中也始终起着非常重要的作用。单细胞藻类可直接利用太阳能进行光合作用，将营养盐等无机物转化为有机生物被浮游动物等所食，而这些动物又是对虾的优质饵料；可吸收氨氮和二氧化碳等代谢产物，放出大量氧气，增加池水的溶氧量（通常虾池水中溶氧含量的 89% 左右是由单细胞藻类产生的），改善池水环境，这是对虾赖以生存和旺盛生长的重要保证；减少池水的透明度，为对虾的栖息与生长创造比较安静的隐蔽环境等。

池水的颜色和透明度常作为反映浮游生物组成和生物密度以及海水质量好坏的标志。如硅藻类为优势种时，水体常呈褐色和黄褐色；绿藻类为主时，呈鲜绿色和黄绿色；金藻类为主时，

则呈金黄色。这些颜色通常被认为是较好的水色,应通过施肥和添换水等措施加以维持。施肥量和进水量的大小及次数,生产中主要根据水色和透明度适当加以调节,一般宜少量多次。不同单细胞藻类的生长繁殖速度,与水体内的氮、磷比例有密切关系。如一般认为氮磷之比为 $20\sim 30:1$ 时能促进硅藻类的大量繁殖,而 $1:1$ 时则能促进鞭毛藻(包括有毒甲藻)的繁殖。为了防止后一种情况的出现,在施肥时磷的比例不宜过大。如果施肥繁殖后正常的水色突然变清,或出现异常水色,可能是由于繁殖过度、环境变恶,有些单细胞藻类死亡下沉所致。此时,应彻底更新池水,重新施肥繁殖。也可从邻近水色较好的池塘分水接种,以缩短培养时间。

3. 底质改良

“养虾先养水,养水先养土”。众所周知,只要养虾,虾的排泄物、残饵和生物尸体就不可避免地积聚池底。随着工业的迅速发展,生活污水的排放,养殖海区的富营养化,也使池底容易污染。加上长期的养殖,抗生素类药物和各种消毒剂的广泛使用,也容易造成污染。由于这些污染源的存在,随着养殖时间的延长,底质污染越来越严重,养虾就越来越困难。通常新开挖的虾塘,往往第一年养殖成功,但到了第二年以后发病率就越来越高,底质污染是其重要原因之一。

20世纪90年代初以前,养虾是采用大排大灌的方法,只要有潮水进塘,每天都实行排水和进水。投喂的饲料也是鲜杂鱼虾类,养虾也取得成功,虾病流行危害程度小。但今天情况却完全不同,如果现在养虾也是采用以上方法,是注定要失败的,因为现在的底质和水质等与当年完全不同。

以改良底质为中心的水质管理,是当今养虾的最关键技术之一。虾池水质的变化,通常由底质变化引起。水质变坏,首先表现在池水中有毒物质,如氨氮、硫化氢和亚硝酸盐等含量的增加,pH值和生物耗氧量超出正常范围,溶解氧下降,饵料生物数量减少,有害物质如夜光虫、鞭毛藻数量增加。产生以上现象

的根源是池底有机物沉积过多,因得不到充分氧化而产生有害物质。换水只能改善池水,而不能改善底质和消除产生有害物质的根源。改善水质首先要减少有机物的沉积,增加溶解氧,逐步消除沉积物。

以往改良底质的方法通常是使用各种消毒剂和抗生素药物,而且用药量越来越大,但改良底质和防治病害的效果不好。这是因为这些药物不仅将有害的病毒病菌杀死,而且也把有益微生物杀死。因为虾在健康状态时,在其内外环境中存在着一个相对稳定的微生物优势种群,组成正常的微生物群,既参与宿主的“生理系统”活动,又能很好地促进有益菌的生长,抑制有害菌的增生,形成抵御致病菌的第一道防线。此种状态的“合理共存”,同时又受生态环境中诸多理化因子和致病因素的影响。在常态下,虾、微生物和生态环境三者构成一个“动态平衡”,在一定的允忍范围内,此种平衡有相对稳定性,虾不易发病。而使用上述药物后,使水体、虾体表及体内有益微生物遭到破坏,降低或失去免疫力,病原体便突破首道“防线”,侵入体内,导致虾发病。

现代改良底质是利用微生物生态学原理,使用新型的微生物制剂。目前,在市面上使用最多的是光合细菌和各种微生物制剂。光合细菌放在虾塘中,能迅速消除水体中氨氮、硫化氢、有机酸等有害物质,改善水体质量,平衡酸碱度。微生物制剂包括有枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、多黏芽孢杆菌、乳酸杆菌、乳链球菌、假单胞杆菌、亚硝化单胞菌、硝化杆菌、硫杆菌等,是能利用有机物而对对虾无病原性的有益细菌。有益性细菌进入虾池以后,发挥其氧化、氮化、硝化、反硝化、硫化、固氮等作用,把虾的排泄物、残存饲料、浮游生物残体等有机物迅速分解为二氧化碳、硝酸盐、磷酸盐、硫酸盐等,为单细胞藻类提供营养,促进单细胞藻类繁殖和生长。同时自身迅速繁殖而成为优势菌种,抑制病原微生物的滋长。单细胞藻类的光合作用又为有机物的氧化分解、微生物的呼吸、虾的呼吸提

供氧气。循此往复,构成一个良性的生态循环,使虾池的菌相与藻相达到平衡,维持稳定水色,营造良好的水质条件。

有益细菌进入池塘中形成优势种群,才能发挥其独特功效。一般在肥水时开始投第一次有益细菌,每次一般为每亩 1 千克,以后每隔 15~20 天投 0.5 千克,在收虾前 15 天停止投放。在投放时应注意,因有益细菌是有生命力的活性微生物,若池塘消毒,应在施消毒剂后 5~7 天再投放。在特殊情况下,如虾有病,需要施消毒剂。在使用消毒剂后 5~7 天补施一次,以维持池中有足够的有益细菌,维持水中的生态平衡。

(五) 苗种中间暂养

虾苗中间培育,也称中间暂养,我国南方称为“标粗”,即培养大规格苗种。中国明对虾一般从育苗池出池的小苗(体长 0.7~1 厘米以上),经 20 天左右的培育,长到 2.5~3 厘米再移至养成池继续饲养。这是从育苗到养成之间的一种过渡性生产措施。

1. 虾苗中间培育的意义

(1) 中间培育水体小,可选优汰劣、放苗集中,便于控制水环境以及投饵和管理,提高了饵料的利用率和虾苗初期养殖成活率。

(2) 方便养殖中后期的管理,保证放苗数量和质量,可以准确地投饵。

(3) 有利于养成池内基础生物饵料的繁殖生长。

(4) 养成期缩短,减轻了养虾池内有机污染的压力,有利于防病。

(5) 有保温设施的中间培育,既可避免寒流的影响,又由于培育水温高,可促进对虾早期的生长,有利于养殖大规格对虾。

然而中间培育增加了生产管理环节,相应增加了劳动投入和生产成本。中间培育的虾苗出池搬运中,若不严格操作造成大规格虾苗机械损伤,也会给虾病的传播打开方便之门,所以要



严格认真对待并结合各地情况,合理确定中间培育的时间和规格。

2. 中间培育池的结构和附属设施

中间培育池一般为土池,可利用养成池培育,面积可依据虾苗需要量合理确定,从数百到数千平方米不等;横向跨度最好不大于 30 米,池深 1 米左右;池底平整,坡度较大,向出苗闸门或涵洞方向倾斜,以便能排干全部池水。排水闸门应具有安装锥形袖网的闸槽。

在大型的养殖池里可选择底质平坦的滩面,用 40~60 目筛绢网拦住,清池消毒,繁殖饵料生物,投喂饵料。这种方法不必另建池,虾苗集中管理,经过两次成活率检查,估算数量。如果正常,而且体长达到 3 厘米左右,即可把拦网拿掉,使虾苗疏散到整个养成池。

我国北方为培养早苗,多采用塑料大棚育苗,有利于提高池水温度,减轻水温的日变化,并在池内设置充气设施,使培育密度大增,成活率提高到 60%~70%。

放苗前,应清池、消毒,繁殖浮游生物。当池水透明度达 30~40 厘米,即可放苗。

3. 虾苗的质量

为了防止苗种带病原,需选经检疫合格的虾苗。肉眼观察虾苗群体整齐,肌肉饱满透明,附肢完整色素正常,胃肠充满食物,游动活泼、逆游能力强,体表无寄生生物和污物附着,体长大于 0.7 厘米。避免使用高温及药物培育出的,速生、虚弱、营养不良、生长不均匀以及黏脏的虾苗。

4. 放苗密度

4 月底至 5 月初,可在不充气的土池内投放 0.7 厘米以上虾苗 150~300 尾/米²。大棚暂养虾苗,具有充气条件的培育密度可达 1 000~2 000 尾/米²。

5. 中间培育管理

主要管理工作是做好水环境与投饵管理。放苗前应使用化

肥水，水色为黄绿色、绿色和黄褐色，透明度为 30~40 厘米。建议使用充气设施，主要水质参数为：溶解氧 5 毫克/升以上，总氨氮 0.6 毫克/升以下，pH 值 7.8~8.6，水温 20~26℃。培养过程中应对盐度逐步调整，出苗时达到与养成的养殖池盐度一致。出池前几天，应将水温调整到与养成池一致。饵料可以使用微颗粒配合饵料，也可以投喂一些活卤虫或洗清洁的、剁碎的鲜贝肉，控制投饵量为摄食量的 70%~80%。严禁过量投饲料，以防水质恶化。中间培育期一般为 20~30 天，培育后期酌情少量换水，每天换水量不超过 3%~5%。每天多次投饵，每次少量。

使用鲜活卤虫等饵料前，须进行 WSSV 等病原检测。

6. 虾苗出池

虾苗体长达 2.5 厘米后，及时收苗放入养成池。出苗使用末端连活水网箱的袖网。网箱长 2~3 米，宽 1.5 米，高 1 米。缓慢放水收苗，虾苗切勿在网箱内长时间积压。采用带水称重方法计数。容量为 10 升的塑料桶，一次称苗不应超过 1 千克虾苗。

(六) 虾苗的放养

1. 放苗条件

(1) 养殖池水深 1 米左右，水质肥且活，水色正常，以绿藻、硅藻和金藻类为主，水色为黄绿色、黄褐色和绿色，透明度 30~40 厘米。

(2) 虾池日最低水温。放养中国明对虾虾苗，最低水温应达 14℃ 以上，突然下降的温差不能大于 8℃。温差超过 8℃，必须在育苗池内或运输过程中或池塘边缓慢降温，使温差尽量保持在 3℃ 以内。

(3) 养殖池盐度为 32 以下，池水盐度与虾苗培养池盐度差不应超过 5。养殖池盐度与育苗池盐度(或中间培育池盐度)差大于 5 以上，应逐步调节育苗池或中间培育池盐度，使虾苗驯化



适应。通常 24 小时内逐渐过渡的盐度差不超过 3~5。

(4) 养殖池水 pH 值在 7.8~8.6。

(5) 大风、暴雨天不宜放苗。

2. 放苗密度

可根据养殖条件适当增加或减少放苗量。半精养池塘,通常每亩放养全长 1 厘米中国明对虾虾苗 1 万~2 万尾;经过中间培育体长 2.5~3 厘米的虾苗成活率高,每亩放苗量为 0.8 万~1.5 万尾。精养池,通常每亩放养全长 1 厘米中国明对虾虾苗 3 万~5 万尾;经过中间培育体长 2.5~3 厘米的虾苗成活率高,每亩放苗量为 2 万~3 万尾。

3. 放苗注意事项

(1) 放苗前必须先对养殖池水水质进行分析,确认符合养殖水质条件时方可放苗。

(2) 为了使虾苗购进后适应虾池的温度和酸碱度,可将装有虾苗的塑料袋浮放在养殖池水面。使袋内外温度达到平衡,打开塑料袋,向袋内缓慢加入池水直到袋内水外溢,使虾苗逐步散入池中。

(3) 放苗点应在池水较深的上风处。

(4) 每个养殖池应一次放足同一规格的虾苗。

(5) 为了观察放苗后的急性死亡情况,可在养殖池放网箱,放 100 尾虾苗观察 24 小时。网箱内可适量投饵。

网箱观察期内,应用显微镜观察对虾以下内容:对虾肠胃饱满情况,是否摄食投喂的饵料,如不摄食应分析原因。触角和附肢是否有粘附的污物,健康虾不应有黏液和污物。健康虾游泳足和尾节肌肉应是透明,有少量色素斑,如果受到胁迫,尾节肌肉白浊。观察对虾体形是否畸形,蜕皮后是否正常。对虾在网箱内游泳是否正常,死亡情况、相互残食情况,24 小时后成活率在 85% 以上为正常。如果成活率低于 70%,则应再观察 24 小时,直到死亡率相对稳定。如死亡严重,需要分析原因,重新补充放苗。

(七) 饲养管理

1. 水质监测

(1) 池塘的补偿深度。由于光照强度随水深的增加而迅速递减,水中浮游植物的光合作用及其产氧量也随之减弱。至某一深度,浮游植物的光合作用产生氧量恰好等于浮游生物(包括细菌)呼吸作用的消耗量,此深度即为补偿深度,此点的辐照度即为补偿点。补偿深度以上的水层称为增氧层,补偿深度以下的水层为耗氧层。补偿深度的日变化与空气辐照度有密切关系,晴天补偿深度最大,阴雨天最小(浅),精养池塘的补偿深度一般不超过 1.2 米。在未有垂直动水设备的池塘,从光线在水中的透光率和补偿深度来看,池塘过深是没有益处的。

(2) 水温。池塘内的水温是影响中国明对虾生长、生存的重要环境因子。中国明对虾是变温动物,水温直接影响其代谢的强度,在适温范围之内,其代谢强度随着水温的升高而增强,同时池塘物质循环强度也随之提高。

海水池塘的水温特点介于海洋与陆地之间,波动性大于海洋而小于陆地。海水池塘的平均水温随着纬度升高而降低。夏季广东及海南沿海最高温度可达 36°C ,而北方三省沿海一般不超过 34°C 。冬季北方池塘水温可降到 -2°C ,南方一般多在 13°C 以上。在严寒冬季,池塘结冰后相当于一层保护层,白天光线可以通过冰层,透入水中,增加水的温度,晚间则像玻璃一样,防止水中热量的放散。所以水深 1 米左右的池塘冰下温度可达 10°C 左右,这就是中国明对虾在冰下越冬的可行性。

(3) 池水的上下运动和分层。池塘海水有混合和对流的运动。由于这种运动,促使水的上下交换,有利于池塘的物质循环和水生生物的生存,可防虾的缺氧浮头。引起海水运动的能源主要是风力和温度。温度使池塘海水产生上、下层的密度差,形成池水的对流。风力除了产生波浪向池中充氧外,还可使池水上下层混合,把上层丰富的溶解氧传向底层。其混合作用的大

小,与风力、池向、池塘大小、堤坝高低等因素有关。

在海水池塘中,由于某些物理或化学因素,有时降雨后会出现池水分层(呈层)现象,即雨水在上层、海水在下层,混合很慢,甚至在两种水之间出现明显的界面,阻碍了水的混合。这种情况是很危险的,常会因底层缺氧而使水中生物死亡。无风地区和小池塘容易发生此情况,应严加注意。为了加强池水的上下对流,防止池水分层,在池内使用增氧机搅水是非常必要的。

(4)盐度。是影响生物群落组成的一个重要条件。海水池塘由于盐度的差别,又可分为低盐海水、半咸水及海水池塘。习惯上一般把盐度低于1的池塘称为淡水池塘,盐度1~10称为低盐度池塘,盐度10~25为半咸水池塘,盐度为25~34为海水池塘。但是也有些池塘盐度并不固定在上述范围,像一些河口地区盐度波动往往很大,旱季盐度高于正常海水,洪水季节又几乎接近淡水,这种巨大的变化给海水养殖带来了困难。

海水的渗透压及中国明对虾对渗透压的调节能力,决定其适宜盐度范围。海水的渗透压与盐度高低有关。大致说来,盐度每降低1,渗透压改变196~294千帕。所以,在盐度变化较大的池塘,其渗透压也随之发生较大的变化,这对生存在其中的中国明对虾有较大影响。当海水的渗透压比体内渗透压高时,体液中水外渗;反之,当体液的渗透压高于海水时,则海水由体外渗入体内,随着水的渗入或渗出,体液将被稀释或浓缩。当中国明对虾对渗透压调节超过其限度时,对虾失去调控能力,而使机体的功能和组织受到破坏,不能进行正常的生理活动,对其生长、繁殖具有较大的影响,甚至造成死亡。

(5)pH值。池塘海水的pH值变化较大,多在7.5~9.0,在特殊情况下可低于2或高于11。海水池塘由于浮游植物密度大,白天表层光合作用强烈,pH值迅速上升,夜间由于浮游生物及养殖生物的呼吸作用而使池中CO₂增加,使pH值下降,形成较大的昼夜差。

底质也可以影响池塘pH值。如潜在酸性土壤在建池时含

有 FeS_2 的土层,由其氧化生成的硫酸会不断溶入池水中,使池水 pH 值下降到 4 以下。另外,池底有机物过多(如残饵、排泄物、生物尸体等)时,在分解过程产生有机酸而使 pH 值下降,特别是底泥和底层水,这对对虾也是一个很大的威胁。

pH 值超过一定范围时,也会直接危害中国明对虾。如酸性虾池,当 pH 值降到 6.5 以下时,会影响饵料生物褐苔和绿苔的发育;pH 值高于 8.7 时,会使对虾无节幼体死亡。在酸性水中虾类不爱活动,新陈代谢慢,摄食量减少,消化率降低,生长受到抑制,降低成活率。同理,pH 值过高,高于 10 以上也会影响虾类生长。据报道,水环境中的 pH 值低于 4.8 或大于 10.6,对于中国明对虾是致命的。因此,在生产中为了使养虾用水的 pH 值稳定在适宜范围,常需加氧化钙或铵酸氢钙、石灰石、珊瑚石粉等,加强池中缓冲系统的缓冲能力。

(6)海水中溶解气体。池塘中溶解气体主要有溶解氧、二氧化碳、氮、硫化氢、甲烷等,这些气体对水化环境及生物都有重要影响。

①溶解氧:池塘中溶解氧的来源是通过换水、空气溶入及浮游植物的光合作用 3 个途径取得的。在半精养池塘中主要是靠植物光合作用供应,晴天时浮游植物光合作用产生的氧,可以占半精养池塘一昼夜氧总收入的 90%,空气溶入仅占 10% 左右。在水温较高的晴天,光合作用所产生的氧气常使水中溶解氧达到 200% 的饱和度,所以白天不仅空气中氧进不到水中,而水中过剩的氧气还要向空气中逸散。只有到夜间光合作用停止时,水中耗氧因子消耗了水中的氧气,空气中的氧气才能溶入水中,而且在静水中仅溶于表层水中。换水也是只有海水中溶解氧高于池塘含量时,才具有增氧作用。但是,现在许多养殖海区的溶解氧含量比池内还低,在此情况下换水只能减少池水的溶解氧。

水中溶解氧是虾类赖以生存的首要条件,它不仅影响对虾摄食率、饵料利用率和增重率,严重缺氧时还会引起缺氧死亡,造成对虾养殖的重大损失。在溶氧不足时,水环境理化条件差,

对虾体质下降,致使一些流行病暴发。

②氨(NH_3):氨及其衍生物是水中一个重要生态因子。氨对水生生物既有有害的一个方面,又有有益的作用。养殖者的责任是在掌握其变化规律的基础上,因势利导,限制其有害因素,使其转换为有益的物质,把生产搞得更好。

氨与溶解氧相似,也有昼夜与垂直变化,这种变化在晴天尤为显著,主要与池水溶解氧、水温、pH 值变化有关。晴天中午前后,表层非离子氨增多,底层由于有机物分解使 pH 值下降,分子氨达最低值;夜间由于表层 pH 值下降及对流等原因,上、下层水中非离子氨差大大缩小。所以白天中午前后开机搅水,也是避免氨中毒的一个有效措施。

③硫化氢:硫化氢(H_2S)是在缺氧条件下,含硫有机物经厌氧细菌分解而产生的。硫化物和硫化氢都有毒性,而硫化氢毒性更强。在酸性条件下硫化物大多以硫化氢的形式存在。在池底污染较重的夏季,池底不仅缺氧并有大量有机酸存在,使底层水缺氧并呈酸性,所以含硫有机物分解产物主要是硫化氢。硫化氢在氧气充足时被氧化而消失,如底质或底层水中含有一定数量的活性铁,硫化氢会被转化为无毒的硫及硫化铁而沉淀。养虾池内最好不存在硫化氢,为防止硫化氢的产生,应保持池底少受污染,保持池底有充足的氧气是一个重要条件。在池底污染的情况下,经常加入氧化铁会减少硫化氢的产生。

(7)营养盐类。池塘中的营养盐类是池塘生产力的基础,港养、生态系养殖主要是依靠池塘中或池水交换所带人的营养盐类,提供了养殖生物所需要的营养物质。所以,池塘生产力的高低主要决定于该池塘及近海水中营养盐含量的高低,营养盐含量高,生产力也强。但以投饵为主的精养池塘则主要靠人工投饵提供产量,天然生产力也就显得微不足道。由于投饵及养殖生物代谢产物,造成池水过肥,海洋环境中的水越瘦,也就是说营养盐越少越好。

营养盐种类较多,包括氮、磷、钾、钠、硅、钙、铁、碳以及微量

的锰、锌、铜、钴、镁、铂等,其中氮、磷是制约因子。因此,氮、磷的含量是决定池塘生产力高低的一个重要条件。

(8)水色及透明度。池塘中的植物主要是浮游藻类和底栖藻类,有些海区的池塘还有刚毛藻、浒苔、石莼、沟草等,河口地区的池塘中甚至还有芦苇等淡水生物。优良的池塘是以浮游藻类为主体的。由于所处的地理位置不同,特别是温度、盐度、水深的差别,其优势种的组成不尽相同。

以微型蓝球藻类为优势种的蓝绿色或黄绿色池水。如直径仅2~3微米的蓝球藻、节球藻及平裂藻等为主体的池水,每毫升细胞数高达数百万个。该类群生物在繁殖盛期,对养殖的虾类尚看不出不良的影响,但是当繁殖过盛、发生藻败时,常引起对虾的发病和死亡。近年来,证明节球藻具毒性。

以硅藻为优势种的黄褐色或褐绿色池水,常发生在高盐度的池塘中。如以角刺藻属的远距角刺藻及柔弱角刺藻等,有时菱形藻也可成为优势种。这种水色也较稳定,有利于虾的生长。

以金藻为优势种的褐色或黄褐色池水。因金藻具有群聚习性,使水色多变或在水中呈云雾状,该种群也有利于虾的养殖。

以隐藻等鞭毛藻为优势种的池水,这种水色与金藻水有时相似,呈褐色、红褐或褐绿色。有时也聚集为云雾状。在精养池塘中有机质较多时,有利于兼性营养的鞭毛虫类繁殖。

以甲藻为优势种的黄褐色、褐绿色池水。有时以原甲藻为优势,有时以多甲藻或裸甲藻为优势,也会形成云雾状,由于甲藻的聚集会使水色多变。甲藻中某些种类具有毒性,如原甲藻、漆沟藻、裸甲藻类等,是一种不利于养殖的类群,应特别注意。

实际上池塘中浮游生物组成是多变的,在一个养殖周期内随着环境条件的变化,会有相适应的种类取得竞争的优势,成为池塘中的优势种。当其繁殖发育到一定阶段,有的也自行衰落。当这些生物败落时,沉于池底腐烂分解,引起水质和底质变坏,常常也影响到对虾的健康,造成对虾发病或死亡。

养殖期间池水透明度应维持在25~40厘米。透明度小于

15 厘米时不仅是藻类密度过大,也是藻类老化的一个预兆,这种水体很脆弱,很易发生藻类死亡沉淀。一旦产生这种情况,对池中的养殖虾是很危险的。

2. 水质调控

水质是影响对虾生长发育,决定对虾产量及经济效益的重要因素之一,科学地调节和控制水质是对虾养成中的一项重要生产技术措施。

(1)添、换水控制水位。在养殖前期(中国明对虾在 5~6 月),即投苗后的 20~30 天,可使用 60 目锥形网添水,逐日向池内添水,每天可添加 5 厘米左右。待池塘水位提高到 1.5~2.0 米,可根据水质情况适时换水。在 7~8 月高温季节要加深池水,根据水质状况每 2~3 天换水 10~20 厘米以上,改用 20 目锥形网换水。养殖后期(9~10 月),水温适宜,但池底污染加重,可根据水质状况维持或增加换水量,改用网目为 0.5~1.0 厘米的聚乙烯合股线锥形网进水。通过添换水,还可调节盐度,促进对虾蜕壳和生长,并能补充一些饵料生物。

换水时,要事先检查进水网是否破损,网框是否松动。排水闸门安装 16~18 目平板网,半径为 6~10 米的半圆形围网设在排水闸内侧,以防排水时对虾被逼到网上。换水时应先排出部分陈水再进水,也可边排边进。水质太差的虾池,一次排水量不能太多,以免水太浅时含氧量下降,造成对虾死亡。换水时应注意水源水质状况,当水源水质恶化,赤潮生物大量涌来,要停止换水。在目前病毒性虾病尚无有效对策的情况下,池内虾体携带病毒(但未发作)生存的可能性较大,若换水过于频繁,或一次添换水量过大,使环境变化对虾类的胁迫作用加强,加大了其应激反应的频率和强度,从而减弱了对虾的免疫功能和抗病力,极易诱发病毒病。因此,虾农往往使换水量大大减少。有的投苗前一次加满水,整个养成期不再换水。有的一次纳水后,在病毒病易发期不换水,相对安全期间或换些水。

在充气精养虾池之中,换水量也较正常时大有减少,但由于

充氧的替代作用,也能维持较高的密度和产量。

(2)机械增氧。机械增氧是精养式养殖中增加水体溶解氧,改良水质的重要措施之一,常用机械为各种增氧机。目前采用的增氧机,有充气式(即在电动鼓风机上接上送气管、散气筒或散气头)、水车式(也称搅水机,即以电动机带动直立的叶轮,以搅动表层水,达到增氧和对流的目的)、叶轮式(即电动曝气机)、钢梳式(刷子式)、喷水式(浮式曝气筒)、射流式增氧机及增氧船等(图9)。

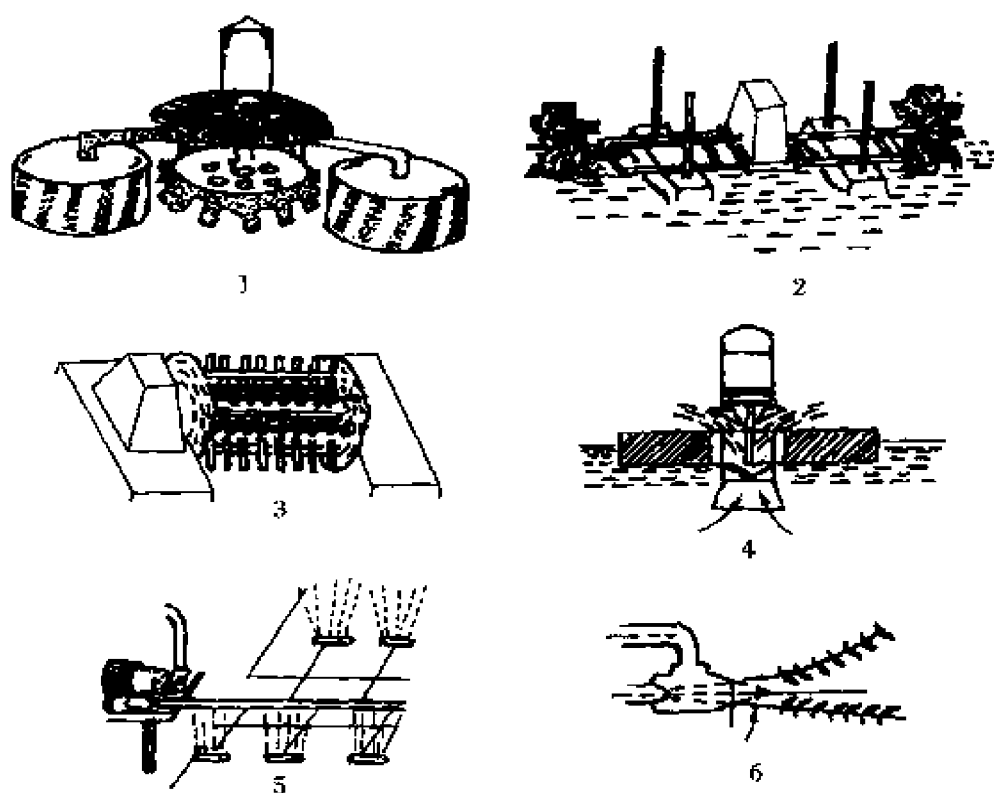


图9 几种常用的增氧机

1. 叶轮式增氧机 2. 水车式增氧机 3. 钢梳式增氧机 4. 旋桨式增氧机
5. 充气式增氧机 6. 喷射式增氧机

充气式增氧机产生气泡,一部分溶入水中,适合较深的虾池塘使用。喷水式增氧机使喷出的水呈降雨状落下,与空气接触达到增氧目的,只适于水浅的池塘。水车式增氧机适用于较浅水(水深1.5米以内)的虾池,因水流具有方向,易将废物集中于池中央以利排污,且不会将池底污物泛起的特点,故适于正方形(或圆形)对虾精养池。叶轮式增氧机增氧效果好,动力效率高,

适于较深的池子。工作时靠叶轮旋转搅动水体,水层上下对流,使整个水体的溶解氧趋向均衡,但水流不定向,对中央排污的池子不适宜,且在浅水中使用易搅起池底。射流式增氧机由潜水泵和射流管组成,工作时水泵里的水从射流管内喷嘴高速射出,产生负压而吸入空气,水 and 气在混合室内混合后,以 45° 角将空气直接充入水中,且因其在水面下没有转动的机械,不会伤害虾体,很适于密度大的深水(水深大于 1.5 米)虾池选用。

应该了解,增氧机的作用,决不仅为了防止缺氧浮头,而更重要的是促进池内的物质循环,改善池塘的水质和底质条件,为养殖生物创造一个良好的生态环境,防止疾病、促进生长、提高产量。为此,不能机械地每天定时开机,要根据天气、水质、底质及水化条件开机。

在晴天时,由于热阻力的作用,池水不能上下对流,形成溶解氧和温度的分层,表层丰富的溶解氧不能扩散到底层。此时如开动增氧机,可促进池水的上下交流,利用表层的氧盈去抵还底层的氧债,改善池底条件,所以,在光合作用较强的中午前后开机是非常必要的。同理,傍晚开机使上下水层提前对流也是无益的,会增加耗氧水层和耗氧量。所以,一般应在午夜以后或黎明前开机增氧。阴雨天,由于浮游植物光合作用减弱,造氧减少,加之气压低,减少了空气中氧向水中的溶解,池塘很易缺氧,此时应及早增氧,以增加增氧机的充氧作用。当然,在虾浮头时更应及时开机。在池塘施肥后,特别是施有机肥及大量投喂活饵料时,都应增加增氧时间。当高温、浮游生物大量繁殖后死亡,池塘施药或换水困难等极易引起缺氧的情况下,运转时间要延长,甚至全天候运行。一般在投饵后对虾集中摄食时间,增氧机停止运行。以清理池底为目的使用增氧机,一般在夜间开启。

综上所述,开机的原则是:晴天中午开,阴天清晨开,连绵阴雨半夜开,傍晚不开,浮头早开,无风多开,有风少开,高温多开,低温少开或不开。

(3)化学方法。向虾池内投入某些化学物质,可达到改善水

质和池塘底质的目的,这些化学物质被称为水质保护剂。目前市售的水质保护剂类型很多,常用的水质保护剂有:

①生石灰:又称氧化钙(CaO),除具有清池消毒和改良底质的作用外,尚具有较好的改善水质作用。氧化钙遇水后生成的氢氧化钙可提高和稳定海水的 pH 值,减少水中硫化氢的含量,促进厌氧菌群对有机物的矿化作用。氢氧化钙与水中的二氧化碳作用生成碳酸钙,是一种比较好的海水缓冲剂。石灰还能与某些金属如铜、锌等络合,从而减少其在水中的毒性。养成期用生石灰改良水质、底质时,用量为 $5\sim 10$ 克/米³,并视水的 pH 值的高低合理调节。

②沸石:它是一种含碱金属或碱土金属的铝硅酸盐矿石,含有硅、铝、铁、锰、钾、钠和氧等多种元素。沸石内含有许多大小均一的空隙和通道,具特殊的理化特性,用途十分广泛。在水产养殖中,沸石能有效地改良水质和保护池底环境。对铵态氮(NH_4^+-N)、有机质和重金属离子等有明显的吸附和选择性离子交换能力;能有效地降解池底 H_2S 的毒性影响; CaO 含量较高的沸石可调节水的 pH 值;能增加水体中的溶解氧。

对虾养殖中沸石作为水环境保护剂时(指 100~150 目粒度),一般用量为 20~35 千克/亩,严重污染池底为 50~500 千克/亩。撒布区以池底黑化较重或虾群集中处为主,注意不要与化肥或药物混合使用。还可在饲料中添加 1%~2% 沸石,能促进消化,吸收代谢的毒物,有利于对虾生长和增强抗病力。

③麦饭石:它是一种以氧化硅为主,含多种元素和金属氧化物的矿石,与沸石一样,含有众多的腔隙和孔道,质地较松软。它能调节机体代谢,吸收消化道内的毒素,促进酶的活力。麦饭石作为水环境保护剂,在海水中具有吸附杂菌、有机质、氨、硫化氢和调节 pH 值的作用。用于对虾养殖生产,改造池底每亩可投 100~200 千克,净化水质每亩可投 50 千克,每 10~15 天一次,可连续使用。麦饭石加工粒度应在 100 目以上。

④膨润土:又称斑脱岩,属黏土类矿物盐,主要由 28 面体型

蒙脱石组成(含量达75%以上),理化特性为高铝、低铁、富含氧化物,分散性能和成胶性能都很好。膨润土透气性好、具强烈的吸水性,入水后能迅速溃化成微小颗粒(体积膨胀10~30倍)。在水中呈悬浮和凝胶状,能吸附和凝集水中的悬浊物,使其沉淀和覆盖池底,减弱池底底泥的耗氧量,控制营养盐类的溶出速度。兼有良好的阳离子交换性能和粘结力,可用于净化水质和改善养殖水环境。在养殖生产中,主要是降低池水富营养化程度和沉淀悬浊物,最终达到防止池内赤潮和解救对虾浮头的作用。投放要选准时机,一般提早或定期投放优于应急投放的效果。膨润土每亩一次用量为50~100千克。

⑤钢渣:指炼钢厂平炉余渣,含多种金属氧化物,主要成分是二氧化硅、氧化亚铁、氧化铁、氧化钙等。氧化铁含量一般占25%左右。在养殖水体中可作为水质改良剂,用以消毒池水,除掉硫化氢等作用。在高温期内,污染严重的池底每平方米池底可投放1~2千克。

⑥活性炭:通常用煤、木屑、椰子皮壳等经高温炭化和活化而成的疏性吸附剂,具有良好的吸附性能。活性炭具物理吸附、化学吸附及离子交换吸附等作用。在水处理中可吸附水中胶体、悬浮体、溶解态的有机物、有毒气体及某些离子。于过滤器内使用,由于其表面附着的矿化和脱氮细菌的存在,可降低海水的化学耗氧量(COD)及硝酸盐等,所以具机械、化学和生物过滤三大作用,是过滤和净化水的理想材料。在对虾养殖中多用于过滤器中的过滤材料,循环水槽的滤水层。在紧急状态下向水中撒泼,可急救因中毒和缺氧出现的险情。饱和后的活性炭可用高温或酸、碱处理,以恢复其活性,再次使用。

⑦过氧化钙(CaO_2):为白色或淡黄色结晶性粉末,粗品多以 $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。其化学性能不稳定,入水后可缓慢地释放出氧和氧化钙。初生态氧具有很强的杀菌力,氧化钙又具有生石灰的功能,所以,过氧化钙有供氧、杀菌、缓解酸毒和平衡pH值的多种作用。在对虾养殖中作为环境保护剂,在水质

不佳时当晚使用 $10\sim 15$ 克/米³,可预防浮头。当发生浮头时,立即用过氧化钙 $10\sim 20$ 克/米³, $1\sim 2$ 小时后再追施半量,可预防对虾死亡,方法为直接撒施。为改善池底,每天施用过氧化钙 $5\sim 10$ 克/米³,效果很好。作为强氧化剂,不可与药饵、维生素 C 等还原性物质混用。

⑧双氧水(过氧化氢溶液):无色透明液体,含过氧化氢(H_2O_2) $2.5\%\sim 3.5\%$,浓者含 $26\%\sim 28\%$ 。由于可形成氧化能力很强的自由羟基,可破坏蛋白质的基础分子结构,从而具抑菌和杀菌作用。其制剂可用于改良池塘底质,降低 COD 和生氧,作为虾浮头的急救剂。使用时可利用特殊的水底喷洒器,喷洒入水底。

⑨其他:如腐植酸、腐植酸钠、煤矸石、三氯化铁等净水剂,高锰酸钾、漂白粉等氧化剂,过二硫酸铵等生氧剂。

(4)生物净化。

①使用有益细菌制剂:有益细菌在对虾养殖上的应用,是无公害养殖的重要技术手段。在集约化精养对虾系统中,残饵、对虾新陈代谢产物等严重地污染着养殖水体,从而也为滋生病原体微生物繁殖创造了条件。单纯的使用物理化学方法处理水质,不但成本高,预防疾病的效果也并不理想。过多的依赖化学药品,有时还会产生二次污染问题及食物安全问题。养殖过程中使用微生物制剂,保护养殖水环境的正常生态功能,可以使对虾健康生长,有益微生物正常繁殖生长,可以有效地防止底质恶化,预防病原微生物增加。当前经常使用有益的微生物制剂,分为利用光能的光合细菌和有益的化能异养细菌两大类。

虾池使用的光合细菌,应该使用培养基的盐度和养殖池盐度接近的光合细菌,活菌量不低于 10 亿 ~ 15 亿个/毫升。光合细菌在养虾生产中作为水环境保护剂使用,多采用拌砂法,即在养殖中、后期按每公顷 $15\sim 75$ 千克的用量,与海砂搅拌,泼洒于池中,也可在污染严重的池底集中投放(每隔 15 天左右投放一次)。也可将菌液加入配合饲料中,作为营养成分投喂,或与饵

料搅拌后趁鲜投喂。

投放光合细菌要注意：多菌种混合比单菌种投喂好；有机物腐败程度越高，污染越严重的池底投放效果越好；可与麦饭石、沸石等合用，效果较佳；不能与消毒剂联用，以免被杀灭。

有益细菌制品使用方法应按生产厂家规定的使用方法使用。如以枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌为主要菌种的一种环境改良剂——利生素，综合了厌氧、好氧两种代谢机制。每克产品（干）含菌量达 20 亿个。对虾池投放虾苗后 3~5 天开始使用，首次养虾池每立方米水体施用 1.5 克，以后每半月至 20 天再施用一次，用量减半。需要注意，使用活菌制剂，不能同时使用消毒药品和抗菌药品。

②单胞藻的定向培养：通过合理施肥，繁殖对虾池内的单胞藻类，使之维持合理的种群密度和旺盛的生长状态，是进行生态调控，保证水体正常的物质循环和能量流动的关键环节。一般绿色、黄绿色较黄褐色的单胞藻容易培养。随着单胞藻的繁殖、生长，颜色逐渐加深，在某些情况下，甚至由绿变褐。一般在低盐（盐度小于 20）情况下，单胞藻种类较多，颜色为绿色。在较高盐度（盐度大于 25）情况下，组成种类较少，易呈褐色。在养成早期，单胞藻大量死亡的主要原因是缺乏营养或二氧化碳，死亡后水面呈现大量的、稳定的泡沫，池底废物积累，水色透明（也保持一定的水色）。养成中后期单胞藻类的大量死亡，主要是由于繁殖过密、水色过深，缺乏光照而引起。水质的突然变化，大雨过后或大量换水，也会引起突然死亡。合理施肥，适量换水，适时投入石灰等水环境保护剂，保持正常的浮游生物密度，是避免其大量死亡的关键措施。施肥应注意少施、勤施，以调水为目的的施肥应以化肥为主，且注意肥料种类。当水池内单胞藻种群结构不合理时，还可采取换水后临池接种繁殖的办法。

3. 饵料的选择与投喂

（1）饵料的选择。整个养殖阶段，保证对虾的营养需求是安全、优质养殖的关键性技术。应使用优质配合饲料，培养和利用

好池内天然繁殖的生物饵料及其产物,如单细胞藻类、小型和微型底栖动物、活性污泥等。也可适量使用洁净的经检测白斑综合征病毒为阴性的活蓝蛤、淡水枝角类及盐池活卤虫等。

①使用优质配合饲料:配合饲料的质量标准,通常是考察营养成分分析。但是决定对虾生长速度的营养要素,有一些目前还未被人们所认识。因此,对于养殖者,首先要看对虾摄食该饵料后的生长指标及对虾的健康程度,如甲壳的硬度、蜕皮的次数、每一次蜕皮后的生长量等。比较简单实用的评价对虾饲料质量的方法,可采用水泥池或玻璃钢水槽饲养,观察对虾生长的方法。使用过滤海水养殖体长6~8厘米的对虾,水温维持在25~28℃,盐度为25~30。养殖30天,优质饵料的饲料系数不超过1.5。对虾旬生长速度,中国明对虾应达到0.8厘米以上。对虾甲壳光滑,手感较硬,能正常蜕壳,每次蜕皮的生长量较大。

②饲料原料的选择:对虾有饥不择食的习性,但是并非任何食物或饵料原料均适合对虾摄食。据试验观察,一般以水生动物作饵料要比陆生动物好,尤其是水生无脊椎动物(如甲壳类、贝类等),一般均是对虾最优良的饵料。估计与这些生物的蛋白质氨基酸组成、脂肪酸组成与对虾消化吸收生理的能力有关。同样对虾对于植物性饵料在利用程度上也有很大差别。根据对多种饵料源对虾消化率的观察以及养殖试验观察,蛋白质源的原料以豆粕、花生粕、鱼粉、虾糠、小麦面粉、麦麸和干的贝类等为好。脂肪源的原料以鱼油、大豆和花生等为好;糖类的原料以谷物淀粉为好。

饲料添加剂:选用饲料添加剂,首要考虑的是安全性。为了提高对虾的生长速度、抗病能力,人们往往在饲料中添加抗生素、激素等物质。但是日前人们已经认识到,滥用抗生素会使人类的病原菌出现抗药菌株。抗生素破坏正常微生物菌群,微生物生态失调导致病原体的易感性。许多试验已经证明,益生菌作为饲料添加剂,不但能作为抗生素的替代品,起到抑制病原菌、预防疾病的作用,而且可促进对虾生长,对虾摄食后没有药物残留

问题。在对虾配合饲料中添加较多的有乳酸菌、芽孢杆菌和光合细菌等。在饲料中添加微生物及微生物产物可以提高饲料的利用率,并增加对虾的免疫力。如饲料添加 β -1,3 葡聚糖、肽聚糖等多糖类物质,能明显改善对虾免疫功能,促进对虾健康生长,可按照产品说明添加使用。

配合饲料的安全性:根据农业部《无公害食品渔用配合饲料安全指标限量》(NY 5072—2002)标准,对虾养殖必须按要求选购使用饲料。饲料原料不得使用受潮、发霉、生虫、腐败变质及受到石油、农药、有害金属污染的原料;大豆原料应经过破坏抗营养因子的热处理等。饲料中的有害物质容许量及卫生指标,符合渔用饲料中有害物质及微生物的允许量规定。不得过量添加微量元素和不按规定使用饲料药物添加剂。防止在加工、生产、运输和储存过程中化学物质对饲料的污染;防止饲料霉变而降低饲料的营养价值和导致霉菌的代谢产物;防止病原微生物(如病毒)等的污染。提高生产和使用优质饲料意识,杜绝生产和使用营养不均衡、配比不合理、利用效率低的饲料,减轻养殖水环境污染。

(2)配合饲料的投喂方法及饲料量的控制。投饵是对虾养成中技术性强、难度高的工作,这是因为一方面池塘中存虾数难以估准,另一方面对虾在水底摄食,食物的丰歉不易观察。因此,投饵量不易掌握,投少了影响对虾生长,投多了不仅浪费了饵料,水质败坏,影响对虾生长,甚至引起发病或浮头死亡,造成严重的经济损失。因此,掌握对虾摄食特点,准确而合理的投饵是提高养虾效益的关键。

①投喂次数及方法:在养成期间,中国明对虾具有连续摄食的特点,但有一定的节律性。昼夜有两个摄食高峰,分别在 18~21 时和 3~6 时;白天 9~15 时摄食量最低。日投饵 6 次者比投饵 2 次的对虾生长速度快 72%。中国明对虾放苗后的第一个月,通常日投喂次数可安排 4 次,每天的 6~7 时、10~11 时、15~16 时、20~21 时。以后随着对虾增长,投饲料量加大,

可以增加投喂次数,每天投喂6次,从早6时到晚22时,大约3个小时投喂一次,傍晚及黎明的投喂量约占全天投喂量的60%。蓝蛤等活贝一次可投喂数日的用量。

养殖初期,对虾活动范围小,应全池投喂。随着对虾的生长,可选择虾经常聚集处、无污物区投喂。同时投喂饲料应力求均匀,以利于对虾摄食。切忌在中心沟等深水处投饵,因为2米以上的深水区氧气不足,对虾很少在该处觅食和栖息。长条形池塘,可在进水端留出一段不投饵区,作为对虾栖息和缺氧时的避难场所。面积小的池塘可在池四角设饵料盘,只在饵料盘上投饵。

增氧机附近池底干净、氧气充足,对虾喜欢来这些地方摄食,所以在投饵时最好关闭增氧机。若开机投饵,饵料不要撒在增氧机处。

使用配合饲料时要注意生产日期,配合饵料从出厂至投喂,存储期不应超过3个月。

在生产中应注意减少养殖期间对虾生长不平衡现象,投饵可采取先粗后精、先干后鲜的办法,以保证个体小的虾有足够的机会摄食好的饲料,达到缩小虾体差异的目的。

②投喂数量:对虾生长需要物质和能量保证。能量来源就是摄食饵料,但是饵料又是水环境最重要的污染源。因此,科学地使用饲料,就成为养殖健康管理中的重要内容。研究投饵量和对虾生长的关系试验表明,对虾在摄食每一种饵料后都会有一个最大的增长量。当饵料量不足,或者说投饵量少于对虾的最大摄食量时,对虾的增长量随着饵料量的增加而增加。超过对虾摄食数量的投喂量,只能起到污染水质的作用。在对虾的摄食量范围内投饵,通常投喂量是在摄食量的50%以内时,对虾的生长和投饵量呈密切相关,但是投喂量超过50%以上时,对虾的生长量除了和饵料量有关系外,还和环境有很大关系。因此,在养殖过程中,发现对虾生长缓慢时,首先应考虑水环境因素,千万不要盲目增加投喂量。

中国明对虾配合饲料投喂量日参考使用量如表 18 所示。

表 18 中国明对虾配合饲料投喂量日参考使用量

对虾体长 (厘米)	对虾 体重 (克)	正常 生长需要 天数	万尾对虾 日投喂 量(千克)	对虾理论 存池量 (%)	实际日 投喂量 (千克)	生长 0.5 厘 米累计投 料量(千克)	累计使用 饵料量 (千克)
1.000	0.012		0.065	100.000	0.065		
1.500	0.040	4.500	0.135	80.000	0.108	0.293	0.293
2.000	0.096	4.500	0.220	80.000	0.176	0.486	0.779
2.500	0.187	4.500	0.330	70.000	0.231	0.792	1.571
3.000	0.324	4.500	0.513	70.000	0.359	1.040	2.610
3.500	0.514	4.500	0.678	60.000	0.407	1.616	4.226
4.000	0.768	5.000	0.872	60.000	0.523	2.034	6.260
4.500	1.093	5.000	1.054	60.000	0.632	2.616	8.876
5.000	1.500	5.000	1.272	60.000	0.763	3.162	12.038
5.500	1.996	5.000	1.499	60.000	0.899	3.816	15.854
6.000	2.592	5.000	1.750	60.000	1.050	4.497	20.351
6.500	3.295	6.000	2.013	55.000	1.107	6.300	26.651
7.000	4.116	6.000	2.297	55.000	1.263	6.643	33.294
7.500	5.062	6.000	2.599	55.000	1.429	7.580	40.874
8.000	6.144	6.000	2.818	50.000	1.409	8.577	49.451
8.500	7.369	6.000	3.000	50.000	1.500	8.454	57.905
9.000	8.748	7.000	3.070	50.000	1.535	10.500	68.405
9.500	10.280	7.000	3.200	48.000	1.536	10.745	79.130
10.000	12.000	7.000	3.400	45.000	1.530	10.752	89.902
10.500	13.890	7.000	3.500	45.000	1.575	10.710	100.612
11.000	15.970	8.000	3.600	43.000	1.548	12.60	113.212
11.500	18.250	8.000	3.800	40.000	1.520	12.384	125.596
12.000	20.730	8.000	4.000	40.000	1.600	12.160	137.756
合计		119.500				137.756	

投喂饲料后,根据对虾摄食情况调节投喂量。如投喂饲料后很快被吃光,就应增加投喂量。反之,如果在下次投喂饲料之前池内仍有较多余料,就应减少或暂停投喂。如果投喂饲料后1小时,有2/3的对虾达饱胃或半胃,说明投喂饲料充足;如果投喂饲料后6小时,仍有半数以上处于饱胃或半胃,说明投喂饲料过量,应减少投喂量。

根据对虾生长情况控制投喂饲料质量及数量。如北方地区6~7月,中国明对虾在生产养殖池,每天体长生长速度应达1.0~1.2毫米,8月应达0.8~1.0毫米,9月应达0.6~0.8毫米。如达不到上述速度,而水质又无问题,则可能是饲料质量问题。对虾群体内对虾体长大小相差较大,大小分化可能是长期投喂量不足。

当水温超过32℃,盐度突然下降,溶解氧低于3毫克/升,氨氮含量超过1.0毫克/升,池底发臭有硫化氢和甲烷逸出以及水温低于10℃时,中国明对虾摄食量会大幅度下降,一般均达不到正常摄食量的50%,应相应减少投喂量直到停止投喂。并努力改变水质条件,待情况好转后再恢复正常投喂量。

投喂量的估计,可以使用投饲料盘。饲料网盘可用细筛网制作,以饲料不漏失为准。每个网盘约0.5米²,方形或圆形,周边有高5厘米的框边,通常每10亩放置4~5个。据饲料盘中的饲料量摄食情况,估计全池投喂量是否合适。计算方法为:饲料盘放置的饲料量根据对虾大小而变化,对虾体长5厘米以前,可按本池每次总投饲量的2%放置饲料。对虾体长6~8厘米,可按本池每次总投饲量的2.5%放置饲料。对虾体长9~12厘米,可按本池每次总投饲量的3.5%放置饲料。检查时间为下次投饲料前1.5~2小时。基本吃完表示投喂量合适,如有剩余表示投饲量多,如投饲后0.5~1小时全部吃光表示不足。小池塘也可只在投饵盘上投饵,吃完后随时补充,这个估计方法经验很重要。

(3)提高饲料利用率。提高饲料利用率就是用最少的饲料,



生产出最多、质量又好的对虾,应做到放苗量合理、饲料用量合理和保持良好水环境。

①养殖放苗量要合理:单位水体养殖的对虾数量和产量密切相关,因此,人们总是希望多放苗。苗多以后必然要多投饲料,但是多投饲料首先遇到环境容量问题,从而影响环境因子,进而影响对虾对饲料的摄食和吸收利用。总产量随着放苗量增加而增加,达到最高值后即开始下降,出现放苗量的反馈,其机制是通过饲料分配量、水质恶化、发生疾病等起作用。理论上,对虾养殖的养殖池的环境容量是一个很复杂的变量。但是在当前的技术投入及经济水平条件下,每一种对虾实际存在着一个期望值。每一个生产周期每亩池塘的产量通常应控制在300~400千克,每亩放苗量为2.5万~3万尾。在同一个养殖池塘,由于天然饵料以及水环境的影响,饵料系数和放苗密度基本上是线性关系,也就是如果放苗太多必然提高饵料系数。如果放苗太多,则难以保证对虾质量。

②饲料投喂量要合理:虽然对虾最大限度的摄食,可以取得最大的生长量,但是对虾摄食后,最高的饵料效率是出现在对虾摄食量为80%时,饱食后的饵料效率并非最佳。考虑到养殖池有许多天然饵料可以利用,因此,实际投饵量以对虾饱食量的70%~80%为佳。

③保持良好水质:几乎所有的水质要素均对饲料利用率会产生影响,所以保持环境要素达到对虾要求的最佳值,是提高饵料利用率的最优措施。

(4)投饵注意事项。

①利用鲜活饵料:我国许多地区有蓝蛤、寻氏肌蛤等小型活贝类及卤虫等鲜活饵料资源,它们虽然偶尔也有白斑综合征病毒阳性检出,但检出率甚低。有条件的地方适当使用这些饵料生物作为对虾饲料,对提高养殖对虾的体质、提高抗病能力有重要作用,但使用这些生物应注意其鲜度,不但投喂前应冲洗干净,而且应小心地剔除其中的蟹类、虾类等甲壳类生物,一定要

使用活体。一般情况下,只在养殖后期使用,每天的投喂量不超过对虾当日摄食量的 $1/3$ 。要经常抽样作白斑综合征病毒病原检测,检出阳性者不应使用。做到当天采捕当天喂,不过量使用。

由于小型活贝类个体小、壳薄,可以活着投入池中,只要对虾早期长得好,一般都能咬碎当年生的贝类。它们不仅对水的污染轻,而且由于其有滤食作用,尚可吃掉池中过多的浮游生物及有机碎屑,起到净化水质的作用。在蓝蛤壳长与对虾体长之比超过 $0.8:10$, 寻氏肌蛤超过 $1:10$ 时,对虾难以咬碎贝壳,应砸碎后投喂。

②根据对虾的摄食习性:中国明对虾脑欠发达,不能像鱼类那样形成投饵的条件反射。因此,不能利用条件刺激作为投饵的信号,投饵不能过于集中。

中国明对虾视觉较差,主要靠嗅觉觅食,觅食能力差。因此,投饵要分散,勤投少喂,以保持饵料的味。在饲料中添加乌贼肉、牛磺酸和甘氨酸等诱食剂,有利于对虾的觅食。

中国明对虾是以螯足掠取食物,用颚足抱持食物,不能摄取粉状食物。因此,配合饵料在水中至少应能保持 2 小时不溶散,以提高饵料的利用率。

中国明对虾争食能力很差,摄食时又怕惊动,所以池内应不放或少放争食性动物。梭鱼、白虾、蟹类的争食能力都比对虾强,从提高饵料利用率的角度不主张与虾混养。

中国明对虾有明显的嗜食性,喜专吃一种饵料,更换新饵料时摄食量下降。因此,在养成中更换饵料时应减少投饵量,逐渐增加至正常的投饵量。

中国明对虾摄食有明显的日变化,以黎明及傍晚摄食量多,中午和午夜摄食较少。因此,在傍晚或黎明前应各投喂全天量的 30% 以上,越在养殖后期越是如此。

中国明对虾有沿池四周觅食之习性,故投饵时应沿池四周投喂,随对虾生长逐渐向较深处(1.0 米)左右转移,但绝不能投

到中心沟等深水区。

在水质不佳,溶解氧下降,氨氮、硫化氢增高,水温超过 32°C 以上或降至 10°C 以下时,对虾摄食量下降,应减少投饵数量,否则,会形成危险的恶性循环,造成对虾的死亡。

腐败变质的饵料不投,大风暴雨暂时不投,对虾浮头时不投,生长前期少投,中、后期酌情多投,风和日暖、水质条件好时多投,虾塘内竞争动物多时应适当多投。

4. 日常观测

(1)病原的检测及控制。病原检测及控制是达到安全、优质养殖目的的重要手段,要在养殖全过程各个环节控制病原数量。

①放苗前后的虾苗病原检测及控制。选择适应当地水文条件养殖的健康虾苗,是提高对虾养殖成活率的重要环节。购苗前后及中间培育期,应对虾苗进行病毒等重要病原检疫,重点检测对虾白斑综合征病毒。肉眼观察,健康虾苗应有如下特征:体形肥壮、形态完整,无损伤与畸形;对外界刺激反应灵敏,触动有弹跳反应;群体发育整齐;肌肉饱满透明。若出现全池跳虾,则表明水情有变,水质不良;当对虾虾体纤弱,活动力弱,体色变深(黑褐色),甚至体壳附着杂藻,肠道粗而弯曲,则因水老、饵缺、蜕皮困难所致。

②对虾养成中后期的检测及控制。由于对虾密度过大,残饵及排泄物的大量积累以及换水不足,常常发生对虾缺氧浮头现象。浮头时对虾分散游动,方向不定,游动缓慢无力,时而眼睛、触角露出水面,以吸取水表氧气。有时对虾受到刺激,也不起水跳跃。根据对虾在水面的状况,可分为明浮头(眼睛、触角露出水面)和暗浮头(虾体浮起,但眼睛和触角未露出水面)两种状态。对虾浮头多发生在高温期间天热无风的天气,一般在黎明前出现,日出后基本消失。若半夜发生或日出后继续浮头,表明虾池缺氧情况已相当严重。对虾浮头前可能出现的征兆是,大气闷热,池水平静,或大风过后,晚上突然止风,池水溶解氧降到 1.5 毫克/升左右,虾群出现异常活动;原生动物大量繁殖,池

水透明度增大到 1 米以上;浮游植物过量繁殖,透明度小于 20 厘米;池底黑区扩大,且有臭味逸出;入暮后虾池周围出现大量蚊虫;海鸥池上空盘旋、集聚;糠虾、鱼类聚向池边或产生浮头;轮虫、夜光虫等大量繁殖,使池水呈现微红等。当发现浮头征兆,即应继续周密观察,采取如下急救措施:立即停。饵或减饵;迅速换水、充气、增氧;要保护池底,切勿搅起池底污泥。

(2)胃饱满度的测定。取一定量的对虾,从头部背面透过甲壳观察胃饱满度。根据虾胃中食物的多少,可分为饱、半饱、残、空四级。饱胃,胃腔内充满食物,胃壁略有膨胀;半饱,胃含物占胃腔的 1/2 以上或占据全胃,但胃壁不膨胀;残胃,胃含物不足胃腔的 1/4;空胃,胃腔内无食物。一般在投饵后 1 小时左右,饱胃(包括半饱)率在 80% 以上,投饵之前饱胃率在 20% 左右,则投饵适宜。若投饵后 1 小时饱胃率低于 60%,则饵料不足;若投饵前超过 40%,则投饵过量。胃多不饱而饵料剩余,则饵料质量差或已变质,对虾拒食;胃饱满但对虾生长缓慢,则饵料营养不全或不易消化。“黑胃”或“绿胃”多因缺饵而误食污泥或不消化植物。要结合胃含物分析,随时进行饵料调整。

(3)池塘中虾数的估计。准确地估计池内对虾尾数,是合理投饵、准确估产的重要依据。由于对虾有游动和集群的习性,不易一次测准,应多种方法配合,多次测定和分析。

①罾网测定法:此法适合测定 2~3 厘米的小虾。即在池内以已知面积的小罾(抬)网多点抬虾,求出单位面积的对虾,从而求出全池对虾数。

②旋网定量法:此法适于中国明对虾等白天活动的虾类,体长 6 厘米以上的对虾群体。即根据池形及沟、滩面积之比,在池内多点取样。利用如下公式,求出池内对虾数。

$$\text{全池虾尾数} = K \times \frac{\text{取样总尾数} \times \text{虾池面积}(\text{米}^2)}{\text{网口面积}(\text{米}^2) \times \text{撒网次数}}$$

式中:K 为网口收缩系数(外逃系数、逃逸系数),其值主要随水深而增大,平均水深 1 米的池塘,K 值为 1.5;平均水深 2 米的池塘,K 值为 3 左右。

③标志法:养殖后期可做一次标志法计数。根据池塘大小,在不同位置捕取 500~1 000 尾对虾,剪去一侧尾肢,放回 1~2 天后再用网在该池不同部位随机捕虾,使重捕剪尾虾数目至少达总剪尾虾数的 1/10,最后以下式计算:

$$\text{全池虾尾数} = \frac{\text{捕虾总数} \times \text{标志虾总尾数}}{\text{重捕标志虾尾数}}$$

④饵料反推法:根据对虾实际摄食情况进行反推算。即按照初估虾数准确投入一定量饵料,再观察对虾实际摄食状况(胃饱满度和剩饵状况)。进行数次调整后,以较合理的日投饵量反推对虾尾数。

⑤经验成活率推算法:首先测准入池虾尾数,再参考清池效果、虾苗质量和规格、有无浮头、虾病、虾逃等异常情况,主要根据投苗后不同生长时期对虾的经验成活率,计算对虾的存池数,以此作为估计对虾各生长阶段存池数的主要参考依据。

以上各法可结合采用,综合分析、估算。

5. 安全检查

在养成过程中,应经常巡池,密切注意对虾动态及环境突变,以防意外事故发生。安全检查的主要内容有:检查闸门是否严密,坝堤有无漏洞,网具是否破损,并注意池内水位变化。观察池内水色有无异常,池内及水源有无赤潮发生。观察池底污染状况,注意池底的“黑化”程度和范围变化。观察池内丝状藻类、沟草等繁殖状况。观察对虾有无反常行动、浮头和疾病发生。要注意天气变化,做好防洪、防台风工作。

(八)收虾

1. 收虾时间

对虾收获的时间,主要取决于气候、水温、水质污染状况、对虾规格、市场需求等。在当前虾病肆虐的情况下,收虾时间的选择更重要。为防疾病发生而过早收获,失去了生长和获益的良机;过迟让虾冷死或病死池中,则前功尽弃。

一般中国明对虾一茬养殖,辽宁省 9 月下旬,山东省 10 月

上、中旬,江浙地区 10 月下旬至 11 月上旬收虾较为适宜,水温在 $13\sim 14^{\circ}\text{C}$,对虾体长已达 12 厘米以上。海南、台湾等地因气候温暖,全年皆可养虾,主要根据对虾生长情况(病害情况)和市场价格灵活确定收获日期。

2. 收获方法

池养对虾多采取闸门挂网、放水收虾的方法,即利用对虾沿池边群游及趋弱流、顺强流的特点,在排水闸的外闸槽安装闸门挂网,急速放水,收获对虾。这种方法操作简单、节省劳力,收起的虾不受底泥污染,适于一次性收获对虾。

闸门挂网是由多股聚乙烯线结的锥形挂网,网目由 $3\sim 4$ 厘米渐缩至 2 厘米。网长应是网口宽度的 $4\sim 5$ 倍,前口矩形,与闸门相适应,后口周长缩至 $1.5\sim 2.0$ 厘米,后接一网袋。网袋一般长 $1.5\sim 2$ 米,网目 1 厘米左右,网袋口周长应与挂网后口相一致。网四周还需有加固的筋绳。

多次收获、均衡上市的池塘宜采用迷阵网(或称陷网)收虾,可捕大留小,多次放苗、生长差异大的池更宜采取此法。迷阵网一般高 1 米、长 0.9 米、宽 0.8 米,由网体、锥形袖网、定网缆、锚和墙网等组成。锥形袖网一般 3 个,其网囊内壁有环形支架衬托,网目大小随需要而定,网袖尾部可启闭(用套口索控制)。操作时先将陷网在池边定位,墙网的一边紧靠池壁,另一端伸向网体内。对虾沿池游泳时会顺墙网进入网体,导入锥形袖网而被捕获。最后视虾量的大小适时打开套口索而出虾。

收虾应注意:收虾前 24 小时仍需正常投喂;大潮期间对虾比较活跃,容易捕虾;控制闸门流量,防止网破虾逃。

第三章

凡纳滨对虾的安全、优质养殖技术

一、凡纳滨对虾的生物学

(一) 主要形态特征

凡纳滨对虾外形与墨吉对虾酷似(图 10)。成体最大体长可达 23 厘米,甲壳较薄,正常体色为透明的浅黄色,全身不具斑纹。若仔细观察,会发现凡纳滨对虾的外壳密布有许多细小斑点,尤其是在 2~5 厘米的幼虾身上更为明显,步足常呈白色,故有白脚虾或白肢虾之称。

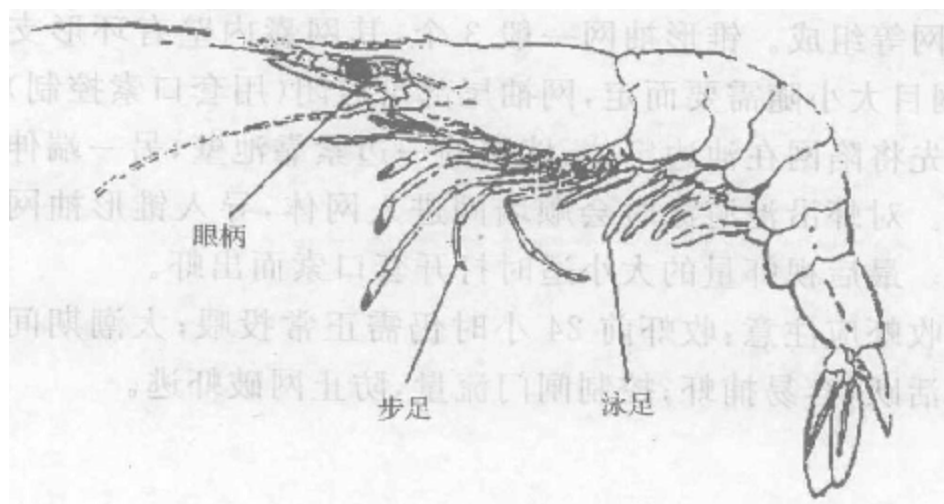


图 10 凡纳滨对虾外部形态

额角隆起前端稍向下弯,尖端的长度不超过第 1 触角柄的第 2 节,其齿式为 8~9/1~2,下缘多为 2 齿;头胸甲较短,与腹部的比例为 1:3;额角后脊延至头胸甲近后缘,额角侧沟短,到胃上刺下方即消失;头胸甲具肝刺及触角刺,但不具颊刺及鳃甲

刺;肝脊明显;第一触角具双鞭,内鞭较外鞭纤细,长度大致相等,但皆短小,约为第1触角柄长度的1/3;第1~3对步足的上肢十分发达,第4、5对步足无上肢,第5对步足具锥形外肢;腹部第4~6节具背脊;尾节具中央沟,但不具缘侧刺。

凡纳滨对虾不具纳精囊,已成熟的雌性个体在第4、5对步足间外骨骼呈倒“Ω”状纳精器,属于开放性纳精囊类型。雄虾第1腹肢的内肢特化为交接器,略呈卷筒状,表面布有不同形态和大小的沟缝和突起。

(二)生态习性

1. 生活习性

凡纳滨对虾的自然栖息区为泥质海底,水深1~72米,水温25~32℃,盐度为28~34,pH值为 8.0 ± 0.3 。成虾多生活在离岸较近的沿岸水域,幼虾则喜欢在饵料丰富的河口区觅食生长。白天一般都静伏池底,晚上则活动频繁。

2. 对水环境变化的适应能力

(1)耐干力。凡纳滨对虾耐干能力较强,可以较长时间离水而不死。体长2~7厘米的幼虾,在湿毛巾包裹下(气温27℃,室内相对湿度80%)24小时以后的存活率为100%。

(2)耐盐性。凡纳滨对虾不同发育阶段对盐度的适应力不同。在仔虾第4天时对低盐度变化较敏感;之后对盐度变化及低盐度的耐受性随着生长而增强,其对盐度的渐变为2~50;在缓慢的变化中甚至可适应盐度为0.02~0.05的水域;在盐度40以下均可生长。据试验,在盐度为2~30的8个试验梯度中,凡纳滨对虾在盐度14~22时生长最快,成活率最高,饵料系数最低,尤以18为最佳。

近年来,许多内陆淡水池塘亦在养殖,但在苗种阶段应进行淡化处理才可放养。通常情况下,淡水养殖的虾口感较差,而海水养殖的对虾其虾体肌肉组织内的自由氨基酸含量高,自由氨基酸正是造成对虾口感鲜美的主因。因此,淡水养殖的凡纳滨

对虾在收获前的 1~2 周逐渐调高盐度,有助于提高对虾的品质。

(3)耐温性。凡纳滨对虾在温度逐渐变化的条件下,可耐受极限为 9~43.5℃,最适生长温度为 25~32℃。由试验数据显示,1 克左右的幼虾在 30℃ 时生长速度最快,而 12~18 克的大虾则在 27℃ 时生长最快。水温低于 18℃ 或高于 33℃ 时,虾处于胁迫状态,摄食、活动力均受影响,抵抗力下降,使潜在的感染暴发为虾病。在水温渐变的条件下,9℃ 时虾侧倒,8℃ 全部死亡,但是在水温骤降时 12℃ 也可造成死亡。

(4)溶解氧。水体中的溶解氧是维系水生生物生存的重要因素。凡纳滨对虾正常生存需要较高的溶解氧,不同体长的个体对耐受低氧的程度有所差异,个体越大耐受低氧的能力越差。据报道,体长 51.33 毫米的幼虾耗氧量是 0.69 毫克/尾·小时,窒息点为 0.34 毫克/毫升;体长 80.88 毫米时,分别为 1.23 毫克/尾·小时和 1.018 毫克/升。养殖生产中切勿低于 2 毫克/升,特别是当对虾蜕皮时,对溶解氧的需求较高,否则,不能顺利蜕壳,甚至死亡。

(5)对 pH 值的适应。凡纳滨对虾适于在弱碱性水中生活,pH 值以 8±0.5 较为适宜,耐受程度在 7~9。低于 7 时就会出现个体生长不齐,而且活动受到限制,主要是影响蜕壳和生长。pH 值在 5 以下就很难养殖成功。

(6)氨。同规格的凡纳滨对虾在水温和 pH 值相同的条件下,随着盐度的升高,对总氨及非离子氨的耐受能力增强(表 15)。

表 15 凡纳滨对虾对总氨、非离子氨的耐受力 (单位:毫克/升)

盐度	总氨	非离子氨
15	24.39	1.20
25	35.40	1.57
35	39.54	1.60

(三) 食性

研究表明在自然条件下,凡纳滨对虾属杂食性虾类,偏向肉食性,以小型甲壳类、贝类及多毛类等小动物为主食。凡纳滨对虾具有昼夜摄食的特点,幼虾边吃边排便,且有拖便现象,拖带的粪便常是体长的2~3倍。凡纳滨对虾耐饥饿能力也很强,可以在停食的情况下存活30天左右,但体重明显下降。

(四) 蜕壳与生长

凡纳滨对虾的生长与变态发育,总伴随着幼体的不断蜕皮或幼虾的蜕壳而进行,因此,蜕壳与其生长速度及生长增殖率密切相关。蜕壳是对虾生长发育的结果,机体组织生长及营养物质积累到一定程度时必然要进行蜕壳,而蜕壳不一定会生长,在营养不足的情况下蜕壳后还会出现负增长。同时蜕壳还可去除体表上的附着物和某些病变。因此,蜕壳不仅是凡纳滨对虾发育变态的一个标志,也是个体生长的一个必经的过程。在凡纳滨对虾的一生中,进行50余次的蜕壳,蜕壳贯穿于整个生命活动之中,对其生命发展起着重要作用。刚蜕壳的虾身体虚弱无力,不进食,此时最容易受到敌害或同类的攻击。通常1~3克的幼虾大约只需数小时新壳才会变硬,而大虾则可能需要时间更长。

研究表明,对虾的蜕壳主要受体内内分泌激素调控。通过切除对虾的单侧眼柄,可以造成虾体内分泌平衡失调并诱发蜕壳。此外,对虾蜕壳也受环境因子及营养条件的影响,营养充足、低盐度及高水温会增加蜕壳频率,养殖环境的突然变化或某些化学药物的使用,也会刺激蜕壳。据报道,凡纳滨对虾仔虾阶段于28℃水温时,30~40小时蜕壳一次,1~5克的幼虾4~6天蜕壳一次,而15克以上的虾约两周蜕壳一次。蜕壳虽是对虾的个体行为,但就群体而言,蜕壳具有明显的与潮汐有关的周期规律性,大潮期蜕壳较多。在蜕壳高峰来临前,对虾往往表现异常活跃,并有池边巡游现象。

凡纳滨对虾是一种生长较快的虾类,在池水盐度 26.4~28.2,pH 值 7.81~8.04,溶解氧 6.3~6.7 毫克/升的半精养池中,生长良好。

(五) 凡纳滨对虾的繁殖

凡纳滨对虾属于开放性纳精囊类型,繁殖特点与闭锁性纳精囊类型差别很大。开放性的繁殖顺序是:蜕壳(雌体)→成熟→交配(受精)→产卵→孵化;而闭锁型(如中国明对虾)为:蜕壳(雌体)→交配→成熟→产卵(受精)→孵化。

雌虾头胸甲沿身体的背面有明显的橘红色卵巢腺,雄虾第 5 步足基部的一对白色精荚贴近生殖乳突,用手轻压,可见精荚松动,这标志着亲虾已经成熟。

凡纳滨对虾交配多发生在雌虾产卵前几个小时或者十几个小时(多数在产卵前 2 小时内)。交配前的成熟雌虾并不需要蜕壳。交配过程中先出现求偶行为,雄虾靠近并追逐雌虾,然后屈身于雌体下方作同步游泳,继而雄虾转身向上,两性个体腹面相对、头尾一致。偶尔也见到头尾颠倒的,将雌虾抱住,释放精荚,并将它粘贴到雌体第 4~5 对步足间的纳精器上。如果交配不成,雄虾会立即转身,并重复上述动作。雄虾也可以追逐卵巢并未成熟的雌虾,但是只有成熟者才能接受交配行为。新鲜的精荚在海水内具有较强的黏性,在交配过程中很容易将它们粘贴在雌虾身上。养殖条件下自然交配的几率较低,原因尚待研究。

凡纳滨对虾受精卵的直径约 0.28 毫米。在水温 28~31℃、盐度 29 的条件下,从受精开始到孵化为止只需 12 小时。刚经孵出的幼体为第 1 期无节幼体,经 6 次蜕皮后成为第 1 期溞状幼体。溞状幼体蜕皮 3 次后进入糠虾期,糠虾幼体再经 3 次蜕皮而变态成为仔虾。上述变态过程需要经历 12 次蜕皮,历时约 12 天。

一般雌虾成熟需要 9 个月以上,平均寿命至少可以超过 32 个月。

二、凡纳滨对虾的苗种生产

(一)育苗场的建设

凡纳滨对虾育苗场的建设同中国明对虾。

(二)种虾的选择与培育

1. 种虾的选择

凡纳滨对虾人工繁殖使用的种虾有两个来源。一是来自原产地的海捕种虾,一般为 50~70 克,每次产卵量一般为 20 万粒以上;另一种是人工养殖培育的种虾(包括国内引进后的养殖虾和美洲有关公司养殖培育的 SPF 种虾),体形相对较小,一般为 35~50 克。亲虾选择要求体质健壮、活力强、体表无寄生物。

选择健康种虾是培育优质虾苗的关键。运用人工优选的生物种群作为亲代,再进一步从育成的子代中筛选出高品质、高产量、生长速度快、抗病力强的种苗,而后去劣存优,代代繁衍改进的生物选育技术,早已广泛应用于农牧业生产中。而将此技术应用在虾类养殖上时间甚短,且良种选育工作仅处于研究阶段。由于凡纳滨对虾种虾可以人工培育,通过特定的筛选及严格的防疫培育体系,完全可以获得品质优良的健康种虾。在这方面,美国夏威夷海洋研究所发展的 SPF 种虾培育技术就是一个成功的例子。其整体流程大致如下:

(1)首先从未受污染及无重大虾病发生记录的地区,或曾发生过但经长期追踪检验,证实已无重大影响的地区选择健康的幼虾,送到初级防疫隔离区。幼虾在此初级防疫隔离区必须至少观察 90 天,并于第 1、45、90 天对所有幼虾进行活体采样检测,检测的项目包括病毒性疾病的白斑综合征病毒(WSSV)、黄头病毒(YHV)、桃拉病毒(TSV)、传染性皮下及造血组织坏死性病毒(IHHNV)、对虾杆状病毒(BPV)、肝胰腺细小样病毒

(IIPV)等,以及一些细菌性的和寄生性的疾病。只有全程通过检测不带病原的幼虾才得以留下,而一旦发现阳性反应的个体则予以销毁。

(2)通过初级防疫隔离区检测合格的幼虾,则转移到二级防疫隔离区。二级防疫隔离区通常位于远离养殖区或与外界相对隔绝的地区,在这里幼虾经过几个月的培养成为种虾。这期间仍需每月进行一次检测。从虾苗养成至种虾,通常需要 9~12 个月。

(3)在二级防疫系统内,用确定无病毒的种虾育苗,生产出的虾苗经再次取样检测证实为 SPF 虾苗后,便移到专门培育 SPF 种虾的种虾培育池或种虾场,进行 SPF 种虾的商业化培育。种虾培育池或种虾场具有严格的安全防疫措施,所用的饵料、器具及用水等必须严格消毒。

(4)在种虾的培育过程中,定期的抽样检测是必需的。当种虾达到出售阶段时,会再做最后一次的取样检测,并请有较高声望的、有检测资质的单位或学者出具检疫说明书。

种虾培育的整体程序并不复杂,难在执行程序的漫长过程中不得有任何疏忽导致病毒侵入,否则将前功尽弃。现在,我国已有多个研究单位进行了虾苗的培育研究,并取得了突破性进展,部分科研成果已应用于生产,取得了较好效果。

2. 亲虾培育池与产卵孵化池

亲虾培育池的面积一般为 20~30 米²,水深 1.2 米左右,长方形,以半埋式为好。除保温性要强外,还要能够调节光线,便于进排水、吸污、充气和进行日常管理。产卵孵化池多为长方形或正方形,池底排水口设计要便于幼体收集或自动流入育苗池。在离池底 10 厘米处应设一个排水管口,以备洗卵消毒时排出污水和输送健康的幼体用。池子面积 3~5 米²,水深 1 米即可。

3. 亲虾成熟培育

(1)亲虾培育。亲虾要求体长 12 厘米、体重 20 克以上,身体健康,无损伤。蓄养密度为 8~10 尾/米²,水温 26~28℃,盐

度 30~35,光照控制在 500 勒克斯以下。

在成熟之前一般多采用雌雄虾分别培养,在亲虾性腺促熟过程中必须强化营养,主要投喂新鲜的高蛋白动物性饵料,如活沙蚕、鲜牡蛎肉、乌贼等,日投饵量为虾体重的 15%~20%。

培育期间,因水温高、投饵量大,水中的排泄物、残饵及其他代谢产物等较多,易使水质恶化。为保持良好的水质,除不断充气外,还需加大换水量,新水经过滤消毒,并进行池底吸污。

(2)性腺发育。

①卵巢的发育分期:根据肉眼观察卵巢的大小、颜色和显微镜下观察性腺组织切片中卵细胞发育最大一期的面积,将凡纳滨对虾的卵巢发育分为卵原细胞增殖期、卵母细胞生长期、卵母细胞的小生长期及大生长期、卵细胞成熟期。第六期凡纳滨对虾为多次产卵。成熟卵子排出之后,另一批卵母细胞再进入生长期、成熟。卵巢成熟系数为 2.3%。

②精荚的发育:凡纳滨对虾的雄性生殖器官由成对的精巢和输精管组成。每个输精管分为狭窄的近端区,末端尖形的增厚中端区,末端长而窄的远端区,由厚肌肉层包围的、大而膨胀的末端壶腹。中端区又进一步分为形成精荚成分的上行支和侧翼的下行支。输精管中端区产生非细胞物质层包围精子的物质,壶腹最终形成精荚。

精荚的发育分期:一期,正常的白色精荚;二期:精荚部分为褐色;三期:精荚全为褐色;四期:精荚深褐色,呈致密的残基;五期:精荚黑褐色,体积变小。

试验发现,凡纳滨对虾的精荚是蜕皮间期在输精管末端逐渐形成的。蜕皮不能促进黑化的精荚释放。蜕皮间期精液的质量不变,但精荚的颜色却由透明(1~6 天)变至珍珠色(6~12 天),然后变成白色(10~14 天)。圈养凡纳滨对虾雄亲虾蜕皮是个连续过程,与周期无关。

③性腺促熟方法:成熟培育是凡纳滨对虾人工育苗的关键。在圈养条件下,凡纳滨对虾种虾性腺不易自然成熟,必须进行人

工催熟。通常是摘除单侧眼柄与生态条件相结合,能够获得较理想的催熟效果。摘除眼柄的方法有镊烫法、剪切法、挤压法、结扎法等。其中以镊烫法和结扎法较为安全,而剪切法和挤压法虽然操作简单,但留下的伤口容易感染,术后种虾的死亡率较高。在对虾眼柄中,分布着一些特殊的神经分泌细胞(又称 X 器官),它能分泌一种抑制卵细胞发育的激素。这种激素与卵巢成熟激素之间具有拮抗作用,阻止或减少 X 器官的分泌就可促进性腺成熟。摘除眼柄,就等于破坏了眼柄中 X 器官,使神经分泌细胞失去作用。因此生产中多采用摘除单侧眼柄的方法,促进雌雄对虾的成熟。

(三)促交配与产卵

凡纳滨对虾成熟卵巢的颜色外观为橘红色,但产出的卵粒为豆绿色。头胸部卵巢的分叶呈簇状分布,前叶大而呈弯指状,紧贴胃壁,向前侧方向(眼区)延伸;腹部的卵巢一般较小,呈宽带状,充分成熟时也不会向身体两侧下垂。体长 14 厘米左右的凡纳滨对虾,怀卵量一般只有 10 万~15 万粒。

凡纳滨对虾与其他对虾一样,切除单侧眼柄可促使其成熟,一般切除眼柄后 1~4 周雌虾即可成熟,卵巢产空后也可再次发育成熟。每两次产卵间隔为 2~3 天(繁殖初期仅 50 小时左右),产卵次数高者可达十几次,但连续 3~4 次产卵后要伴随一次蜕皮。亲虾产卵都在 21:00 至黎明 3:00 之间,每次从产卵开始到卵巢排空为止仅需 1~2 分钟。

切除单侧眼柄初期的卵质量较好,由无节幼体至溞状幼体的变态率较高。随着摘除眼柄时间的推移,卵的质量下降,受精率低,变态率也降低。

雄虾精荚也可以反复形成,但成熟期较长。据观察,从前一枚精荚排出到后一枚精荚完全成熟一般需要 20 天,但摘除单侧眼柄后精荚的发育速度会明显加快,取精荚后的 24~48 小时即可重新形成一对新精荚,4~7 天逐渐发育为成熟饱满的精荚。

黑暗(50勒克斯以内)和低温(20℃以下)能有效抑制卵巢的发育,特别是卵巢发育正处于第3期以前的更是如此。

促交配:将性腺成熟的雌、雄亲虾放入诱导池,比例为雌:雄=1:1~1:1.5。在人工养殖条件下交配率很低。决定交配率高低的主要取决于雄虾的成熟度和环境条件,群众从生产中发现雄虾比较“娇气”,交配前的移动、惊吓都会降低其性欲,因此,目前多采取将成熟的雌虾选至雄虾池交配的方法,避免对雄虾的移动,加大雄虾的比例,可在一定程度上提高交配率。做法是于每日下午和傍晚将性成熟,将卵巢变为橘红色的雌虾选入雄虾饲养池,交配行动多在15:00至晚23:00进行。交配后将带有精荚的雌虾及时捞至产卵池产卵,动作应轻捷,避免因雌虾弹跳使精荚脱落。据报道,采取换水的办法,如用4个池子采用每天换一二次水,可改善水质、提高交配率。

交配后的雌虾一般在24:00至1:00产卵。未经交配的雌虾,只要卵巢已经成熟,也可以正常产卵,但所产卵子不能孵化。人工养殖体长14厘米以上雌虾平均产卵量在15万粒左右,同一批亲虾随着生长和时间的推移产卵量会增加,孵化率也会增加,可能与体型和成熟度有关(表16)。

表 16 1 000 尾雌虾在不同时期的产卵量与孵化率

日期 (月·日)	水温 (℃)	海水 比重	成熟 雌虾 (尾)	交配 雌虾 (尾)	交配率 (%)	产卵 总量 (万粒)	平均 产卵量 (万粒)	孵化幼 体数 (万只)	孵化 率 (%)
8.20	29.8	1.015	19	7	37	80	11.4	50	62.5
8.27	29.8	1.015	30	16	53	200	12.5	120	60.0
9.04	29.5	1.0135	46	35	76	520	14.8	240	46
9.11	29.4	1.0145	70	58	82	800	13.8	450	56
9.20	29.4	1.0145	90	72	80	1 000	13.9	550	55
10.01	29.0	1.0145	97	81	83	1 300	16.0	780	60
10.10	28.5	1.0155	117	90	77	1 500	16.6	1 200	80
10.15	28.3	1.0155	112	91	81	1 500	17.5	1 350	84

雌雄虾均可多次成熟和多次交配、产卵。在繁殖季节里,雄虾再成熟需 5~7 天,雌虾一般需 7~10 天,而且每次产卵前需重新交配。

(四) 受精卵孵化

凡纳滨对虾孵化水温控制在 26~27℃,pH 值、盐度、氨氮等理化环境因子应符合对虾育苗操作规程中的水质标准要求,其他操作参照中国明对虾。

(五) 幼体培育

凡纳滨对虾的幼体发育及育苗工艺流程与其他虾种类似,育苗设施也可通用,现将不同之处加以叙述。

1. 幼体的选优

由于凡纳滨对虾在未交配情况下也可产卵,而产出的卵子不能孵化,不久即腐烂而滋生大量病菌。为了提高幼体培育存活率,必须将健康幼体与死卵及不健康幼体分开,选取健康幼体培育。通常是利用幼体的趋光性,在不充气的条件下,待死卵及弱质幼体充分沉底,用塑料勺或筛绢网捞取上浮性及趋光性好的表层及上层幼体。为了收集到尽可能多的健康幼体,上述选优过程可重复多次。为减少对育苗池的污染,收集到的幼体必须充分清洗,以去除污物并进行药物消毒处理。

2. 饵料

凡纳滨对虾无节幼体阶段不摄食,靠自身的卵黄提供营养。进入溞状幼体阶段开始摄食微小的浮游植物等。与斑节对虾相比,凡纳滨对虾的溞状幼体个体相对较小,摄食大个体浮游植物的能力较弱。单细胞藻类中的小型硅藻、绿藻和金藻类等,是溞状幼体的理想饵料。溞状幼体后期,可以摄食一些小型的浮游动物,如轮虫、贝类幼虫等。进入糠虾幼体之后,以动物性饵料为主,应增加轮虫及卤虫无节幼体的投喂量。在人工育苗中,单胞藻、轮虫及卤虫无节幼体等活饵料系列是培养健康虾苗的重

要条件,应尽量满足供应。在活饵料不足时,可适当补充代用饵料如藻粉、虾片、各种微囊饲料及豆浆、蛋黄等。投喂代用饵料时一定要充分充气,并采用勤投少喂的原则,掌握合理的投喂量。

3. 水温

幼体培育阶段适宜的水温为 $27\sim 30^{\circ}\text{C}$,水温降至 25°C 以下时幼体发育缓慢。变态至仔虾阶段后可适当降低水温,以配合虾苗的放养。

4. 水质

适宜的盐度为 $25\sim 33$,仔虾期后可根据需要逐渐降低盐度;pH 值为 $7.8\sim 8.6$ 。

5. 光照

凡纳滨对虾育苗对光照无严格要求。一般无节幼体阶段保持相对较弱的光照强度,有利于幼体的均匀分布。进入溞状幼体阶段以后,可适当提高光照强度,有利于生物饵料的繁殖。

三、凡纳滨对虾的养殖

(一) 主要养殖方式

目前我国凡纳滨对虾养殖采用的养殖模式,基本与中国明对虾相同。工厂化养殖的放养密度一般为 $250\sim 400$ 尾/米²,产量可达 $3\sim 5$ 千克/米²。2002 年,山东省海水养殖研究所进行了“封闭式、循环水、健康养虾新模式”的研究,平均产量为 1 376 千克/亩,80% 以上的养殖用水循环利用,所排废水达到国家二类水质指标要求。不过,此种模式投资成本高,技术含量高,风险也大。在我国的华南地区年养殖 2~3 茬,甚至 4 茬,浙江以北地区年养殖 1~2 茬。

(二) 池塘养殖

1. 养殖场地的选择

养殖场地应选择风浪小、潮流畅通、海水交换好、容易排灌的中潮区,并且不受暴雨、台风及工厂排污影响。场地环境符合 GB/T 18406.4—2001 的要求,水源应符合 GB 11607 的要求,养成水质符合 NY 5052 的要求。同时还应注意苗种与饵料资源较丰富,技术、劳力、物力充裕,通信、交通方便,电力、淡水供应充足,建场省工省料。对养殖密度大,已超过海区的负荷能力,海水富营养化,生态平衡遭到破坏的地区,不能继续建场。

2. 场区总体布局

一个规模化的养虾场,在规划设计中应以虾池为主体,还要充分考虑进排水系统、扬水站、蓄水沉淀池、虾苗中间培育池、供电设施、冷藏保鲜车间、饵料加工车间、贮存车间、化验室等。总的原则是,各类设施应相对集中,便于管理,又互不干扰。合理利用自然条件,力求节约能源和劳力,降低养虾成本。

一个虾池群体应该有独立的进排水系统,进排水应严格分开,出入口的间隔越远越好。虾池的总体排布多呈“非”字形。

在水源的供给上应力求利用潮差纳水以降低能耗,所以半精养虾池多在潮间带建池,并根据各地的地形和海况特点,正确处理节约能源和保证虾池安全的关系,合理选定在潮间带的具体位置。养虾池的位置不应建在靠近低潮线或面向外海,应留出一定缓冲地带,以防大坝受到风浪的侵蚀。在南方地区,这种缓冲地带上的红树林不应清除,有条件的地方还可种植红树,以增强缓冲效果。为提高产量,减少污染和疾病发生,保证虾池安全,国内外养虾者还选择在潮上带建造小型精养虾池,完全依靠机械提水。我国琼、粤地区称为“高位池塘养虾”。

在同一海湾内,养虾场不能过于集中,有人对半精养对虾养殖区养虾期间排水量和区域海水净化量进行了初步测算,认为养虾面积一般不应超过海湾可养面积的 8%~10%。超负荷养

殖必将带来区域的富营养化,破坏了生态平衡,使虾病频发,养殖效率下降。

3. 放苗

(1)放苗密度。凡纳滨对虾全年可以育苗,可以根据各地气候条件选择合适的放苗时间。放苗的密度因池塘条件而宜。中间培育池的放苗密度为1厘米的虾苗300尾/米²。半精养池的密度为2厘米的虾苗9~15尾/米²。精养池的放苗密度为2厘米的虾苗50~60尾/米²。条件好池子放苗密度可适当提高,可达75~90尾/米²。

(2)虾苗质量。

应挑选体长1厘米以上、活力强的健康幼虾作为苗种。在选购虾苗时,可从以下几方面对虾苗的质量做简单的鉴别:

①最好能将虾苗送有关部门进行检测,选用不带病毒的虾苗。

②发育状况好的虾苗大小均匀,身体粗壮,无畸形。品质差的虾苗大小差异悬殊,身体消瘦或明显弯曲。

③活力情况。健康的虾苗活力强,沉底性及附壁性好,无侧倒现象,流水状况下自主性好。不健康的虾苗活力差,有侧倒现象或游动异常,自主性差。

④体色。健康的虾苗身体透明,体表光洁,肝胰脏颜色淡黄。不健康的虾苗体色异常(发红或白浊),肝胰脏颜色苍白或深黑。

⑤摄食情况。健康的虾苗肠道粗壮,无间断。不健康的虾苗肠道较细,有间断。投放少许饵料时,健康的虾苗反应敏感,有抢食现象,不健康的虾苗反应不敏感。

⑥耐干情况。从育苗池内随机取出若干尾虾苗,用拧干的湿毛巾将它们包埋起来。10分钟后取出放回原水,如果虾苗存活,则是优质苗。

一般育苗场出售的商品虾苗均为小苗,最好经过暂养达到2~3厘米后,再放于养殖池中进行养殖。

(3) 虾苗入池。凡纳滨对虾的幼虾从高温向低温、从低盐向高盐突然转移的适用能力较弱,因此,要提前调节水温 and 盐度。购苗单位应提前向育苗单位提出购苗计划,提供欲放苗池的水温、盐度和 pH 值等情况,育苗单位据此在仔虾期逐渐调节。由于育苗单位与购苗单位的地区差别,育苗单位对水温、盐度的调节不能够完全满足购苗单位的要求,所以运苗时也要注意调节温度,运到目的地后可以采用逐级换水法调节。海水养殖放苗时温差不超过 2°C ,盐度差不能大于 5, pH 值相对稳定。

对于淡水养殖要杜绝育苗场在凡纳滨对虾出售的 3~5 天,以每天 5~8,甚至更高的梯度递减盐度至 1~2 后,便作为淡化苗出售给养殖业户,这种苗的放养成活率较低。通过凡纳滨对虾的苗种淡化试验得出,幼体淡化盐度幅度不宜过大。盐度在溞状幼体期不应低于 25,糠虾期不宜低于 20,仔虾期以每日 3 个盐度的幅度淡化效果较好。在淡化过程中,凡纳滨对虾在盐度 5 向 1 的过渡过程中,淡化幅度宜低不宜高,否则,死亡率很高。养殖业户在选购淡化虾苗时,应选择在盐度 1 以下水中稳定培育 3 天以上的虾苗用于养殖。否则,需在暂养池或养殖池中加入出盐前的卤水或海水素(精),调节适宜的盐度。

放苗时要选择风和日暖、水温高于 18°C 的天气,在上风方向使虾苗缓缓进入池水中。

4. 中间培育管理

用于中间培育的虾池应配备足够的充氧保温设施,管理技术参照养成期并采取比养成池严格的管理方式。放苗前的消毒要进满水进行,用浓度为 50 毫克/升的漂白粉浸泡 2~3 天。消毒后用 80 目筛网进水。有条件的可在进水口处设置消毒装置,用碘消毒剂或含氯消毒剂对海水进行消毒,经监测药效消失后接种单胞藻。移植饵料生物时要注意选择品种,不要带入个体较大的动物和鱼卵。如果当地此时自然海水中无合适种类,应该人工繁殖一些饵料放入,饵料投喂前必须进行严格的检疫。投喂优质饵料,每日 6~8 次,日投喂量(以鲜重计)为对虾体重

的 50%~100%。凡纳滨对虾的幼虾对饵料的蛋白质要求高于成虾,因此,要投喂专为幼虾制造的配合饵料和确定无病毒感染的鲜活饵料。加强水质管理,根据水质监测报告和池内生物组成情况及时调节水质。采取的方式,包括换水、充气、投放水质保护剂和益生菌等。中间培育池出苗后应重新清池消毒,才可用于继续培养虾苗。

5. 养成期管理

(1) 水质管理。

①水温:凡纳滨对虾最适宜的水温是 25~32℃,为了能保持合适的水温,必须根据当地季节特点,合理安排好养殖的生产季节。若一年养两茬,第一茬可以在 3~4 月份放苗,6~7 月份收获;第二茬在 7~8 月份放苗,10~11 月份收获。如果是一年养一茬,可以在 5~6 月份放苗,8~9 月份收获。水温低于 15℃时,对虾不摄食,不生长。在养殖凡纳滨对虾的过程中,注意天气预报和天气变化,要做好水温的调控,并于每天的 6:00~7:00、16:00 各测量水温一次,如发现异常应及时采取措施。

当虾池出现高温时,可采取以下措施进行调节:提高虾池水位至 1.5 米以上,保持虾池底层较低温度。增加排水量,并使池水流动,以扩散热量,每天应换水 1/3 以上。在水温高峰期,应及时交换池水,并将虾池排水闸的底闸板提起 5~10 厘米,使一边进水,一边小量排出底层水。这样既可以使虾池底层保持较清洁水环境,又可以通过池水的流动达到散热降温的目的。准确掌握投饵量。投饵后,应注意观察和检查,尽量做到投饵量适当,无残饵,以免投饵过多,造成池底积累残饵,使水质受污染。

当水温降至对虾忍耐力以下时,也应早采取措施进行调节。提高虾池水位至 1.5~1.8 米,减少气温的影响,提高虾池保温能力。如果虾池水质较好,在满足对虾生长需要的前提下,尽量降低排水量,减少池水散热,力求保持恒温。注意观察对虾摄食情况,认真掌握投饵量,防止投喂过剩。

②溶解氧:凡纳滨对虾正常生长的池水溶解氧一般在 4 毫



克/升以上。当水中溶解氧 3 毫克/升时,凡纳滨对虾不会窒息死亡,但饱食之后会因溶解氧不足而吐出胃含物,污染水质。凡纳滨对虾窒息死亡点与水温有关系,当水温为 25℃,溶解氧为 1.67 毫克/升时,虾尚无危险。当水温 27℃,溶解氧 1.6~2.0 毫克/升时,便会出现死亡。水温升至 30℃,溶解氧为 1.84 毫克/升时,死亡率可达 30%。在多种因素影响下的虾池,其溶解氧的临界点更高,在夜间溶解氧降到 2.7 毫克/升时,也曾造成全池虾死亡的事故。

为了确保凡纳滨对虾生长过程有足够的溶解氧,必须合理安排放苗密度。根据放苗数量和虾的大小以及其他相关的因子,合理投喂饲料的数量,防止残饵过多而增加耗氧量。加强换水,通过灌入新鲜海水增加溶解氧,放养密度较大的虾池,中后期每天应换水 1/3~1/2。在多雨季节防止池水出现分层现象,可使用水车或其他工具搅动池水进行消除。配置增氧设备,尤其是进行高密度精养时,虾池中一定要配置增氧机。一般的原则是每亩配一台 1.5 千瓦的增氧机,并最好安装水车式增氧机。当养殖池缺氧出现对虾浮头时,除了采取停止投喂饲料,增加换水量,使用增氧设备增氧等措施外,还可以使用增氧剂进行救急。

③盐度:凡纳滨对虾最适盐度为 10~35。在养殖中后期,盐度过高不利于对虾的蜕壳;而盐度骤降,也会对凡纳滨对虾造成不利的影响。在阴雨天,大量的降水使淡水浮于表层,常会出现池水分层现象,造成底层严重缺氧。因此,在养殖过程中应加强观测,注意盐度的变化。每天上午和下午在测量水温时,应同时测量盐度。在养殖过程中应根据实际情况,采取适当的措施来调节盐度。

要注意收听天气预报,做好天气预测。在暴雨到来之前,先将池水灌满,防止在暴雨时因池水过浅,大量雨水把池水冲淡,导致池水盐度骤降。大量的雨水也会使虾池和进水渠道,甚至海区的中上层水变淡,影响养殖池中对虾生长。进水时可以利

用进水闸板截住中上层淡水,不让其进入虾池。排水闸则只开启上层闸板,让中上层淡水排出,而让下部闸板截住虾池下层盐度较高的水,不让其流出。也可发挥水车或其他搅水工具的作用,使上下层水对流,达到消除盐度跃层的目的。

④水色和透明度:池水水色是水中浮游生物种类和数量及悬浮物质等的反映,虾池水质的优劣可根据其水色和透明度来判断。虾池水色又是多种多样的,不同地区、不同底质、不同饵料,水色均不同,即使同一虾池的水色也随季节不同而不断变化。有的水色对虾养殖生产有利,有的则有害。因此,养虾者必须了解其变化产生的原因和规律,才能采取有效措施调节好水质,确保生产的顺利进行。

养殖池水要求水质和透明度相对稳定。水质应新鲜清澈,无异味,水质肥而不老,活而有度,爽而适宜。池水透明度养殖前期应控制在30~40厘米,中、后期应控制在50~60厘米。

好的水色有茶褐色、浅褐色、黄绿色和淡绿色。水的茶褐色主要是硅藻的大量繁殖所形成的,而浅褐色水含硅藻量比茶褐色水较少些。在黄绿色水的养殖池中含有较多的硅藻和绿藻,而淡绿色水中以含绿藻为主。

不良的水色有黑褐色、酱油色、乳白色、清澈或浑浊。黑褐色、酱油色主要是由于投喂饲料过量,残饵太多,溶出物使褐藻、裸甲藻等大量繁殖所致。尤其是大量投喂杂鱼的虾池,更易发生这样的情况。在这类水中对虾常发生疾病,严重的可造成死亡。这种水的透明度越低,危险性就越大。乳白色是由于池中藻类突然死亡,细菌大量繁殖造成的。其分解产物是有毒的,透明度越低,对对虾危害性就越大。清澈是由于浮游生物已经死亡,池水透明度高甚至可见池底,浑浊则是因泥浆和有机碎屑较多。这两种水色不利于对虾生长,并容易使对虾患病。

(2)凡纳滨对虾的营养需求与投饲。充足优质的饲料不仅可满足凡纳滨对虾快速成长的需要,而且还具有健体防病之功能。凡纳滨对虾对食物营养的需求是全面的,饲料中适宜的蛋



白质含量是 42.37%~44.12%，且在能量蛋白质比为 33.0 千焦/克时，凡纳滨对虾生长最快，饲料系数最低。在粗养或半精养池塘，基础饵料一般都比较丰富，凡纳滨对虾对动物性饵料的需求并不十分严格，可以利用植物性原料来代替价格比较昂贵的动物性原料，从而节省饵料开支。但对于生长期较短的北方及缺乏甚至无天然饵料的精养、工厂化养殖池，必需投喂优质饲料以促进其生长。凡纳滨对虾对脂肪的需求量是 6%~7.5%，建议最高水平是 10%。与其他虾类一样，凡纳滨对虾对糖类的消化利用能力很低，因此，当脂肪含量不足时，虾类需利用蛋白质作为能量消耗，这是很可惜的。维生素 C 对提高凡纳滨对虾抗逆力及存活至关重要，凡纳滨对虾对维生素 C 需求随着生长逐渐减少，当体重达 12 克时其自身合成的维生素 C 就能满足其最低需要。因此，对虾早期时向饲料中添加维生素 C 非常需要，添加量为 3~10 克/千克饲料。凡纳滨对虾对维生素 E 的需求量为 25~100 毫克/千克饲料，由于与硒有协同作用，需饲料中含硒 0.5 毫克/千克饲料。

准确地投饵是养好对虾的技术关键，投饵量的确定比较复杂。虽然有一些养殖专家提供了参照投饵量和投饵公式，大多数配合饵料的制造商也提供了一个参考用量，但有许多因素影响投饵量确定，如池内对虾的存活数量、密度，体质，不同生长阶段对虾的组成比例，池内饵料生物和竞争生物的数量，饵料本身的质量、天气情况、池水水质状况、底质状态和管理方式等。因此，在生产中应该结合对虾生长测量，仔细观察对虾的摄食情况和池底残饵情况等，及时调整投喂量。正常情况下对虾饱胃率达到 60%~70% 为宜，太低或太高应酌情增减。对虾的摄食情况反映了投放饲料是否适当，底质和水质是否正常，这些都直接影响对虾的生长和健康情况。选用适宜的优质饵料，可以在保证对虾生长迅速的前提下降低饵料成本，获得更好的经济效益。同时适当地控制蛋白质的含量，还可以控制氨氮的形成，保护水质。

观察对虾的摄食情况,可以在池内设 4~6 个四角形小吊网,投放饲料按平均量投到小吊网中。如果饲料很快被吃光,说明所投放饲料不足,应增加投喂量。在虾池环境正常的情况下,投喂 1 小时以后,如有 2/3 以上的虾达到饱胃和半饱胃,说明饲料量充足;如果投喂后 1.5 小时没有残余饲料,说明投饲量适当;如果投喂后 1 小时,饱胃和半饱胃虾达不到总数的 1/2,则说明投饲量不足,应适当增加投饲量;如果投喂 1.5 小时后仍有很多剩余饲料,则说明饲料太多,应认真进行检查和分析,找出原因,并采取相应的措施。

不同规格凡纳滨对虾的参考日投喂量如表 17 所示。

表 17 不同规格凡纳滨对虾的参考日投喂量

体重(克)	投饲率(%)	饲养种类与数量(千克/万尾)		
		鲜贝肉	鲜杂鱼	配合饲料
0.1	30	0.30	0.40	0.10
0.5	30	1.50	2.00	0.50
1	25	2.50	3.33	0.83
2	25	5.00	6.66	1.66
3	25	7.50	10.00	2.50
4	20	8.00	10.64	2.64
5	20	10.00	13.30	3.30
6	18	10.80	16.00	4.00
7	18	12.60	16.76	4.16
8	18	14.40	19.15	4.75
9	18	16.20	21.55	5.35
10	17	18.00	23.94	5.94
11	17	18.70	24.87	6.17
12	17	20.40	27.13	6.73
13	16	20.80	27.66	6.86

(续表)

体重(克)	投饲率(%)	饲养种类与数量(千克/万尾)		
		鲜贝肉	鲜杂鱼	配合饲料
14	16	22.40	29.80	7.39
15	15	22.50	29.33	7.43
16	15	24.00	31.92	7.92
17	15	25.00	33.92	8.42
18	14	25.60	24.05	8.45
19	14	16.60	35.38	8.78
20	12	24.00	31.92	7.92

投饵管理要做到相对合理,既要保证对虾吃饱吃好,又要兼顾养殖环境和节约成本。养殖凡纳滨对虾的口投喂次数,多数人主张昼夜均投食,坚持勤投少喂(每天投饵次数不少于6次),一日多餐的投喂方式在生长速度方面远比一日1~2餐的投喂方式要快得多。但其摄食行为受饲料的近距离刺激影响较大,所以应根据虾群分布状况在池内均匀投饵。一日中黎明及傍晚应多喂,中午及午夜应少投。投饵1.5小时空胃率高(超过30%)时,应适当增加饵料。水温低于18℃或高于33℃以上时少喂。风和日暖时多喂,大风(7级以上)暴雨、寒流侵袭(降温5℃以上)时少喂或不喂。对虾大量蜕皮的当日少喂,蜕皮1天后多喂。池内竞争生物多时适当多喂。水质良好时多喂,水质变劣时少喂。池内生物饵料充足时可适当少喂。

(3)日常管理。养殖池的管理人员要每天坚持巡池,巡池应在黎明、白天、傍晚和午夜进行。黎明是对虾最易浮头的时间,此时为一天中溶解氧最低、pH值最低、氨氮最高的时间,傍晚则正相反。因此,每天两次的水质常规化验也在此时取样。如果对虾在傍晚有异常情况,必须及时采取措施,因为进入夜间会更加严重。对虾有在日出前夕和日落后沿着池边巡游觅食的习惯。

性,因此,早晚巡池也是观察对虾健康和摄食情况的机会。如果水质有问题,池中的其他生物也会在池边活动。白天可以观测水色、透明度和池底情况,水中的一些特殊气味或浮起物,在水温最高的午后也更易于被察觉。白天也比较容易发现鱼害和鸟害。午夜要特别观察对虾有无浮头迹象。另外,巡池时还应对闸门、网具、堤坝等注意检查,遇上换水时要注意观察闸门附近情况。机械设备包括机械提水设备、搅水设备、增氧设备等,应经常进行检查、保养和维修。

每5~10天取虾50~100尾进行一次生物学测量,如体长(从眼柄基部到尾节末端)、胃饱满程度(分饱胃、半胃、残胃、空胃)、对虾健康情况(活力、体色、有无病灶、蜕皮情况)。

生物学测量结合巡池是判断对虾生长趋势、决定下一步管理措施的主要手段,测虾记录应妥善保存、及时分析。

(三) 凡纳滨对虾的工厂化养殖

工厂化养虾就是利用工业手段控制池内生态环境,为对虾创造一个最佳的生存和生长条件。在高密度集约化的放养情况下,投放优质饲料,促进对虾的顺利生长,提高单位面积的产量和质量,争取较高的经济效益。就是在保温、控光的室内水泥池或塑胶池内,通过太阳能或其他热能,把水温控制在养殖生物最适温度范围内;通过充气或充氧,保证池内有充足的溶解氧,不仅供养殖对象呼吸,更可改善池内水质条件;通过适量换水,去除残饵、粪便及水中有害物质,供应和补充有益物质,保持优良的水质条件;通过化学或生物手段,建立一个优良的生物群落,抑制有害生物,避免严重疾病的发生;以优质的饲料保证对虾生长发育的需要,促进生长和提高抗病力,从而提高对虾的成活率和生长率,提高产品质量和数量,达到优质、高产和高效的目的。工厂化养虾的优点是产量高、多茬养殖和拓宽上市时间,尤其是疾病容易控制。

1. 工厂化养虾的基本设施

简易工厂化养虾厂的基本设施,有供水和水处理设施、养殖

池及保温升温设施、供气增氧及动水设施。在进行封闭循环水养虾时,还应建设废水净化设施。

(1)水源和水处理设施。有地下咸水资源的地区可采用地下咸水,最大的优点是病原体少。应事先对地下咸水的化学组成进行分析,根据分析结果适当调整。使用海水养虾时,海水必须经过严格的过滤和消毒后方可使用。

海水循环利用时需对养虾废水进行物理、生化及生物的净化处理。废水首先经过过滤或沉淀去除大的固体物质;第2步由微生物将水中有机物分解为无机盐类;第3步由浮游植物吸收掉营养盐类;第4步由滤食生物吃掉浮游生物;第5步由微生物进一步分解,水生植物进一步吸收无机盐类;第6步消毒后再利用。其中第2~4步可以同步进行,也就是废水经过滤或沉淀后进入养贝池,在此池中既有微生物的作用,也有繁殖浮游植物的作用和贝类的净化作用。此种方式占地较多,但可做到物尽其用,不仅避免了养虾废水对近海的污染,又使肥水得到了综合利用,具有经济和生态学双重价值。

(2)养虾池及暖棚。工厂化养虾池多种多样,但使用效果较好的有圆形、近圆形和环道式养虾池。共同的特点是池水可以环行流动,不仅可使池水条件均匀,而且可将虾的粪便等废物及时排至池外,保持池内清洁。养殖池面积一般在300~1000米²。

为了提高水温,延长养殖期,还可建塑料大棚或具有透明屋顶的温室。

(3)动水及增氧系统。养殖池内水的流动及增氧是高密度养虾的必需条件,不仅可使池内水质条件均匀,还可把虾的排泄物集中于排污口排至池外,保持池内水质清洁。动水有3种方法:较大的池子以使用水车式增氧机为佳,具有动水及增氧双重效果,每亩水面早期使用1台1千瓦的增氧机,中后期增至2台;小型虾池可使用拐咀气举泵动水兼增氧,利用罗茨鼓风机或其他无油鼓风机送气,每分钟的供气量应达养殖总水体的1%

以上;水源充足者也可利用喷水推动池水流动,喷水管由水面以上斜向喷入池内,推动池水流动,并可将空气带入水内,流水养虾法的日供水量应达养殖总水量的4~5倍。也可根据已有条件,以上2种或3种方法并用。

有工厂余热和天然热源的地方,可利用该热能提高水温进行多茬养殖,提高虾厂的利用率,增加经济效益。

2. 工厂化养殖技术要点

工厂化养虾可分为:无保温、升温的露天池在北方地区每年只可养殖1茬虾;有塑料大棚且采暖条件较好的池子每年可养殖2茬;有保温和供热的池子,每年可养殖3茬以上。为了提高池子的利用率,还可进行三级养殖,即一级养殖5厘米以前的仔幼虾,二级养殖5~10厘米的中虾,三级养殖到商品虾。每级养殖约1.5月,每个池子1年可养5茬虾,单位面积产量可大幅度提高。

(1)用水处理。水源必须清静,无病原体,特别是应不含白斑综合征病毒病及其携带生物。海水必须经砂滤池或砂滤井严密过滤,再经消毒后方可使用。海水消毒可用 $15 \times 10^{-5} \sim 30 \times 10^{-5}$ 的漂白粉,撒药后应经充分搅匀,做到彻底消毒。

盐碱地区可利用地下渗水或咸井水,地下水必须经充分氧化后才可使用。某些地区地下水的化学组成不适宜直接放养虾苗,必须根据化验结果适当调节,否则,会影响虾苗的成活率,甚至导致死亡。

(2)浸池与消毒。新建水泥池必须经过10天以上浸泡,溶出碱性物质及其他有害物质。使用过的虾池,也应浸泡数日,经刷洗后用 $30 \sim 50$ 克/米³的漂白粉消毒,并开动增氧机将药物搅匀,彻底严格消毒。

(3)繁殖饵料生物。繁殖基础饵料生物是促进虾苗快速生长、降低饲料用量的有效手段。工厂化虾池可于放苗前1个月施肥繁殖浮游植物,每立方米施尿素5克、过磷酸钙2克,以后每天施前一天量的1/2,使透明度达30厘米左右,再投入经检

测不带病毒等病原体的活卤虫或卤虫卵等。

(4) 放苗。

① 虾苗选择：虾苗选择的关键是选用无病和不带白斑综合征病毒的虾苗，肉眼观测大小整齐，体长 0.6 厘米以上，越大越好。虾苗应活泼健壮，无病弱苗和死苗，溯水能力强，体色透明，不发红，肝心区黑褐色。取虾苗试养 1~2 天，死亡率不应大于 5%。有条件者可取 50 尾虾苗，送有关部门进行病毒检测，选用不带白斑综合征病毒的虾苗。最好选用夏威夷购进的第 1 代 SPF 亲虾繁育的虾苗。

② 放养时间：最好水温升至 22℃ 以上放苗，或者先在有供热的池中暂养，以延长养殖期，养殖大规格的商品对虾。

③ 放养密度：每平方米放苗 250~400 尾，暂养后的大虾苗放养密度可减少 20%~30%；实行三级养殖时，第一级每平方米可放养虾苗 1 000~1 200 尾，二级每平方米放养 500~800 尾，三级每平方米放养 250~300 尾。

④ 虾苗的淡化：在低盐度或淡水中养殖凡纳滨对虾时，必须对虾苗进行淡水驯化。在育苗室淡化速度每日盐度降低不超过 5，降至 5 时便可直接向微盐池塘中放苗。在淡水池养殖，应选择盐度 1 以下水中稳定培育 3 天以上的虾苗；亦可先向池塘内加入 20~30 厘米的淡水，再用出盐前的卤水或海水素（精）调节至适宜的盐度放养虾苗，经数日暂养后，再逐日加入淡水。

⑤ 虾苗的中间培育：除直接放养外，尚可对幼小的虾苗进行中间培育，好处是放养大规格虾苗的成活率较稳定，便于养成期的管理，而且可以延长养殖期。在露天池尚达不到放养水温时，可先将虾苗放在有塑料大棚或其他升温条件的池内暂养一个时期，待露天池水温上升后再分池养殖以延长养殖期。中间培育的放苗密度可是养殖池的 3~5 倍。

(5) 投喂。工厂化养殖池放养虾苗密度大，基础饵料生物较少，必须投喂充足优质的饲料，满足凡纳滨对虾快速成长的需要。投饵时间视池内饵料生物多少确定，池内活饵料近吃完前

即应投饵。早期最好投喂经检测不带病毒等病原体的淡水水蚤及卤虫,或优质的0号配合饲料。投饵尽量做到少投勤喂,一般工厂化养殖在仔虾期每日投饵10~12次,中后期每日4~6次,日夜均等投饵或白天稍多于夜间。投饵量可根据对虾平均体长,参考表18投喂。

表 18 配合饲料日投饵量(千克/万尾)

对虾体长(厘米)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日投饵量(千克)	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.1	2.7	3.3	4.0	4.7	5.4	6.2

投饵应全池均匀投撒。为了掌握投饵量,每池应设数只饵料盘,投饵时与池内一样投饵,投饵1小时后提盘检查。此时所投饵料应基本吃完,虾的饱胃率和多胃率应达70%以上。如在投饵1.5小时后饵料盘上仍有剩饵,就应减少投饵量或停投1次。亦可用小抄网,抄起底泥检查饵料的剩余情况。投饵时应关闭增氧机1小时,以免饵料被旋至池子中央或积于污沟内,与排泄物堆积在一起而不易被摄食。凡纳滨对虾还具有嗜食性,吃习惯了某种饵料时不愿摄食新的饵料,所以在更换饵料时应逐渐更换,避免浪费饵料和影响生长。

水中溶解氧下降、氨氮升高、水温下降均能影响对虾的摄食量,此时应相应地减少投饵。在虾病流行期间,严禁投喂由海中捕捞的鲜活杂鱼虾。

(6)水环境控制。在养殖的全过程中均应保证水质良好,有充足的溶解氧,最好能保持在5毫克/升以上,一般不应低于3毫克/升。氨氮应控制在0.5毫克/升以下。硫化氢控制在0.1毫克/升以下。pH值控制在7.8~8.6。透明度应控制在30~60厘米,室内流水养殖可以水清见底。

换水是改良水质的通用方法,一般中后期每日换水30%~100%或更多。增氧机早期一般中午开机2小时,黎明前开机2~4小时,并逐渐增加开机时间,中、后期除投饵时停机外,应昼夜连续开机。亦可使用鼓风机辅助增氧。在溶解氧过低时可使



用过氧化钙、过碳酸钙、速氧、双氧水等抢救,一般每亩每次施用1~2千克。

池底的虾粪,残饵、死虾是造成水质败坏的污染源,保持池底清洁是搞好水质的前提条件。虽然养殖池都有排污设施,通过连续或间断排污可以排放出大部分污物,但池内总是存在一些死角区域,应进行人工除污。每日清刷池底一次,将各死角区域的污物轻轻刷起,推向排污口或者用虹吸管吸至池外。还可使用有益净水菌或光合细菌等分解有机物,抑制病原菌,可在养殖中期开始投放,每亩用量为1~2千克,10天后再投首次的1/2量,以后视水质状况使用。使用有益菌后不应再使用消毒剂。

工厂化养殖池中有时会出现有毒藻类的大量繁殖,如中微虫、残沟虫、夜光虫、裸甲藻等,产生有毒物质或败坏水质,即便是无毒的藻类过量繁殖也是不利的,应加以控制。常用的办法是通过大换水解决,在不具备大换水条件时,可按全池水量使用0.3毫克/升的硫酸铜向过密区局部泼洒,并将杀死之藻类捞出或用水泵吸出池外。

(7)防病。凡纳滨对虾的主要疾病有对虾白斑综合征病毒病(WSSV)、肝胰脏细小病毒病(HPV)、桃拉综合征病毒病(TSV)及传染性皮下及造血组织坏死病(IHHNV)、红体病(由嗜水气单胞菌、副溶血弧菌等细菌引起),还有由细菌引起的烂眼病、烂鳃病、烂尾病等。凡纳滨对虾的白斑综合征病毒病与细菌等并发感染时死亡非常严重,这是目前威胁凡纳滨对虾养成的主要疾病。

防病的基本原理是,优化生态环境,保证营养需求,增强对虾体质,增强对虾抗病能力;杜绝或减少虾体和水环境中病原体的数量;控制细菌或支原体等的并发感染,池塘的严格消毒及使用无特异病原(SPF)虾苗是首要条件。高温期可利用 ClO_2 或季胺盐类或含氯消毒剂定期消毒。利用药物饲料控制细菌或支原体等疾病,并可减轻或推迟、避免白斑综合征病毒病的暴发。如在早、中、晚期各用一个疗程的恩诺沙星药饵(0.05%~

0.08%),也可用罗红霉素(0.01%~0.05%)药饵等,一个疗程3~5天,治疗时量可加倍。对虾出池前20天停用抗菌素药物。饲料中添加有益菌和维生素C可增强对虾体质,抑制致病菌的繁殖,防止虾病的发生。保持池水盐度和水温的相对稳定,减少对虾适应环境剧变的能量消耗,可防止疾病的发生和暴发。

(四) 凡纳滨对虾收获

凡纳滨对虾抗离水能力强,适合活虾销售,因此,可根据市场需求分批分期出虾。分批出虾时可采用在虾池中设置一定网目的陷阱网的方式,允许规格较小的虾从网孔逃出。不利于养殖的自然条件(如水温降低、虾病发生、水质变劣等),应及时采取放闸出虾的方式,尽可能地将虾一次性收获完毕。工厂化养殖收虾比较容易,根据需求量的多少,可以采用旋网、抬网、拉网收捕。由于虾的密度较大,在对虾基本达到商品规格后就应逐步间收,以降低池内压力。一般应在水温10℃前收虾完毕。

(五) 凡纳滨对虾活体运输

活虾运输是用海水与充气的方法,可用汽车运输。如4吨货车可放8个活虾桶,每个桶长90厘米、宽60厘米、深100厘米,上顶有盖。每个活虾桶可装8~10个活虾筛,筛框用木制成盒形,大小与桶规格相符合,框用直径0.5~1.0厘米的网片作为上下底,高10厘米左右。每辆活虾运输车要配备充气机2台,每个虾桶放3~5个散气石,供给氧气;并配备一台小型汽油水泵,供抽换水时使用。装虾时,每个虾筛可装活虾10~15千克,每辆4吨车一次可运活虾500~800千克。一般运输10多小时成活率仍可达90%以上。加冰适当降温,可获得更好的运输效果。

第四章

日本囊对虾工厂化育苗技术

一、日本囊对虾的生态习性

(一) 日本囊对虾的形态特征

日本囊对虾是一种大型甲壳动物,成熟雌虾一般体长为 13~16 厘米;雄虾个体比雌虾小,一般体长为 11~14 厘米(图 11)。体表具鲜艳的横斑纹,头胸甲和腹部体节上有棕色和蓝色相间横斑。尾节的末端有较狭的蓝、黄色横斑和红色的边缘毛。身体长而侧扁,分头胸部与腹部,由 20 节组成,即头部 5 节、胸部 8 节、腹部 7 节。头部与胸部愈合成头胸部、分节不明显。其末节称为尾节,与尾肢组成尾扇。除尾节外,各节皆有一对附肢。日本囊对虾体外包有坚韧的几丁质甲壳,其前端有具齿的额角,在额角的基部两侧具 1 对带柄的复眼,口位于两大颚之间。

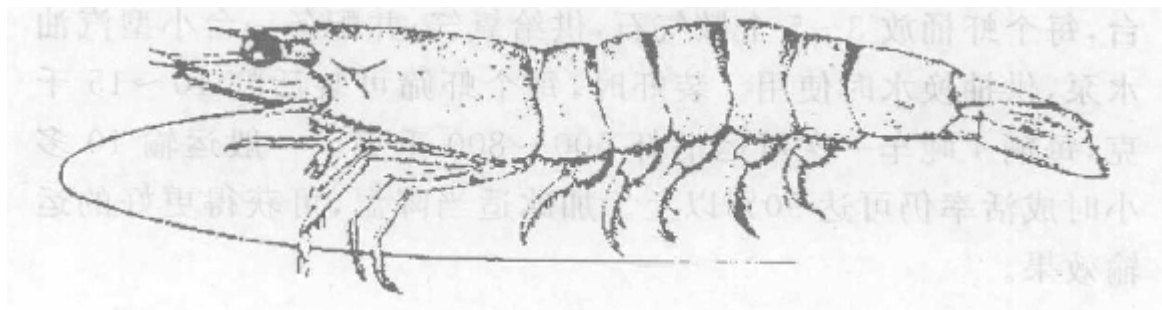


图 11 日本囊对虾外形

(二) 日本囊对虾的栖息与活动

日本囊对虾栖息于水深 10~40 米的海域,喜欢栖息于沙泥底(图 12),具有较强的潜沙习性,白天潜伏在深度 3 厘米左右的沙底内少活动,夜间频繁活动并进行索饵。觅食时常缓游于水的下层,有时也游向中上层,但一般情况下很少发现其游动,尤其是养殖前期较难观察到。在虾塘的高密度养殖中,饥饿时呈巡游状态。

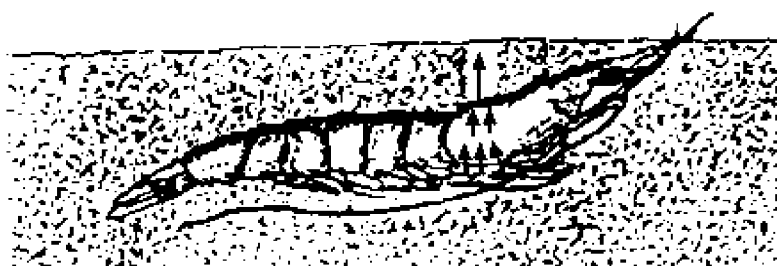


图 12 日本囊对虾潜沙
(箭头所示为呼出水流方向)

(三) 日本囊对虾对环境的适应性

1. 对盐度的适应

日本囊对虾为广盐性虾类,适宜盐度为 15~34,对盐度的突变很敏感。胚胎期的适应盐度为 25~39,溞状幼体适盐范围较窄,仔虾适盐范围可达 23~47。但高密度养殖时适应低盐度能力较差,一般不能低于 17。

2. 对温度的适应

日本囊对虾属亚热带种类,适温为 17~34℃,最适温为 25~30℃,高于 32℃生活不正常,在 8~10℃停止摄食,5℃以下或高于 38℃死亡。

3. 对水中溶解氧(DO)的要求

日本囊对虾在池养中忍受溶氧的临界点是 2 毫克/升(27℃时),低于这一临界点即开始死亡,养殖过程中溶解氧应保持在 4 毫克/升以上。日本囊对虾耐干能力强,是较易长途运输的种



类。

4. 对海水 pH 值的适应

海水 pH 值较稳定，一般在 8.2 左右，但虾塘 pH 值多数变化较大。日本囊对虾适应 pH 值为 7.8~9.0。

(四) 日本囊对虾的生长与蜕壳

日本囊对虾的变态与生长，总是伴随着蜕壳而进行的，每蜕壳一次，体长、体重均作一次飞跃增加。从仔虾到幼虾需蜕壳 14~22 次，幼虾到成虾约需蜕壳 18 次。蜕壳多数出现在夜晚，整个蜕壳过程仅几分钟就可完成。日本囊对虾的蜕壳周期一般随体长和体重的增加而加长，而与年龄关系不大。环境的变化（如药物刺激、水质指标剧变等）能刺激日本囊对虾蜕壳。

(五) 日本囊对虾的食性

日本囊对虾以摄食底栖生物为主，兼食底层浮游生物。据样品分析，其胃内含有 16 个动物种群，经常出现有 13~15 个类群，主要是摄食小型底栖无脊椎动物，如小型软体动物、底栖小甲壳类及多毛类、有机碎屑等。日本囊对虾要求食物蛋白质含量达 50%~60%。养殖中，主要是小型低值双壳类、杂鱼及配合饲料。

二、日本囊对虾的苗种生产

(一) 日本囊对虾的亲虾选择与培育

1. 亲虾来源及运输

目前日本囊对虾亲虾一般是捕获自然海区成熟或接近成熟的个体，经过暂养或催产培育使其产卵。亲虾的运输多是采用虾桶充气运输或塑料袋充氧运输，为了提高运输成活率，水温应保持在 16~18℃，高温会引起死亡，低温会影响卵子及幼体质

量。此外,尚可利用人工养殖的大个亲虾,经人工越冬和促熟培育而获得卵子及幼体。

2. 亲虾的培育

秋季捕的天然或人工养殖的亲虾需经人工越冬培育及春季的催熟培育;春夏季捕的天然亲虾只经过短暂的催熟培育即可成熟。培育的主要措施如下:

(1)水温的控制。亲虾越冬期水温应控制在 $10\sim 13^{\circ}\text{C}$,最低不要低于 8°C 。开春后,根据育苗期的早晚,可逐渐升温至 $24\sim 25^{\circ}\text{C}$,促使其交配。交配后再升温至 $26\sim 27^{\circ}\text{C}$,促进性腺的发育。春天捕的已交配雌虾,也应在 2~3 天内将水温升至 $27\sim 28^{\circ}\text{C}$,促使性腺的快速成熟,并可防止亲虾蜕壳,升温过慢往往因蜕掉精英而失去应用价值。

(2)光照控制。日本囊对虾在 26°C 情况下,日光照 13 小时,105 天产卵;日光照 16 小时,75 天产卵。但是在亲虾培育过程中应将光强控制在 50~500 勒克斯,否则,强光抑制亲虾摄食量并使之不安。

(3)饵料。日本囊对虾要求高蛋白,通常以沙蚕、梭子蟹、柔鱼、贻贝、文蛤、星虫等为饵,日投饵量一般为亲虾体重的 5%~8%。

(4)控制水质。盐度对其性腺成熟影响很大,最好控制在 27~33,适当降低 pH 值(7.5 以上)可促进亲虾产卵。

(5)摘除眼柄。与其他对虾相同,采用单侧摘除眼柄,可促进卵巢迅速发育,快者术后 2~3 天产卵,多数 7~8 天产卵。如果有蜕壳,要重新交配,或采用精英移植手术。

(二)日本囊对虾的产卵与孵化

1. 成熟亲虾的选择

因日本囊对虾甲壳较厚,外观不易看清卵巢的发育情况,可用特制的电筒从亲虾腹部往上照,可看清卵巢的形状和成熟程度,并注意剔除带病菌和寄生物的亲虾。



2. 产卵

日本囊对虾分批产卵,几夜才能完成产卵。采用摘眼柄的手术,产卵率可提高到50%以上。用紫外线照射海水,产卵率能提高到70%。采用摘除眼柄和移植精荚相结合的方法,效果较好。

日本囊对虾产卵的时间是21:00~3:00,繁殖早期产卵时间较早,晚期时间稍迟。产卵量与个体大小有关,一般每尾产卵20万~50万粒,卵径260~280微米。孵化的最适水温是27~30℃。

(三)日本囊对虾各幼体阶段的培育

日本囊对虾育苗有室外生态系育苗(群落育苗法)和室内育苗。生态系育苗是幼体孵化出后,即施肥繁殖饵料生物,饵料和幼体同池培育。室内培育是饵料和幼体分池培育,根据幼体摄食需要再投入饵料。前者以天然饵料为主,幼体密度3万~5万尾/米³;后者以人工饵料为主,幼体密度可增至15万~20万尾/米³。

1. 饵料

日本囊对虾无节幼体与其他虾类一样,以自身卵黄为营养。溞状幼体食用扁藻、硅藻、酵母、藻粉、轮虫、虾片等饲料。糠虾幼体以动物性和植物性饵料为食。近年来,由于对对虾幼体营养研究及饲料工业的发展,开发了多种微粒饵料(如微胶囊饵料等),在日本囊对虾育苗中使用越来越多。微粒饲料是系列饲料,可以根据幼体发育的不同阶段合理选用。

在投喂非活性饵料时,要少量勤投,避免沉底,且要均匀泼洒。投喂量的确定,要根据幼体摄食情况、健康状况及池水的pH值、氨氮等水质情况,全面综合考虑确定。

生态系育苗,前期施肥繁殖单胞藻等饵料生物,后期适当投饵。由于接近天然环境,培育的幼体健壮、成活率高。

2. 水环境的控制

(1)水温。日本囊对虾育苗要求较高水温,最适水温27~

30℃(表 19)。当前各地育苗多采用上限水温育苗,以缩短育苗时间,提高成活率。换水时,温差不超过 1℃。

表 19 日本囊对虾胚胎、幼体对水温、盐度的适应范围

项目	胚胎期	无节幼体	蚤状幼体	糠虾幼体	仔虾
水温(℃)	20~32(25~28)	15~34(28)	15~33(28)	14~33(28)	13~34(28)
盐度	27~39	27~29	27~35	23~44	23~47

注:表中数字为一般范围,括号内数字为最适范围。

(2)盐度。日本囊对虾育苗适宜的盐度为 27~33。

(3)其他水质条件的要求。对 DO、pH 值的要求与中国明对虾相近,可参照执行。

3. 光照

日本囊对虾幼体对光线不甚敏感,但从胚胎期至糠虾幼体宜用明亮的光照,室外池培育不需遮光,只要水中有一定的藻类,透明度在 100 厘米以内即可。

4. 换水

幼体培育中的换水与管理,与中国明对虾育苗操作规范相近。

(四) 日本囊对虾的病害防治

日本囊对虾育苗期间的病害防治,参照凡纳滨对虾。

(五) 日本囊对虾的虾苗出池与运输

1. 出池

日本囊对虾幼体培育到 P₁₅ 左右,全长 1 厘米开始出售,它的抵抗力较强,只要包装好,长途运输成活率较高。

2. 虾苗的选择和运输

日本囊对虾的养殖苗种,应选择全长在 0.8 厘米以上,个体差异较小,体表清洁无寄生物,健壮活泼、弹跳力强的虾苗。同时应对培育池水质、使用的饵料、亲虾来源及状况,进行认真了解和观察。

虾苗的装运使用无毒的塑料薄膜袋较好,一个容积为 30 升的薄膜袋,在水温 20℃ 情况下,运输时间在 5 小时左右时可装苗 1.5 万尾;10 小时左右时可装苗 1.2 万尾;15 小时左右时可装苗 0.8 万尾,最好不超过 20 小时。

三、日本囊对虾的安全、优质养殖技术

(一)放养前的准备

1. 虾池的清理整治

日本囊对虾具有潜沙习性,白天潜入沙中,底质的好坏,是日本囊对虾能否正常生存和生长的重要条件。养殖后的池塘,应根据池底污染程度,进行严格清污、改良底质。有条件池塘,池底要铺洁净细沙 10 厘米,以适应日本囊对虾潜沙的习性要求,有利于日本囊对虾的生长。清池方法如南美白对虾养殖中放苗前的准备工作,进水要经过 80 目筛绢网过滤。

2. 培养饵料生物

日本囊对虾底栖习性比其他对虾更明显,培养饵料生物,尤其底栖生物比养殖其他虾类更重要。除了通常的措施之外,应着重培养底栖硅藻类、端足类的螺赢蜚、藻钩虾以及沙蚕、拟沼螺等种类,这些种类更适合于日本囊对虾摄食与生长的需要。

(二)虾苗放养

1. 虾苗的选择

健壮的虾苗是养殖成功的重要保证,应选择个体大小整齐、健壮活泼、弹跳力强、逆水性好,体表清洁,无寄生物附着,全长 1 厘米以上的苗种。除肉眼认真观察之外,还要用显微镜检查,能较准确观察到虾苗体上、鳃部是否有寄生物,也可进一步看是否带菌。健壮无带菌的虾苗,对确保收成、避免病原体带入养成

池是非常重要的。

2. 放苗

日本囊对虾的养殖,可直接放养全长 1 厘米的虾苗,也可经中间培育后再养成。中间培育时可在养殖池内划出约 10% 的面积作为中间培育池用,经中间培育后计数,再放入养殖池内养成。在当前各地虾池污染较厉害、虾病多的情况下,虾苗经过中间培育后再放入养成池更有利。因经中间培育后,虾苗个体较大、抵抗力强、成活率高,且在养殖池的养成时间短,可减少虾池的污染,易度过病害威胁的难关。

日本囊对虾苗要求盐度较高,最好放苗时盐度为 17 以上。如果育苗场与养成场盐度差距过大,要进行低盐驯化后才能放苗。放苗 pH 值在 7.8~8.8,水温在 24℃ 以上。

放苗密度,要根据虾池条件、养殖方式、经济条件和技术条件等确定。对每个虾池均要进行综合考虑,因地制宜地决定放苗量。一般单养放苗量 1 万~2 万尾/亩。为了使虾快速生长,避免疾病的威胁,应适当疏放,每亩放苗 8 000~15 000 尾为宜。虾苗放养密度过大,易造成成活率低、生长速度慢。

(三) 饵料与投喂

日本囊对虾要求饵料的蛋白质较高,为 52%~57%。日本囊对虾的养殖用饵料有配合饲料及低值贝类等。配合饲料投饵量以干重计,虾体重 1~5 克,为体重的 7%~10%;虾体重 5~10 克,为体重的 4%~7%;虾体重 10~20 克,为体重的 3%~4%。贝类投喂前要根据虾的大小适当压碎,日本囊对虾能咬碎壳长为对虾体长 1/10 的蓝蛤,壳长为体长 1/6 的寻氏肌蛤,壳长为虾体长 1/8 的鸭嘴蛤。

日本囊对虾具有昼伏夜行的习性,因此,投饵应在日落后进行。日落后 1 个多小时内为摄食最盛期,此时投饵量应为日投饵总量的 50%,3 小时后再投 35%,午夜时投 15%。投饵要投到浅滩处均匀投放,切勿投入沟中或深水处。

(四)水质管理

日本囊对虾对水质要求与中国对虾比较有相似之处,如水温、pH 值等,但也有明显不同之处,对盐度、DO 的适应能力较低。日本囊对虾要求盐度较高,盐度在 23 以上才能较好存活,盐度 17 以下影响成活率和增重。日本囊对虾在盐度 18~34 均能生长,但以盐度 24~30 为最适,在盐度 13 时易染病死亡。因此,在养殖中要注意避免暴雨等引起盐度突变,影响生长。DO 含量要求较高,对虾正常生长,DO 含量一定要在 4 毫克/升以上。由于日本囊对虾潜伏泥沙中,底部的氨氮及硫化氢危害较大,严格控制,杜绝超标。

山东即墨市等地采用生态型养殖日本囊对虾,在虾病频发的当今取得了较好的效果。2 月中旬池塘开始进水,进水至 40 厘米前施有机肥(尤其是新建虾池)繁殖褐苔,池塘水位 40 厘米后接种繁殖刚毛藻(每亩接种已脱水刚毛藻 10 千克)、藻沟虾(每亩 2.5 千克)、螺赢蜚(每亩 0.5 千克)及拟沼螺、伪才女虫、摇蚊幼虫等。4 月中旬水温 16℃左右,养殖池内每平方米的活饵料生物量达到 100 克时投放虾苗,虾苗大于规格 1 厘米,每亩放苗量 0.4 万~1 万尾。日本囊对虾体长 5 厘米前不投饵,5~8 厘米根据池内活生物饵料的情况适当投喂配合饵料,对虾体重达到 70 尾/千克左右时开始投喂低值贝类,达到市场需求规格即开始轮捕。7 月中旬第一茬虾收获完毕,8 月上旬养殖池内活生物饵料繁殖到所需密度后放养第二茬苗,一年养殖两茬,亩产量 150~180 千克,经济效益和生态效益良好。

(五)收获与活运

1. 收获

日本囊对虾耐低温能力较强,在南海沿海可安全过冬,因此,收获时间不严格,主要依据市场价格、蜕壳情况、底质与水质、生产安排等因素来决定。通常是春节前后上市价格最高,最

为理想。

收获方法与中国对虾类似,大收时夜间用锥形网放水收虾,平时收活虾用虾陷网(虾笼)。日本常用泵网或电网收日本囊对虾。

2. 活运

日本囊对虾在日本均以活虾上市,售价高。方法是将收获后的活虾装在网笼或网箱中,放入低温池,8小时内降温至 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$,这样虾活动能力减弱,可根据大小分类包装。将晒干的木屑装入聚乙烯或麻袋中,放在 -10°C 冷库中贮存备用。根据市场需求,活虾装入不同规格的纸箱内。首先在纸箱底撒上一层木屑,以一层虾、一层木屑交替摆放,最上层为木屑,然后封箱。规格为31厘米 \times 27厘米 \times 15厘米的纸箱,夏季可装虾2.5千克,冬季可装3千克。将封好的纸箱再装入更大的保温箱内。夏季为保持低温,箱内应装冰袋降温。内外箱子都要标明内装物品名称、重量、个数和出品地址。冷藏车运输,尽量缩短途中时间,货到站即入冷库保存,这样处理可存活2~3天。

我国日本囊对虾保活运输方法略有不同,装箱前水温以 $9\sim 11^{\circ}\text{C}$ 为宜。木屑用粗粒的并经蒸馏水处理后干燥的,温度保持在 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。也可用稻壳和膨胀珍珠岩等材料代替木屑。包装室温最好为 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$,包装箱采用5层瓦楞纸箱,规格22厘米 \times 30厘米 \times 20厘米。每箱装虾2千克,温度保持在 $6\sim 12^{\circ}\text{C}$,运输不宜超过48小时。

我国多用虾桶活运日本囊对虾,虾桶规格95厘米 \times 65厘米 \times 130厘米,内装8~12个虾笼,装入海水充气运输,适于1000千米以内的运输。

斑节对虾安全、优质养殖技术

斑节对虾为当前世界上养殖最普遍的品种,在我国的养殖也有较长的历史,其规模仅次于中国明对虾的养殖。斑节对虾主要在广东、广西、福建、浙江、海南、台湾等省(自治区)养殖,现河北省沿海也已开展养殖。我国南方沿海可养二三茬。该虾具有生长快、适应性强、食性杂、个体大、耐干露、易运销等优点,是深受养殖者和消费者欢迎的名贵虾种,其营养价值与其他主要虾类相近。斑节对虾养殖 75~100 天,便可达到 50~60 尾/千克的商品规格。斑节对虾一般亩产可达 100 千克以上,土池养殖高者也可达 500 千克/亩以上。

一、斑节对虾的生态习性

(一)斑节对虾的形态特征

斑节对虾,俗名鬼虾、草虾、虎虾。体长而侧扁,略呈梭形,身体共分头胸部和腹部两部分,由 20 个体节及 19 对附肢组成,体表覆盖一层透明的甲壳。该虾是对虾类中个体最大的一种,大的雌虾体长可达 30 厘米,体重超过 400 克(图 13)。身体具黄褐色、土黄色相间的横斑花纹。其游泳足浅蓝色,原肢前面黄色,其缘毛桃红色,第 2、3 额足外肢刚毛桃红色。额角较平直,末部较粗,稍向上弯曲,额角上缘齿 7~8 个,下缘 2~3 齿,以 7/3 者为多,额角尖端超出第一触角的末端。头胸甲具眼眶触角沟、颈沟,额角侧沟相当深,伸至胃上刺下方。额角后脊中央

沟明显,浅而窄,断续后伸至头胸甲后缘。有明显的肝脊,粗而钝、平直延伸。无额胃沟。眼胃脊约占头胸甲眼后缘至肝刺之间距离的 $2/5$ 。头胸甲具触角刺、肝刺、胃上刺,无额刺。第一触鞭较长,约为头胸甲长的 $2/3$,腹部第 4~6 节背面中央具纵脊。第 5 对步足无外肢。

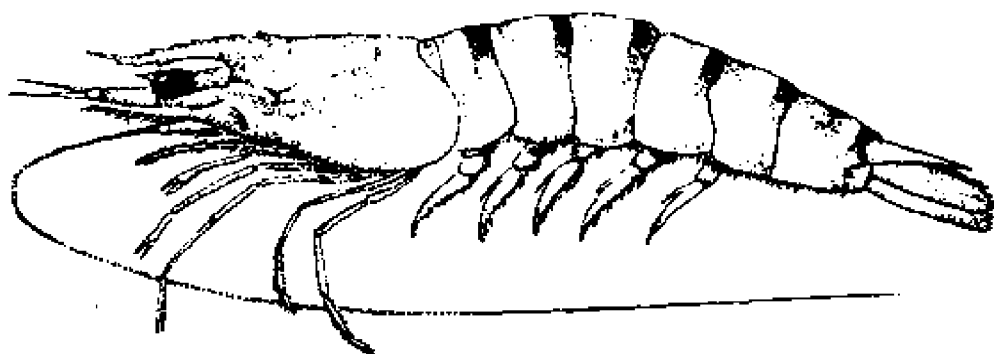


图 13 斑节对虾外形

雄性交接器呈钟形,属于第一游泳足之内肢,由对称的 2 叶合成,两侧缘坚硬,前端各曲成很小钩状构造,可以相互锁住。雄性附肢位于第 2 游泳足的内肢上,一般呈椭圆形。雌性生殖器位于第 5 步足之间的腹甲上,略呈圆盘形,纵向开口,两侧对称,口两缘外突,开口前方有一小毛突起。口内为一室囊,囊的前壁中央有一舌状小突和翼状小管。该囊为交尾和储存精液的器官,称为受精囊或纳精囊。

(二)斑节对虾的生态习性

斑节对虾喜栖息在泥沙质的海域中,适温为 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$,最适水温在 $25\sim 33^{\circ}\text{C}$ 。水温低于 14°C 时,斑节对虾停止摄食和游动,进入假死状态;当水温超过 36°C 时,行为异常。斑节对虾属广盐性,适应盐度在 $5\sim 45$,以 $10\sim 20$ 最适,过高(45)或过低(5 以下)可导致行为迟缓、食欲减退、生长减缓、不易蜕壳。斑节对虾为杂食性,对饵料中蛋白质要求不高。其耐干和耐低氧能力强。

(三)斑节对虾的繁殖习性

斑节对虾雌雄异体,性征比较明显,且雌雄个体差异较大,雌性远大于雄性个体。由于雌雄虾性成熟不同步,通常是雄性性成熟早于雌性,交尾是在雌虾蜕壳之后,新壳尚未硬化之前进行。待雌虾性腺发育成熟时便开始产卵,同时贮存在雌虾纳精囊内的精子也释放于水中,精卵在水中结合而受精。受精卵经胚胎发育孵化出无节幼体,经无节幼体期变态发育为溞状幼体,再经3次变态发育成糠虾幼体,糠虾幼体再蜕皮3次变态为仔虾,仔虾再经多次发育即为幼虾。

亲虾的产卵量与个体大小及生活环境条件密切相关。通常个体大、水温高、深海虾产卵量大;反之,产卵量少。一般产卵量为20万~60万粒/尾,高者可达100万粒/尾。亲虾可多次产卵,两次产卵的间隔5天。随着产卵次数的增加,卵的质量也下降。产卵时间多为22:00至4:00,个别在黎明产卵,刚产出的卵呈深绿色,为沉性卵。受精卵的直径为290~310微米。

二、斑节对虾的苗种生产

(一)斑节对虾亲虾的选择与培育

1. 亲虾的选择

我国斑节对虾亲虾的来源,主要靠海南省东南部沿海区捕捞,但供不应求,所以大多数是从新加坡、马来西亚、菲律宾等地进口的。亲虾应经过严格的挑选,亲虾质量的好坏,将直接关系到育苗的效果。选择识别亲虾可参考下列标准:个体大且健壮,一般在20厘米以上,附肢齐全,无病,生猛活泼,对外界刺激反应灵敏;体表光洁,体色正常,鳃部清晰正常,无寄生生物或黑、红等变色;性腺丰满宽大,可将亲虾对着强光,以肉眼透视虾的背部,成熟度愈高的母虾卵巢越粗大,并在第1体节处,向两侧

凸出而呈三角形。另外,成熟度也能从头胸部的卵巢颜色及饱满程度来判别,一般成熟者为草绿色,以呈粒状分离者为佳。雄虾纳精囊饱满凸出,外观乳白色,精荚颜色愈白愈好。

2. 亲虾运输

选购的亲虾,若短距离搬运,可将亲虾置于装水的塑料桶中,盖盖以免跳出,密度不易过高。若是长途搬运,应将亲虾置于塑胶袋,每袋盛水 20 升左右。在温度较高的暑天,需在水中放置装有碎冰的小塑胶袋,以保持低温,防止亲虾体力衰退或中途产卵。通常一袋放置亲虾 5 尾左右,运回的亲虾必须用 200×10^{-6} 的甲醛消毒 2 分钟后,再移入产卵槽内。

3. 亲虾的培育

亲虾培育池一般为 $20 \sim 50$ 米²,水深 100 厘米左右,放养 6 尾/米²,雌雄比为 2:1。雄虾剪单边眼柄后入池,在 $28 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 的清洁海水里培养。亲虾剪眼柄后放入水池中不久就会摄食。饵料宜用新鲜的沙蚕、蛤类、缢蛏、星虫、蟹肉、牡蛎肉(未经淡水浸泡)等,要洗净,日投喂量为亲虾体重 10% 左右,每日分 3 次投喂,几天就会成熟。亲虾培育采用微流水式,日换水量为 $1/5 \sim 1/3$ 。

从国外进口的亲虾卵巢虽未成熟,但大多已交尾而带有贮精囊。经过催熟产卵时,贮精囊中的精子会自动排出,与卵子完成受精。如果剪眼柄催熟时,雌虾蜕壳就会把贮精囊一起蜕掉,而变成无用,故不能让其蜕壳;或与成熟雄虾蓄养在一起,于蜕壳后再交配。池上面要用黑布遮光,尽量减少惊动亲虾。

斑节对虾的人工授精,是将雄虾成熟的精荚放入刚蜕壳的母虾生殖辅助器内片交配腔中,饲养到产卵,一般孵化率达 70% 左右。如果雌虾施行剪眼柄手术后饲养 1 周,卵巢还是不发达,可将其蓄养在清水中促使其蜕壳,即可进行人工交配而成为成熟的雌虾。但是在鱼塘中养殖的亲虾,由于栖息环境不像自然海区,故养到较大型虽经过剪眼柄催熟,效果仍不理想,有待进一步试验探索。



(二)斑节对虾的产卵与孵化

斑节对虾人工育苗产卵的主要方式是：产卵池产卵直接在育苗池产卵和育苗池设有大眼网箱供亲虾产卵，产出的卵掉入水池中发育孵化；也有用 80 目筛绢网供其产卵，幼体孵出后移入育苗池培育，但大面积育苗场多采用产卵池产卵孵化。斑节对虾亲虾多从国外购进，手续比较繁杂，同时亲虾价格也居高不下，实际生产中已形成了专门的亲虾培育、孵化幼体的场家，出卖无节幼体。其他的育苗场家只需根据自己的生产安排，去购买无节幼体回场进行培育即可。

在产卵孵化之前要对各项设施进行全面检查，包括供电、供水、充气、增温设施和各种培育池等，以及育苗期间所用的药物、工具等。对新建的育苗场应在育苗前 1 个月进行试用，观察是否符合要求。由于新建的水泥池碱性较强，可先用淡水或海水浸泡、冲洗，直至池底、池壁内的碱性及有毒物质渗出，使 pH 值稳定在 8.5 以内，浸泡时间约 1 个月。如果时间紧迫，可在浸泡水中加入或在池壁、池底泼上少量工业盐酸或醋酸，以中和碱性物质，缩短浸泡时间。最近国内已试验成功在池底、池壁上直接喷涂快干、无毒、吸着和防渗性较强的合成涂料，其中以 RT-176 防水乳剂最为理想，经喷涂后第 2 天即可使用，且育苗效果好。新、旧育苗池在使用前都要严格反复洗刷，然后再用 20 毫克/升的高锰酸钾或 50~100 毫克/升的漂白粉溶液消毒，冲洗干净后才能进行育苗。

亲虾是在夜间产卵，通常因环境改变，如将从自然海区运回卵巢成熟的雌虾放入塑料桶，或将经手术剪眼柄催熟的雌虾，由水泥池移入塑料桶，都会在当晚产卵。产卵时雌虾会游至上层，边游边产卵。排卵后水面会起泡沫，水池周围浮起一层浅橙红色、带有腥味的黏物，要加以清除，才不会使水质恶化。如果雌虾经过 3 天仍不产卵，应移至其他池，因为这种虾即使会排卵，孵化率及育苗的成活率也很低。

产卵后翌日将虾移出,卵则在池中继续孵化,受精卵发育到无节幼体阶段需 13 小时左右。孵化后先要估算无节幼体的数量,估算方法如下:在打气均匀,无节幼体充分滚动的前提下,用 100 毫升的玻璃杯随意从水池中取水,计算含无节幼体的个数;再乘 10,即 1 升的水体所含个体数;然后再乘育苗池的水量,得出池中无节幼体的总数。

近几年对虾育苗生产的实践表明,用产卵网箱来暂养亲虾的方法存在许多缺点。例如,亲虾在网箱中经常会拥挤在网底,使许多残饵、粪便等脏物堆积在网底。因为网箱一般不深,亲虾在网箱中容易受到惊扰,亲虾也没有足够的游动空间产卵,产出的卵子极易因振荡、碰撞和流水冲击等原因而破碎,严重影响孵化率。因此,在许多大型的育苗场,这种方法已基本上不再使用。

大多数育苗场是将亲虾直接放在育苗池中产卵,此法基本上可以克服上述的弊端,现已广泛应用。在育苗池产卵的缺点是,一部分卵子会从气头之间的相对静止区逐渐沉入池底。如果沉入池底卵子的局部密度过大,在水交换不良的情况下,很容易因缺氧或胚胎代谢产物的积累而影响胚胎正常发育,甚至引起死亡。这样不仅降低了对虾卵子的孵化率,而且由于死亡的卵子将给病原微生物提供良好的滋生环境,从而增加了育苗期间虾病发生的可能性。所以,要选择一个理想的亲虾暂养环境,产卵池应该具备以下的功能:有一定的空间面积;能及时排除池中的残饵、粪便,并且在清污时不惊动亲虾;亲虾产卵后能及时干净而又方便地收集卵,而不需要把亲虾移出,以免亲虾受到损伤;操作简单、快捷、劳动强度低。

受精卵发育到桑椹期后,外周的受精膜具有较大的韧性,能够保护卵粒经受住较大的冲击。这时可以用集卵网箱,将卵粒通过专设的管道从产卵池中收集出来,再用与产卵池水温相同的清洁海水将卵子冲洗干净,移入受精卵孵化水桶中孵化。受精卵孵化水桶应具备以下特点:桶底为漏斗状,气石位于底部中



央,可以防止受精卵沉底;有一定的深度,无节幼体孵出后,可以很方便地将位于上部的健康幼体与位于下部的不健康幼体、死卵分开。这样可以排除死卵及不健康或死亡的幼体上带有的致病菌对健康幼体的侵害,有利于育苗后期的管理,提高各期幼体的存活率。

(三)斑节对虾各幼体阶段的培育

1. 无节幼体

刚孵出的斑节对虾的无节幼体,体长 0.3~0.33 毫米,这个阶段幼体靠体内卵黄提供营养,不需要投放饵料。无节幼体身体不分节,外形像小蜘蛛,略有游动能力,趋光性强。此期因耗氧量不大,打气不需太强。无节幼体经 6 次蜕皮成为蚤状幼体,在水温 27~29℃时需 40~50 小时,但要注意无节幼体各期变化,尤其是最后两期很重要。若幼体已变成蚤状幼体而没有投饵,幼体很容易死亡。判别各期无节幼体,一般使用显微镜观察,大都以尾棘数来区别,第 1 期无节幼体附肢刚毛不呈羽状,尾棘 1 对;第 2 期无节幼体附肢刚毛呈羽状,尾棘 1 对;第 3 期无节幼体尾棘 3 对;第 4 期无节幼体尾棘 4 对;第 5 期无节幼体尾棘 6 对;第 6 期无节幼体尾棘 7 对。也可用肉眼观察,若腹部向后延伸,一般已是无节幼体第 5~6 期,应准备开始投饵。

2. 蚤状幼体

蚤状幼体 1 期体长 0.90~1.20 毫米,幼体在这个阶段开始摄食某些类型的浮游植物。由于前期蚤状幼体还缺乏寻找食物的能力,需要提供适当数量的食物。投放硅藻等浓度为 10 万~15 万个/毫升。如果培养的藻类不够蚤状幼体摄食,也可投喂商品饵料,商品饵料又称“人工浮游生物”,大致可分为微粒、微胶囊和微型被膜 3 种类型,以及虾片、藻粉、酵母(某些场家已开发了海水育苗的专用酵母)等。这几种饵料可以配合,也可分开使用,投喂量根据包装说明及培育池中的具体情况而调整,还可用于豆浆、蛋黄、牡蛎卵等代替。牡蛎卵受精或未受精均可,若以

受精的卵投入水中,吃剩的还能孵化出牡蛎幼虫,仍能作为饵料生物,不会影响水质。牡蛎人工授精是用新鲜的活牡蛎,以 8~10 个雌性配 1 个雄性,用载玻片刮出卵子及精子,放入盛有海水的透明玻璃容器中。酌量加入淡水,使其比重降至 1.018 左右,均匀搅拌使其充分受精。静置 1 小时后,把上层较清的水倒掉。再将沉淀下来的乳白色溶液,经过滤后投入育苗池中。摄食牡蛎受精卵的溞状幼体活力虽不差,但水质不如投硅藻等藻类易于控制,每天应换水 1/3 左右,较麻烦。注意代用饵料投喂溞状幼体时要用 200~100 目筛绢网过滤。

溞状幼体经 3~4 天蜕皮 3 次后,就成为糠虾期幼体。

3. 糠虾期幼体

糠虾期幼体分为三期。第 1 期体长 3.28~4.13 毫米。从溞状第 3 期经蜕皮后,头胸愈合在一起,背甲大于溞状幼体,且与胸紧密结合,额角向前伸,眼窝刺缩小。糠虾幼体可通过无节胸足与在触角片上的刺,把第 1 期与第 2 期区别开来。第 2 期背甲完全覆盖胸部,这部分称为头胸部;胸足变成螯足,腹部有不分节的腹足。蜕皮后进入第 3 期的糠虾幼体,腹部有两节组成,末端有若干纤毛,尾部缩短。糠虾期幼体的饵料以刚孵出的丰年虫为主,辅以其他动物性浮游生物,如轮虫、桡足类等。饲养初期糠虾幼体仍需加投硅藻等藻类,以供还未蜕皮为糠虾期的溞状幼体摄食。糠虾幼体的适应力较强,存活率较溞状幼体为高。环境适宜,饵料充足,3~4 天即进入仔虾期。

4. 仔虾期

糠虾幼体经 3 次蜕皮后即进入仔虾第 1 期(P_1),此时体长 0.48~0.50 厘米,外形与成虾相似。 P_1 以后,依其成长日数而称为 P_1 、 P_2 、 P_3 ……。此期水深需逐渐加深,打气也需加强。 P_5 以后开始进入底栖或附壁生活,腹足成为主要的游泳器,喜欢附着于池壁或池底。一般养至 P_5 ~ P_8 已不畏强光,可移出室外水泥池暂养。

仔虾期(P_1 ~ P_5)的饵料,仍以丰年虫及轮虫为主, P_5 以后

仔虾嗜食较大型的动物性饵料,可投些卤虫成体、杂鱼肉、虾肉、磨碎蒸蛋等。投喂鱼虾肉时,要先将除骨去壳的肉加水,用果汁机打碎,再用细网滤除不易打碎的筋肉等;然后用开水将滤过的鱼浆烫过,将浮于上层的鱼脂倒掉,剩下的干净鱼浆就可均匀撒于池中,鱼虾一定要新鲜的。投鱼虾肉较丰年虫水质容易变坏,要视其情况更换池水。蛋羹是把蛋与杂鱼虾贝等肉糜混合后蒸熟,用细网搓滤后投喂。

(四)斑节对虾的病害防治

斑节对虾育苗期间的病害防治,参照中国明对虾。

(五)斑节对虾的虾苗的收成与出售

斑节对虾的虾苗养至 P_{10} (红筋仔) $\sim P_{12}$ 就可收成出售;有的客户(养殖者)要求到黑壳仔($P_{13} \sim P_{20}$)后购买。虾苗价格依据行情而定,且双方必须拟定出苗日期,并由买方先付定金。养成者应先测定养虾场的盐度、pH 值、水温等环境因子,必要时告诉育苗场进行调节,使育苗池与养殖场的水质相近,确保养成的成活率,以免出苗后引起纠纷。

1. 虾苗的收获

要准备好出苗的用具,如捞网、白色水瓢、小水桶、打气石、出苗桶等。将虾苗搜集网结扎于出口处,并将网的四角固定在出水口的墙或专用支架上。打开育苗池出水口,注意勿使流量过大,以免虾苗漏出时因强烈水流而受伤。要注意虾苗随水流进入搜集网时,尽量不要过分集中或附着于网上而受伤。收集到一定数量时,以捞网与白色水瓢捞取虾苗,放入小水桶中,并立即放入已置妥洁净海水的出苗桶中。当育苗池的池水已漏至底部时,应由出水口的另一端,即虾苗池较高处缓缓加入淡水,使虾苗感到盐度不适而向出水口方向集中。池水大部分流出时常有大量污物,应先关闭出水口,把网中的虾苗全部清理完毕。然后再打开出水口,冲入海水,使残余虾苗伴随池底污物进入搜

集网中,并迅速装入一只大脸盆。用手在大脸盆中做圆周搅动,因离心原理,污物将集中于脸盆中央,而剩余虾苗则向脸盆四周游动。此时可抽出中央污物,捞取剩余虾苗。

把收集的虾苗平均分配到出苗袋中,然后随机抽取一袋记数,以此为基数乘以装苗袋数,即为该批虾苗数量。红筋仔每袋一般不要超过1万尾,黑壳仔每袋一般5 000尾左右为宜。

2. 虾苗的出售运输

虾苗的运输方法,可根据路程远近及交通条件,采取陆运、水运或空运。包装使用质韧而透明的方形塑胶袋,袋内要盛事先调节好的海水15~20升。装苗密度要根据苗的大小、时间长短和水温而定,一般红筋仔约放1万尾虾苗,灌入氧气,即可运输。长途运输要在凌晨或傍晚,避免在炎热的白天进行。夏天炎热时,可把另装碎冰的塑胶袋置于水中,使水温降低,减少虾苗的活动量,降低虾苗的代谢率。尽可能使虾苗不在途中过夜,以减少死亡。因虾苗多在下半夜蜕皮,长途运输需预先投饵入袋中,减少互残。运至养殖池后,把各袋虾苗沉入池中,使虾苗逐渐适应池中的水温。把养殖池中的水缓缓加入袋中,再倒入养殖池。虾苗入池后,如果很快成群游入水中栖于池底,表示运输成功。

运虾苗应特别注意的是,出车前要做好车的检修工作,中途要尽量减少停车,迅速运到目的地。

三、斑节对虾安全、优质养殖技术

(一) 养殖场地的选择

养殖场要建在有丰富水源的地方。又根据斑节对虾最适盐度要求为10~20,尚需考虑有淡水供应,以调节池水盐度,促进斑节对虾生长。因此,河口附近或有丰富地下水的海滨,是建造



养虾池较为理想的场所。斑节对虾的伏底现象比中国对虾明显,因此,最好池底为沙泥或泥沙底质,这样利于其生长,保持水质,减少疾病。

(二)斑节对虾苗种的选择

在虾苗生产过程中,由于雌虾、卵的质量,以及育苗技术、饵料、病害等多种原因,会使同一批虾苗体质有强弱的差异。养虾要取得高产,选择健康的虾苗是重要的环节。台湾斑节对虾育苗,通常是分两种规格的苗出售,即红筋虾苗($P_{10} \sim P_{15}$,体长1.2厘米以上)和黑壳苗($P_{15} \sim P_{20}$,体长1.3厘米以上)。

在购苗前对虾苗选择要重视和细致,选择观察的要点是:虾苗大小较一致,个体差异不要太明显。不携带病菌,虾苗体表及附肢清洁,无污物及寄生物,体形正常,无畸形,附肢完整。健康的黑壳苗的第一触角,其两条小触须是并拢的,偶尔分开一下,试探后又合并。若见该两条触须经常分开成“V”形,甚至无法并拢者其健康度比较差。黑壳苗的每一腹节都较长,为较好的虾苗,在其后养成时生长快,而且虾体能长得较大。反之,若每一腹节短者,为较差的虾苗。黑壳虾苗的尾扇,至少要能在游泳前进时,经常张开呈扇形,张开的程度愈大,表示虾苗的生长度较好。从红筋苗到黑壳苗时($P_{12} \sim P_{20}$)正是虾苗开始长肌肉的阶段,可以用肉眼观察其尾部肌肉的饱满度,判断虾苗是否充分发育。一般黑壳苗已有附壁行为,若用水瓢捞起虾苗,它会很快向瓢边游去,紧靠瓢边静止不动。若有多数虾苗仍喜欢于瓢中游泳者,则属生长不够理想或健康较差的虾苗。也可以将虾苗舀在白瓷盆中,吹动水面,如果虾苗逆水游动,则体质健康,反之则差。

在选购虾苗时一定要选择健壮的虾苗,全长1.2厘米以上者成活率高。据试验,斑节对虾苗全长0.6厘米以下,一般成活率10%以下;虾苗全长0.8厘米,成活率为15%左右;全长1.2厘米以上的虾苗,成活率50%左右,高者可达80%~90%;1.3

~1.4 厘米虾苗,成活率达到 75.2%~96%,可见虾苗的大小与成活率密切相关。

(三) 虾苗暂养

暂养池可以单独池养,利用面积较小的养成池(3~5 亩),但大多数是在大养成池一角筑坝;或用 40~60 目筛绢围拦分隔成一口小池,作为暂养池。暂养池放苗量视池的放苗量而定,一般每亩放苗 5 万~10 万尾。培育时根据虾苗的摄食情况,每天喂肉虫、糠虾、切碎的小杂鱼或绞碎的小贝类肉等,也可以投以配合饲料。第一星期不加水,以后每天加水约 10 厘米。加满水后,每天换水 1/5。一般经过 20~30 天精心培育,虾苗长成 3 厘米左右时,可放入大池养殖。暂养期间的成活率一般为 60%~80%。

(四) 虾苗放养

1. 放养条件

温度突变会造成斑节对虾生理机制障碍,甚至造成死亡。例如,把红筋虾苗从水温 30℃ 移入 18℃ 的海水中,不久虾苗表现出异常现象,随之出现虾苗沉底死亡。把 1 厘米的虾苗从水温 30℃ 移入 20℃ 的海水中,未发现死亡。虾苗放养时,池塘水温不得低于 20℃,温差小于 8℃。虾苗放养后,如遇上寒潮,只要水温不低于 4℃,就不会出现死亡。

实践表明,原来生活在盐度 31 的虾苗,可适应低盐度 14,高盐度 41;原来生活在盐度 15 的虾苗,可适应低盐度 3.35,高盐度 25。经过逐步驯化,适应盐度范围还可以扩大,而且对低盐度的适应力强于高盐度。虾苗放养时,低盐差不要超过 10,高盐差不得超过 5,最好事先测量,并做到驯化工作要准确。虾塘内滩面水深应达 40~70 厘米,pH 值为 8~9。

2. 放养密度

放养密度根据养虾面积、虾池水深、换水条件、增氧设施、养

殖方式、种苗质量、饵料种类与数量、养殖的产量与规格、养殖技术管理水平等情况综合考虑。一般无增氧设施、每天可换水、饵料充足、水深 1.5 米的养殖池,每亩可放养 1 厘米左右虾苗 1 万~1.5 万尾,体长 3 厘米左右的虾苗 4 000~6 000 尾。只有潮才能换水的虾池,每亩只能放养 1 厘米左右虾苗 6 000~8 000 尾。池水较浅,水深达不到 1.2 米,换水条件甚差的虾池更应少放苗。精养池养虾,由于配套提水和增氧设施,管理技术水平较高,可高密度养殖,每亩放苗 4 万~5 万尾。

(五) 饲料与投喂

1. 饵料种类

斑节对虾的饵料主要有配合饵料和鲜活饵料。鲜活饵料主要有,软体动物中的蓝蛤、肌蛤、鸭嘴蛤、贻贝、褐螺、河蚬、泥螺、淡水螺等,甲壳类的糠虾、毛虾、磷虾、细螯虾及低值蟹类、卤虫等,还有各种鲜杂鱼、冷冻杂鱼等。

2. 投饵方法

养殖斑节对虾每日投饵量应依照虾的蜕壳、健康状况及其大小,以及底质、水质、天气等进行适当调整,做到合理投饵。投喂过多不仅浪费,而且污染水质,投喂量少影响生长,并会引起互残。斑节对虾的配合饵料投喂量可参照表 20。

池塘底质生产力高,能大量繁殖底栖藻类及螺类时,可以减少人工饲料的投入,若底质天然生产力低时,则要增加人工饲料。

水温适宜时(25~31℃),斑节对虾摄饵量随之增加,此时可酌量增加投饵量。水温高于 34℃ 或低于 18℃ 时应少投或不投,下雨或 6 级风以上不投,雨后 1 小时再投。水质不良时少投或不投,大潮可多投,小潮少投。

虾蜕壳前摄饵量开始减少,蜕壳当日即停止摄饵,蜕壳后摄饵量大增,因此,必须随时观察其蜕壳情况而增减投饵量。此外,若有虾病发生,亦应减少投饵量。

表 20 斑节对虾的配合饵料日投喂量

体长(厘米)	日投喂量(千克/万尾)	体长(厘米)	日投喂量(千克/万尾)
1.0	0.11	8.5	5.8
2.0	0.44	9.0	6.4
2.5	0.66	9.5	7.0
3.0	0.9	10.0	7.6
3.5	1.2	10.5	8.3
4.0	1.5	11.0	9.0
4.5	1.8	11.5	10.0
5.0	2.2	12.0	10.5
5.5	2.6	12.5	11.3
6.0	3.2	13.0	12.0
6.5	3.5	13.5	12.9
7.0	4.4	14.0	13.8
7.5	5.0	14.5	14.6
8.0	5.3	15.0	15.5

根据残饵的情况做适当调整。参考有关投饵量表,要勤检查、勤观察。一般在投饵后 2 小时有较多残饵,则要减少投饵量。若投饵后 1 小时内饵料已全部吃光,要适当多投一些。

同时结合虾胃饱满度、生长度、肥满度等,掌握准确投饵量。

(六)水质管理

1. 盐度

斑节对虾养殖的最适盐度在 10~20,而育苗期的盐度为 30 左右。放养初期盐度不要变化太大,可以在放养过程通过换水逐步降低盐度到 10~20(需 20~30 天),然后保持此盐度进行养殖。

2. 溶解氧

斑节对虾养殖最小安全溶氧浓度为 2.5 毫克/升,而良好的

水质条件应为 4 毫克/升以上。水中耗氧主要为水中浮游生物及有机质,占 69.4%,底质为 14.8%,杂鱼虾为 7.2%,斑节虾为 8.6%。

3. 水温

斑节对虾适宜水温为 25~31℃。气候是影响水温的主要因素,并非人力所能左右,但若在短期内提高水温,可在晴天放低水位利用日光能提高水温,也可通过提高水池水位降低虾池水温,或抽灌地下水调节虾池水温。

4. 水色

控制水色实际上是控制浮游生物繁殖。斑节对虾养殖过程中,水透明度最好为 30~40 厘米。

5. pH 值

一般海水的 pH 值为 8.0~8.5,宜养虾。

6. 氨和硫化氢

氨浓度小于 0.1 毫克/升。硫化氢的毒性却大得多,养殖过程中虾塘内应不存在硫化氢。

(七)收获

斑节对虾一般生长至 50~60 尾/千克时开始选捕,应根据生长和市场情况而定。

1. 定置网(虾笼)

利用虾早晚沿岸边洄游的习性,于岸边张网,使虾自行游入捕获。在网袋前另行架设 2~3 个网口,使虾只能进入而不能跑出,网袋后可装上一斗状网,网袋略伸入斗网中,以防虾再行游出。当网袋中捕获一定数量后,要及时取出,放到大网箱中暂养,防止网袋中积虾过多而窒息致死。

2. 挂网

利用注排水会刺激虾沿池边洄游的习性,于清晨或傍晚(可用光诱捕)将网张于闸门附近。虾在网中愈积愈多,应经常捕出网内部的虾,以免造成虾的死亡。

3. 电网捕虾

电网捕虾为目前斑节对虾养殖普遍使用的捕虾方法,主要是在网的底网前沿装置电源,拖曳时放电,虾受到刺激而跳入网内达到捕获的目的,此法适用于大规模捕虾。使用电网捕虾时,先将池水排放至 50 厘米左右,以利于电网操作。

三疣梭子蟹安全、优质养殖技术

三疣梭子蟹是我国沿海重要的经济蟹类,是传统的名贵海产品,肉质鲜美、营养丰富。三疣梭子蟹可食部分占 49%,蛋白质 15.9%,脂肪 3.1%,碳水化合物 0.9%,灰份 2.6%。在 100 克肉中,维生素 A 为 121 微克,维生素 E 为 4.56 毫克,硒 90.96 微克。其肉和内脏在医药上有清热、散血、滋阴的作用,也用于漆疮、湿热和产后血闭的治疗。蟹壳有清热解毒、消瘀和止痛作用,还用于治疗无名肿痛、乳痛、冻疮和跌打损伤,也用于饲料工业及提取甲壳素等工业的原料。因此,三疣梭子蟹深受国内外消费者喜爱,是重要的出口创汇产品,商品价值极高。

梭子蟹以前资源十分丰富,但由于捕捞过度,20 世纪 70 年代开始世界和我国梭子蟹资源日趋下降,已引起各国对增殖放流和养殖的重视,并先后开展了苗种生产和增养殖的研究。我国三疣梭子蟹的研究和生产比较晚,在我国沿海渔民进行过粗养。80 年代,山东、辽宁等地进行了人工育苗试验,成功培育出了放流规格的苗种。山东沿海还进行了土池育肥和蓄养生产的试验,并获得成功。目前,三疣梭子蟹以其优良的生长性能,极高的食品价值和经济价值,在沿海各地掀起了一股养殖热潮。

一、分类地位及地理分布

我国梭子蟹的种类很多,已经发现的有 17 种,其中体形大、食用价值、经济价值高的有三疣梭子蟹、远海梭子蟹和红星梭子蟹 3 种,以三疣梭子蟹产量最高、个体最大、分布最广。

1. 三疣梭子蟹

三疣梭子蟹个体硕大,最大个体可达 1 千克,一般也可达 400 克,体宽 200 毫米(图 14)。三疣梭子蟹广泛分布在太平洋西海岸,北起日本的北海道,南至东南亚的越南、泰国等地。1987 年韩国年产量 3 万余吨,泰国产 24 万吨,我国约 12 万吨。主要产于潮间带海滩广阔的内湾水域,如莱州湾、渤海湾、长江口和浙闽沿海。

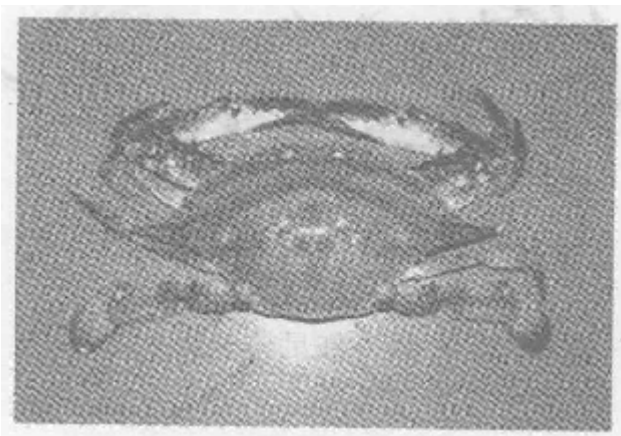


图 14 三疣梭子蟹

2. 远海梭子蟹

远海梭子蟹,俗称花蟹,一般体宽 135~160 毫米、体重 200~250 克,大型雌蟹体宽 175 毫米、体重 450 克;头胸甲和螯足雌性呈茶绿色,雄性呈紫色,均带有不规则的浅蓝色及白色斑纹(图 15)。远海梭子蟹分布于印度—西太平洋海区,我国产于南部沿海。

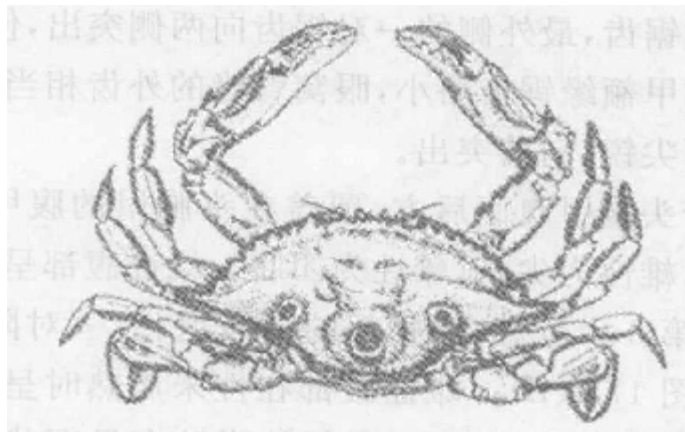


图 15 远海梭子蟹

3. 红星梭子蟹

红星梭子蟹俗称三点蟹,体宽 110~130 毫米,体重 100~130 克,头胸甲光滑,且后半部有 3 枚并列的紫红色圆斑而得名(图 16)。分布于印度—西太平洋海区,中国产于福建以南各省沿海。

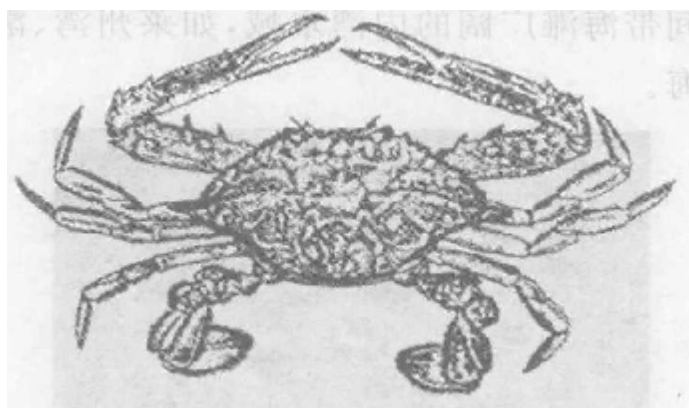


图 16 红星梭子蟹

二、生物学特性

1. 外部形态特征

三疣梭子蟹,俗称枪蟹、白蟹、膏蟹,全身分为头胸部、腹部和附肢。头胸部包括头部、胸部,其背面覆盖头胸甲,头胸甲呈梭形,且具 3 个疣状突起(胃区 1 个,心区 2 个)而得名。前侧缘左右各有 9 枚锯齿,最外侧的一对锯齿向两侧突出,使蟹体形成梭子形。头胸甲额缘锯齿略小,眼窝背缘的外齿相当大,眼窝腹缘的内齿长而尖锐、向前突出。

腹部位于头胸甲腹面后方,覆盖在头胸甲的腹甲中央沟表面,俗称蟹脐,雄性为尖脐,雌性为团脐。雄性腹部呈窄三角形,第一节很短,第 3、4 节愈合,腹部的附肢退化,一对附肢转化成雄性交接器(图 17A、B)。雌性腹部在性未成熟时呈钝三角形,性成熟后呈椭圆形,共分 7 节,腹部的附肢多呈羽状突起,卵子产出后即附于附肢上(图 17C、D)。

附肢有头部附肢、胸部附肢及腹部附肢。头部附肢包括 3 对触角、1 对大颚、2 对小颚；胸部附肢包括 3 对颚足、1 对螯足、4 对步足；腹部附肢，雌性为 4 对，雄性腹部附肢均已退化，第 1、2 腹节的附肢变为生殖器。

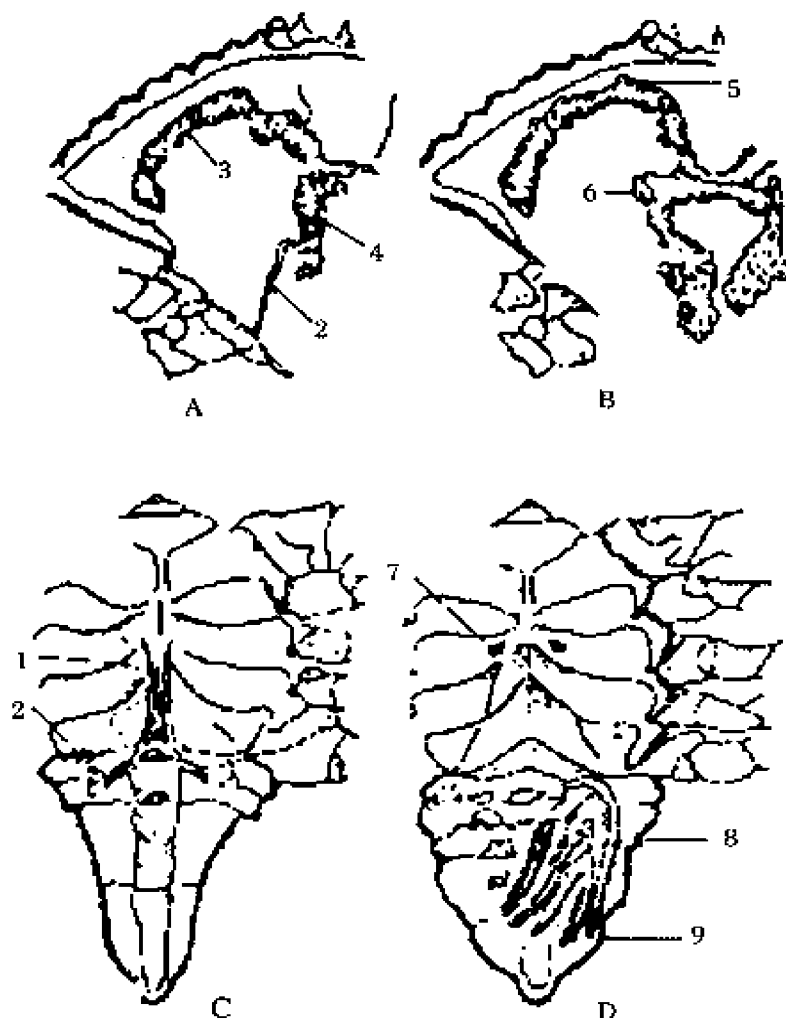


图 17 三疣梭子蟹的生殖器官

A、B. 雄性 C、D. 雌性

1. 交接器(阴茎) 2. 射精管 3. 精巢 4. 输精管 5. 卵巢 6. 受精囊 7. 生殖孔 8. 腹肢内肢(卵附着) 9. 腹肢外肢

三疣梭子蟹的背甲呈茶绿色，颜色随栖息地而异。沙底的环境，蟹背甲呈浅灰绿色；在海藻环境里捕到的蟹，颜色就深一些，螯足呈紫色。游泳足各节边缘多短毛，各节颜色雌雄略有不同，雄性蓝绿色，雌性深紫色。腹部和头胸部的腹面都是瓷白



色,临近产卵期,腹部内充满卵子,呈紫红色条斑。

2. 内部构造特征

三疣梭子蟹体内具有完整的消化、呼吸、循环、神经、生殖、肌肉系统及感觉和排泄器官。打开头胸甲,可见到内脏中央有一个近五角形的、透明微黄的心脏。前后端均有动脉与各器官相连;左右侧为鳃腔,具6对灰色的鳃;消化管自口经过一很短的食道与胃囊相通,后面连接一条细直的肠道,直通腹部末端的肛门;胃的两侧有左右两叶肝脏,呈土黄色,占据了头胸甲的大部;雌蟹具卵巢1对,当成熟怀卵时,卵巢几乎充满整个头胸甲,一直延伸到侧刺内,为橙黄色,遮盖消化腺的大部;输卵管的末端有受精囊,开口于胸板愈合后的第3节(见图17C、D)。雄性在头胸部前侧缘肝脏表面,有1对乳白色、回转弯曲的、长带状睾丸,与螺旋形输精管相连,末端即为射精管,开口于游泳足基部的雄性生殖孔(见图17A、B)。

三、生态习性

1. 生活习性

三疣梭子蟹活动有规律性,常昼匿夜出,多在夜间觅食,有明显的趋光性。它的活动随着季节、年龄和性别不同而有所不同。在春夏繁殖季节,常到近岸3~5米的浅海产卵,尤其在港湾或河口附近为多,叫生殖洄游;春季到浅海的,以大型雌蟹为多。大型雄蟹常停留在较深的海区,即使到浅海也较晚。夏季,以中小型雌、雄蟹较多。秋末冬初,则逐渐移居10~30米的泥沙海底越冬,称越冬洄游。在生殖洄游或越冬洄游季节,常集群活动。因此,可以根据它的习性,采用不同网具,放置在不同深度进行捕捞。

三疣梭子蟹在海中非常活泼,依靠末对步足的划动,向左右或前方游动,但大都是顺着海流游动。遇到障碍物或受惊时,即

向后倒或迅速潜入下层水中。

三疣梭子蟹喜欢生活于沙质或泥沙质的海底。在海底它用前 3 对步足之爪左右爬行,缓慢行动。休息时,用末对步足掘沙,将自己埋伏起来,眼和触角露于沙外,或者隐藏在岩礁石中躲避敌害。幼蟹多栖息在潮间带的沙滩中,以退潮时能露出的沙滩为主。

在蜕壳时,常躲藏在岩石之下或海草之间,直到蜕壳完成,新壳变硬之后,才出来活动。三疣梭子蟹的色泽与栖息环境相适应,凡是从沙底捕到的,颜色就深些。

三疣梭子蟹性格凶猛,十分好斗,幼蟹已有明显的残食现象,因而人工养殖投饵时要注意均匀分散,以免造成损伤。

三疣梭子蟹要求水质清洁,对温度、盐度的适应范围较广。在水温 $12\sim 18^{\circ}\text{C}$ 、盐度 $16\sim 35$ 的水域内均能生存。其生长适温为 $17\sim 30^{\circ}\text{C}$,人工育苗的最适温度为 $22\sim 27^{\circ}\text{C}$ 。生长良好的比重是 $1.008\sim 1.020$,人工育苗最适宜的比重是 $1.012\sim 1.020$ 。幼蟹以后对海水的盐度适应性增强。在水温降到 10°C 时三疣梭子蟹就移往深水处,潜入泥沙中越冬(表 21),大型三疣梭子蟹可潜沙 10 厘米。其他的水质指标,如溶解氧要大于 4.8 毫升/升,pH 值 $7.8\sim 8.6$,透明度 30~40 厘米。

表 21 低温下三疣梭子蟹的活动情况(莱州养蟹池内观察)

水温 ($^{\circ}\text{C}$)	14	10	8	6	0	-1.5
摄食情况	摄食量开始下降	少数个体停止摄食	大部分个体停止摄食	不摄食	不摄食	不摄食
活动状况	活动正常	活动减弱	入深水处,很少活动	大部分个体潜沙休眠	潜沙休眠	部分个体开始冻死

三疣梭子蟹具有一定的耐干能力,在一定范围内随温度的升高而下降。体重 100 克左右的个体,在气温 20°C 左右,露空 8 小时不死;在 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 时,露空 26 小时,成活率高达 87.8%,这给



苗种干运和低温活蟹运输创造了条件。

2. 食性

三疣梭子蟹属于底栖动物食性,主要摄食双壳类(即贝类),还有甲壳类、头足类、鱼类和腹足类,兼食多毛类、真蛇尾类和海藻。

三疣梭子蟹的食物组成随时间也有变化,最显著的差异在于双壳类,它的出现频率由8月份的近80%降低为10月份的40%,摄食率由8月份的92.45%降低为10月份的10%。

三疣梭子蟹有昼伏夜出的习性,因此,夜间比清晨摄食量要高些。其摄食与水温有密切关系。当水温为 $15.5\sim 20.6^{\circ}\text{C}$ 时,摄食强度大;水温低于 14°C ,摄食量开始减少;水温低于 8°C 不摄食。

3. 蜕壳与生长

三疣梭子蟹和所有甲壳动物一样,都要进行蜕壳(蜕皮)。从溞状幼体、大眼幼体、幼蟹至成蟹,要经过许多次蜕壳(蜕皮)。蜕壳不仅是发育变态的标志,也是个体生长的重要阶段。由于梭子蟹的甲壳伸展性差,不能随身体的长大而增大,因此,生长必须蜕壳。通常年幼的梭子蟹蜕壳间隔较短。随着个体增长,间隔拉长。此外,蜕壳还与形态的改变、断肢的再生以及交配等活动有关。

(1)蜕壳的分类。梭子蟹一生需蜕壳23~24次,可分为变态蜕壳、生长蜕壳和交尾蜕壳。

①变态蜕壳:幼体从卵子孵出后,要经过6~7次蜕壳,才能完成各个不同的发育阶段。每蜕一次壳,形态都有不同的变化,直至变成仔蟹,称变态蜕壳。

②生长蜕壳:仔蟹经过17次蜕壳,身体不断增长,称生长蜕壳,但形态没有明显的变化。

③交尾蜕壳:雌蟹性成熟时进行蜕壳,此时雄蟹与其交尾,交尾后雌蟹一般不再蜕壳,称交尾蜕壳。

(2)蜕壳前的征兆。三疣梭子蟹在蜕壳前,游泳足最末两节

之间出现一条白色线纹,3~4天还会出现一条红色线纹。出现以上征兆后几小时即开始蜕壳。头胸甲后缘与躯体之间出现裂缝,头胸甲向上抬起,裂缝越来越大,新的柔软躯体逐渐蜕出(图18)。额部和螯足各节大小差异较大,关节宽窄也不同,所以蜕出较困难。

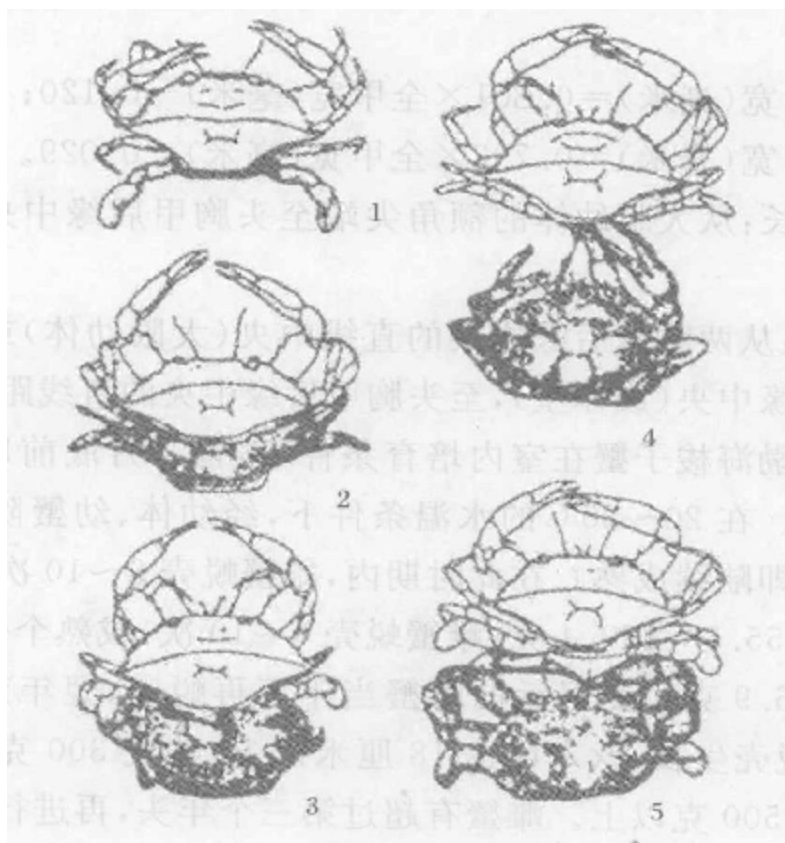


图 18 梭子蟹蜕壳的程序

1. 在蜕壳初期,最后两对步程已露出在旧壳之外
2. 头胸部的后半部已露在了旧壳之外,这时侧刺向前弯
3. 身体大部分已蜕出旧壳,只剩额部及螯足尚未露出
4. 只有螯足尚未完全蜕出,侧刺已向左右伸直
5. 蜕壳已完成,身体比旧壳大了一些

在正常情况下,三疣梭子蟹的整个蜕壳过程仅需 15 分钟,若在蜕壳过程中受到惊扰,或在蜕壳前受过伤,则蜕壳时间可延长到 45 分钟至 1 小时,甚至发生障碍引起死亡。刚蜕出的蟹体甲壳很软,很快吸水膨胀,把原先有皱纹的头胸甲涨开,两侧刺也由弯曲变得向两侧伸直。几分钟后,身体渐渐坚硬,色彩也鲜明起来;12 小时内新壳还呈柔软状态;2~3 天后才完全硬化。

(3)生长。三疣梭子蟹的生长是伴随蜕壳而进行的。每蜕

一次壳,体宽可增加 30%,体重增加 50%~100%。

三疣梭子蟹的生长测量:

全甲宽:成体型三疣梭子蟹头胸甲两侧棘尖端间的直线距离。

甲宽:成体型三疣梭子蟹头胸甲两侧棘基部前缘间的直线距离。

雄:甲宽(毫米) $=0.801 \times$ 全甲宽(毫米) -0.120 ;

雌:甲宽(毫米) $=0.793 \times$ 全甲宽(毫米) -0.029 。

全甲长:从大眼幼体的额角尖端至头胸甲后缘中央的直线距离。

甲长:从两眼窝后缘连接的直线中央(大眼幼体)或自头胸甲额域前缘中央(成体型),至头胸甲后缘中央的直线距离。

我国渤海梭子蟹在室内培育条件下,自 5 月底前后第一批幼体孵出。在 20~30℃ 的水温条件下,经幼体、幼蟹阶段,到 8 月底前后即陆续成熟。在此时期内,雄蟹蜕壳 8~10 次,成熟个体体重达 55.5~170.4 克;雌蟹蜕壳 9~10 次,成熟个体体重达 83.0~176.9 克。交尾后的雌蟹当年不再蜕壳,翌年产卵繁殖后,继续蜕壳生长,秋末可达 18 厘米以上,体重 300 克以上,最大的可达 500 克以上。雌蟹有超过第三个年头,再进行产卵者。雄蟹在第二年交尾后,大部分死亡。

应当指出,并非所有的蜕壳都能增长和增重,尤其在人工养殖条件下,人为的刺激或饲喂蜕壳激素可以刺激蜕壳,但因体内营养物质积累不足,蜕壳后体重反而下降。

三疣梭子蟹的生长因水温和饵料条件而有较大差别。

梭子蟹的螯足、步足,在受到强烈刺激、机械损伤或蜕壳受阻时,常会发生丢弃其足的自切现象。但足切后还可以再生,在足切后一周内,其基节的自切面上长出肢芽,2~3 周后肢芽发生分节。当蟹蜕壳后,肢芽蜕去几丁质囊,形成新足。

4. 繁殖习性

(1)三疣梭子蟹的性腺发育与成熟。三疣梭子蟹卵巢左右

各一对,自体中央部分别向后延伸,覆盖其他脏器,并深埋于头胸甲前部的腔部。其发育可分为以下6期:

- 1期:幼蟹交尾之前,腹部呈三角形,卵巢未发育。
- 2期:已交尾卵巢开始发育,呈乳白色细,带状。
- 3期:卵巢呈淡黄或橘黄色,带状。
- 4期:卵巢发达,橘红色,扩展到头胸甲的两侧。
- 5期:卵巢发达,橘红色,卵产出后于腹部抱卵。
- 6期:卵巢退化,腹部抱卵。

据仓田博等人研究,根据卵巢对体重重量比的季节变化来推测,在濑户内海的三疣梭子蟹,其卵巢大约在10月份开始发育。此时期的性腺指数3%多一些,到11月中旬则达到5%。冬季将继续发育,3月中旬为11%,至5月上旬进入产卵期时达14%,临产前超过15%(性腺指数为卵巢重/甲长³×10³)。产2~3次卵的雌蟹,在每次产卵之后,可以看到卵巢迅速发育的现象。

(2)交尾。三疣梭子蟹经第12~13次蜕壳,便可达性成熟,这时的蜕壳称为“成熟蜕壳”。经成熟蜕壳后,可进行交尾。天然海区最小型雌蟹甲壳宽13厘米,体重约230克,人工养殖个体至12厘米可进行交尾。

交尾季节随地区以及个体的年龄而有不同。在黄渤海,4~5月到初冬,凡是成熟的两性均可交尾。当年5~6月份生的仔蟹在9月中旬至10月下旬为交尾盛期,7月份的仔蟹到翌年春季为交尾盛期。浙江北部沿海,交配期在7~11月,盛期在9~10月。

在进行交尾活动时,雄蟹在雌蟹未蜕壳前,追逐有时长达10天,一般持续2~5天,一旦雌蟹蜕壳即进行交尾。待雌蟹刚蜕完壳,身体处于柔软状态,雄蟹就附于其上,用第3、4对步足将雌蟹抱住。此时雌蟹背部向下,步足收拢,腹部张开,雄蟹用交接器将精英纳入雌蟹贮精囊内,整个交尾过程约需2小时到半天。交尾活动一般只一次,但也有经过两次才告终的。贮精

囊内的精荚刚开始呈桃红色,随着雌蟹甲壳硬化,精荚逐渐硬化、缩小、褪色,最后在雌蟹贮精囊内部分只能看到白色隆起。精子在贮精囊内一直贮存到翌年春季,再行受精(精子在贮精囊内保存6~10个月仍有受精作用)。

(3)产卵与抱卵。产卵时间因各地水温高低不一而有差异。南方多在4月产卵。黄渤海的三疣梭子蟹在5月上、中旬开始产卵,5月底、6月初比较集中。越冬亲蟹因水温较高,比自然海区还提早1个月,约在3月底、4月初产卵。提早产卵时间跟越冬水温有关,据有关资料介绍,从交尾到产卵的积温为 2458°C (以 0°C 为基准)。温度越高,产卵时间越早。

从个体大小来看,一般早期产卵多为甲壳宽18厘米以上的大型个体,进入产卵盛期以后则为中、小型个体。产卵期可延至9月。当卵子通过输卵管排出时,与纳精囊内的精子相遇而受精,而后排出体外,粘附于腹肢内肢的刚毛上,通过不断扇动腹部,并用螯足梳理卵块,使其不断接触新鲜海水直至孵化,此过程就叫抱卵。刚抱卵的雌蟹白天仍将身体埋在沙中,随着胚胎的发育,潜沙次数越来越少,孵化前几乎不再潜沙。

三疣梭子蟹抱卵的数量依雌蟹个体大小而异,个体越大抱卵数越多,一般80万~450万粒。甲壳宽17.3厘米的雌蟹抱卵数约为110万粒,甲壳宽27.8厘米的约为500万粒。第一次产卵孵化后,经12~20天暂养又可第二次产卵。小型雌蟹一般产卵2次,大型雌蟹可连续产卵3~4次,个别产卵5次。其间雌蟹不蜕壳也不重新交配。每次产卵的数量有逐渐减少的趋势。

三疣梭子蟹产卵场盐度为28.9~30.7,底质为沙质底。产卵活动多在半夜进行。

(4)卵子的发育。刚产出的受精卵略呈椭圆形,长轴为0.3毫米左右,卵块颜色浅黄,以后逐渐变为橘黄、橙黄、茶褐、褐色和紫黑色。颜色由浅变深是由于胚胎出现色素和眼点。通过观察颜色的变化可推断孵化时间,更可靠的是通过镜检、计算心跳次数确定胚胎发育时间。注意已充分发育的胚胎,易随着环境

的影响而发生卵块放散或脱落,即“流产”现象。

三疣梭子蟹的整个胚胎发育过程,在水温 $12\sim 19.8^{\circ}\text{C}$ 、盐度 $20\sim 25$ 的条件下约需 680 小时。卵排出约 52 小时后开始表面卵裂,至 256 小时细胞进入囊胚期。囊胚后期,内胚层细胞出现并与集中在其周围的其他细胞一起内陷,形成原肠。胚胎发育到后期,具 3 对附肢的卵内无节幼体与具 7 对附肢的卵内溞状幼体依次出现。复眼、心脏和色素细胞均在卵内溞体阶段产生。孵化前 2 天的胚胎离体后,能正常发育、孵化。

(5)孵化。三疣梭子蟹从抱卵到孵化,孵化的速度与水温密切相关。在水温 $19\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、盐度 $28.5\sim 31$,三疣梭子蟹自受精卵开始,经过 15~20 天的胚胎发育,卵团变成灰黑色,卵膜内的溞状幼体镜检会蠕动。心脏搏动每分钟达 130 次以上,近 200 次/分钟时,一般当晚或第 2 天晚上即将孵化。

三疣梭子蟹的孵化几乎都在夜间($20:00\sim 4:00$),特别是后半夜进行,孵化需 1.5~2 小时。在水温低于 10°C 时孵化时间延长,孵出的幼体多畸形,数日内几乎全部死亡。三疣梭子蟹抱卵 8 天前后胚胎发眼。发眼后至孵化的大致过程如表 22 所示。

表 22 三疣梭子蟹卵发眼后至孵化发育情况

时间	发育特点
第 1 天	出现褐色丝状眼点
第 2 天	眼点明显
第 3 天	腹部及其他部位出现色素
第 4 天	色素明显,卵黄开始被吸收,出现缓慢心跳
第 5 天	心跳规则,每分钟 60~70 次
第 6 天	卵黄明显被吸收,心跳每分钟 100 次左右
第 7 天	卵黄几乎全部被吸收,心跳每分钟 130 次以上,前头棘呈现淡紫色
第 8 天	幼体孵出

(6)幼体发育。三疣梭子蟹的卵孵化后即进入溞状幼体期(用 Z 表示),溞状幼体一般分为 4 期,但由于低温或饵料不适等环境条件的影响,也可能变为 5 或 6 期,这是发育期延长的表现。若发育正常,水温 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时每 3 天蜕皮一次。其中溞状

幼体阶段为 10~12 天,变态为大眼幼体后,再经 5~6 天蜕皮变态为幼蟹。

蚤状幼体身体分头胸部和腹部,头胸部较宽,被以头胸甲,甲壳表面有许多棘状突起,具一前额刺和一枚较长的背刺,两枚短侧棘。头胸部前方有一对复眼,腹部细长,早期分 6 节,后期 7 节,第 2、3 节每节中部两侧各具一侧刺。尾叉侧背面具两对刺,内侧缘具刺形刚毛,各期数目不同。第 1、2 对颚足外肢末端刚毛呈羽状,刚毛数为幼体的分期依据。蚤状幼体以发达的第 1、2 颚足为主要运动器官,营浮游生活。

大眼幼体(用 M 表示)体长 3.72~4.05 毫米,体扁平,头胸甲前具一额刺,后缘两侧各具一后下刺,眼柄伸长,腹部 7 节,尾叉消失,已具螯足。大眼幼体可用发达的步足匍匐于水底,或借助腹部的羽状附肢游泳。

仔蟹(用 C 表示)已初具蟹形,形态与成蟹基本相似,也与成蟹一样栖息于水底或游动。

梭子蟹属的种类很多,各种蚤状幼体的鉴别对增养殖非常重要。在种类特征上,主要的区别是额刺,第 2 触角基节突起与其外肢长度的相对关系。在大眼幼体期头胸甲达 2.1 毫米以上时,尾肢外肢的羽状毛数目不同。三疣梭子蟹有 11~13 条羽状毛,远海梭子蟹有 9~10 条羽状毛。

四、三疣梭子蟹的苗种生产

(一)育苗设施

1. 育苗室

育苗池、饵料培养室、供水、充气、增温、水质分析及生物监测室等设施。培育池以 20~30 米³ 为佳。

2. 亲蟹培养池

以长方形为宜,内设双重底沙床,沙厚 10 厘米以上,池水连

续充气,日换水量在 50%~200%,每周冲洗沙一次。饵料台设置在近排水管 1/4 处(此处不设沙床)。池上设有遮光罩,透光率 5%(即光照度 500 勒克斯以下)。

3. 附着器

可以使用扇贝养殖笼,用棕绳等编制的贝类附着器,也可以用绿色塑料线为材料编制成的羽毛状人工海草,长 1.8 米左右。幼体培育中还可利用网片做成防残网,网片一般为 20 目的纱窗网或筛绢网等,幅长一般 1 米,长度可与育苗池的大小相适应,一般 1~4 米。投放数量可根据育苗池内幼体密度大小而增减,一般每立方米水体中投放 0.5~1 米² 的防残网片,投放时间最好安排在大眼幼体即将变态之前。

(二) 亲蟹

1. 亲蟹的来源

亲蟹的来源:春季产卵季节采捕未产卵蟹,也可采捕已产卵的抱卵雌蟹;秋末冬初收购已交尾的雌蟹,经越冬培育后用;春季产卵期前 1~2 个月收购雌蟹,在室内强化培育,促使提早产卵;选用人工育成的大规格蟹,越冬再用。

2. 亲蟹的选择

亲蟹选择的标准:亲蟹无外伤,活力良好,附肢完整无伤,体表光滑,不粘污物;卵块的轮廓、形状完整无缺损;胚体尚未十分发育。卵色为淡黄或橘黄,色调鲜明;卵块大,抱卵亲蟹重量最好在 300 克以上,不要用小于 200 克的抱卵个体。

3. 亲蟹的运输

亲蟹的运输应避日光直射,抱卵亲蟹不能离水太久。运输前先用橡皮筋将蟹足绑住,以防运输途中互相角逐致伤。运输方法有干运和湿运两种。

(1)干运法。在干法运输中,适应短途少量运输的方法是用海水将纱布或纸浸湿,把蟹包起来,放在厚纸箱中运输。用 0.41 米×0.23 米×0.28 米的泡沫塑料箱,每箱放亲蟹 10~30 只,内

装木屑填衬,并适当放入冰块,以保持箱内 3.8~12.8℃ 的低温,运输 3 小时成活率 70% 以上。

(2)湿运法。用 0.85 米×0.90 米×0.35 米的泡沫塑料箱,内衬塑料薄膜,装水 0.25 米,充氧密封,每箱可装亲蟹 10~20 千克,运送 4~5 小时成活率可达 95%~100%。有条件的可放在活水舱中运输,在活水舱中运输,由于海水交换好,可以保持合适的水质,故亲蟹死亡率低,但运输时间拖长且成本高是其缺点(表 23)。也可用帆布桶或篓盛水、充氧运输。

表 23 亲蟹运输方法和死亡率

运输方法	所需时间 (小时)	次数	一次运输量		平均死亡率(%)
			数量	重量 (千克)	
专用运输箱(250 升)	0.5	2	4	1.5	0
专用运输箱(250 升)	1.5	3	10~14	3~4	0
专用运输箱(250 升)	4.0	7	6~56	3.2~23	5.6
专用运输箱(250 升)	4.5	4	8~24	3.5~10.5	0
波纹板纸箱(填充锯末)	2.0	2	3~9		27.8
波纹板纸箱(填充锯末)	3.0	2	10~16		28.2
波纹板纸箱(填充锯末)	9.0	1	34		26.5
活水舱	7.0	1	10		0

4. 亲蟹培育池的准备

亲蟹培育池可为小型水泥池、土池,也可为玻璃钢制水槽。池内应设有进排水或充气装置。水池或水槽底部,除在排水口附近用砖隔出一块 20%~30% 面积大的投饵台外,其他地方均应铺设 10 厘米厚的沙床。池内还应设置隐蔽物,以利亲蟹生长发育。为抑制沙床上硅藻的繁殖,还须把水槽遮光,使光适当减弱,光照最好在 500 勒克斯以下,即透光率小于 5%。亲蟹入池前,应对亲蟹培育池进行严格消毒,消毒的方法可用每立方米水体加 20 克高锰酸钾消毒 30 分钟;每立方米水体 400 毫升的甲醛药浴消毒 5 分钟;也可用每立方米水体加 200~400 克漂白粉

液浸泡 24 小时,然后用硫代硫酸钠中和余氯。

5. 亲蟹入池

亲蟹运回后,应尽快入池。入池前使用每立方米水体 400 毫升的甲醛药浴 5 分钟,以杀灭亲蟹体表及卵群的附着物,然后去掉橡皮筋后放入培育池内培养。在亲蟹入池时应注意温差要小于 5°C ,盐度也不能相差太大,一般为 3~5。放养密度为 3~5 只/米²。

据试验,亲蟹培育池底有沙比无沙、雄蟹混养比例高比仅养雌蟹,呈雌蟹产卵率高的趋势(表 24)。有沙的池子,蟹可潜伏其中,避免不必要的刺激,起到安全产卵的效果。但是,试验所用的雌蟹全是交尾过的个体,培育过程中是不必重新交尾的,因此,混养雄蟹对于雌蟹产卵有什么作用,此机理尚不清楚。根据表 25,在无沙池子中,第 1 批抱卵孵化后继续蓄养下去,未见第 2 批抱卵;在铺沙的池子中,第 1 批卵孵化后 7~10 天,就开始产第 2 批卵。因此,为提高雌蟹的获产率,在池底铺沙的同时,还应放入适量的雄蟹。

表 24 雄蟹对育成亲蟹产卵的影响

试验组别	性别	试验尾数	死亡尾数	死亡率(%)	成活尾数	成活率(%)	抱卵尾数	抱卵率(%)	流产尾数	流产率(%)	不抱卵尾数	不抱卵率(%)
1	雌雄	12 0	3	25.0	9	75.0	1	11.1	4	44.5	4	44.5
2	雌雄	17 4	0 0	0 0	17 4	100	11	64.7	0	0	6	35.3
3	雌雄	14 6	2 0	14.3 0	12 6	85.7 100	8	66.7	0	0	4	33.3
4	雌雄	15 10	2 0	13.3 0	13 10	86.7 100	12	92.3	0	0	1	7.7

表 25 池底对培育亲蟹产卵的影响

底沙	性别	试验尾数	死亡尾数	死亡率 (%)	成活尾数	成活率 (%)	抱卵尾数	抱卵率 (%)	流产尾数	流产率 (%)	不抱卵尾数	不抱卵率 (%)
有	雌	51	0	0	51	100	32	62.8	4	7.8	15	29.4
	雄	7	7	100	0	0						
无	雌	17	0	0	17	100	1	5.9	4	23.5	12	70.6
	雄	5	3	60	2	40						

6. 亲蟹培育管理

(1) 加强水质管理。

温度调控:亲蟹入池后在自然水温下稳定 1~2 天,然后缓慢升温,根据生产需要先后把水温升至 18~22℃ 恒温培育。在升温过程中日升温应控制在 0.5~1℃。从产卵到孵化需要 16~22 天,以 0℃ 为基准的累积温度为 340~390℃,才能正常孵化。若抱卵期持续低温,累积温度增至 420℃ 以上时,容易出现亲蟹死亡,卵子脱落,孵化出的幼体虚弱等现象。若水温环境变化过激,易出现较高的流产率,一般从发眼至孵化,水温 20.0~23.8℃ 时需 7 天,水温 23.2~25.7℃ 时需 6 天,水温控制在 22~25℃ 为宜。当胚胎发育到后期膜内原溞状幼体,额角基部出现紫色斑点,水温在 21.4~22.8℃ 时,第 2 日晚便可孵化。

每日换水量 50%~200%,使溶解氧保持在每升 5 毫克以上,盐度范围为 20~30,pH 值为 7.8~8.6。底部沙层常因残饵及排泄物的堆积、腐败,形成还原层,变黑,引起底层水缺氧,应每 1~2 周洗沙一次,减少污染。池底的沙不要铺平,做成小沙堆状,使表层经常保持氧化状态。

(2) 饵料投喂。亲蟹饵料以鲜活的贝类、沙蚕、小型虾蟹类、糠虾类、小杂鱼等为主,以蛤类、沙蚕最好。投饵量为亲蟹体重的 5%~10%,实际投喂时看残饵的多寡调整投饵量。一天分两次投喂,傍晚应多一些。

(3)病害防治。在亲蟹培育期间,为防止重金属离子对胚胎的不良影响,应始终使池水内 EDTA 的浓度为 $3\sim 5$ 克/米³。细菌病的防治可交替使用抗生素,如每立方米水体加 1 克盐酸土霉素等。预防寄生性纤毛虫病,每立方米水体 30 毫升甲醛全池泼洒。

(4)日常观察。亲蟹培育期间应经常检查亲蟹产卵情况和胚胎发育状况(见三疣梭子蟹繁殖习性部分)。

(三)孵化

目前,生产中孵化池多直接设在幼体培育池(其设施、准备工作见幼体培育部分)。孵化过程是:从抱卵到孵化,在水温 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ 范围内,水温越高,孵化时间越短。以 0°C 为基准,积温 $340\sim 390^{\circ}\text{C}$,需 $15\sim 20$ 天。卵群色泽变化依次为:淡黄→橘黄→橙黄→茶褐→褐色→灰褐色→紫黑色。当梭子蟹卵块呈紫黑色,心跳 200 次/分钟时,一般当晚或第 2 天即孵化。孵化多发生在清晨或午前,中午也有个别零星孵化的,但多不正常。

水温的高低影响其发育速度和是否正常发育。在水温低于 10°C 左右时,孵化时间长,孵出的幼体多为畸形,在数日内几乎都死亡。由于各种原因导致刚孵出的幼体发生异常,即孵出的幼体几乎不能游泳或虽游泳不久就沉底死亡,也有的幼体刚孵出时是正常的,经 $1\sim 2$ 天后死亡。有人认为,蚤状幼体头胸甲上的背棘为钩状的,大致在 24 小时内死亡。因此,要获得正常孵化的幼体,必须要有适宜水温,并要考虑到亲蟹的体质状况及环境的影响。在孵化过程中要充分充气,在孵化后立即镜检,如有畸形或死亡过多应立即舍去。蚤状幼体初期趋光性强,亦可从趋光性强弱来区分强壮程度。

(四)幼体培育

1. 培育设施

三疣梭子蟹幼体培育多采用水泥池或水槽,室内、室外皆

可,但若为室内池,屋顶需用透明材料(如玻璃或玻璃钢瓦等)。水泥池或水槽的容积为 $20\sim 60$ 米³,水深 $1.0\sim 1.5$ 米为宜,以长方形为好。水池应设有进排水、滤水、充气等装置,并视当地水温情况,决定是否附设增温设施。池底要有较大的坡度,一般 $1.5\%\sim 3.0\%$ 。排水底阀应足够大,直径一般在 $100\sim 150$ 毫米,以利蟹苗出池。有的地区也曾用地池进行幼体培育,有的培养到溞状末期,即用灯光诱捕的方法移入水泥池,继续完成大眼幼体的培育。目前,国内沿海各地的对虾、河蟹,甚至贝类育苗设施,皆可进行三疣梭子蟹的人工育苗生产。

在三疣梭子蟹育苗设施中,除幼体培育池外,还应设有一定比例的单胞藻培养池、轮虫培养池、卤虫孵化池等,4种池子水体的比例大致为 $1:0.2:0.1:0.1$ 。最好设有预热池,幼体培育池与预热池水体比为 $5:1$,以保证换水温度所需。

2. 消毒与处理

消毒包括育苗池、育苗用水的消毒和清理。新建水泥池的碱性很强,会影响幼体发育,需用水浸泡1个月左右。若时间紧张,则采取加少量工业盐酸的方法,可缩短浸泡时间。水泥池在育苗前应用每立方米水体加20克的高锰酸钾,洗刷池底和池壁。

病害对幼体培育的影响很大。海水中的病菌、寄生虫及幼鱼虾都对幼体形成危害,因此,育苗用水必须进行处理。较为简便的是用滤网过滤,可除去部分敌害生物。在育苗前期过滤时可用150目筛绢网。大眼幼体期间可用80目筛绢网。采用砂滤过滤海水的方法,可阻止浮游生物、有机碎屑通过,效果较为理想。采用化学方法消毒最为彻底,一般向育苗用水中加入 $120\sim 150$ 克/米³、含有效氯 $8\%\sim 10\%$ 的次氯酸钠溶液消毒,12小时后再加入适量的硫代硫酸钠消除余氯。由于硫代硫酸钠会消耗水中的溶解氧,因此,除氯后须向水中充气。

3. 培育用水的调控

幼体收集前后,进行培育用水的生态调控是保持水环境稳

定的关键。在幼体收集前两日,注入水池有效水体 60% 的过滤海水,加入 EDTA 钠盐 3~5 克/米³。加入小球藻 40 万个/毫升,扁藻、小硅藻各 2 万个/毫升及部分角毛藻,轮虫 3~5 个/毫升。温度控制在 22~25℃。幼体收集后根据观测进行调控并在特殊发育阶段做必要的调整,以满足幼体生长、发育、变态的需要。

4. 幼体质量的鉴别及选育收集

并不是所有抱卵的亲蟹都能顺利孵化,有时环境突变或恶化,会使抱卵的雌蟹突然“流产”,即雌蟹将卵块用螯足梳理掉。同样能孵化的幼体也有质量上的差异(表 26),弱的幼体难以培育。因此,在培育幼体之前必须鉴别孵化幼体的质量,以决定取舍。

表 26 三疣梭子蟹孵化幼体的等级

等级	活力	集群	下沉个体	镜检形态	水槽中分布	备注
一等	良好	能力强	无	正常	表层	收集
二等	好	能力弱	无	正常	上层	收集
三等	较好	能力很弱	部分	部分个体异常	中层	选育
四等	缓动	不集群	大部分	异常	中下层	不收集
五等	弱	不集群	全部	异常	下层	不收集
六等	不动	不集群	全部	异常	底	不收集

选优的方法是:将确定孵化的亲蟹,傍晚投放于 1 米³ 的水槽中(1 只/槽),充气,控温 22~25℃,投入轮虫 20 个/毫升,定时观察确定孵化时间。在孵化过程中应防止盐度变化超过±3 和水温超过 25℃,否则,孵化后畸形幼体比率增高。孵化后,早晨水槽停止充气,旋转水槽内的水,使卵膜及刚毛等脏物下沉堆积,健康幼体则浮于上层。用虹吸法将上层幼体吸入已准备好的幼体培育池中培养,收集密度为 2 万~4 万尾/米³。国内的生产性人工育苗多未经选优,直接在原池进行幼体孵化培育,密度一般在 10 万~20 万尾/米³。注意一个池内应尽量选用同期



孵化的幼体。

5. 饵料及投喂

蚤状幼体孵化后立即开始从外界摄食。开始摄食的时间推迟半天,蜕皮的时间则会推迟一天,蜕皮率也大幅度下降。因此,选择适宜的饵料,适时适量地进行投喂是三疣梭子蟹幼体培育的关键工作,应非常重视。

三疣梭子蟹幼体培育的饵料应以生物饵料为主。研究表明,单细胞藻类、轮虫、桡足类、藤壶和牡蛎的卵或幼虫等,是培育蚤状幼体的最佳饵料。在生产过程中,若由于生物饵料需要量大,饵料培养暂时脱节时,也可搭配使用人工饵料,如蛋黄、蛤、虾、贻贝、蚌等贝虾类的肉糜,以及高质量的配合饵料等。实践证明,混合投喂比单一投喂幼体成活率高。

(1) 三疣梭子蟹幼体生物饵料的培养。

① 小球藻的培养:

小球藻的生态条件参数:温度,适宜 $4\sim 28^{\circ}\text{C}$,最适 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$;盐度,适宜 $5\sim 80$,最适 $20\sim 30$;pH 值,适宜 $7\sim 10.5$,最适 $8\sim 9$;光照,适宜 $5\,000\sim 15\,000$ 勒克斯,最适 $8\,000\sim 12\,000$ 勒克斯。

营养盐母液的配制:1 000 毫升海水中,加入尿素 100 克(或硝酸铵 130 克,硫胺 250 克)、磷酸二氢钾 10 克、柠檬酸铁 0.5 克。

培养方法:一级培养在室内三角瓶内进行。各种器皿消毒后用消毒水冲洗 2~3 次;培养用海水经煮沸 5~10 分钟,冷却后使用;培养密度控制在 800 万~1 000 万个细胞/毫升,营养盐按 1:1 000 加入。二级培养在 $1\sim 10\text{ 米}^3$ 的水池中进行,水池或水槽经消毒处理后,注入处理过的海水(用酸处理,使海水 pH 值降至 3 左右,12 小时后用氢氧化钠中和)。接入小球藻,培养密度控制在 1 000~1 500 万个细胞/毫升,营养盐按 1:1 000 加入,并充气。三级培养在大水池中进行,海水经次氯酸钠 15~20 克/米³(含氯量 5%~8%)处理 8 小时后,加硫代硫酸钠去氯后使

用。培养密度控制在 1 500 万~2 000 万个细胞/毫升,营养盐加入量为 1:2 000。

培养管理:每日定时观测,当混入原生动物时,可采用绢滤除去;或加入次氯酸钠 1.5 克/米³,杀死原生动物。2~3 天后小球藻可恢复生长,加入营养盐后 4~5 天方可供轮虫及育苗用。一般一、二级培养日增殖率为 30%~50%,三级培养日增殖率可达 10%~20%。

②褶皱臂尾轮虫的培养:

轮虫主要生态条件参数:盐度,适宜为 10~30,最适为 18~22;pH 值 7.5~8.5;温度,L 型最适 18~22℃,S 型为 25~28℃。

耐久卵的孵化:自然海水经 150 目筛绢过滤,放入耐久卵,控制水温 22~30℃。盐度 20~22,并充气,以利孵化。

轮虫的培养:培养用水池经消毒后,加入小球藻 1 000 万个细胞/毫升。待藻类被摄食殆尽后,投喂面包或啤酒酵母,投喂量分别为 1~2 克/100 万轮虫及 3~4 克/100 万轮虫,培养密度控制在 150~200 个/毫升轮虫。

管理方法:每日定时测定 pH 值、水温、氨氮、计数并镜检抱卵情况及活动。当氨过高、增殖率降低及原生物出现时,应收获、冲洗、重新移槽培养。培养 2~3 天后最好加入新藻液,以维持轮虫的生殖能力,同时放入吸污器以吸附清除残饵及代谢物。培养日增殖率在 30%~90%。

③卤虫无节幼体的培养:卤虫,又名盐水丰年虫、鳃足虫或盐虫,我国大部分盐田均有分布。它是生活在高盐度海水中的小型甲壳动物,对不良环境的适应性强,增殖能力高。卤虫可在简陋的条件下培养,并获得高产。正常情况下,卤虫以单雌生殖方式繁殖后代。卵的直径约 0.21 毫米,卵壳很薄,称为夏卵。在母体育卵囊内发育孵化为无节幼体,后排放入水中营自由生活。通常一尾雌体的怀卵量为几十粒至一百多粒。在环境条件不利时,则出现雄体。雌雄交尾产生的受精卵,称为冬卵(或体



眠卵)。冬卵具有很厚的卵壳,圆形,直径 0.23~0.28 毫米。降雨和水温显著下降,是促使卤虫产生休眠卵的主要原因。冬卵经过春化(低温催醒),在合适的水环境条件下孵化为幼体。初孵化 1~2 天的无节幼体体长 0.30~0.48 毫米,橘红色,无口器和消化道,依自身卵黄营养。因它体内含有大量卵黄、丰富的蛋白质和脂肪,作为蟹幼体的活饵料最为适合。

卤虫卵的采收处理:为提高卤虫卵的孵化率,当年就应将卤虫采收并进行潮湿冰冻处理。方法是,将采收的卤虫卵放入布袋内,移入按 1.6 千克粗盐加 50 千克水配成的盐水中反复洗涤,直至水清无混浊现象为止。然后把洗净的卵置于一 15℃ 或更低温的冰冻条件下,冷藏 30 天。取出后晾干或在不太强烈的阳光下晒干,使卵的含水率不超过 13%,以便长时间保存。

孵化:卤虫卵的孵化过程为,将冰冻处理过的卤虫卵(干重每克 20 万粒左右),装入 120 目尼龙筛绢网内,用水反复淘洗。移入浓度为 200 毫克/升的甲醛溶液内浸泡消毒半小时,也可用有效氯含量为 10% 的次氯酸钠溶液浸泡淘洗,浓度为 300 毫克/升,但浸泡后要用人苏打中和余氯。将消毒后的冬卵,按每升海水 1~2 克的比例放入孵化槽(池)内孵化,保持水温 27~30℃,盐度 30,并剧烈通气。一般经过 24~30 小时,就可孵出幼体。

分离:孵化出的卤虫无节幼体要经过分离,把卵壳与幼体分开,避免卵壳污染幼体培育池的水质。光诱法,利用无节幼体的趋光习性,在孵化池一端挂灯诱捕。遮光法,分离时停止充气,池内用黑色塑料薄膜遮光 20~30 分钟以后,卤虫无节幼体可从池壁中部的阀门往外排放,也可用虹吸法将中层的卤虫无节幼体收集到网袋内。改良的金尼式装置,即将长方形水槽分隔成三部分,中间有盖、黑暗,两侧不盖、有光源。分离时,将孵化出的无节幼体连同卵壳、坏卵等,用筛绢捞入中间部分,盖上盖子。无节幼体可通过隔板的小裂口透入的光线而游到两侧,卵壳则留在中间,达到分离目的。

卤虫去壳卵的使用和加工步骤：卤虫休眠卵外面有一层咖啡色硬壳，主要成分是脂蛋白和正铁血红素。这些物质可以被一定浓度的氯酸盐溶液氧化而除去，使卵只剩下一层透明的膜，这层膜可以被动物消化吸收。处理后的卵活力不受影响，去壳休眠卵仍可正常孵化。由于卵壳已经除去，无节幼体不需经过分离就可用于投喂，去壳休眠卵也可以不经孵化而直接投喂，省去了孵化过程。这是去壳卵应用于养殖中一个重要的科技进步。

去壳液配制：一般用次氯酸钠或次氯酸钾为主要原料。也可用漂白粉，但有沉淀，使用时不如前者方便。次氯酸钠(钾)液 500 毫升(有效氯含量按 10% 计)，海水 800 毫升，氢氧化钠 13 克，充分搅匀，静置沉淀，取上清液待用；漂白粉 250 克(有效氯含量以 20% 计)。海水 1 300 毫升，加碳酸钠 100 克，充分搅和后静置沉淀，取上清液待用。

去壳过程：称取卤虫卵 100 克，在海水或自来水中浸泡 1 小时，用筛绢网捞出冲洗干净，投入去壳液中。当卵色由原来咖啡色变为灰白，继而变成鲜橙色时，去壳就完成。上述去壳过程要求在 15 分钟内完成。因为去壳过程中，水温有时会很快上升，若超过 40℃，卵粒孵化会受到不良影响，必要时应采取降温措施。

中和残氯：去壳完毕后，即可用 120 目筛绢网将卵粒捞出，用海水冲洗后，放入 1%~2% 的大苏打溶液内，除去残氯，卵粒就可直接投喂。

去壳卵保存：用不完的去壳卵，放入饱和食盐水(1 升水加食盐 300 克)中保存。为避免阳光紫外线杀伤卵胚，应避光贮存。

利用卤虫去壳卵作为饵料的优点是，加工设备简单，操作简便，不占用育苗水体，冬卵利用率高，可防止聚缩虫病蔓延。但卤虫去壳卵的比重较海水大，容易沉底，是其不足之处。补救方法是投喂时要伴随较强的充气。最后要再提醒注意：为防止去

壳卵表面残氯对幼体产生不良影响,去壳后的虫卵要经过严格的除氯处理。

④蛋黄颗粒的制作:鸡蛋、鸭蛋均可,以鸡蛋蛋黄为佳。将蛋煮熟,取出蛋黄,用细目筛绢(最好 260 目,以后随幼体发育逐步改用 200 目或孔目稍大一些的筛绢)包裹后挤压。再放在盛有清洁海水的容器内,用手搓揉荡涤,蛋黄颗粒便从筛孔中滤出,取其滤出液泼洒投喂。网目愈细,搓揉所费时间愈多,花费劳力愈大,而蛋黄颗粒越细,越有利于早期幼体摄食。

(2)三疣梭子蟹幼体培育中的饵料及投喂。

孵化当日的摄饵量因饲养水温不同而差异很大,水温差约 3°C 时,摄饵量相差 2 倍以上。也就是说,幼体的日摄量与水温关系密切,在适温范围内,随温度的升高日摄量将会增加。一天的摄饵量对体重的比率,第一龄期最大,依次几个龄期的个体,则迅速变小。利用大颗粒饵料可以节省幼体的能量消耗,这对幼体期的整个发育和成活率都具有极为重要的意义。

轮虫投喂前应浓缩收集到高浓度小球藻(2 300 万~2 500 万个细胞/毫升)或扁藻(20 万~25 万个细胞/毫升)中,强化营养培育。轮虫密度为 400~500 个/毫升。刚孵化的卤虫无节幼体也可放入加有乳化乌贼肝油(50 毫升/米³)的水槽中,卤虫量为(1 亿~1.4 亿个/米³),经 6 小时以上的营养强化后再投喂,以提高营养价值。

三疣梭子蟹幼体培育的饵料种类、日投饵量及日摄食量等,在实际生产中还应根据当地实际情况(如饵料资源、水温情况、幼体的密度、活力、摄食情况、水质等综合因素)灵活调整,使幼体正常发育和生长,取得较高的成活率和出苗率。

6. 水质调节

(1)三疣梭子蟹幼体培育的水质指标。

pH 值:控制在 7.8~8.6,可用换水或添加藻液及贝肉汁方法调节。

盐度:三疣梭子蟹溞状幼体期盐度为 25~31,大眼幼体盐

度为 20~25,幼蟹期为 15~20,日变化不应超过 2。盐度过高或过低,用加淡水或卤水的方法调节。

溶解氧(DO):溶解氧应在 4 毫克/升以上,最好在 6.0 毫克/升左右。如果溶解氧超过 8.22 毫克/升,pH 值超过 8.6 时,蚤状幼体易发生气泡病。在 pH 值为 8.5 以下,溶解氧的安全范围为 8 毫克/升。水中溶解氧用换水、充气方式进行调节。

温度:幼体培育期间,适宜水温为 22~25℃。其中 Z₁ 为 23℃,Z₂ 为 24℃,Z₃ 为 24℃,Z₄ 为 24.5℃,M、C₁ 为 25℃。

氨氮:应控制在 0.5 毫克/升以下。

光照:一般控制在 1 500~2 000 勒克斯。

(2)添、换水。蚤状幼体初期对水环境的变化非常敏感,故只加水不换水,即 Z₁、Z₂ 期每日添水 10%~20%,从 Z₃ 期开始换水,Z₃、Z₄ 期每日换水量为 20%~40%,M 期用 20 目网箱换水 50%~60%,C₁ 期用网目 1 毫米网滤水。日换水量为 60%~80%,应根据具体情况灵活掌握。

(3)充气。在育苗期间须连续不断充气,使池水处于微流动状态。充气不仅给水体补充溶解氧,还能使幼体和生物饵料分布均匀。在育苗初期,充气量要小些,水面略有波动即可。随着幼体的长大,充气量应增加,大眼幼体期充气时水面为沸腾状。幼体发育阶段各期的充气量可参考表 27。

表 27 三疣梭子蟹幼体发育阶段各期的充气量

幼体期别	充气量(每分钟占水体的百分比,%)	水面状况
Z ₁	0.8	微波
Z ₂	0.8~1.0	翻腾
Z ₃	1.0~1.2	翻腾
Z ₄	1.0~1.2	激烈翻腾
M	0.8~1.2	激烈翻腾

充气设施通常用罗茨鼓风机。该风机量大、风压稳,适用于大规模的育苗生产,可满足育苗前期、后期不同充气量的需要。



小型的充气增氧机适宜于小水面的育苗用,池面积过大,易造成育苗后期的充气不足。气体经聚乙烯散气管通入池底,再经气泡石送气,气泡石以采用 60 粒度的砂轮气石为宜。或将内径为 1.3 厘米的聚乙烯硬管直接布置于池底,在该管上按一定的间隔开一直径为 0.1 厘米的气孔。气泡石(或气孔)为 $1 \sim 1.5$ 只/米²。气泡石的布局,以呈中间两平行线绑一块的加强型,或梅花五点型,或蜂窝六点型为宜。

(4)吸污。若三疣梭子蟹溞状幼体第 4 龄末期池底脏,可用吸污器去除。

7. 幼体的观察

(1)幼体各期的识别方法。溞状幼体的分期,主要根据幼体第一颚足外肢羽状刚毛数和腹肢形态区别。 Z_1 期刚毛数 4 根; Z_2 期刚毛数 6 根; Z_3 期腹肢芽突出现; Z_4 期腹肢分两节,呈桨状; M 期螯足出现。

(2)幼体各期蜕皮征兆。甲壳类蜕皮时,由上皮层细胞分泌酶,将旧皮的内表皮溶解,使外表皮与上皮分离。同时在旧皮下的上皮层,又分泌出新的表皮。组织学观察期间上皮细胞发生显著变化,进行分裂和蛋白质合成,使细胞变大、增长,分泌出新的外骨骼(次生甲壳),新旧甲壳间充满透明液体,旧壳内已具备下一阶段较完整的结构,幼体阶段则伴着形态上急剧的变化。个体发生的下一阶段,退化的或新发生部位形成双重结构或锥形,蜕皮后吸水膨胀成为下一期个体。

外观蜕皮前表象: $Z_1 \sim Z_4$ 期蜕皮前活力变弱,体色变浓; M 期尾部内卷,附着在物体上。

蜕皮征兆有着渐变的过程,通过观察可掌握培育管理是否得当,并可知后期各阶段幼体发育是否同步。一般在水温 $22.5 \sim 25.0^\circ\text{C}$ 时, $Z_1 \sim Z_3$ 期征兆出现后当日变态; Z_4 、 M 期组织收缩至 $2/3 \sim 3/4$ 时当日变态。

(3)各期幼体发育所需天数。在前述温度条件下,正常情况 $Z_1 \sim Z_4$ 每期经过 3 天, M 期需 4 天到 C_1 ,共需 17 天到稚蟹。---

般水温在 $22\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，水温越高，幼体发育期越短，需 $15\sim 21$ 天。

(4) 幼体摄食、活力、体态的观察。两次观察幼体的胃肠饱满度、活力、体表光滑及黏脏情况、残饵多少等，以准确掌握幼体的健康状况和投饵量，及时采取相应措施，保证幼体能正常发育。

8. 日常观测

在三疣梭子蟹幼体培育中，除时常观察幼体情况外，还应每天检测水温、盐度、pH 值、溶解氧、氨氮、水色、透明度、饲养水中出现生物、藻液浓度等，并随时调整，以最大限度地满足幼体生长发育的需要，加快培育速度，提高成活率。

9. 附着器的投放

幼体发育至大眼幼体时残食激烈，应提前投放附着网，可减少相互残食。附着网最好是白色，网目以大眼幼体不能通过为好，网面最好有羽状突起，以防因通气或水流冲击，造成幼体脱落。附着网斜放效果最好。

目前，生产中多用 20 目的纱窗网或筛绢网等，幅长 1 米，长度可与育苗池的大小相适应，一般 $1\sim 4$ 米。投放数量可根据育苗池内幼体密度大小而增减，一般每立方米水体中投放 $0.5\sim 1$ 米² 的防残网。投放时间过早、过晚都不好，最好在大眼幼体即将变态前投放。注意防残网的投放位置应设在幼体活动水层，还应设浮沉装置，可随水位升降而升降。在幼体培育中，应及时洗刷防残网，以保持防残网的清洁。

(五) 幼蟹培育

由大眼幼体变态而来的第 1 期幼蟹(稚蟹、仔蟹)，最好经过一个阶段培养，再作为种苗进行放养或放流增殖。变为幼蟹后，逐渐营底栖生活，所以应将幼蟹移放到底面积大且铺沙的水泥池中饲养，同时适当减少放养密度。为了防止同类相残，还可投放附着基。在幼蟹蜕皮 $4\sim 5$ 次后倒池一次，倒池时应先将附着基移入新池，然后将其他散游的幼蟹移走。可以在晚上用灯光

将幼蟹诱集在一起,用网捞出。在可能的情况下,应把不同大小的幼蟹分池放养,避免相残。

当幼蟹继续培养 15~20 天,甲宽达 2 厘米左右时,可作为养殖和放流用苗种出池。这种规格的蟹苗在水泥池中培育是有困难的,由于密度大、互残严重,使成活率大大降低,所以作为养殖用苗种,可以考虑在第 1 期或第 2 期提前出池。现在山东各地三疣梭子蟹的养殖,多采用直接放养第 1 期或第 2 期幼蟹。

(六) 稚蟹出池、计数与运输

1. 出池

当大眼幼体变为稚蟹(C_1)时,将培育水温逐渐调至室温,待稚蟹第 2 天后可以出苗。出苗时,先把附着基上的稚蟹提上来,放入水槽中。然后排水至水深 20~30 厘米,再由池底排水孔把蟹苗排入集苗箱内。

刚变态的稚蟹(C_1),甲壳宽 3~4 毫米,体重 10 毫克,甲壳柔软,足易脱落。出苗应小心,防止蟹苗受伤。如果养成或放流,最好再经过中间培育或继续在池内培育(见幼蟹培育)。第 1 期幼蟹(C_1)经 1 周培养,甲壳宽为 1 厘米左右。夜间可用灯光诱集幼蟹。2 周后甲壳宽达 2 厘米左右,可垂吊无结方孔小日网,幼蟹附到网上即可出池。

2. 蟹苗计数

幼蟹出池时应进行计数,有容量法和重量法两种。

(1)容量法:在容量 300 升的水槽内放入 250 升海水,日测一次放入 3 万~5 万尾幼蟹,把海水充分搅拌,同时用 1 升的计量杯取样计数。计算单位水体的平均个体数,以计算总数量。

(2)重量法:准确称取一定重量幼蟹后计算个体数,然后称其全部个体重量,再计算总苗种数。由于稚蟹多分布于水下层,故以重量法为准。生产上多采用重量法计数。

3. 蟹苗运输

通常是水运,用大塑料桶、木桶或帆布桶等加水充气运输。

桶内装附着基或辅人工海藻。容积为 1 米³ 的水桶可放蟹苗 (C₁) 10 万~15 万尾,连续运输 20 小时以上。

若运送甲宽 2 厘米左右的幼蟹可用石莼等海藻,分 2~3 层放在厚纸箱或保温箱内干运。还可使用聚乙烯袋(50 厘米×100 厘米)装入海水,每袋放入 100~200 只蟹苗,充入氧气运输。在运输过程中可能有的幼蟹附肢脱落,但很少死亡。幼蟹经 2~3 次蜕皮后,可以再生新的附肢。甲宽 5 厘米以上的蟹苗,可用锯末加冰块,以聚乙烯袋包装运输。

五、三疣梭子蟹的成蟹养殖

三疣梭子蟹的成蟹养殖,是将蟹苗或蟹种饲养成商品蟹的过程。目前人工养成的方法主要为池塘养殖,我国沿海大部分地区,通常利用闲置的对虾养殖池塘进行三疣梭子蟹的饲养。除此之外,还有笼养、围养、水泥池养等养成方法。

(一) 池塘养殖

三疣梭子蟹的池塘养殖,大致可分为池塘养成、育肥和越冬 3 种形式。养成是指从蟹苗养到商品蟹;育肥是指秋天收购交尾雌蟹,在池内再暂养 2~3 个月,使其性腺更加饱满,高价出售;越冬是选择大规格亲蟹,在室内或室外越冬,为翌年春天提供亲蟹。

1. 养殖场地的选择

养殖场地应选择风浪小,潮流畅通、海水交换好,容易排灌的中潮区,并且不受暴雨、台风及工厂排污影响。水质澄清,海水比重在 1.008~1.020。底质为细沙,松散无黏性为佳。冬季水湿不会长时间低于 7℃(三疣梭子蟹在水温短时降至 0℃亦可生存)。同时还应选择苗种与饵料资源较丰富,人力、物力较充裕,建场省工省料的海区。

2. 养成池的建造

养成池一般都用土池,建在中潮区附近,高潮时能灌水,低潮时能排干。无此条件的地方则以水泵提水。

蟹池的建筑面积一般 3~10 亩为宜,长方形,长宽比为 3:2 或 5:3。蟹池中央应平坦,池底铺设 10 厘米的细沙,周围有 1 米宽、30 厘米深的环沟,作为蟹的栖息地方。池底还应铺设各类障碍物如瓦砾、石块、网片等。外堤宽而高,池堤高度应在 2 米以上,使池中能保持水深 1.5 米左右。池堤必要时设立排注水闸门,保证池水充分交换、水质新鲜。

也有用虾池改作养蟹池的。但应该指出,有些虾池因底质为软泥,不太适宜养蟹,有些地方盐度太低也不宜养蟹。即使某些虾池改作蟹池,也并不十分理想,最好适当改造(表 28)。

表 28 对虾池和蟹池的区别

项 目	蟹 池	虾 池
适宜养殖盐度	10~26.1	2~31
池子水面(米 ²)	666~2 000	20 000~33 330
底质	细沙质、无黏质上为好	泥质或沙泥
池底	或有 10 厘米细沙,设沙堆或其他障碍	平坦
堤坝	最好石砌或水泥板防逃	土坝

三疣梭子蟹与锯缘青蟹类似,有时能在陆地上爬行,在水环境恶化时容易从池内跑出堤外。因此,在堤上可用竹箴、树条或高粱秆等编成箔帘子,以便防逃。

3. 养前的准备工作

(1)池塘的清整。池塘的清整是养殖三疣梭子蟹的一个重要技术关键,对三疣梭子蟹的成活率、生长速度和体质强弱都有很大影响。实践证明,池塘哪个地方清整过,哪个地方就有蟹子的分布。因此,除了新挖的池塘外,在放养蟹苗前都应加以彻底清整,包括环水沟。池塘的清整主要包括池塘的修整和药物清塘两个环节。

池塘的修整最好在秋末收蟹后进行,就是挖除池底过多的淤泥(池底一般保留 5~10 厘米淤泥,以利饵料生物的繁殖),让池底冰冻日晒,最好翻松池底淤泥进行暴晒,以使池底充分氧化,并冻死、晒死池底的病原体和敌害生物。除此之外,还应维修塘堤、堵塞池堤上的漏洞等。利用吸泥泵吸除池底过多淤泥,可节约人力,减低劳动强度,提高工作效率。

药物清塘:经修整后的池塘,还必须进行清塘消毒,以杀灭三疣梭子蟹养殖的病原体和敌害生物。清塘一般在放养前 10~15 天进行,若与对虾混养,则应在放养前 30 天进行,清塘应选在晴天进行。在阴雨天气中,清塘的药物不能充分发挥其作用,操作也不方便。目前,生产中常用的清塘药物有生石灰、漂白粉、茶子饼、鱼藤酮等。水草特别多的池塘,也可采用除草剂清塘。

①**生石灰清塘:**生石灰不仅能杀死杂鱼、杂虾、病菌及寄生虫,而且还可改良池塘底质,是一种很好的清塘药物。清塘时使池塘水深保持在 5~10 厘米,每立方米水体用优质石灰 375~500 克,可干撒,也可用水化开后趁热全池泼洒。凡在最高水位线以下的池堤处都要泼到,并要泼得均匀。最好在泼后第二天再用耙子将塘泥和石灰搅和一遍,以充分发挥石灰的作用。药性消失时间为 7~10 天。

②**漂白粉清塘:**漂白粉对于原生动物、细菌有强烈的杀伤作用,故可预防疾病,并可杀死鱼类等敌害生物,使用时加水溶解,然后全池泼洒,泼洒方法同生石灰。用量是每立方米水体加漂白粉 50~80 克。药效消失时间为 1~2 天。

③**茶子饼清塘:**主要杀伤鱼类及贝类等,使用时将茶子饼粉碎后用水浸泡数小时,按每立方米水体 15~20 克的用量连水带渣全池泼洒,1~2 小时即可杀死鱼类。药性消失时间为 2~3 天。

④**鱼藤制剂清塘:**鱼藤制剂内含有的鱼藤酮对鱼类有强烈的毒性,对甲壳类毒性却甚微。鱼藤酮乳油又称鱼藤精,清池一



般用含鱼藤酮 5% 的鱼藤精,每立方米水体施药 1~2 克。但由于该药有效成分不稳定,陈旧药品药效下降,因此,使用前应进行药效试验,决定用量。鱼藤根粉含 4%~5% 的鱼藤酮,清池时每立方米水体用干粉 4~5 克,稍经浸泡后连水带渣一同撒入池中。本品价格便宜,保管及使用都较方便,是较理想的清池药物。同时鱼藤的鲜根也可用于清池,效果比干根还要好,小根比大根效果好。使用时应将根切成小块,在水中浸泡,边泡边砸,砸过再泡,使鱼藤酮尽量浸出,1~2 天后把溶液洒于池中。鲜根比干根要酌情增加。

药物清塘还应注意以下事项:清池应选择在晴天上午进行,可提高药效;清池前要尽量排出池水,以节约药量;在蟹池死角、积水边缘、坑洼处、洞孔内亦应洒药;清池后要全面检查药效,如在 1 天后仍发现活鱼应加药再清,注意药性消失时间,并经试验证实池水无毒后再放蟹苗。

(2)铺沙和设置障碍。三疣梭子蟹养殖池最好铺 10 厘米厚的细沙,并安放障碍物。

(3)进水及饵料生物的繁殖。清塘药性消失后,就可开闸进水。为防敌害生物入池,须用 60 目筛绢滤水。注入塘内的水源,应未受污染,不含有害元素,盐度为 16~34, pH 值 7.8~8.6,溶解氧 5 毫克/升以上,进水水深为 70~80 厘米。

池塘进水后,还需施肥培育蟹苗的饵料生物。实践证明,施肥培养饵料生物并在池塘中移植卤虫、沙蚕等,可大大提高三疣梭子蟹的苗种成活率,并可降低养殖费用。因此,饵料生物的繁殖是三疣梭子蟹养殖中一项重要技术措施。生产中多施用化肥,可每亩施氮肥 1.5 千克、磷肥 0.5 千克。

4. 蟹苗的放养

(1)放养方式。借鉴其他水产甲壳动物的养殖方式,三疣梭子蟹的养殖池也可分为粗养、半精养和精养 3 种方式。

①粗养:是在单位水体上投入较少的人力、物力,因而产量也较低的养殖方式即不投饵、不施肥,只进行放养和一般管理的

养法。粗养面积超过 10 公顷,是一种比较落后的养殖方式,过去有少数地方有此养殖方式,近几年几乎无人采取此种养殖方式。

②半精养:称人工生态系养殖法,面积一般为 2~3 公顷。基本原理是通过清除敌害生物,促进饵料生物的繁殖,合理放苗,改善水质,创造一个适宜于三疣梭子蟹生活和生长的生态环境。另外,补充适当的投饵,以充分发挥和提高池塘的生产能力。这种养殖方式由于清除了敌害生物,移入了适宜的饵料生物(如卤虫,沙蚕等),有利于改善池内生态环境,养殖产量较高,经济效益较好。

③精养:以投饵为主,用低值蛋白质换取高价蛋白质的生产方式,是当前我国三疣梭子蟹养殖生产中采用的主要方法,面积一般在 0.7 公顷以内(多为 0.2~0.4 公顷)。其放养密度较大,养殖技术水平要求更高,须彻底清池除害,投喂优质、充足的饵料,适时调节水质,换水率高,故产量较高。

(2)蟹苗的来源和选择。目前,生产中蟹苗的来源有:捕自天然海区的蟹苗,蟹苗时操作要轻捷,离水时间要短。天然蟹苗要选择健壮、无伤无病、附肢齐全的。人工培育的蟹苗,2 期第 2 天的幼蟹(8 000~12 000 只/千克)最好。实践证明,苗种的选择应按以下标准进行:规格整齐,都为 2 龄 2 期;检查螯足,两个全无率要小于 5%;个体健壮、活力强,甲壳朝上率 100%,有反着的则不好。

(3)放养密度的确定。幼蟹的放养密度,可根据池水的深度、气候、环境条件、放养形式、饲养技术及计划产量等情况而定。据报道,水深 1.7 米左右的池塘,每亩放养体重 15~20 克的幼蟹 1 000~2 000 只,或者 1 期幼蟹(C_1)3 000~5 000 只。在精养条件下,放养甲壳 2 厘米宽的幼蟹 5 000~6 000 只/亩,或放养甲壳 6~8 厘米宽的幼蟹 1 500~2 500 只/亩;半精养条件下,放养 2 期幼蟹 2 000~3 000 只/亩,或放养甲壳 5~6 厘米的幼蟹 1 000 只/亩;粗养条件下,放养甲壳 5~6 厘米的幼蟹 150

~200 只/亩。

以上数值仅供大家参考,具体的放苗数量还需各生产单位根据自己的实际情况而酌情增减。

(4)放养时间。三疣梭子蟹的放养时间因地而异。南方从4~5月直到8~9月都可放养,北方地区从5月上旬到7月上旬也都可放养,但以5月下旬到6月中旬放苗最好,7月10号以后放的苗易长不好。但不管怎样,放苗时间应根据当地气候条件,抓一个“早”字,早放苗则早育肥。

(5)苗种的中间暂养。在三疣梭子蟹的成蟹养殖中,进行苗种的中间暂养不但可以提高蟹种的成活率,而且容易进行雌雄分养,因此,是成蟹养殖生产中一项行之有效的技术措施。

①暂养方式:中间暂养主要有暂养池暂养、围网暂养和网箱暂养3种方式。暂养池面积应为养成池面积的3%以上,优点是管理方便、便于起捕,缺点是暂养密度较低。暂养池清池后(清池方法同前),应用20~30目的雨花网围拦起来,围网高应在0.5米以上,以防蟹种逃逸及敌害生物侵入。围网暂养就是在养成池一角用20~30目的雨花网围成一个暂养区,面积可为养成面积的2%~3%。网箱暂养,每亩养成面积不小于1.0米²,箱底必须铺设隐蔽物,优点是灵活、方便、密度高,但成活率较低。

②暂养管理:暂养池水深0.5米,透明度40厘米,pH值7.8~8.7,溶解氧5毫克/升以上,日换水量20%。网围暂养由于是在大水体中,故一般无需换水。放苗后应向池内投石莼、海藻等,同时向池内移植大量的活短齿蛤、兰蛤等小型低值贝类,移植量为100~200千克/亩。暂养15~20天,壳长达2~4厘米,即可移入养成池中养成。

(6)雌雄分养。养殖实践证明,雌雄混养的养成率极差,且冬季雌蟹价格比雄蟹高两倍以上。故有条件的地方,可在养殖过程中逐步把雌雄分开饲养。雄蟹达到商品规格后随时出池上市。雌蟹不论交尾与否卵巢均可成熟,可养到冬季卵巢成熟之

后上市。

①雌雄的鉴别:当暂养池中的蟹苗平均壳长达 5 厘米左右时,雌雄即可容易鉴别。雄蟹螯足发达,掌节较长,雌蟹则相对较短小;雄蟹腹部呈窄三角形,第 1 节很短,第 2、3 节呈锋锐的隆背形,第 3、4 节愈合,仅有不明显的节缝,尾节呈三角形;而雌性腹部圆大,三角形较宽且较规则,共分 7 节,分节较明显。

②分苗时间及方法:分苗时间要尽量选在晴天月光充足的夜晚,利用月光充足则蟹子活跃这一特点,通过放水以获取更多的蟹苗。

暂养池的分苗方法是在闸门上安装袖网,长度 7.5 米左右,末端接一网箱,规格 60 厘米×60 厘米×80 厘米,以接收蟹苗。放水时闸门开启不要太大,避免水流过急损伤蟹苗。蟹苗进入网箱后要不断捞出,切记密度太大造成挤压。蟹苗捞出后要立即分拣放到养殖池内,以尽量减少干露时间。对于池底残留的蟹苗要一一拣出,分养到养殖池内。

(7)放苗。放苗前养成池水质条件的测定:放苗前须认真检测养成池的水质条件,水温大于等于 18℃,温差小于 8℃;盐度为 18~32,盐度差小于 5;pH 值为 7.8~8.6;氨氮小于 1 毫克/升。待苗种运到后应准确计数再投放。对于甲壳宽 5 厘米的蟹苗,小型池塘可在池一边顺风放,大池塘要多点投放。对于甲壳宽小于 5 厘米的蟹苗可集中投放,这样便于投饵,因三疣梭子蟹只有甲壳宽长到 5 厘米以后才分散活动。

5. 饲养管理

(1)饵料及投喂。三疣梭子蟹的饵料品种以鲜活贝类、杂鱼、虾类为主。实践证明,对于平均体重 0.3 克(全甲宽 1.15 厘米)和 38 克(全甲宽 7 厘米)的幼蟹,投喂菲律宾蛤仔生长最快;投喂杂蟹类及小型虾类时,生长稍次于用蛤仔;杂鱼则更差。在实际养殖过程中,从饵料效益出发,考虑到饵料的货源、价格、供应、贮存等诸多因素,可以采取多品种饵料搭配投喂,以取得营养的互补。

投饵量可根据水温变化及摄食率来确定,体重 0.8 克的幼蟹每天的摄饵率达 80%~90%;随着生长而剧减,体重 30 克的个体为 20%~30%;体重小于 20 克的个体,不分昼夜活泼摄饵;超过 20 克的个体,只在夜间进行摄饵活动,同时摄饵率也呈缩小的趋势。因此,日投饵量在前期一般按体重的 8%左右投喂;进入 8 月按体重的 10%~15%投喂;水温 8~15℃,日投饵量为总重的 3%~5%;11 月下旬后,日平均水温在 8℃以下时,不必投饵。2~3 天观察一次有无残饵,以及时调整投饵量。

日投饵 2 次,傍晚、天亮前各投喂一次。根据三疣梭子蟹昼伏夜出的习性,早晨投喂占总量的 1/3,夜间投 2/3。20 克以下的小蟹应在白天加喂一次。

饵料要投在池塘四周的浅水区,在群体经常活动的区域内应多投些,切忌投于蟹的潜伏区,环水沟内也不能投。

(2) 水质调节。

①三疣梭子蟹成蟹养殖的水质指标:成蟹养殖期间水温为 18~33℃,以 25~32℃生长最快;pH 值为 7.8~8.6;盐度 18~32;溶解氧大于 3 毫克/升;池水透明度保持在 30~40 厘米;氨氮小于 1 毫克/升。

②添、换水:养殖前期,即投苗后的 20~30 天以添加池水为主,待池塘水位提高到 1 米左右后,可根据水质情况适时换水。在 7~8 月高温季节,要加深池水,每旬换一次水,每次换水量为池水的 1/3~1/2。进入 9~10 月的交尾期,应保持最高水位,并增加换水量,有利于雌雄交配。临近冬季、水温下降时,池水深度须保持在 1 米以上。每 3 天左右换水一次,换水量为 10%~30%。待水温降至 8℃以下,以蓄水保温为主,每周换水一次,并保持高水位。

(3)日常管理。在三疣梭子蟹的成蟹养殖中,日常管理工作非常重要,应予以重视。要早晚巡塘,观察蟹的摄食、生长、蜕壳及活动情况。发现异常现象应及时查明原因,采取有效措施。注意水质变化,每天都应测量池塘的水温、盐度、pH 值、溶解

氧、透明度、氨氮等水质指标,并做好记录。对于超常指标应调整。检查池内残饵情况,及时调整投饵量。要经常检查池堤及防逃设施,及时修理,防止逃跑。防止相残,在蜕皮处于“软蟹”阶段时易相残。在池中投入隐蔽物,可提高成活率。要定时测量蟹的生长情况,15天测量一次。要注意天气变化,做好防洪、防台风工作。

6. 收获

三疣梭子蟹的雄蟹养到肌肉肥满达到商品规格,随时可根据市场需求上市;雌蟹养到卵巢饱满、成熟后上市,价格会更高。因此,三疣梭子蟹的收捕须分类进行,即先适时收捕雄蟹,雌蟹留池继续育肥,再视情况收捕。雄蟹若收捕过早,会使缺配的雌蟹无法红膏。一般掌握在蟹交配高峰期后15~20天尽快捕获完雄蟹。雌蟹自交配后再暂养45~60天,即可选择满红膏的上市。若留池至春节出售,应提高水位。

收捕方法:如少量起捕,可在夜间用小捞网捞取,或用蟹笼放饵吊捕,或用灯光诱捕。大批量起捕,在池水即将排干前,梭子蟹会聚集在闸门边水较深处,可用捞网捕获;待池水排干后,查捕潜入沙中的痕迹挖取,或用耙子耙沙挖蟹。

7. 三疣梭子蟹的育肥

梭子蟹在9月初到10月中旬开始交尾,交尾后雌蟹生长缓慢且易死亡,应及时捕出出售。雌蟹在交尾后虽然生长停止,但卵巢将继续发育,性腺指数(即卵巢重与体重比)10月为3%,11月中旬为5%,3月中旬11%,5月临产达11%~15%。可以看出,通过暂养雌蟹的体重和性腺都有增长,此时膏满体肥的活蟹是市场的抢手货,可获得更高经济效益。三疣梭子蟹的育肥,可在土池或大棚、室内进行。蟹种可收购养成的,也可收购海捕的,以全雌蟹为好,池内放养密度为11千克/米²,养殖管理同成蟹养殖。不同之处是投饵量应随水温降低而减少,注意15℃以下不再投饵,7℃左右就应注意防冻,室外的池塘就应保持最高水位保温。

8. 三疣梭子蟹的越冬

为了翌年提早育苗或作为亲蟹出售,须进行三疣梭子蟹的越冬培育。三疣梭子蟹的越冬可采用大棚越冬,也可在室内控温越冬,越冬池可用水泥池铺 10~15 厘米厚的细沙。放养 160~310 克的雌蟹,放养密度为 13 只/米²,用静水、充气培养,10~15 天洗沙一次。越冬温度如图 19 所示,水温最低为 5℃,低于 10℃是从 12 月下旬到 2 月中旬,约 52 天,此后水温上升到 10℃以上。4 月上旬产卵,成活率 97%,产卵率 95%以上。

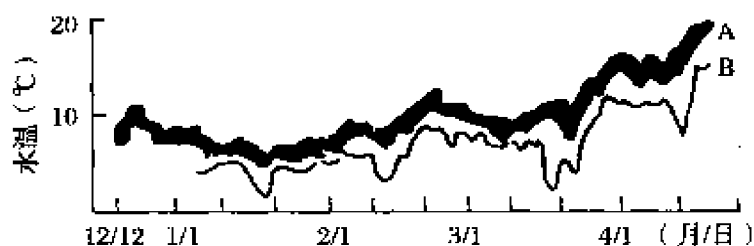


图 19 三疣梭子蟹亲蟹越冬养殖期间的水温变化

A. 塑料温室内水池中最高、最低水温范围 B. 露天养殖池 9 时的水温

根据性腺发育积温,从交尾到产卵,以 0℃为基准,所需积温为 2 458℃。若用人工控温,使水温保持在 10℃以上,则产卵期可控制在 3 月下旬。

可在 2 月中旬收集亲蟹,在 50 天内水温由 8℃上升到 22.5℃,经强化饲养也能在 3~4 月产卵。不过这种强化培育毕竟温度变化太快,成活率和产卵率分别是 50%和 25%左右。

(二) 其他养殖三疣梭子蟹的方法

1. 笼养

梭子蟹笼养通常适宜于海水流动交换好,水体无污染,水温和盐度变化较小,饵料丰富的滩涂和港湾或对虾塘内。笼具可根据各地具体情况,因地制宜加工而成。在山东沿海有些地方是用扇贝笼养殖梭子蟹。在浙江沿海一带将捕蟹的蟹笼改造成养殖用笼具,即把蟹笼入口堵住,将蟹笼分隔成三段,每只蟹笼养 3 只梭子蟹。为使笼具能放置于一定的水深区域内,且具

有较好的稳定性,笼具必须有足够的重量,笼具的设置可单放,也可沿绳放。笼养时宜选取大规格蟹种放养,一般要求在 50 克以上。投饵品种与池塘养殖基本相同。必须及时清除笼具上的污物,对笼具亦经常检查,若发现破损须修补。遇到强台风时,凡在海区内笼养的,可将笼具移至避风港湾内或暂移至虾塘内为宜。

2. 围栏养殖

围栏养殖又称围养,是以网片作为围栏设施进行三疣梭子蟹的养殖。在对虾塘(一般 50~100 亩)内可进行三疣梭子蟹的围栏养殖,一般用聚乙烯网片或虾板子网围成,围栏高出水面 50 厘米左右。围养以放养相同规格的蟹种为宜,避免残杀。一般可按不同规格进行二级放养,一级放养是将规格为 4~10 克的幼蟹,经 60 天左右培育至 50 克以上;二级放养是将 50 克规格的蟹经 3~4 个月饲养,达 250 克以上规格的商品蟹。放养密度以 3~4 只/米² 为宜。在围网养殖中,其饲养管理同成蟹池塘养殖。

3. 水泥池养殖

水泥池养殖成蟹宜采用开放式流水养殖的形式。这种方式可利用潮差纳水或用水泵提水,海水沉淀池过滤沉淀后再流入养蟹水泥池内。现有的对虾育苗池,稍作改进亦可进行梭子蟹养殖。流水养蟹水量要求较大,供水须有充分的保证。池水流速应较为稳定,不宜过快或过缓。池水最好尽可能交换彻底,因此,池形结构要避免死角,确保水流均匀、流畅。池水须保持 1~1.2 米的水深。寒潮来临之前应适应加深水位,暴雨前亦加高水位,以免池水盐度偏低。在池内须设置饵料台,饵料投入饵料台上。投饵要及时、充足,避免投饵不足不及时引起相互残杀现象。在梭子蟹摄食时,宜暂停流水,开启增氧机供氧。待梭子蟹摄食结束,即关闭增氧机,恢复流水。对池内的残饵和粪便等有机物,须定期吸污、及时排除,以免水质被污染。

六、三疣梭子蟹的活运技术

三疣梭子蟹以活蟹价格最高,沿海一带可短途活运,但要活蟹出口或供应内地,则须严格操作。

1. 运输蟹的选择和暂养

选择体重 150 克以上、肢体完整,身体饱满、无寄生物的健康个体。选蟹场地应湿润,不可日晒。选好的个体按规格大小分养在小水泥池内。池深 60 厘米,铺沙 10 厘米,加水 25 厘米最好,其他操作方便的池子也可以。水温 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$, 1~2 天不投喂,以便蟹将粪便排出,同时剔去不潜沙的弱蟹,待晚上蟹活动时再挑选一次。

2. 装筐、麻醉

将挑选好的蟹装筐,装筐后及时麻醉。采用冷却麻醉法,预先在水槽内配好清洁冰水。然后将筐里的蟹浸入冰水中麻醉。若水温较高,应采取分级降温,最后让蟹在 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 的水体内待 1~2 分钟。经降温处理后的蟹处于半冬眠状态。

3. 称量、按规格分级

麻醉后的活蟹,根据规格要求进行称量分级,同时剔除不合格的死蟹(活蟹蟹脚紧缩不下垂,蟹脚下垂的为死蟹)、次蟹、断脚蟹等。每次称大小一致的蟹 4 千克,让水量掌握在 2%,规格分为四级:JL 级,每 4 千克为 11 只以内;L 级,每 4 千克为 12~15 只;M 级,每 4 千克为 16~20 只;S 级,每 4 千克为 21~24 只。

4. 装箱及运输

麻醉且分好级的蟹子可随时装箱起运,这应根据当时出运的航班灵活掌握。装箱用清洁、干燥、无杂质的木屑(以白杨木屑最佳,颗粒以电锯锯出的粗细为好)。将麻醉后的活蟹包裹于纸板箱或塑料泡沫箱内。装箱时,先在箱底铺一层木屑,然后将

蟹背朝上,蟹口斜向上呈 45° 整齐地摆放一层,上面铺一层木屑,再放一层蟹。每箱一般三层木屑二层蟹,S级则可四层木屑三层蟹。层间空隙特别是上层的封面要垫足木屑,以防蟹体移动,影响存活率。木屑的用量一般为蟹重的 $1/4$,最后用胶带封口。包装好的活蟹要及时出运,力求缩短运输时间,36小时内运抵目的地上市。活梭子蟹在贮运过程中,箱内温度保持在 $3\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。

第七章

锯缘青蟹安全、优质养殖技术

锯缘青蟹俗称锯缘青蟹,是一种价值较高的食用蟹,具有生长快、适应性强等特点,属梭子蟹科的大型种,最大个体可达2千克。其肉味鲜美、营养价值高,是传统的名贵海产品。据分析,锯缘青蟹每100克可食部分,含蛋白质15.5克、脂肪2.9克、碳水化合物8.5克、钙380毫克、磷340毫克、铁10.5毫克,还含有核黄素、硫胺素、尼克酸等多种维生素。尤其是性腺成熟的雌蟹(俗称膏蟹),有“海上人参”之誉,是产妇和身体虚弱者的高级补品。除食用之外,锯缘青蟹还可入药,治疗多种疾病。由蟹壳制成的甲壳素,还是一种用途很广的工业原料。因此,锯缘青蟹颇受国内外广大消费者的欢迎。

锯缘青蟹作为海洋渔业的捕捞对象,已有相当长的历史,但近年由于捕捞过度,资源量不断下降。因此,国内外许多地方已开始锯缘青蟹人工养殖和全人工育苗的研究,并取得了良好的效果。20世纪60~70年代,锯缘青蟹养殖在我国的东南沿海,尤其是广东省沿海有了较大的发展,养殖面积达100亩。80年代随着人工育苗及养殖技术的推广,我国的锯缘青蟹养殖业蓬勃发展,尤其是广东、广西、福建、浙江等省(自治区)沿海,锯缘青蟹养殖热潮一浪高过一浪,养殖面积迅速扩大,经济效益不断提高。山东省进行锯缘青蟹人工繁育和人工养殖也获得成功。随着全球气候变暖和水温的升高,锯缘青蟹的养殖范围会越来越大,市场前景也越来越看好。所以,锯缘青蟹已成为我国海水养殖业的重要品种之一。

一、分类地位及地理分布

锯缘青蟹属暖水广盐性种类。主要分布于温带、亚热带和热带的浅海区内,尤其是在有机质丰富、潮流缓慢的江河入海处和浅海内湾更适宜其生长。在日本、越南、东南亚、澳大利亚、新西兰、美国等海域均有分布。我国的广东、广西、海南、福建、浙江、江苏、台湾等省(自治区)的沿海亦有分布,尤以广东、福建、浙江三省为多。

二、生物学特性

(一)外部形态特征

锯缘青蟹从外形来看,可分为头胸部、腹部和附肢(图 20)。

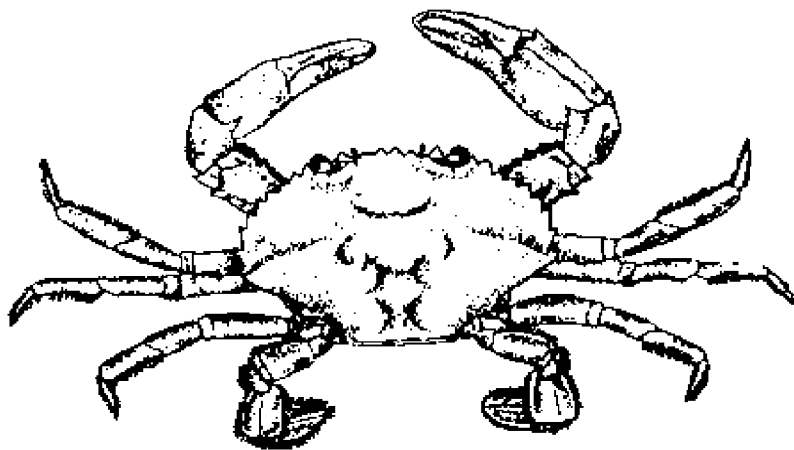


图 20 锯缘青蟹外形

1. 头胸部

锯缘青蟹的头胸部完全愈合,背腹两面都盖有甲壳。在背面的甲壳称背甲呈青绿色,扁椭圆形,有保护躯体内部柔软组织

的作用。腹面的甲壳称腹甲或胸板。

头胸甲呈扇形,稍隆起且表面光滑,长度为宽度的 $2/3$,中央有明显的“H”形凹痕,形成若干与内脏位置相对应的分区,可分为胃区、心区、肠区、肝区和鳃区等。头胸甲边缘分为额缘、眼窝缘、前侧缘、后侧缘和后缘。额缘有三角形额齿 4 枚;眼窝缘具有前齿各一枚;前侧缘各有侧齿 9 枚,其形状似锯齿,故名为“锯齿青蟹”;后侧缘斜向内侧;后缘与腹部交界,近于平直。额缘两侧有一对带柄的复眼,能左右转动,平时多横卧在眼窝缘下方的眼窝里,受惊时则竖立起来。眼内侧生有两对触角,内一对为第 1 触角,基部藏有平衡器;外一对为第 2 触角,基部藏有排泄器(即触角腺)。头胸甲还折入头胸部之下,可分为下肝区、颊区、口前部。在口前部后方中央的大缺口为口腔。

腹甲中央部分向后陷落呈沟状,称腹沟。胸部腹甲原为 3 节,虽前 3 节已愈合为一,但节痕尚可辨认。后 4 节在腹沟处也已愈合,但其两侧的隔膜仍可分辨。生殖孔开口于胸板上,雌雄位置有异,雌的一对开口于第 3 对步足基部胸板处;雄的一对则开口于游泳足基部相对应的胸板处。

2. 腹部

腹部连接头胸甲后缘,退化成扁平状,紧贴于胸板下方,四周有绒毛,俗称“蟹脐”。把蟹脐打开,可见中线有一纵行凸起,内有肠道贯通,肛门开口于末端。蟹脐的形状随蟹的不同生长时期和性别而异。幼蟹时期,雌雄均呈狭长形,雌雄很难区分。当甲壳长达 1 厘米、宽 1.5 厘米以上时,雌性蟹脐开始扩宽渐呈圆形,雄性则仍为狭长三角形,腹部 7 节分明。

3. 附肢

头部附肢共 5 对,分为第 1 触角、第 2 触角、大颚、第 1 和第 2 小颚。胸部附肢 8 对,前 3 对为颚足,后 5 对为胸足。口腔上缘的口器从里往外依次由大颚,第 1、2 小颚和第 1、2、3 颚足等 6 对双肢形附肢组成。大颚的内肢发达,呈臼状,适于咬碎坚硬的食物。小颚呈薄片状,能搬送食物。第 1 颚足有挠片,能击动

水流,以保持鳃内的水流动,帮助呼吸;第3颚足的形状构造,则是分类上的主要特征之一。5对胸足,每肢从身体向末端依次由底节、基节、座节、长节、腕节、掌节(也称前节)和指节等7节所组成。第1对附肢呈钳状,称螯足,粗壮坚硬而强大,用于摄食和防敌。第2~4对附肢呈尖爪形,较细长,用于步行,故称步足。第5对胸足呈桨状,适于游泳,又称游泳足(图21)。

腹部附肢的数目与形状因性别而异。雌性腹肢4对,生于第2~5腹节上,逐渐变小,为双肢型,边缘生有柔软的细刚毛,卵产出后粘附其上。雄蟹腹部附肢2对,着生于第1、2腹节上,尖细呈针状,为雄性交接器。第1对腹肢粗壮,末端趋尖,外侧面具许多细小的刺,交配时用作输精,又称交尾针或“阴茎”;第2对细小,用于喷射精液。

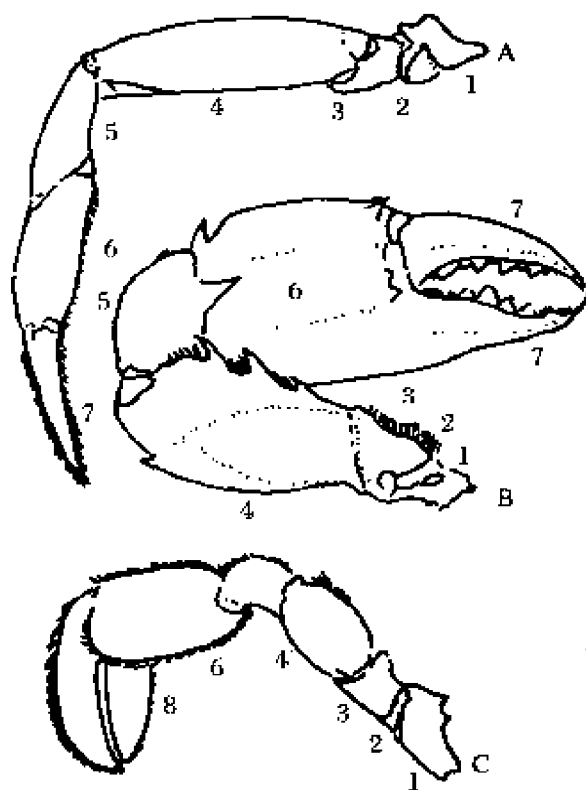


图21 锯缘青蟹的胸足

A. 步足 B. 螯足 C. 游泳足

1. 底节 2. 基节 3. 座节 4. 长节 5. 腕节 6. 掌节
7. 指节 8. 不动指

(二) 内部构造特征

打开锯缘青蟹的背甲,内部器官组织便呈现出来。

1. 消化系统

锯缘青蟹的消化系统可分消化管和消化腺两部分。

消化管包括口、食道、胃、中肠、后肠和肛门。食道和胃又统称前肠。口在身体腹面大颚之间,有一片上唇和两片下唇;食道短小,与胃相连。胃在身体背面,分贲门胃和幽门胃两部分。前者为一大囊状物,有贮藏和磨碎食物的功能;后者的胃腔很小。咀嚼食物时,借肌肉的收缩使胃齿摆动,把食物磨碎。磨碎的食物经过滤后,易消化的物质被送到中肠和后肠,不能消化的坚硬颗粒或碎壳则由口喷出体外。中肠较细,前后各有细长的盲管长出。肠壁有吸收营养物质的功能,未经吸收的物质和残渣,则经极短的后肠(直肠),由肛门排出体外。

消化腺为肝胰脏,由许多盲小管组成,分为两瓣,各呈三叶状,位于幽门胃和中肠的连接处。其导管开口于幽门胃和中肠的连接处。消化腺能分泌各种消化酶,在胃内协同胃的机械作用把食物消化成糊状。

2. 呼吸系统

锯缘青蟹的主要呼吸器官是鳃,位于头胸部两侧的鳃腔内,每侧 8 片,每片由鳃及许多羽状鳃叶构成。除鳃外,口器中第 1 颚足和第 2 对小颚的颚角片在鳃腔里不断划动,以及螯足、步足基部的入水孔、以螯足为主和第 2 触角基部的出水孔,共同构成了呼吸系统的水流循环,提供呼吸所需要的氧气。呼吸时第 1 颚足的外肢鼓动,大部分水由螯足基部流入,小部分水则由步足基部流入。水经过鳃腔上的微血管,使水中的氧气渗到血液中,而血液中的二氧化碳则渗于水中流出。

3. 排泄系统

锯缘青蟹幼蟹期有 2 对肾脏,即颚腺(又称壳腺)和触角腺(又称绿腺),二者均有排泄功能。

锯缘青蟹成蟹期,只靠 1 对触角腺完成排泄功能。触角腺位于头胸部前方食道的前面,为左右两个卵圆形、绿色的肌肉质贮藏囊。下接一条弯曲盘旋管,管中间为白色海绵组织,以上称腺体部。下接一囊状膀胱,开口于第 2 触角内侧基节的乳头突,废物由此处排出体外。除排泄功能外,触角腺还有调节适应海水比重,使体内外渗透压保持平衡的功能。此外,中肠盲管也有排泄功能。

4. 循环系统

锯缘青蟹的循环系统,由一个肌肉质的心脏、数条血管和许多血窦组成。心脏位于后肠盲囊上方、头胸部背面中的围心窦内,有 3 对心孔,每孔都有心瓣控制,以防血液逆流。由心脏发出的动脉共 7 条,其中 5 条向前,分别为 1 支上眼动脉、左右触角动脉各 1 支和 1 对肝动脉;2 条向后,分别为腹动脉和胸动脉。

锯缘青蟹的血液是无色透明的胶状液体,内含变形细胞或称白血球,但因血中含有血青素(是一种含铜的蛋白质,容易与氧结合,也容易释放氧,氧化时呈青绿色,还原时呈白色),一遇空气即可变为蓝灰色。此种色素与血红素功用相似,有传送气体的作用。体内的血液,一部分在血管中,另一部分在血窦中进行循环。心脏收缩时,心瓣关闭,血液由心脏流入各动脉,至躯体各部分并分成微血管,开口各血窦。由各血窦经静脉汇合而入胸窦。在胸部分出血管由入鳃血管至鳃,进行呼吸后再由出鳃管折回围心窦,并通过心瓣控制,使入窦的血液由心孔全入心脏。如此周而复始、循环不息。锯缘青蟹的循环属开管式。

5. 生殖系统

雄性生殖器官由精巢与输精管组成。精巢 1 对,位于消化腺后方,两叶的中间部分融合,精巢下方各有一长而盘曲的输精管,每条输精管与精巢之间有一个由大量盲管组成的副性腺,输精管末端则开口于第 5 对步足基部的交接器。

雌性生殖器官由卵巢和输卵管两部分组成。卵巢位置与精



巢相同。卵巢两叶,左右分开,中央部分相连,呈“H”形。未成熟的卵巢较小,近于白色,随着成熟度的增加,颜色逐渐变橙色,浅橙红直至鲜艳的橙红色,俗称蟹黄。成熟的雌蟹,蟹黄充满头胸部的背侧。各叶卵巢都有一很短的输卵管,末梢各附一个纳精囊,开口于生殖孔。

6. 神经系统

锯缘青蟹的神经系统是由2对神经节,若干神经和神经索组成。一对神经节位于头部(亦称脑),向前和两侧发出4对神经,依次为:第1触角神经、眼神经、皮肤神经和第2触角神经。向后通过一对围咽神经,从食道两侧发出1对交感神经,通向内脏器官及口器,紧贴食道的后侧,一条细小的横联神经将左右两条围咽神经连接成一个围咽神经环,有神经分布大小颚及3对颚足。另一神经节位于腹甲中央,称胸神经节,扁圆形,中有一孔,胸动脉由此孔穿过。从胸神经节向两侧发出较粗的5对神经,依次分别分布到1对螯足、3对步足和1对游泳足。腹部无神经节,只有由胸神经节发出的一条神经索并分成许多分支,散布到腹部各处。

7. 感觉器官

锯缘青蟹的感觉器官主要为触角和眼睛,分别起视觉器、平衡器、嗅觉器和触觉器的作用。

(1)复眼。复眼1对,眼下生柄。复眼构造复杂,由数千个视觉单位的小眼或单眼组成。外附角膜,中心为视网膜,视神经分布其上,具有可辨别物体的大小、颜色、活动状态与光线等功能。

(2)平衡器。位于第1触角的基部,由1对窝状囊组成,与外界不相通。内有司感觉的绒毛,也是主要的感觉器官。其上部附有石灰质的颗粒,可起平衡的作用。

(3)嗅觉器。第1对触角小节上,生着许多专司嗅觉的感觉毛,借此常在夜间出穴觅食,辨别食物的好坏。

(4)触觉器。锯缘青蟹躯体外缘和附肢上的刚毛,具有触觉

的功用。此类刚毛系表皮细胞向外突出而成,基部有神经末梢分布,所以触觉敏锐。

三、锯缘青蟹的生态习性

(一)生活习性

1. 栖息与运动

锯缘青蟹喜欢生活于潮间带的泥滩或泥沙的海滩,也栖息于红树林、沼泽地。多夜间活动,白天穴居于泥土穴或岩缝内,洞穴的大小与个体大小相适应,深浅则随季节、潮区、滩涂堤岸基质的软硬度以及个体大小、强弱而异。一般情况下,洞穴冬深、夏浅。从季节活动来看,夏季活动多,冬季活动少。盛夏时往往成群在干潮时竖起步足,使头胸离开滩面而露空乘凉。天气较冷时多伏于淤泥土中仅露两眼。游泳全凭游泳足,步行靠3对步足。受惊时步足和游泳足并用,竭力逃跑。锯缘青蟹的运动方向都是横行的,这是其头胸甲的宽度大于甲长,同时步足关节向下弯曲的缘故。

2. 对水质环境的适应与要求

(1)温度。锯缘青蟹为一广温水生动物,生命温度极限为 $7\sim 37^{\circ}\text{C}$,超过或低于此限不能生存,生长适温范围为 $15\sim 31.5^{\circ}\text{C}$,最适生长温度为 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。此时锯缘青蟹活动力强,食欲旺盛,摄食量明显增大。随着水温的下降,锯缘青蟹活动和摄食量减小,水温低于 18°C 时,锯缘青蟹活动时间缩短,摄食量减少; 15°C 以下时,生长明显减慢;水温降到 12°C 时,只在晚上短暂活动,并开始掘洞穴居;水温 10°C 时,锯缘青蟹行动迟钝; 7°C 时完全停止摄食及活动,身体藏于泥沙或软泥中,进入休眠或穴居状态,以度过寒冬季节。如果水温再降低,则会引起死亡。在夏天高温季节,水温高至 35°C 时锯缘青蟹就出现明显的不适状态。干潮时,处于潮间带小水洼里的锯缘青蟹则会将步

足直立,撑起身体乘凉,使腹部不与泥土接触或爬上滩涂。在养殖池内,可以看到很多锯缘青蟹爬到隔网上去避暑。水温升至 37°C 以上时,锯缘青蟹不摄食。若升至 39°C ,锯缘青蟹背甲出现灰红斑点,身体逐渐虚弱死亡。

(2)盐度。锯缘青蟹虽栖息于低盐度的浅海,但对盐度的适应范围较广,渐变盐度适应范围可达 $2.6\sim55$,适宜盐度为 $5\sim33.2$,最适盐度为 $13.7\sim26.9$ 。盐度低于5或高于 33.2 时,锯缘青蟹常会生长不良。雨季盐度降至5以下时,沿岸的蟹常打洞居住,以度过不良的环境。若锯缘青蟹较长时间生活在低盐环境,使血液的渗透压失去平衡,造成腹部膨胀,6~8天后便会死亡。因此,锯缘青蟹在每年的6~7月雨水过多时死亡率很高。而在盐度渐变的不良环境里,锯缘青蟹有迁移逃逸的能力。试验证明,锯缘青蟹对海水盐度的突变难以适应,甚至盐度的突变常会引起“红芒”和“白芒”两种疾病。

同时还应注意,由于各海区的锯缘青蟹所处的海水盐度不同,因而形成的适应能力亦有差异。例如,上海金汇港常年盐度在 $5.9\sim8$,锯缘青蟹仍能很好地生长、发育、成熟和交配,但不能产卵、繁殖。珠海等珠江三角洲地区,近几年来利用原有的淡水鱼塘、罗氏沼虾养殖池及在甘蔗种植地新开挖的池塘,养殖池水的盐度有些在 $0.5\sim2$,甚至盐度计测不出,进行大规模锯缘青蟹的养殖,同样取得了成功。不管在何种水环境下养殖,都切忌盐度差突变过大。

(3)溶解氧。锯缘青蟹虽穴居生活,但对水中溶解氧仍有一定要求。当水中溶解氧大于2毫克/升时,锯缘青蟹摄食量大,生长和活动正常;溶解氧小于1毫克/升时,锯缘青蟹则不摄食,反应迟钝,出现浮头,甚至死亡。蜕壳时需氧更多,否则,不能顺利蜕壳而死亡。

(4)pH值。pH值表示水的酸碱度,是反应水质状态的一个综合性指标。pH值的变化,受水中二氧化碳、碱度、溶解氧、溶解无机盐类和有机物含量等的影响。如水中游离二氧化碳含

量减少,而含氧量提高,pH 值就会上升;反之,游离二氧化碳含量增加,或游离二氧化碳含量不变,但碳酸氢盐所形成有机酸含量多,水呈酸性反应,pH 值就下降。锯缘青蟹对 pH 值的适应范围在 7.5~8.9,并以 7.8~8.4 为适宜。

(二)食性与摄食

锯缘青蟹是一种以肉食性为主的甲壳动物,在天然环境中常以牡蛎、蛤类、缢蛏、泥蚶等贝类和鱼、虾、蟹等为食,也兼食动物尸体及少量藻类。人工饲养条件下喜食小贝类及小的杂鱼虾类。锯缘青蟹昼匿夜出,多在夜间觅食。锯缘青蟹感觉器官灵敏,能有选择地寻找食物。在摄食时,除用眼睛外,在第 1 触角上生有一种具嗅觉的感觉毛,对觅食亦起很大作用。当找到食物后,即用一双螯足把食物牢牢地钳住。假如是坚硬的贝类,则用螯足将其钳碎后,夹取食物送至口边,继而用第 1 对步足的末端捧着食物,送交给第 3 颚足。再由第 3 颚足依次传递给第 2、1 颚足,最后搬送给大颚,由大颚将食物切断磨碎。然后食物经过很短的食道而进入胃部,这就是锯缘青蟹吃食物的全过程。

(三)自切与再生

在天然环境中,当锯缘青蟹受到强烈刺激或机械损伤,或在蜕壳过程中胸足蜕壳受阻而蜕不出时,常会发生丢弃胸足的自切现象。这种自切现象,是锯缘青蟹为适应自然环境,长期形成的一种保护性的本能。自切有固定的部位,折断点总是在附肢基节与座节之间的关节处。此处构造特殊,即可防止流血又可以从这里再生新足。若人为地在任何一只步足的长节或腕节处,将该足迅速剪断,立即会看到剩余的残肢激烈抽搐抖动,继而不断上跷,而使其自行断落;或将身体高撑起来,借自身的重量将残肢自附肢基节与座节之间的关节处压断;或用另一侧螯足将残肢钳弃。

锯缘青蟹断掉一二只附肢后,对其运动、摄食、御敌等有所



影响,但并不至于危及生命。数天后,在断肢处会长出一个半球形的疣状物,继而延长呈棒状,并迂回弯曲。在基节上新生出座、长、腕、掌和指等5节。这5节形成2个弯折处:一个弯折是长、腕两节之间;另一个弯折是掌、指两节之间的关节,状如“回形针”。各节均由一层皮膜包被。由于皮膜的粘贴,腕、掌两节与长节贴在一起,而指节折向内面,并与长、腕及掌节粘贴在一起。当这层皮膜蜕去后,各节就能伸展开来。这一过程需经二三次蜕壳才能完成。锯缘青蟹新生的附肢亦具有齿、突、刺等构造,整个形体虽比原来的肢体细小,但同样具有取食、运动和防御的功能。附肢的再生,仅在个体性未成熟阶段的生长期内存在。待生殖蜕壳后,随着蜕壳的终止,不会再生新足。

(四)蜕壳与生长

锯缘青蟹的一生要经历许多次蜕皮或蜕壳。幼体阶段由于其外骨骼薄而软,称为蜕皮;经几次蜕皮发育后,外骨骼逐渐变硬,称为蜕壳。锯缘青蟹的生长与变态发育,总伴随着幼体的蜕皮和成体的蜕壳进行。锯缘青蟹体躯增大和形态改变以及断肢再生,都要经过蜕壳才能完成。同时锯缘青蟹的蜕壳还可去除体表上的附着物和某些病变。因此,蜕壳不仅是锯缘青蟹发育变态的一个标志,也是个体生长的一个必要阶段。在锯缘青蟹的一生中,蜕壳贯穿于整个生命活动之中,对其生命发展起着重要作用。

1. 壳的次数

锯缘青蟹一生要经过13次蜕壳,大致可分为幼体蜕皮6次、生长蜕壳6次和生殖蜕壳1次。

2. 蜕壳的过程及体征的变化

锯缘青蟹蜕壳多在清晨或夜间进行,蜕壳时常选择较安静且隐蔽的场所(如洞穴等)进行。

蜕皮或蜕壳,既是身体外部的形态变化,又是内部错综复杂的生理活动。当蟹体蜕壳时,先是体腔内分泌许多起润滑作用

的黏液,使软甲与旧甲分离。蜕壳前由头胸甲后缘与腹部交界处出现裂缝,在口部两侧的侧板线处以及一对螯足长节的内侧面亦出现裂缝。旧壳中的无机盐类及有机物质被重新吸收,使旧壳变软、变薄,尤其是某些部位变得很薄,容易裂开。蜕壳前一天停止摄食,寻找适宜的隐蔽场所准备蜕壳。蜕壳时身体肌肉不断地收缩,腹部向后退缩,肢体不断摆动并向中央收缩。首先是游泳足先蜕出,继而腹部及步足按由后至前的顺序蜕出,最后是螯足蜕出旧壳(图 22)。锯缘青蟹在蜕去旧壳的同时,内部器官如胃、鳃、肠等也都一一蜕去几丁质的旧皮,甚至胃磨中的齿板也要更新,其中鳃的蜕皮是伴随胸足的蜕壳而进行的。鳃的旧皮蜕出后,新体头胸甲再封闭鳃腔。此外,蟹体上的刚毛均随旧壳一起蜕去,新毛由新体长出,与旧毛无关。

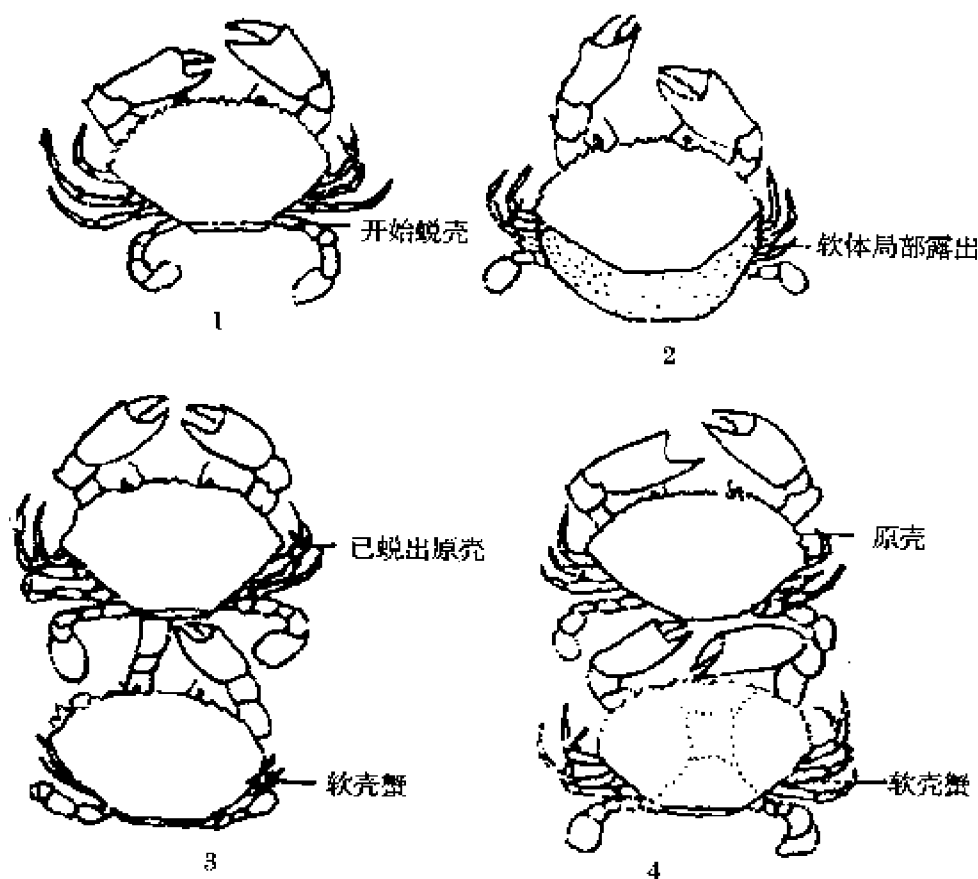


图 22 锯缘青蟹蜕壳的顺序

1. 蜕壳初期 2. 头胸部的后半部已露出在旧壳外 3. 身体大部分
蜕出旧壳 4. 蜕壳完成

锯缘青蟹脱壳后,肢体下垂,软弱无力,躯体十分柔软,俗称“软壳蟹”,横卧在水底不能行动。待 2~3 小时后才开始恢复正常状态,6~7 小时后甲壳逐渐变硬,3~4 天则完全硬化。

3. 蜕壳的影响因素

(1)温度。锯缘青蟹在水温 15℃ 以下时不蜕壳,当水温 18℃ 以上时开始蜕壳,25℃ 左右为蜕壳盛期。

(2)溶解氧。锯缘青蟹蜕壳时呼吸非常急促,需要比平常多好几倍的氧气。在水流畅通的地方,水中溶解氧较高(3 毫克/升以上),水温 25℃ 左右时,每次蜕壳需 10~15 分钟。若溶解氧量降低到 1.67 毫升/升或碰到其他生物惊扰,或不久前受过伤等,蜕壳时间就会延长到 45 分钟或 1~2 小时,甚至会因蜕壳不遂而死亡。死亡的主要原因是由于氧气不足,蜕壳时间过久,导致体内能量耗尽而无力摆脱旧壳所致。

(3)其他因素。蜕壳的快慢与身体的大小有密切关系。如蟹体小则蜕皮时间短,蟹体大则蜕皮时间长。除此之外,蜕壳还与体质、饵料种类、质量、数量和饲养技术及生态条件有关。

4. 生长

锯缘青蟹依靠蜕壳而得以生长,一生共蜕壳 13 次。在发育初期,平均每 4 天蜕壳一次;两个月后,每隔 1 个月才蜕壳一次。每次蜕壳头胸甲可增长 0.4~2.5 厘米,体重增加 25%~65%。刚蜕壳的蟹体很柔软,吸收大量水分后个体增大。如蜕壳前甲壳宽 8.8 厘米,甲壳长 6.6 厘米,蜕壳后分别增大到 11.3 厘米和 7.8 厘米;增宽率达 28.4%,增长率 30.0%;体重由 156 克增加到 219.5 克,增重率为 41%。现综合各地资料,取其生物学最小型,将锯缘青蟹的生长情况列为表 29。

锯缘青蟹在人工养殖中生长速度很快,在上海市郊平均体重 65.5 克的天然蟹苗,经 85 天养殖平均体重 247.8 克。台湾放养壳宽 1.5~3 厘米、体重 60 克左右的蟹苗,6~7 个月后壳宽 12 厘米、体重 220 克左右,达到商品规格。

表 29 锯缘青蟹的生长(生物学最小型)

蜕壳龄	水温(℃)	所需时间 (天)	体长 (毫米)	头胸甲长 (毫米)	头胸甲宽 (毫米)
Z ₁	25.7~26.6	4~5	1.04~1.14		
Z ₂	27.3~27.5	2~3	1.41~1.65		
Z ₃	27.3~27.6	3~4	1.90		
Z ₄	27.6~28.5	3~4	2.49		
Z ₅	28.0~28.5	3~4	3.32		
M	26.9~29.2	6~7	3.55(全长)		
C ₁	28.2~31.5	4		2.8	3.6
C ₂	28.5~31.0	4		3.3	5.1
C ₃	27.0~29.0	4		4.7	7.1
C ₄	27.0~29.0	5		6.3	9.3
C ₅	27.0~30.1	8		7.9	12.5
C ₆	26.8~30.0	9		11.0	17.5
C ₇	27.0~30.0	12		15.0	23.0
C ₈	27.0~28.0	12		18.5	30.0
C ₉	21.0~28.0	32		26.0	38.5
C ₁₀	18.0~26.2	33		30.0	44.0
C ₁₁	22.0~28.0	30		35.5	76.5
C ₁₂	22.0~28.0	30		46.0	95.6
C ₁₃	22.0~28.0	30		61.0	127.0

影响锯缘青蟹生长的主要因素除水温等环境因子外,饵料也是主要因素。因此,在生产中应予以合理调配,以达最佳生长速度。

(五)繁殖习性

1. 雌雄鉴别

腹脐的形状:体长 1 厘米,体宽 1.5 厘米以上时,雌蟹腹脐



开始宽大,略呈近圆形;雄蟹腹脐狭长,呈三角形。

腹肢:腹肢着生于腹脐内,雌蟹有4对腹肢,肢上有刚毛;雄性只有2对腹肢,肢上无刚毛。

螯足:雌蟹螯足较短小,雄蟹螯足长而宽厚。

背甲:雌蟹背甲近圆形,雄蟹背甲近椭圆形。

体长与体重:一般雄蟹甲壳比雌蟹长。在繁殖季节之前,同样大小的锯缘青蟹,一般雄蟹比雌蟹重。

2. 锯缘青蟹的繁殖季节

锯缘青蟹的繁殖季节因地而异,主要与水温有关。在广东沿海除了冬季之外,其他时间均可见到抱卵的雌蟹,而3~4月和6~9月是繁殖盛期。广西沿海繁殖季节在3~10月。福建、厦门地区锯缘青蟹一年的繁殖高峰有两个,5月中旬至6月中旬,8月中旬至9月中旬。在我国台湾省终年均可产卵,但抱卵蟹仍以水温较高的3~8月较常见,4~6月为繁殖旺季。浙江南部沿海的繁殖季节在4~10月,5月下旬至6月和8月下旬至9月中旬是繁殖盛期。上海沿海的锯缘青蟹交配盛期是9~11月,繁殖季节在5~8月。在国外,泰国的锯缘青蟹产卵期是5~9月。菲律宾的锯缘青蟹终年都能繁殖,而以5月下旬至9月中旬为繁殖的高峰期,该地的锯缘青蟹一般5月可达到性成熟,5个月内可产卵3次。南非锯缘青蟹的繁殖季节是10月至翌年5月。

3. 性腺发育与成熟

锯缘青蟹1年即达性成熟,交配后的雄蟹及产卵后的雌蟹,大部分不久就死亡,寿命1~2年。卵巢成熟的锯缘青蟹体重约700克,大者可达1500克。

根据锯缘青蟹卵巢内外特征的变化,可将其发育情况分成6期(表30)。

表 30 锯缘青蟹卵巢发育分期

卵巢发育分期	头胸甲 长×宽 (厘米×厘米)	卵巢外观		发育特点
		外形和大小	颜色	
未发育期	2.9~4.4× 3.4~6.3	极细,直径为 0.2~0.5毫 米,无皱褶,肉 眼难于辨认	无色透明	卵巢发育和卵子 处于相对静止期
发育早期	3.7~7.4× 5.2~11.3	呈带状,宽0.5 ~4.0毫米。 初期皱褶不明 显,晚期逐渐明 显	逐渐由初期 白浊、略透 明转为晚期 乳白色、不 透明	卵原细胞活跃增 殖期,卵母细胞形 成,进行减数分裂 和卵黄发生前的 准备
发育期	6.3~9.2× 9.5~13.0	体积明显增大, 宽由5毫米增 至20毫米,皱 褶显著	淡黄或橙黄 色	卵母细胞迅速生 长和卵黄发生旺 盛期
将成熟期	73.0~10.0× 10.5~14.0	体积接近最大, 约25毫米	橘红色	卵母细胞生长和 卵黄发生近结束
成熟期	7.7~9.2× 11.2~12.9	体积最大,最宽 者可达28毫 米,卵粒可辨	亮橘红色	卵母细胞生长和 卵黄发生基本结 束,卵核继续分裂
排卵后期	7.5~8.0× 11.6~12.5	萎缩,叶片状	灰浊色	排卵后残存卵母 细胞退化和重新 吸收期

以上分期是从锯缘青蟹卵巢内部的组织学特征为主要依据,并结合卵巢的大小、颜色等外部形态而做出的科学划分。在养殖生产实践中,群众积累了丰富的经验,采用目测法来鉴别锯缘青蟹的性腺成熟度,鉴别方法见天然锯缘青蟹苗。

4. 交配

在锯缘青蟹一生中要经13次蜕壳,最后一次蜕壳为生殖蜕壳,交配行为就是在雌蟹完成最后一次蜕壳后的1小时左右开始的。一般锯缘青蟹在其甲壳长6厘米、宽8厘米、体重150克

以上时便可交配。

达性成熟的雌蟹在临蜕壳之前,即有雄性伴随(追尾)现象,追尾成功的雄蟹有搂抱雌蟹四处游走的行为,这种搂抱行走短则1天,长则4~5天。待雌蟹将要蜕壳时,雄蟹将雌蟹带到一个安全隐避处,并与雌蟹分离,守护在雌蟹周围。看到雌蟹蜕壳完毕1个小时后,在雌蟹新壳还没有硬化前,便向雌蟹采取交配行为。

交配的一切行为都是雄蟹主动。雄蟹首先协助雌蟹翻转身体,使之成为仰卧的姿态,随即爬上去,让自己的腹部对着雌蟹的腹面,用3对步足紧抱雌蟹。此时,雌蟹很自然地打开腹部,暴露出胸板上的一对生殖孔,而雄蟹也趁势打开腹脐,使其末端支撑在雌蟹腹脐基节的内侧,迫使雌蟹的腹脐不能闭合,然后将交接器插入雌蟹的生殖孔内进行输精。其精液在雌蟹的两个纳精囊内贮存起来,以待翌年产卵时释放授精。

交配一般是在夜间,白天可继续进行。在水温18~21℃、盐度6.7~7.4、溶解氧1.49~1.69毫升/升、pH值7.38~8.12的环境条件下,锯缘青蟹能顺利交配。在大潮汛,尤其是起水头交配较多。当遇冷空气后,水温急剧下降到最低点并逐渐回升时,可激发锯缘青蟹的交配欲。锯缘青蟹在交配期间停止摄食。

交配持续时间,最短9~24小时,较长的达2~3天。交配后,雄蟹还守着雌蟹一段时间,以防敌害侵袭,直至雌蟹的甲壳完全硬化,雄蟹才离去。

在交配盛期,锯缘青蟹有多次交配现象。不但雄蟹与多个雌蟹进行交配,而且雌蟹也不止与一个雄蟹交配过,甚至刚刚完成交配的一对也有重新进行再交配的现象。

5. 产卵与抱卵

经交配的雌蟹,在受精囊内精子的刺激下,卵巢内的生殖细胞开始发育,卵巢迅速增大。如果饵料充足、环境条件适合,在池塘人工养殖的条件下30~40天,卵巢就可以发育成熟,整个头胸甲以及头胸甲前侧缘,直至腹部肛门附近的空间均为卵巢

所占据。如果外界条件适合,便可产卵。

(1)产卵的外界条件。对锯缘青蟹产卵有直接影响的环境因子,主要有温度、盐度、海潮、底质、水质等。

①水温:每年3~4月,当水温上升到 18°C 时,便有锯缘青蟹开始产卵。据测定,锯缘青蟹产卵、受精、孵化的正常水温幅度为 $18\sim 31^{\circ}\text{C}$,最适水温为 26°C 左右。在水温低于 15°C 、恶化水质等不利环境条件下,雌蟹虽然产卵,但不能正常粘附于刚毛上,全部或大部分散落水中,造成“流产”。

②盐度:锯缘青蟹产卵的水体盐度,要求在20以上,最适盐度为 $28\sim 32$ 。若盐度低于20,雌蟹则会“流产”或不能产卵。

③海潮:据试验观察,促使自然海区锯缘青蟹产卵的另一个重要因子是海潮的刺激。大潮汛期间,栖息于低潮带的成熟锯缘青蟹才能产卵。据试验,人工饲养条件下的雌蟹不易产卵,而采用露空来刺激它,每天露空1小时左右,再灌水激起波浪代替潮波,结果成功地促使雌蟹产卵受精。没有露空刺激的2只卵巢很丰满的雌蟹,放养于池内,采用常流水,保持水质新鲜。几天后,这两只雌蟹因难产而死亡。

④底质:自然海区锯缘青蟹产卵场一般是泥沙或沙泥质。根据锯缘青蟹产卵习性的要求,即母蟹产卵时,是先将卵子产于地上,然后将受精卵逐步粘附于腹肢刚毛上。在产卵和粘附的过程中,发现有部分受精卵已被埋入泥沙中,而无法粘附到刚毛上,粘附率一般只有 $35\sim 50\%$ 。若改在水泥池中产卵,粘附率可达 95% 以上。因此,影响锯缘青蟹产卵粘附率的底质,以水泥底质最佳,沙质次之,泥质最差。但是,根据作者近年来的生产试验,水泥池底铺沙的池子,亲蟹的抱卵情况良好;水泥池底培育的亲蟹,不能很好的抱卵。

⑤水质:锯缘青蟹产卵时,要求水质澄清、无污染、溶解氧量高、pH值以 $8.0\sim 8.5$ 为宜。

(2)产卵与抱卵。雌蟹一般是在夜间22时至凌晨4时产卵,一次产卵的时间为1个小时。产卵时,雌蟹常用步足把体躯

撑起,腹脐有节奏地一开一闭扇动。此时,锯缘青蟹体内成熟的卵子,经输卵管至纳精囊与精子结合进行受精。然后从生殖孔排出体外,大都粘附在腹肢的刚毛上,也会有部分卵子散落入水中。凡受精的卵子都有两层卵膜,内层为卵黄膜;外层为裹住受精膜外围,由卵巢液的胶质黏液囊形成的次级卵膜,带有黏性,能粘附于腹肢的刚毛上。再由于卵粒的重力作用和腹脐的活动,粘附在刚毛上的卵外膜被外力拉长形成卵柄,致使刚毛上的卵群就像许多长串的葡萄。受精卵粘附于刚毛上受母蟹保护,直至孵出幼体为止,这时的母蟹称为抱卵蟹,或称“开花蟹”。

(3)产卵次数与怀卵量。已交配过的雌蟹,产卵次数与栖息地区和锯缘青蟹本身的素质(大小、强弱)以及产卵迟早等有关。只要条件适宜,雌蟹可多次产卵。如常年能产卵的台湾,天然海区里的雌蟹,多数只产卵(抱卵)一次。但个体大而且早期产卵的,在第一次产卵孵化后,能有第二次产卵。至于第二次产卵受精所需的精子,交配时纳精囊内精子的储备量可供多次产卵用。

抱卵数就是指母蟹腹肢刚毛上所附着的卵子的数量,比产卵量(母蟹从生殖孔所产出的卵子数)要少得多,因为所产出的卵子不会全部粘附于腹肢刚毛上,不少散失掉了。

雌蟹的怀卵量因地而异。各地的气候、海况等环境因素不同,怀卵量有所差异。更重要的是,在正常情况下,雌蟹的怀卵量与个体大小成正相比。因此,学者们对锯缘青蟹怀卵量的研究,因地区差异和取材大小不同,所得出的结果也不尽一致。锯缘青蟹的最高怀卵量为400万粒。一般锯缘青蟹所抱卵子的重量为体重的18%,重1克卵子的卵粒数量大约有4万粒。

6. 胚胎发育与孵化

(1)胚胎发育。锯缘青蟹的胚胎发育是在卵膜内进行的。刚排出体外的受精卵为黄色,卵黄丰富,卵表面光滑清晰,原生质均匀。受精卵排出体外后16小时左右才开始卵裂。2、4细胞期都为螺旋卵裂,且都能看到清晰的分裂沟。64细胞后胚胎趋向表面卵裂,256细胞后的胚胎进入囊胚期和原肠期。原肠

期以内陷为主,集中和外包为辅形成原肠。继而进入 5 对附肢期、7 对附肢期、复眼色素形成期、准备孵化期。

(2)孵化。当胚胎发育完善后,胚体靠肌肉的收缩,借腹部的扭动破膜而出,孵化成第 1 期溞状幼体。破膜孵化的征兆主要有:在胚胎发育后期,幼体破膜而出的前一天,母体摄食明显减少,临产的当天则停食;水面突然出现污泡,这是临产或产出时的分泌物;卵子的颜色变为灰褐色;镜检卵子,当胚体心跳达到 160 次/分钟以上时,预示几个小时内幼体将出膜。

在溞状幼体孵出时,母蟹浮于表层,在池四周游动;并将头部向下,而游泳足向上,腹部几乎与水底垂直,以游泳足做急速游动;并用步足拨开孵出的溞状幼体,使其分散于水中营浮游生活。

(3)胚胎发育及孵化对盐度和温度的要求。

①盐度:孵化时的正常海水盐度是 25~35,最适盐度为 26~30。盐度低于 25 或高于 35,孵化率则低,孵出的幼体活力差,培养后成活率也低。如果抱卵蟹处于盐度为 40.7 的海水中,7 天后所抱的卵会全部散落。

②水温:锯缘青蟹胚胎发育适宜水温为 22~30℃,最适温度为 26℃左右。据报道,水温低于 15℃或高于 35℃时,胚胎发育不正常,最终死亡。

水温与孵化时间关系密切,在适温范围内,随着温度的升高孵化时间缩短。

7. 幼体的发育

锯缘青蟹胚胎刚孵出的幼体称溞状幼体(用“Z”表示)。溞状幼体期需蜕皮 5 次,分 5 期。环境条件不适或饵料量不足、质不佳时,也有延期情况发生。然后发育成大眼幼体(用“M”表示)。大眼幼体一期,蜕一次皮后变成幼蟹。完成整个幼体发育共需蜕皮变态 6 次。在水温 26~29℃时,需 23~24 天发育成幼蟹(表 31)。



表 31 锯缘青蟹幼体的发育速度

发育阶段	水温(℃)	所需时间(天)
第 1 期溞状幼体	25.7~26.6	3~5
第 2 期溞状幼体	27.3~27.5	2~3
第 3 期溞状幼体	27.3~27.6	3~4
第 4 期溞状幼体	27.6~28.2	3~4
第 5 期溞状幼体	28.0~28.5	3~4
大眼幼体	26.9~29.2	6~7
幼体发育周期	25.7~29.2	21~24

(1)溞状幼体。刚孵出的幼体很小,貌似水蚤,故称溞状幼体。其身体略呈三角形,分为头胸部和腹部。头胸部具额棘、背棘各一根,较长;侧棘 1 对较短。腹部各节具棘。口器及消化道出现,开始摄食,尾节的后缘棘有辅助摄食的功能。营浮游生活,具有强趋光性。颚足的羽状刚毛为主要的浮游器官,头胸部的棘刺也有增强浮游的作用。颚足的羽状刚毛数量,随着幼体发育而增多。根据第 1、2 颚足外肢末端的羽状刚毛数等特征,来鉴别各期溞状幼体(图 23)

(2)大眼幼体。大眼幼体由第 5 期溞状幼体蜕皮变态而来,称为“蟹苗”。因其一对复眼着生于很长的眼柄末端,露出在外而得名(图 24)。

大眼幼体为浮游生活向底栖生活的过渡类型。幼体的形态既能适应于水中迅速游泳,又能适应底栖爬行。食性以肉食为主,杂食为辅,喜食贝、虾、鱼等碎肉,性凶猛,能捕食比其本身还大的浮游动物和底栖动物。在饵料不足时,常会互相残食。在游泳中或静止时,都能用螯足主动捕捉食物。

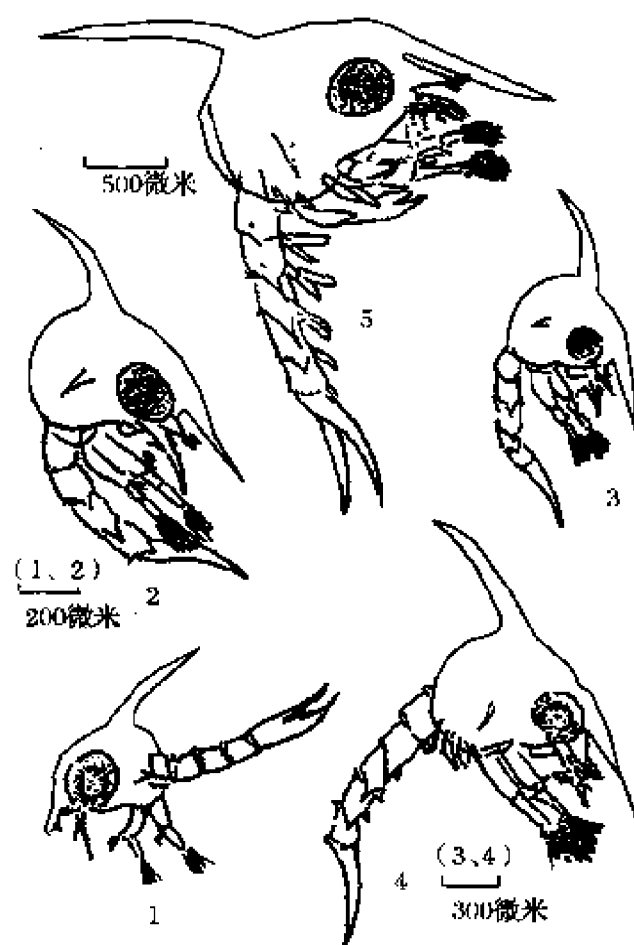


图 23 锯缘青蟹溞状幼体

1. 1期溞状幼体 2. 2期溞状幼体 3. 3期溞状幼体
4. 4期溞状幼体 5. 5期溞状幼体

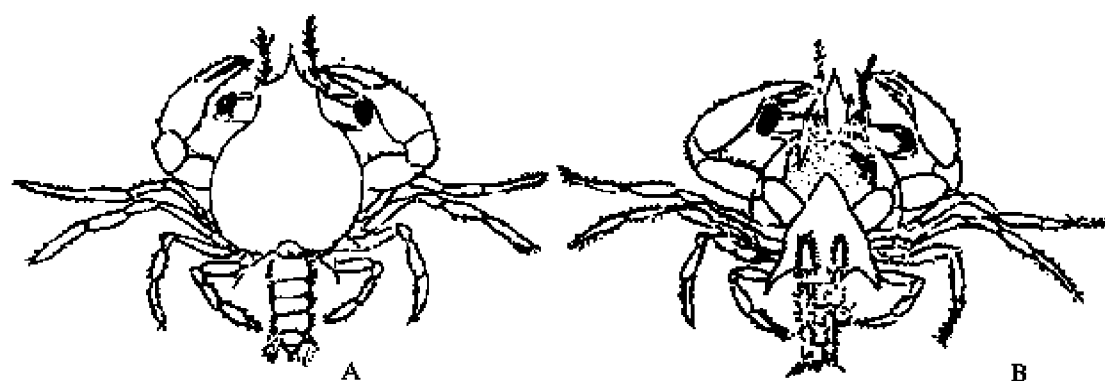


图 24 锯缘青蟹大眼幼体

A. 背面观 B. 腹面观

(3)幼蟹。大眼幼体索饵洄游到岸边后,经一次脱壳,腹部弯贴在头胸甲腹面,即变态为第1期幼蟹(图25)。幼蟹的形态构造与成体相似,头胸甲长约2.8毫米、宽3.6毫米,需再经多只蜕壳才逐渐长成成蟹。

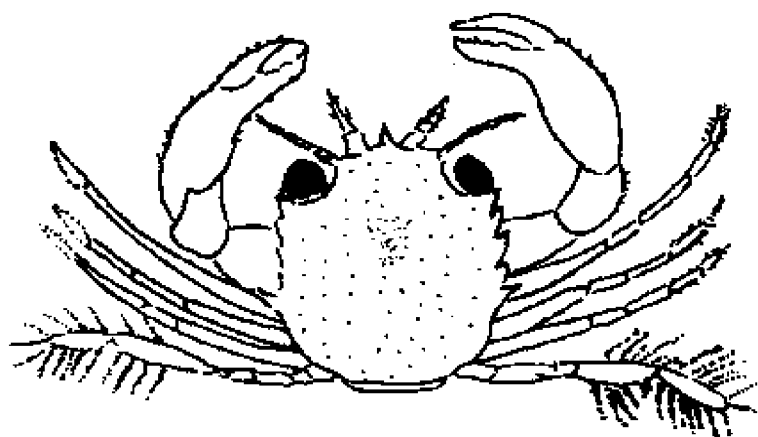


图25 锯缘青蟹幼蟹

幼蟹喜栖息在河口或内湾,营底栖生活,能爬善游,涨潮时觅食,退潮时穴居。幼蟹长大后,才离开岸边水草地带向深处移动。幼蟹的生长与水温、盐度、饵料等环境因素有关。适于幼蟹生长的温度为 $18\sim 31.5^{\circ}\text{C}$,最适水温为 30°C 左右,盐度以15~20为宜。当生长条件适宜、饵料丰富时幼蟹生长就快,蜕壳频率也高,蜕壳后体形增幅也大;反之,则生长慢。幼蟹生长历时4个月左右。

四、锯缘青蟹的苗种生产

(一)锯缘青蟹全人工育苗

随着锯缘青蟹养殖业的发展,捕获天然海区的蟹苗已不能满足养殖的需要,而且天然蟹苗的丰歉受海况、天气影响很大,因此,人工育苗已引起了重视。因育苗难度较大,尽管国内外科技工作者做了不少工作,但进展较慢。

1. 育苗设施的准备

用于锯缘青蟹人工育苗的育苗室、育苗池、亲蟹培育池、饵料培养室、供水、供气、增温、水质分析、生物监测室、附着器等一切设施,均同梭子蟹的人工育苗相同(见第一章)。

2. 亲蟹的培养

(1)亲蟹的来源。从天然海区捕获的膏蟹或抱卵蟹,或由人工养殖的菜蟹或育肥的红蟹中选出。在有条件的地方,最好选用天然海区捕获的亲蟹,因海区的蟹体质健壮、寄生物少、孵化率、出苗率高。

(2)亲蟹的选择。作为亲蟹要求肢体完整、齐全,身体健壮无病,无外伤,活动力强,指压其腹部,步足有结实感;个体要大,一般头胸甲宽13厘米,体重300~350克以上;蟹体、附肢、鳃无寄生物,卵子上没有钟形虫、纤毛虫、聚缩虫等附着;腹节刚毛要齐全,便于粘附卵子。

选抱卵蟹时要注意,卵块的轮廓形状要完整,腹部不松散,卵上无寄生虫,否则,孵化期间卵会变黑、腐败,甚至使母体将卵全部放弃掉。虽可用药物处理寄生虫,但会影响孵化后的成活率;而且抱卵蟹要在不失水的情况下购入和运输,离水时间不得超过30~50分钟,否则其受精卵会因脱水而变为死卵,即使有些卵能孵出蚤状幼体,但不久亦会全部死亡。

在海区选膏蟹时,要选已交配过的,卵巢完全成熟的雌蟹。其主要标志是甲壳内充满卵粒,鲜红色的卵巢已进入甲壳前侧缘的锯齿。检查方法是在灯光或阳光透视下观察甲壳无透明区,腹节上方与甲壳交界处、肛门处均附有卵。

目前,台湾抱卵亲蟹多来自养成池(菜蟹池)或天然海区外海中,可获得较高的孵化率。在养成池所捕抱卵蟹,一般系与江篱混养,其水质较为良好,而且池中是雌雄混养,交配机会较多,受精率及孵化率均较高。

(3)亲蟹的运输。亲蟹选好后,用草绳捆绑好并快速运输。运输方法有无水运输和浸水运输两种。对于短距离运输,可用

海水浸湿的纱布等包裹亲蟹,装箱或箩筐中进行无水运输,运输时间不超过 30 分钟;对于较长距离的运输(5~7 小时),可用塑料桶装海水,放入亲蟹后运输。途中要连续充气,水温最好保持在 20℃ 以下,并注意防止阳光暴晒,若温度过高时,可加些冰块降温。

(4) 亲蟹的培育。

① 培育池的准备:亲蟹培育池可为水泥池或土池,一般采用水泥池,在室内或室外均可。生产中室内也可采用对虾育苗池,效果良好。室外池必须有防雨和遮光设施。池子底部铺设细沙 8~10 厘米,并用已经浸泡 1 天以上的砖、石等建成“蟹屋”,以供亲蟹匿居,必要时在池顶搭遮光设施。土池的壁为石砌成或混凝土砌成,底质为沙泥或石砾,淤泥或腐殖质一定要少。池底向闸门的倾斜度较大,便于排、灌水,并可露空试滩,可采用涨落潮换水。

小规模的亲蟹培养,可用水容量为 0.5~1 米³ 的水缸、木桶或塑料桶等,上盖遮棚或备有盖子,以防风雨或烈日照射,底部也铺细沙。

亲蟹入池前,新建水泥池要注水浸泡 1 个月以上才能使用;旧池则要先把池壁、池底洗刷干净,用药物消毒。一般用有效氯含量 30%~35% 的漂白粉,50~100 克/米³ 水体浸泡 1 小时,然后用清洁海水冲洗干净。

② 亲蟹的放养:亲蟹运到后,先测定培育池水与运输包装物内的温度,若二者温差大于 2℃ 以上,则应进行淋水过渡。待二者温差小于 1℃ 后,即将包扎绳去掉。然后用 200 毫升/米³ 水体的甲醛溶液浸浴消毒 5 分钟放入池中。

亲蟹的培育密度不宜太大,一般为 2~3 只/米²。用缸、桶培养时,原则上每桶只放养 1 只。

③ 培育管理:

饵料及投喂:饵料要多样化,最好用低值小贝类、沙蚕、小杂鱼、虾、蟹等鲜活饵料,并多种交替使用,每天傍晚投饵 1 次或

早晚各 1 次。投喂量以次日清晨略有少量剩余为宜。

锯缘青蟹在卵巢发育期间需要从外界摄入大量营养,方能保证卵巢的正常发育,所以在亲蟹的暂养过程中,必须供给足够的高质量饵料。在海洋无脊椎动物的沙蚕、星虫、蛤等组织中,含有很丰富的二十碳四烯酸等脂肪酸。多喂食这些饵料生物,可以促进锯缘青蟹的性腺成熟。

水质调控:水质要新鲜、干净无污物,水温以 $26\sim 31^{\circ}\text{C}$ 为宜,水温低于 20°C 则摄食减少,卵巢发育很慢。盐度以 $25\sim 32$ 为宜,盐度低于 22,雌蟹卵巢发育将受到抑制。在培育过程中还应充分充气,使水中保持充足的氧气。经常换水,每天换水量为 $50\%\sim 100\%$ 。换水一般在上午进行,温差不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,并彻底及时清除前一天的剩余残饵,以免腐败而影响水质。有条件的地方可轮池饲养,或 2~3 天大清池、大换水一次,效果会更佳。

其他管理工作:培养期间光照不宜过强,否则,在蟹体上会附着许多生物,影响性腺发育。因此,在亲蟹培育期要遮光饲养。亲蟹产卵宜保持安静环境,健壮的雌蟹多数在夜间产卵。如白天或傍晚产卵的蟹则是异常卵,卵子无法粘附在腹肢刚毛上,或者附着量很少,没有什么价值。产卵后的蟹体质弱,要加强饵料、水质管理,不然容易引起死亡。每隔 2~3 天用高锰酸钾或甲醛溶液消毒一次。聚缩虫附生时,可用 $10\text{ 克}/\text{米}^3$ 的甲醛药浴 5 分钟,或 $0.5\%\sim 1\%$ 的新洁尔灭(原液浓度为 5%)的海水稀释液浸泡消毒 1 小时。每天还应仔细检查亲蟹的状态。对未抱卵的亲蟹,若发现有抱卵蟹要及时捞出专池培养。

亲蟹的促熟和促产措施:目前,促使青亲蟹性腺成熟和产卵的方法主要有以下两种。干露与灌水交替刺激法,每天将亲蟹干露 1 小时后灌水,连续几天,卵巢充分成熟的雌蟹便能正常产卵受精。剪除眼柄法,即剪除眼柄,也可促使锯缘青蟹提早成熟和产卵,且剪除一个眼柄比剪除两个眼柄的效果更佳。切除眼柄的方法有两种。第一种是直接切除法,即用小剪刀或烧红的

镊子在眼柄基部用力夹。第二种方法是低温麻醉切除法,即将亲蟹置于 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 下 $10\sim 20$ 分钟,待其“麻醉”(以触眼柄不缩入眼窝为准)后再行切除。切除方式包括单侧和双侧切除两种。试验证明,采用冷冻后切除眼柄,锯缘青蟹处于“麻醉”状态,不但易于施行手术,而且对亲蟹伤害较轻,效果较为理想,亲蟹存活率几乎为 100% 。

3. 产卵与抱卵

已交配而未产卵的亲蟹,经上述精心培育,卵巢发育饱满,若外界条件适合,便可产卵(具体内容见锯缘青蟹)。据报道,在水温 $25\sim 32^{\circ}\text{C}$ 条件下,卵发育较饱满的雌蟹,采取强化培育、人工催产等技术,可在 $4\sim 12$ 天产卵,成功率可达 60% 以上。若不采取适当措施,会使产卵时间延缓,且产卵率降低。亲蟹在水泥池中培育时间过长,往往引起卵巢退化,人工育苗无法顺利进行。

产后抱卵蟹的培育方法见亲蟹培育。对于抱卵蟹要经常观察卵的颜色变化,以便做好孵化的准备。刚产卵径为 0.365 毫米。卵的颜色变化过程是:橙黄色 \rightarrow 浅黄色 \rightarrow 灰色 \rightarrow 棕黑色 \rightarrow 黑色或灰黑色。一般抱卵蟹再经 $14\sim 21$ 天的精心培养,胚胎发育至原溞状幼体期,即可移入育苗池让它孵化出膜。

4. 孵化

(1)孵化池的准备。目前生产中多采用虾蟹育苗池,也可用桶、缸代替。池壁和工具等在使用前,都应经过 $10\sim 15$ 克/米³ 水体浓度的高锰酸钾消毒,再用干净海水冲洗干净。经 200 目筛绢把二级沉淀海水灌入池中,水位 1 米左右。如果孵化池与育苗池兼用,则进水后还应适当施肥和接种少量单胞藻。

(2)孵化。当抱卵蟹出现临产征兆时(见锯缘青蟹的繁殖习性),应及时把抱卵蟹移入孵化池。抱卵蟹移入孵化池之后,要不断充气,密切注视其孵化情况。亲蟹孵化一般都是在上午 $5\sim 11$ 时,尤其是早上 $6\sim 7$ 时孵化更为常见,孵化时间多在 1 个小时左右。当孵化结束后立即把亲蟹取出,放回培养池,并继续

精饵饲养,为其性腺再发育,进行第二次抱卵做好准备。孵化时水温以 26°C 左右最适宜,最适盐度为 $26\sim 30$ 。

(3) 孵化注意事项。

①要认真观察胚胎发育,做好孵化前的准备工作。当受精卵呈浅灰色或深灰色,在解剖镜下观察到卵膜内的胚胎出现眼点和跳动,应抓紧时间准备好亲蟹的消毒池和幼体孵化池,并对孵化池进行清洗、消毒,放入过滤海水。

②对孵化前的抱卵蟹,用过滤海水洗净污泥。若发现聚缩虫附着,应使用 $0.5\%\sim 1\%$ 的新洁尔灭(原液浓度为 5%)的海水稀释液浸泡消毒 1 小时左右。否则,会把聚缩虫带进幼体培育池。

③要注意掌握好孵化池中的幼体密度。把清洗消毒后的亲蟹装进笼内,垂挂在孵化池中进行孵化。孵化时使用亲蟹的数量,与亲蟹的怀卵量、孵化池大小及孵化时应掌握的幼体密度有关,而孵化时应掌握的幼体密度又主要取决于水温的高低。水温在 25°C ,孵化幼体应不超过 50 万个/ 米^3 ;水温在 30°C ,孵化幼体密度应掌握在 25 万个/ 米^3 以下。怀卵亲蟹用量可按以下公式计算:

孵化时怀卵亲蟹用量 = 应掌握幼体的密度 \times 孵化池水体 / 亲蟹平均怀卵量 \times 孵化率($\%$)

④孵化池水温日夜温差不超过 1°C ,发现水中出现刚孵化蚤状幼体时,充气量要小。当幼体数量达到预定的要求密度时,立即把亲蟹移走。

5. 幼体培育

锯缘青蟹幼体培育,是指将孵出的蚤状幼体培育成幼蟹的过程。

(1) 培育设施及消毒处理。锯缘青蟹育苗池可参照三疣梭子蟹育苗池,幼体培育设施及消毒处理与三疣梭子蟹相同。也可以专建锯缘青蟹育苗池,因青亲蟹产卵批量小,专建的育苗池以 10米^3 以内的小池为宜。

(2) 培育用水的准备及调控。自然海水要经二级沉淀、砂滤后,再用 100~200 目筛绢网袋过滤,方可注入培育池。池水开始不要注满,一般为育苗池的 2/3 体积即可。培育池注水后,应根据生产需要适时加入 EDTA 钠盐 3~5 克/米³ 水体,并接种单细胞藻类,金藻、硅藻、扁藻等种类均可。将池水调至幼体培育适宜的水质指标范围待用。

(3) 幼体的选育及布池。为了提高幼体的成活率,减少污染,选择健康幼体进行培育是生产中行之有效的措施。具体方法是:刚孵出膜的幼体,在停止充气的情况下,由于幼体的趋光性强,健康幼体会集群于水的表层和上层。这时可用塑料桶,塑料勺或圆底筛绢网袋将表层和上层幼体收集,放入幼体培育池培育;也可用虹吸方法收集。溞状幼体 1 期入池的密度为 2 万~5 万尾/米³ 水体。若不经选优,布池密度可增大。

(4) 幼体的培育管理。

① 饵料及投喂:溞状幼体孵出后,立即开始摄食,因此,适时、适量地投喂适口饵料,可大大提高其成活率。如溞状幼体开始摄饵的时间推迟半天,蜕壳时间则会推迟 1 天,蜕壳成活率亦大大降低,适口的饵料是育苗的关键。当前育苗在溞状幼体 1~2 期的死亡率高,可能与开口饵料有关。在适宜的温度、盐度、溶解氧、酸碱度、光照、水流、底质等生态条件下,采用生态系育苗技术大量培养生物饵料,以活体饵料多品种营养互补,采取藻类、轮虫、卤虫、桡足类等动植物饵料组合。幼体前期以投单细胞藻类、轮虫为主,辅以投喂卤虫、蛋黄;中后期投喂以卤虫为主,桡足类、藻类为辅。幼体变态存活率达 60% 以上,可达到批量生产蟹苗,并已被试验性生产所证实。

在锯缘青蟹幼体培育过程中,早期以投喂轮虫为佳,溞状幼体 3~4 期改喂卤虫。根据幼体消化酶活力和肝胰腺的超微结构研究,初孵幼体已具备较为完善的消化能力,这说明锯缘青蟹幼体一经孵化,主要依靠摄食来满足能量和发育的需要。因此,在实际育苗中,幼体孵化后应及早投饵,短暂的饥饿都会对其存

活率和发育产生重要影响。但由于溞状幼体 1~2 期消化道的形态与功能发育尚未完善,其捕食多为被动行为,轮虫是良好饵料(以 40~60 个/毫升为宜)。溞状幼体 3 期以后,以投喂营养价值高、个体较大的卤虫为佳。此外,在幼体培育过程中,还应注意投喂的轮虫和卤虫自身的营养价值,特别是其脂类的营养价值,可进行 EPA/DHA 的强化培育。

关于幼体培育阶段各期的主要饵料及日投喂量,如表 32、表 33 所示。

表 32 每只幼体在各发育期的主要饵料平均日投喂量

饵料种类	幼体期别							备注
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	M	C	
扁藻(万细胞)	3	5	7	2	0	0	0	视藻类浓度调整
轮虫(尾)	30	45	60	40		0	0	视残饵调整
卤虫(尾)	0	0	20	35	50	5	0	Z ₅ 后投卤虫成体
牡蛎、虾肉(占幼体重%)	0	0	0	0	0	250	350	

表 33 各期幼体的日投喂量

期别	螺旋藻 (万/毫升)	蛋白小球藻 (万/毫升)	轮虫 (个/毫升)	卤虫无节幼体 (个/尾)	卤虫成体 (克/万尾)
Z ₁	1	30	20~30	0.5~1	
Z ₂	0.5~1	20	20~50	1~2	
Z ₃	0.5	20	20	5~10	
Z ₄	0.3	15	15	10~25	
Z ₅	0.1	10		30~50	10~20
M				大于 100	20~40

②水质调节:

水温:整个培育期间的水温可控制在 25~32℃。前期温度要求低些,Z₁ 最适水温为 25~26℃,以后逐渐升高到 30℃左右。后期,即大眼幼体期,水温可以在 27~32℃。注意 Z₅ 期临

变态时,水温要求略为低些,保持在 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。在幼体培育期间,若水温降至 22°C 则幼体发育慢, 20°C 可引起死亡。

盐度:幼体培育期间,盐度以 $27\sim 30$ 最为适宜。早期可以略为高些, $Z_1\sim Z_2$ 为 $27\sim 35$, Z_3 以后为 $23\sim 31$ 。注意在幼体培育期间,特别要防止盐度的大幅度变化。

pH 值与溶解氧:pH 值保持在 $7.8\sim 8.6$,含氧量维持在 4 毫克/升以上,有利于幼体的发育和生长。

氨氮:其浓度应控制在 600 毫克/米³ 水体以下。

换水:育苗生产中,每天的换水量应视育苗水质的实际状况掌握(表 34)。

表 34 幼体培育阶段的日换水量

幼体期别	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	M	C
换水量(%)	添加	添加	20	30	50	60	100
添、换水网目	150	150	80	80	60	40	20

充气量: $Z_1\sim Z_2$ 期微弱充气,池水呈微波状; $Z_3\sim Z_5$ 期气量加强,池水呈微沸状; $M\sim C$ 期强充气,池水呈沸腾状。

吸污、换池:在育苗过程中,如果池底较脏,要用虹吸管吸底,清除脏物。必要时换池,防止泛池。

③光线:控制在 1 000 勒克斯左右,避免直射光的照射。

④附着物的投放:在幼体发育进入大眼幼体期后,为了减少幼体互相残食,可投放附着基。附着基的投放量一般 2~3 米³ 水体投放 1 米²,附着基以孔径 1 毫米的深色平板式结节塑料网衣制作。附着基投放的位置要求在水面以下 20 厘米,距池底 30 厘米。幼体密度过大或幼体发育不齐时,可每天将附着基上的幼体移出另池培育,使幼体发育同步,减少幼体间的自残。

⑤日常观察:

水质指标的观测:如水温、盐度、pH 值、溶解氧、氨氮、重金属离子等应每天及时检测,并做好记录。发现超标应及时采取措施调整。

幼体观察:在育苗期间,还应经常观察幼体活力、摄食、变态、体表光滑度等情况。若发现幼体异常,应及时找出原因并采取相应措施。

6. 幼蟹的培育

幼蟹培育,是指将天然海区捕捞的或人工培育的蟹苗(指大眼幼体),强化培育成幼蟹的过程,并可根据养殖需要继续培育成较大规格的幼蟹。

幼蟹培育方法:在原池内培育,若密度过高,可适当捕起部分移至他池内培育。把成蟹池分隔成小池,作为临时性的幼蟹培育池。待幼蟹生长到一定规格大小后,计数放入大池养成,再拆除临时分隔的小堤或拦网。在蟹池充足的情况下,选一口作为幼蟹临时培育池。待幼蟹培育到所需规格,计数分养,再将该池清池处理,即又可作为成蟹养殖池使用。

(1)培育池的建造。培育池宜建在水质良好,海、淡水水源方便且无污染的海边陆地,以靠近产苗区为好。交通也要便利。一般进行培育的专业户可以准备5~6口池,以利于分散放苗。培育池的面积不宜太大,一般为15米²(3米×5米)或20米²(4米×5米),池深1.0~1.5米。用砖块砌成,内壁光滑,并在池口向内有“反唇”装置,以防幼蟹外逃。底部铺3~4厘米厚的细沙,并在池中放置一些棕榈片、网片、人工海藻等,供蟹苗攀附栖息。海、淡水均从池壁上方以管子通入,随时可以调节池内的海水盐度。池底有一个排水口,在总排水沟的一边池壁底部安装一水位调节管,以控制池内水位。

(2)清池。蟹苗放养前,应先进行清池。新池必须事先灌水浸泡1个月以上,旧池则洗净后用药消毒。水泥池用漂白粉(有效氯30%~35%)50~100克/米³水体浸泡1小时,然后用清洁海水冲洗数遍;土池培育时,可用漂白粉(有效氯30%~35%)30~50克/米³水体,先用少量水调成糊状,再加水稀释,泼洒全池,药性消失时间是1~2天。或用生石灰375~500克/米³水体,可干洒,也可用水化开后,不待全冷却时泼洒,药性消失时间



是 10 天。药性消失后即可放养。

(3) 进水及池水的淡化。所有进入培育池的海、淡水,必须经过沉淀和 120 目或 150 目筛绢过滤。蟹苗阶段的盐度(3~5 天内)为 30~35,此后则要逐渐淡化,每天约加 1/10 的淡水。待大眼幼体变态成为幼蟹后,盐度可降至 15~20。

(4) 蟹苗放养。当蟹苗运到后,先测定池水和盛苗器内的温度。若二者温度相差太大,应进行过渡,使温差逐步减小到 1℃ 以下,才可放养入池。放养密度为 1 500~2 000 只/米²。

(5) 日常管理。

① 饵料及投喂:幼蟹营底栖生活,能爬善游,食性与成蟹相同。以投喂较大的碎贝、虾鱼肉等为主,早晚各投一次或在傍晚投喂一次。日投饵量为其总体重的 10% 左右,并视其摄食情况而增减。

② 水质的调控:

水质指标:盐度 15~20,水温保持在 30℃ 左右;pH 值为 7.8~8.6;溶解氧大于 4 毫克/升;氨氮小于 0.5 毫克/升;H₂S 小于 0.01 毫克/升。

换水:培育期间,保持水质新鲜,每天换水一次,换水量为池水的 1/5~1/2。进水必须经过 120 目或 150 目筛绢过滤。

杂物及残饵的清除:每天清晨要清除残饵等有机碎屑和死苗,以免败坏水质,使苗种在良好水质条件中生长、发育。

③ 日常观察:每天早、中、晚各巡池一次,观察水质变化,检查幼蟹的活动、摄食情况,并要注意是否有敌害以及病害发生,还要检查进排水和其他设施状况。若发现问题,要及时采取措施处理。

④ 培育时间:水温在 30℃ 左右时,蟹苗生长速度最快,一般 3~5 天便可变态为幼蟹。再饲养 12~17 天,经过 2~3 次蜕壳,即可达到甲壳宽 1 厘米左右的小规格幼蟹苗,出池用于养成。若继续饲养 1 个月左右,便可成为壳宽 2~3 厘米的大规格幼蟹苗,即可转入成蟹池养殖,或出售给养成蟹者,供其放养。

7. 稚蟹的出池、计数与运输

稚蟹出池前需将稚蟹培育水温逐渐降低至室温,先将附着基上的稚蟹提出放入水槽中,然后用虹吸管排水。待池水只剩30~40厘米时,将蟹苗由池底排水孔放入集苗箱。蟹苗计数同三疣梭子蟹,一般用重量法。

蟹苗可用帆布桶或塑料袋运输。帆布桶装苗种数量为1~2千克/米³,塑料袋(30厘米×60厘米)装0.1~0.2千克。为防止运输途中蟹苗互相残食,运输容器内可装附着基。用箩筐或蟹苗箱(木箱)运输。在底部铺一层湿水草,摆上一层蟹,再覆上一层湿水草,使幼蟹不致碰伤。不要重叠太多,最后盖上硬框纱窗布,便于途中淋海水,以提高运输成活率。

(二)天然锯缘青蟹苗的利用

在目前锯缘青蟹生产性全人工育苗尚未全面突破,而锯缘青蟹养殖业又发展很快的状况下,充分开发和利用天然锯缘青蟹苗资源,即不失时机地组织捕捞锯缘青蟹大眼幼体,并加以强化培育成幼蟹,仍是缓解锯缘青蟹苗种短缺的有效办法和重要途径。

1. 天然蟹苗的捕捞

捕捞方法有多种。浙江沿海捕捞幼体进行培育,育成幼蟹供种苗用。但福建以南沿海难以捕到大量幼体,多数是捕捞20~50克的蟹苗供养殖。

(1)锯缘青蟹种苗的捕捞季节。锯缘青蟹苗种的捕捞季节因地而异,在南海沿岸从4月起几乎全年都可以捕到,如广东东部每年有两次旺季,即5~7月和9~11月。在我国的台湾沿海几乎全年都有蟹苗出现,但4~6月为最多。浙江在4~11月都可捕到天然蟹苗,旺季是5~6月和8~9月。

(2)捕捞方法。捕捞方法也因地制宜,而且捕捞天然蟹苗各地都有丰富经验。这里介绍几种常见方法:

①蟹篓结饵诱捕:这是一种专门的作业,常在内湾或河口中进行。篓由竹编成,蟹易进难逃。诱捕时把诱饵(如牡蛎肉)等

夹在篓内,沉没海中,一段时间后提起篓取出蟹苗,如此反复进行。此法捕的种苗强健,且方法简单方便,是一种优良方法。

②利用捕食习性进行捕获:锯缘青蟹涨潮觅食的现象非常明显,随着涨潮成群结队地游到贝类生长繁茂的场地取食。尤其是贝类养殖场周围刚退潮时,极易捕到蟹苗。有的地区利用退潮蟹有匿藏洞穴的习性,在潮间带蟹较多的滩涂或贝类场附近有意识地挖一些洞穴或踏上一行行脚印,第二次干潮时就能捕到大量蟹苗。

③网具捕捞法:用定置网捕捞,把网具固定在海边滩涂上,涨潮时蟹苗随潮水进入网内,即可捕取;用推辑网捕捞,在涨、退潮时都可操作,并以落潮时捕捞量较大;当潮水涨到岸边时,用抄网捞取蟹苗。因蟹苗有傍晚或夜间觅食的习性,所以在傍晚或夜间的捕获量多于白天,并因白天的温度高,蟹苗容易死亡。因此,一般捕捞蟹苗多在傍晚或凌晨3~4点钟进行,效果较好。

2. 天然蟹苗的选择

过去蟹苗来源充足,选择较严格,作为育肥的种苗是交配后的雌蟹及体质消瘦的雄蟹,个大,均在150克以上。但在当前蟹苗量不足的状况下,许多地区都选择20~50克的种苗,经2~3个月养殖,也可长成膏蟹或肥蟹。种苗经严格选择后,成活率高,而且也可以短时间内养成商品蟹。

(1) 种苗选择的标准。

①体质健壮,无伤残,甲壳青绿色,活力强且不容易捕捉到,肢体完整的,为质量好的苗种。质量差的种苗,甲壳深绿色或绿色,有的腹部和步足棕红色或铁锈色,步足缺损,尤其是游泳足和螯足的缺损会影响活动和觅食,其他步足不能少于3个,若步足断了一半或部分伤者,须把剩余的一部分折断至关节处,以防它流出黏液影响水质,甚至死亡,折掉的步足可在短期内再生出来。凡受到刺、钩、晒伤或带外伤的均不宜放养,否则,死亡率高,即使幸存者,也需长时间养成。

②无病:辨别病蟹多从足基部肌肉色泽来看。强壮蟹肉呈

蔚蓝色,肢体关节间肌肉不下陷,具有弹性。病蟹则呈黄红色或白色,肢关节间肌肉下陷,无弹性,此种苗不宜养殖。

③剔除蟹奴:腹节内侧基常有 1~2 个蟹奴寄生。蟹奴卵圆形,体柔软,专吸寄主的营养维持生活。寄生在雌蟹体上,会影响卵巢的发育,不能养成膏蟹。寄生在雄体上,会使其格外瘦弱,不能养成肉蟹。因此,选种苗时应把蟹奴剔除掉。

(2) 锯缘青蟹种苗的鉴别。

①同类之间的鉴别方法:锯缘青蟹种苗本身的鉴别,通常按其性腺发育程度加以区别(表 35)。

表 35 雌蟹性腺成熟度的鉴别

名称	性腺发育期	甲壳两侧上缘性腺形状	腹脐上方愈合处中央圆点颜色	备注
未受精蟹	1	性腺不明显	看不到圆点	未交配
瘦蟹	2~3	有一道弧形卵巢线	乳白色	晚 2 期交配,饲养 30~40 天可成为膏蟹
花蟹	3~4	卵巢呈半月形	橙黄色	系瘦蟹饲养 15~20 天发育而成
膏蟹	5	充满无透明区	红色	由花蟹饲养 15~20 天而成

未交配蟹:俗称蟹姑或白蟹,系未受精的雌蟹,一般个体较小,为 150~200 克。主要特征是腹节呈灰黑色,在较强的光线下观察,可见到甲壳两侧从眼基部至第 9 个侧齿的带色圆点。这种蟹不能育成“膏蟹”,但可列入肉蟹饲养范围。若放进一定比例的雄蟹与其交配,经一次蜕壳,供给足够饵料,饲养 40~50 天则可养成膏蟹。

瘦蟹:俗称空母,即初交配的雌蟹,一般个体较大,约 200 克以上。将它放在光线下观察,在甲壳两侧从眼基部至第 9 侧齿间有一道半月形的黑色卵巢腺。另打开腹节的上方,轻压则可见到黄豆大的乳白色圆点,此蟹经饲养 30~40 天后,则可成为



卵巢丰满的膏蟹。

花蟹：是由瘦蟹经过 15~20 天人工饲养逐步发育而成。其卵巢已开始发育和扩大，但未扩展到甲壳边缘上，在强光线下观察，则可见到一些透明的地方，犹如一条半月形的曲线。另外，在腹节上的圆点已变橙黄色，即卵巢的形成。此蟹经 15~20 天的饲养可成为膏蟹。

膏蟹：又称赤蟹，台湾、福建称红蟳。是由花蟹经 15~20 天的饲养而成，卵巢达到完全成熟的雌蟹，甲壳两侧充满卵巢（俗称红膏），在强光线下观察已无透明的区域。腹节上方的圆点已成红色，即卵已长到腹节，有的在甲壳上呈鲜艳红色。

目前广东西部和广西沿海养殖用的种苗多数是天然苗，重 30~50 克。购苗时要了解种苗产地的盐度因子，以便入池前调节盐度而减少死亡，雌雄放入同池养殖让其自行交配，养殖 2~3 个月可收获出售。广东汕头沿海群众仍选购交配过、体重 150 克以上的种苗育肥。

②不同类（既锯缘青蟹蟹苗与其他杂蟹苗）之间的鉴别方法：在捕捞的天然蟹苗中，常会混有许多短尾类的幼体。除少数形状差异较大，易于分辨的杂蟹苗（如隆线拳蟹、豆形拳蟹、海蜘蛛、扁蟹和蟳蜞等）可以随时拣除之外，还有许多与锯缘青蟹大眼幼体形态很相似的梭子蟹类幼体，就比较难以区别了。其中以底栖短桨蟹、远海梭子蟹为最多。这些蟹的溞状幼体和大眼幼体，与锯缘青蟹的在外形上很接近，但也有差异。

溞状幼体的主要区别：幼体发育期数的差异，锯缘青蟹溞状幼体期可分为 5 期，而远海梭子蟹和底栖短桨蟹只有 4 期。颚足游泳刚毛数的差异。在最末期溞状幼体的第 1、2 颚足上羽状游泳刚毛的数量锯缘青蟹较多，有 $12+1\sim4$ 根；远海梭子蟹次之，有 $12+1$ 根；底栖短桨蟹最少，只有 $10+3$ 根。尾节双叉上的小棘形态和数目的差异。锯缘青蟹和远海梭子蟹显得较小，而且呈弯曲状，底栖短桨蟹则只有一对（图 26）。背棘外观上的差异。远海梭子蟹溞状幼体的背棘长度较长，而且与头胸部几

乎垂直,在末端形成 90°的弯折,当蚤状幼体 2 期时,背棘外侧出现鲜红色素;而锯缘青蟹和底栖短桨蟹的背棘较短,没有那样的垂直、弯折及鲜红色素。

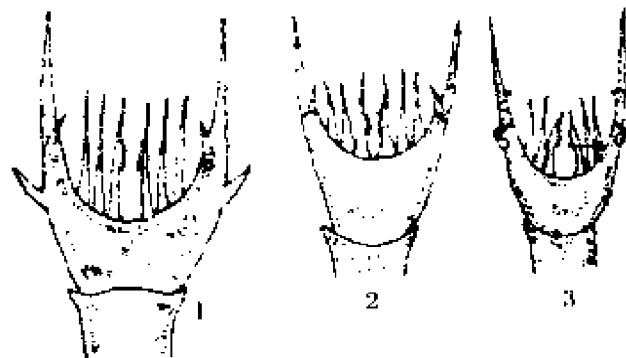


图 26 3 种蟹大眼幼体尾叉的区别

1. 锯缘青蟹小刺 2 对 2. 底栖短桨蟹小棘 1 对 3. 远海梭子蟹小棘 2 对,小而弯曲

大眼幼体的主要区别:锯缘青蟹、远海梭子蟹和底栖短桨蟹的大眼幼体,其形态和颜色的差异列于表 36。用肉眼、放大镜和低倍显微镜仔细观察,就可将它们区分开来。

表 36 3 种蟹大眼幼体形态的差异

鉴别特征	锯缘青蟹	远海梭子蟹	底栖短桨蟹
体型	最大	较小	最小
头胸甲外形(背面观)	尖顶、宽腹、圆壶状	与二者均有差别	三角形额部略呈三角形
体色	淡黄或粉红色略透明	黑色	较透明
头胸甲长(毫米)	2.75~3.17	2.29	1.69
头胸甲宽(毫米)	1.68~1.90	1.25	1.53
螯足	最大,尤其指节与掌节特别粗壮	较小	较小
末对步指的指节	偏平	扁平	不扁平与其他步足一样
腹甲棘*(微米×微米)	30×26	10×26	无

* 腹甲棘为头胸部左右末端延长部分,呈大角一对。

五、锯缘青蟹养成技术

将不同规格的幼蟹(或大眼幼体,但需经中间培育成幼蟹苗)养成商品蟹或成蟹的过程,称为成蟹的养殖。锯缘青蟹的养殖形式多种多样,目前通常以池塘养蟹为主,还有围栏、围网、水泥池养殖等多种方法。

(一)池塘养殖

1. 养殖场地的选择

选择锯缘青蟹养殖场地,必须根据锯缘青蟹生态习性的要求,尽可能地创造一个冬暖夏凉的栖息环境和优越的生长、发育生态环境。同时,也应具备为生产经营提供便利的条件。

锯缘青蟹的养殖场应选择风浪较小的内湾,海水交换良好,潮流畅通,海水比重适宜,不受工农业污染的影响,主要水质指标符合渔业水质标准。淡水水源充足、交通便利、蟹苗来源方便、鲜活饵料充足的场地,均可进行锯缘青蟹的养殖。但需要注意以下几点:选择风平浪静,潮流畅通,地势平坦,有排淡排洪条件,施工方便,工程量小的内湾浅滩或港道两侧;池底高程相当于中潮区的潮位,纳潮后水深能保持 1.5 米以上;底质以泥沙为佳,若池底泥多,应加粗沙或碎贝壳,改良土壤;海水比重经常保持在 1.010~1.020,不受陆地地下渗透水的影响;附近没有农药厂、化工厂,不受工业污水情况的影响;低值鱼、虾、贝类来源丰富,交通方便,有电力供应。

2. 养成池的建造

(1)养成池面积。一般以 1~3 亩为宜,若面积过大,排灌水困难,且需大量人力、物力。台湾蟹池小的多数是 350 米²,一般 1~4 亩。目前苗种主要来自天然捕捞,数量有限,规格质量各不相同,养成的时间也不一致,因而要按不同规格分池饲养。面

积过大,种苗不足,既浪费水面又难于收获。当前不少地区利用闲置的对虾养殖池养殖锯缘青蟹,面积20~30亩。

(2)蟹池的构造。可分单塘、双塘和田字形塘。一个池一个闸门的称单塘,两池相靠3个闸门,其中一个闸门互通两个塘的叫双塘。4个池连成田字形称为田字形塘。锯缘青蟹池一般由堤坝、闸、滩、沟、防逃和防斗设施等部分构成。

①堤坝:堤分用水泥与石块砌成或土壤堆积成两种,土壤结构的堤要宽大些,要经得起风浪冲击,在堤面内侧与堤垂直密集地插入30厘米长的竹竿(插入泥中10~15厘米)或用沥青纸顺堤边围起来,防止蟹外逃。用水泥石块砌成的堤,垂直砌就行了。

②水闸:水闸是池塘进排水的口子,作用是控制水位、交换水体、调节盐度、放水收蟹和阻止敌害等。闸门可用水泥和石块砌成,2亩蟹池闸门宽70厘米、高140厘米;闸门应设在港中水沟处,灌水能直接从沟中入水;闸门要求坚固耐用,尤其外闸门要能抗台风的侵袭。闸板用木料制成,可连成一块或几块,在闸门内要设竹篱笆或聚乙烯网,防蟹外逃。福建省的池塘进口处有一个深水池,水深3米以上,供蟹避暑。

③滩:滩系指池底,是锯缘青蟹活动与栖息的场所,池底的形状有平底、斜底和锅底3种。其中以锅底形的效果最好,但也有略向排水方倾斜的,比降为 $1/200 \sim 1/300$ 。小型池塘则为倾斜度较大的斜底和向池中心的锅底。锅底的坡度为 20° ,池中央挖有一个长2米、宽1.5米、深0.4米的水坑,并有一宽0.6米、深0.14米的水沟通到排水闸门。

④池沟:池沟既能疏通水流,又可供锯缘青蟹躲寒避暑,还有利于避免锯缘青蟹的互相斗殴。沟与滩的面积以1:3左右为宜,池沟的壁要有一定坡度,沟底平整,并朝排水方向倾斜。中央沟是池的主沟,进排水闸分设时,中央沟由进水闸通排水闸,并与环沟、支沟相通。中央沟深一般为0.5米以上。环沟是沿着池堤开挖的一条沟,为了保护堤坝,沟与堤坝基间应留3~

6 米。环沟有时可代替主沟。支沟是连通中央沟和环沟之间的水沟,宽度为中央沟的一半。一般蟹池均无支沟。只有面积很大的池塘才有支沟。

(3)防逃设施。锯缘青蟹在水质条件不良,不适宜其生长、生存时,会爬登堤岸越池逃逸,因此,必须在池堤四周内侧及进排水口处设置防逃设施。目前常用的防逃材料有塑料片、水泥板、竹篱笆、网片、油毛毡和玻璃钢板等,在砖石结构池堤的上缘内侧,应设有伸出约 20 厘米的反板;土堤则用竹篱笆、塑料片、水泥板等作为防逃设施,效果较好。在闸门处,除闸板网防逃外,另在闸门内再设一道篱笆,以提高防逃效果。

用塑料片作防逃材料时,应注意塑料片的厚度应在 0.4 毫米以上,太薄则经受不了风吹日晒及雨淋等。宽度一般为 50~70 厘米,视贴敷的方式而定。采用紧贴堤坡的方式设置时,塑料片宽度应为 60~70 厘米,塑料片下缘埋土 10 厘米,外露 50 厘米以上,此方式抗风能力较强。若采用垂直式贴敷,50 厘米宽的塑料片就可以,塑料片垂直外露 40 厘米能防止锯缘青蟹外逃。但垂直式易受强风吹刮,而使塑料片受到损坏。塑料片每隔 30~40 厘米,用竹筋夹住固定于堤坝边。塑料片的颜色以白色或乳白色为佳。塑料片的下缘必须与堤壁坡面紧贴,并压盖一些黏土。若有空隙,锯缘青蟹会由此处逃跑。塑料片上缘的高度,一般在蟹池最高水位线之上。

水泥板防逃效果好,且经久耐用,但一次性投资较大,并因直立式贴堤,在强风暴雨下要特别注意防止水泥板的倒塌。

竹篱笆作为防逃材料时,应采用直径 2 厘米左右的光滑小竹,不宜使用剖开的篾条。因篾条表面粗糙有棱角,锯缘青蟹易攀爬。竹篱笆可设置成与堤坝平行,即篱笆下端插入堤基,上端高出池水面 50 厘米以上,编连的横绳间距应大于 25 厘米;也可把竹条密扎插在土堤内侧上方,与堤身垂直,用塑料绳编连好,并每隔 1 米左右用木桩或毛竹加固。

还有的用聚乙烯网片作防逃材料。方法是每隔 2 米左右深

插一根竹竿,用以支撑网片,网的下缘埋入堤坝内基,上缘设置向池内折成宽 30 厘米、夹角 45° 的倒刺网。

(4)防斗设施。为避免减少锯缘青蟹相互殴斗而造成的损伤,在蟹池中应设置一些障碍物和隐蔽物等作为防斗设施。

①障碍物:在蟹池的滩面或沟中,用小竹枝或树枝排插成数行梅花桩、直线桩等障碍物,桩距 20~50 厘米,桩数视情况而定。障碍物可减少锯缘青蟹殴斗的机会,避免损伤。

②隐蔽物:根据各地的经验,在池内放置空心陶罐、陶管、水泥箱、缸片或薄石板架,建造人工洞穴和蟹岛等隐蔽物,以供锯缘青蟹栖息活动和蜕壳时隐蔽,对防止殴斗、减少相残有明显的效果。隐藏物既可增加锯缘青蟹栖息和活动空间,又可减少其相遇的机会,还可使锯缘青蟹逃避缺氧或水质不良等情况,锯缘青蟹还可爬上蟹岛和露水滩生活。

3. 放养前的准备工作

(1)池塘的清理。池塘的清理主要包括清池和除害两项工作,清除池内一切不利于锯缘青蟹生长和生存的因素。主要清除对象是,有机沉积物、捕食锯缘青蟹的生物、争食生物、破坏池塘设施的生物及致病生物。清池除害彻底与否,是锯缘青蟹养殖获得稳产高产的关键措施之一。

①清池:清池即清除淤积于池中的残饵、锯缘青蟹排泄物、生物尸体等有机物,因这些有机物是造成蟹池老化和低产的原因之一。大量的有机物在冬季分解很慢,翌年进水后随着水温的升高,便大量分解,既消耗大量溶解氧,又产生各种有毒物质,轻者影响锯缘青蟹的生活和生长,重者则可造成锯缘青蟹的死亡。因此,老的养成池,尤其是养殖密度较高的池塘,最好是每茬养殖后都进行一次清淤工作。具体方法是,锯缘青蟹收获后敞开水闸,让海水反复冲洗池塘,洗去池内的有机沉积物和沟底的淤泥。然后排干池水,封闭闸门,暴晒池底,使残留的有机物进一步氧化分解。污染程度较严重的精养池,应组织人力或使用吸泥泵,将淤泥挖出池外。在清淤的同时,还应进行池塘的维

修工作,如修理堤坝、闸门和防逃设施,平整池底和沟渠,堵塞漏洞等。

②除害:主要是清除池内有害的致病生物、捕食性生物、争食性生物及其他有害生物。清除敌害生物的主要措施是,收蟹后将池水排干,封闸暴晒,冰冻一冬,冻死各类生物;翌年注水时,闸门设置严密的滤水网,防止有害生物进入池中;在蟹苗放养前,进行药物清塘来杀死敌害生物。用于清塘的药物有许多种,现介绍几种常用药物清塘方法,仅供养殖者根据当地敌害情况选择使用。

生石灰:石灰不仅能杀死鱼类、杂虾、寄生虫及微生物,而且可改良池塘底质,增加水中钙离子的含量,促进锯缘青蟹蜕壳生长。生石灰每立方米水体用量为 375~500 克(但实际生产中,由于石灰质量下降或其他原因等,用量要大得多),可干撒,也可用水化开后不待全冷即全池泼洒。药性消失时间 10 天。

漂白粉:漂白粉对于原生动物、细菌有强烈的杀伤作用,既可预防疾病,又可杀死鱼类等敌害生物。使用时先加少量水调成糊状,再加水稀释泼洒,用量是每立方米水体加入含有效氯 32% 的漂白粉 30~50 克,并可用该液泼撒到干露的池面上。药效消失时间 1~2 天。

茶子饼:主要杀伤鱼类及贝类等,使用时将茶子饼粉碎后用水浸泡数小时,按每立方米水体 15~20 克的用量,连水带渣一道泼洒,1~2 小时即可杀死鱼类。药性消失时间 2~3 天。

鱼藤根:鱼藤根中含有的鱼藤酮对鱼类有强烈的毒性,而对甲壳类毒性却很小。使用前把鱼藤根浸于淡水中,每立方米水体用鱼藤根 4~5 克(干重)。药性消失时间为 2~3 天。

氨水:高浓度的氨水可杀死鱼类及致病生物,并有肥池的功用。用量是每立方米水体施氨水 250 毫升,稀释泼洒。药性 2 天消失。

药物清池时应注意:清池应选择在晴天上午进行,以提高药效;清池前要尽量排出池水,以节约药量;在蟹池死角、积水边

缘、坑洼处、洞孔内及水位线以下池堤亦应洒药;清池后要全面检查药效,若在1天后仍发现活鱼,应加药再清。注意药性消失时间,并经试验证实池水无毒后,再放养锯缘青蟹。

(2)进水及饵料生物的繁殖。初次进水一般在放苗前30~50天,采用60目锦纶锥形网。池水要少量多次添加,逐步达到60~80厘米。应根据当地水质情况确定是否需要施肥,以透明度保持在40~60厘米为宜。

池塘进水后,最好施肥培育生物饵料,饵料生物主要有单细胞藻类、沙蚕、螺赢蜚、钩虾等。若施化肥,每亩施氮肥1.5千克、磷肥0.5千克。

4. 蟹苗的放养

(1)放养方式。借鉴对虾养殖方式的划分法,锯缘青蟹的养殖方式也可分为粗养、半精养和精养3种。

①粗养:是一种较落后的广种薄收的生产方法,面积一般10公顷以上。在养殖过程中不投饵,依赖水域的天然生产力达到生态平衡,故产量低。过去南方沿海少数地方有此养殖方式,近年已绝迹。

②半精养:又称人工生态系养殖法,面积一般为2~3公顷。基本原理是通过清除敌害生物,促进饵料生物的繁殖,合理放苗。改善水质,创造一个适于锯缘青蟹生活和生长的生态环境。另外,补充适当的投饵,以充分发挥和提高池塘的生产能力。这种养殖方式由于清除了敌害生物(特别是捕食性生物),移入适合于在池内繁殖的饵料生物(如蓝蛤、短齿蛤等壳薄的小贝,沙蚕,一些小鱼、虾),有利于改善池内生态环境,故养殖产量较高,经济效益较好,值得提倡。目前,虽与人工生态系养蟹法不完全一样,但也有某些相似之处。混养品种既是池塘养殖的对象,又对综合利用池塘水体,改善生态环境,提高饵料利用率,减少锯缘青蟹病害发生和提高经济效益均有明显的效果,有时又是锯缘青蟹摄食的对象(饵料生物)。

③精养:是以人工投饵为主,用低值蛋白质换取高价蛋白质

的生产方式,是当前我国锯缘青蟹养殖采用的主要方法。面积一般在 0.7 公顷以内(多为 0.2~0.4 公顷)。其放养密度较大,养成期间技术比半精养更严格,须彻底清池除害,投喂优质、充足的饵料,调整水质,换水率高,故产量较高。一般生产水平的产量在 100 千克/亩左右,高者可达 200~300 千克/亩。池塘精养除普通的池养外,还有池内栏养、池内笼养和池内罐养等形式。一般大的蟹池,可采用竹篱笆或网片等作围栏材料,将其分隔成多个水池,便于雌雄或不同规格苗种的分养,避免互相残杀;较大规格的锯缘青蟹,也适宜笼养或罐养。将笼、罐排列于池的滩面,每个笼放养锯缘青蟹 1~2 只。此种方法管理工作较费时,但锯缘青蟹生长快,成活率高。

(2) 蟹苗的来源和选择。

①蟹苗的来源:全人工育苗得来的大眼幼体,经中间培育成适宜规格的幼蟹放养;从自然海区捕捞的蟹苗或幼蟹。

②蟹苗的选择:见锯缘青蟹的苗种生产。

(3)放养密度。锯缘青蟹的放养可分为单养和混养两种形式,此处讲是锯缘青蟹单养时的放养密度。锯缘青蟹养成的放养密度,应根据各地的水温、换水条件、饵料供应状况、管理水平等合理确定。若放养密度过大,会因拥挤易发生互相残杀;放养密度过小,则浪费水体。合理的放养量,不仅可减少互残,提高养成率,且能降低养殖生产成本。一般当年养成的放养密度为 1.5~4.5 只/米²,即每亩放养 1 000~3 000 只为宜。秋季以后至翌年 3 月水温较低、透明度大,可以多放,每亩放苗 1 500~5 000 只。如果水质条件优越、新鲜饵料充足,可适当加大放养密度;反之,应适当减小放养密度。

(4)放养时间。锯缘青蟹放养时间因地而异。广东、广西等沿海从 4~5 月和 7~8 月开始放苗,一年可养殖多茬,有采取轮捕轮放、捕大留小的措施,全年进行养殖,但其放养旺季是 5~7 月和 9~11 月。台湾沿海多在 4~5 月和 7~8 月,在农历 3 月以前所捕到的蟹苗个体较小,且此时水温尚低,故不适于放养。

上海地区的放养旺季在端午和立秋以后。

浙江沿海每年4~11月都可在海区捕到天然蟹苗,但幼蟹集中出现是在6月底至7月中旬和9月中旬至10月上旬。第一批苗(俗称夏蚶)宜在7月中旬前放养,7月下旬后必须提高放养苗种的规格,4~5月是锯缘青蟹放养的旺季,以利当年养成较大规格商品蟹和发挥轮捕轮放、挖掘蟹池的生产潜力。有的在第一茬锯缘青蟹收获后,第二茬又进行锯缘青蟹育肥。第二批蟹苗(俗称秋蚶)当年不能养成商品蟹,可进行越冬养殖,放养时间是9~10月。经越冬至翌年,再养殖3~4个月,即可使锯缘青蟹达到商品规格。若越冬养成放苗数量不足,可在翌年4~5月再收购体重50~100克的蟹苗补放。

5. 养成管理

(1) 饵料及投喂。

①饵料种类:锯缘青蟹以肉食性饵料为主,尤喜食贝类和小型甲壳类,但有时也摄食一些植物性的饵料。常用的饵料有蟹守螺(丁螺)、红肉蓝蛤、短齿蛤、褶牡蛎、淡水螺蛳等小型贝类以及小杂鱼、虾蟹等,也可投喂锯缘青蟹人工配合饵料。

实践证明,用椎螺、红肉蓝蛤和牡蛎作饵料饲养效果很好。每年8~9月椎螺很肥,锯缘青蟹很爱吃,卵巢成熟很快,肌肉肥满,质量好。蓝蛤一年四季均可捕获到,又可以人工护养,产量高,贝壳薄,锯缘青蟹可以连壳吃下,不必捣碎。可将鲜活蓝蛤放入蟹池内,可以存活一段时间,使锯缘青蟹随意觅食。以小杂鱼为主要饵料时,也必须配投适量的小蟹、小虾等甲壳动物饵料。

总之,锯缘青蟹对饵料种类要求不是很严格,各地可根据实际情况选择种类,充分利用当地数量较多、价格低廉的小杂鱼、虾、贝作饵料,但饵料要求新鲜,否则会影响锯缘青蟹的健康,亦会污染水质。

②投饵量:锯缘青蟹养成期投饵的数量,应根据水温、潮汐、水质和锯缘青蟹的活动情况灵活掌握。锯缘青蟹在水温15℃

以上时摄食旺盛,至 25℃ 达最高峰,水温降低至 13℃ 以下时摄食量大大减少,至 8℃ 左右停止摄食,水温超过 30℃ 摄食量也降低。浙江沿海 5~6 月和 9~10 月水温适宜,锯缘青蟹摄食增强,应多投饵;7~8 月水温偏高,5 月以前和 10 月以后水温偏低,锯缘青蟹摄食均不旺盛,应减少投饵。

锯缘青蟹在大潮或涨潮时摄食较多,应多投;小潮或退潮后摄食较少,应少投;大潮汐、换水后,水质好,摄食增强,投饵量甚至可增加 1 倍;若遇雨水多、池水混浊或天气闷热,食量下降,要适当减少投饵;天气寒冷,水温降低到 10℃ 左右,锯缘青蟹少活动、少觅食,要少投或不投饵。

锯缘青蟹摄食量还因其发育阶段而有所差异,一般是随着个体的生长而逐步增加,但日摄食量与自身体重的比例则随锯缘青蟹体重增加而下降。一般日投饵量(以动物肉鲜重计)与锯缘青蟹甲壳宽、体重的关系为:甲壳宽 3~4 厘米,日投饵量占体重的 30% 左右;5~6 厘米为 20% 左右;7~8 厘米为 15% 左右;9~10 厘米为 10%~12%;11 厘米以上为 5%~8%。以小杂鱼为饵时,锯缘青蟹在 25℃ 时的摄食量为体重的 10% 左右,通常杂鱼投喂量为锯缘青蟹体重的 5%~7%。

全池的日投饵量可根据池内锯缘青蟹的平均个体重、个体数或成活率进行计算,而平均个体重、锯缘青蟹数量或成活率,则是凭日常观察、取样测定和养殖生产经验来估算。为便于统一比较和生产管理,各种饵料最好将可食部分折算为干重量,配合饵料 1:1,杂鱼虾 2.5~3:1,蓝蛤(带壳鲜重)6:1,鸭嘴蛤、杂色蛤等 8:1,贻贝 10:1,螺蛳 12:1。

在确定投饵量时,还应注意投饵前要全面检查锯缘青蟹的摄食情况,观察水质、气候等环境条件,然后酌情增减。避免因投饵过多而造成饵料浪费和水质恶化,或因投饵太少而影响锯缘青蟹的生长发育和引起同类相残,最佳的投饵量是以吃饱而不留残饵为限。

③ 投饵方法:

饵料质量及处理:要确保饵料新鲜,不投变质腐败的饵料,以免影响水质和锯缘青蟹的健康。小鱼虾可直接投喂,如大的鱼虾须切碎后投喂;壳厚的螺或蛤类要打碎后才能投;壳薄的小贝,如红肉蓝蛤、寻氏虹蛤等可投放鲜活的,这样可使锯缘青蟹能随意觅食,并可避免因吃不完而影响水质。

投饵位置:饵料要均匀地投放在蟹池的四周边滩上,不能投在池的中央,避免蟹争斗死亡,同时也便于检查饵料的摄食情况及清除残饵。实践证明,最好在池边设几个食台,以便更好地调整确定投饵量。

投饵时间:根据锯缘青蟹昼伏夜出觅食的习性,每天分早、晚两次投喂饵料,最好在早晚涨潮后水温较低时投喂。清晨投喂日投饵量的20%~40%,傍晚再投喂60%~80%(红肉蓝蛤可一次投放)。利用围栏、瓦罐等方式养锯缘青蟹,可以利用潮差投喂,可在低潮期或初涨潮时投喂,池内笼养的可通过投饵孔单独喂养。若投配合饵料,每天需分3~4次投喂。投喂时,在高温期忌中午投饵,且每次投饵分两次投喂,使强弱的蟹均有机会摄食。

(2)水质调节。良好的水质环境是锯缘青蟹正常生长发育的基本保证。锯缘青蟹一生要经过多次蜕壳才能长成,蜕壳活动多在清晨或后半夜进行。若池水清新,溶解氧量高,只需10~15分钟就完成蜕壳;但如果水质条件较差,或受到外来因素干扰,蜕壳时间就要延长,有时可长达30小时之久,甚至蜕壳不遂而死。由此可知,水质环境良好对锯缘青蟹的成长具有非常重要的意义。

①锯缘青蟹养成期的水质指标:

水温:锯缘青蟹生长的适宜水温为15~30℃,最适水温为18~25℃,低于12℃或高于32℃均对蟹的生长不利。

盐度:锯缘青蟹对盐度的适应范围较广,在2.6~33均能较好地生长发育和进行交配,最适盐度为13~27。由于我国海岸线长,不同地区的锯缘青蟹对盐度的适应范围也有所不同。广

东、广西锯缘青蟹对盐度的适应范围为 13.7~26.9,台湾为 10~30,上海为 5.9~8。因此,各地应因地制宜,将盐度保持在锯缘青蟹最适范围内。锯缘青蟹对海水盐度突变的适应能力较差,应特别注意。

pH 值是一个反映池水理化性质的综合指标。pH 值的下降,就意味着水中二氧化碳的增多,酸性变强,溶解氧含量降低,在这种情况下就可能导致腐生细菌的大量繁殖;若 pH 值过高,则会使水中氨氮的毒害作用加剧,影响锯缘青蟹的生长。养成期池水的 pH 值保持在 7.8~8.4 较适宜。

溶解氧:是锯缘青蟹赖以生存的最基本条件之一,池水中溶解氧的含量直接影响着锯缘青蟹的生活和生长。实践证明,养成期池水的溶解氧大于 3 毫克/升时,锯缘青蟹才能较好地生活。因此,在溶解氧量不足时要采取多换水和开动增氧机的办法,增加溶解氧量。在蟹池中混养一些江蓠,可起到遮阴和增加池水溶解氧的作用。

透明度:是指光线透入水中的程度(深度)。蟹池中的透明度反映了水中浮游生物、泥沙和其他悬浮物质的数量。养成期池水的透明度以 30~40 厘米为宜。透明度太小或太大,对锯缘青蟹的生活均不利。测定透明度通常使用透明度板(沙氏盘),是由木板或铁板、锌板制成的直径为 30 厘米的圆盘,上面漆成黑白相间的 4 块,中央设孔,用于穿吊木杆或铁杆或绳索。将圆盘沉入水中,至肉眼看不见此盘时的垂直深度即为池水的透明度。

在养成期氨氮含量要保持在 0.5 毫克/升以下, H_2S 在 0.1 毫克/升以下,COD 在 4 毫克/升以下。

②添、换水:在养殖初期主要向养殖池内添加水,逐渐将水位加到 1.5 米左右,再视水质情况酌情换水。

换水是改善水质环境最经济而有效的办法。通过换水,可带走蟹池中部分残饵和排泄物,有利于改善底质;可刺激锯缘青蟹蜕壳,加速其生长;还可以起到调节池水盐度、水温和增加水

中氧气的作用。因此,在锯缘青蟹养成期间要做到勤换水,一般每隔3~4天换水一次,每次换水量为池水的20%~40%,小池要天天换水。若遇天气不好时,可适当延长换水的时间,但避免过长,以免水质变坏。换水时间最好在早或晚,避开阳光强烈的中午,以防换水温差太大。大潮汛时应彻底换水1~2次,小潮汛则以添加水为主,保持水质新鲜,池水对流,促进锯缘青蟹蜕壳生长。换水时不要排完池水,应保持20~30厘米的水深,否则,进水时会将泥底冲起,时间稍长会使锯缘青蟹窒息死亡。进水时水流也不能太猛,以免增加水的混浊度。从闸底排水既能多换底层水,又可扩大水体交换能力,效果很好。

③控制水位:池内的水量不足,则含氧量低、水温变化也大,对蟹的生长是不利的,必须保持足够的水量,为锯缘青蟹创造一个冬暖夏凉的环境。不同季节锯缘青蟹对水深的要求也不同,冬季一般在退潮时水深保持30~50厘米,涨潮时水深应保持在1米以上;寒潮来临时要再提高水位;夏天炎热时水深应增至1.5~2.0米。若放养量多时,水深要相应增加。

④污物及腐败物的清除:为防止池内污物、残饵及排泄物等败坏水质,要及时将其清理排除。除在巡塘时随时捞取外,还可在退潮时把池水充分搅混,让腐败物悬浮于水面,开启闸板,使之随水流排出池外。待涨潮水位高、海水较清时,再注入清新海水。

(3)其他管理工作。

①注意天气变化:天气突变对锯缘青蟹的威胁很大,特别是暴雨时,池内盐度突变,有时会造成全池的死亡。因此,要经常注意天气的变化,控制一定的水深,以保证锯缘青蟹的正常生长。

②坚持巡池检查和日常观测:为了及时了解和掌握锯缘青蟹的养殖情况,必须坚持每天早、中、晚巡池检查制度。检查堤坝、闸门和防逃设施有无损坏,若发现有破损要及时修补,以免逃蟹。观察池塘水色、水位、池边四周的病蟹和锯缘青蟹的活



动、摄食情况,一旦发现异常,应立即采取相应措施。定时测量水温、溶解氧、透明度、盐度、pH 值、氨氮、 H_2S 等水质指标,并做好记录,若有超标现象,应及时调整。定期测量锯缘青蟹的生长情况,一般 10~15 天测量一次,包括甲长、甲宽、体重等。

③防止互相残食:锯缘青蟹性凶好斗,常发生互相残食的现象,尤其是在蜕壳期间常遭遇强者残食或伤害,这是造成养殖成活率低的主要原因之一。预防措施如下:

投足饵料标准:饵料不但要投足,而且每天早晚的投饵还要再各分 2 次投喂。使身体强者和弱者均有饱食的机会,以免因争食或饥饿而互相残食。

人造隐蔽物:在蟹池中预先放入陶管、水泥箱、塑料管、小木箱、竹笋、缸片等隐蔽物。锯缘青蟹在蜕壳前夕会自寻隐蔽阴暗之处躲藏,避免或减少强者(硬壳蟹)残食,待新壳硬化后才出来活动。这是提高锯缘青蟹成活率的有效办法。

④间隔毒池:当锯缘青蟹池中发现有敌害鱼类时,可用 15~20 克/米³ 水体的茶子饼毒池,能在不伤害锯缘青蟹的前提下杀死鱼类、杀灭病原体,也可刺激锯缘青蟹蜕壳生长。每隔半月施用一次。施放茶子饼毒池后 3 小时左右加注海水,冲淡茶子饼浓度,以利锯缘青蟹生长。

6. 大眼幼体的池塘(土池)养成

严格地讲,蟹苗应该是指大眼幼体,许多短尾类的养殖都从大眼幼体养起,如中华绒螯蟹。从锯缘青蟹大眼幼体的生物学特征来看,由于钳状螯足和爪状步足已经形成,增强了自我防御能力,而且能爬善游,同时由于鳃的出现使其呼吸系统更加完善,能在短时间内离水时利用空气中的氧气,这有利于蟹苗的长途运输。因此,锯缘青蟹的大眼幼体完全适宜作为集约式池塘养成的种苗。但是,受传统习惯的影响,蟹农对大眼幼体直接养成商品蟹的这种养殖模式不敢问津,甚至误认为没有养殖效益。传统式养蟹(指放养幼蟹)周期短、相对风险低、技术成分少,而新的养殖模式(指放养大眼幼体)养殖周期相对较长、技术要求

较高、风险性大,但是经济效益要好。

大眼幼体的池塘养成,在放苗前要将池塘消毒,清除有害的生物,并繁殖好基础饵料生物。因大眼幼体趋光性强,常常聚集于有光线的地方,放养于池塘的前几天应尽量减少池边光源,以免造成局部密度过高,引起自相残食。一般情况3天后幼体开始底栖、钻沙,5~7天后变态为第1期幼蟹。

大眼幼体的池养密度为:锯缘青蟹单养,一次性放养大眼幼体苗每平方米4.5~7.5只,如果采取大量出售寸蟹苗以及成蟹捕肥留瘦的轮捕方法,其放苗量可大幅度提高到每平方米15~45只;以草虾等虾为主虾蟹混养,虾苗为每平方米9~12尾,大眼幼体苗数每平方米1.5~4.5只;虾蟹并举的混养,锯缘青蟹大眼幼体苗每平方米3.0~4.5只,草虾苗每平方米4.5~7.5尾。

7. 收获与运输

体重30~50克的锯缘青蟹种苗,经2~5个月的养殖均可达体重200克以上(国内市场最受欢迎的是体重250~300克的个体)的商品蟹,便可收获。

(1)收获的时间。成蟹的收获时间,因各地气候及市场销售情况而异。广东、广西多采用轮捕轮放的形式,即有达商品规格的蟹就收获,并同时再放养苗种;福建沿海一般在9~10月收获;浙江沿海多在10月中旬前后收获,浙江南部要求在立冬前起捕,最迟也不超过小雪。若是雌雄分养,可在收获前半个月至1个月选池交配而育成膏蟹,以获更高价格。在收获时未达到商品规格的锯缘青蟹,则可继续留池饲养、越冬,到翌年3~4月可收获,也可以向后拖延,以便养成更大规格的蟹或膏蟹。纵览各地情况,菜蟹一般在9~10月收获,而膏蟹则在10~12月收获。

(2)收获的方法。锯缘青蟹的收获多数是采用轮捕轮放的方式,即边收获达到商品规格的蟹,边放种苗。即使一次放苗。也有大小之差,收获也难于几天内结束。



①根据锯缘青蟹在涨潮时溯水聚集到闸门附近,企图逃跑戏水的习性,可采取抄网、捞网和笼捕的方法捕获。

抄网法:锯缘青蟹在闸口戏水,用长柄手抄网捞起青蟹或肥蟹。锯缘青蟹夜间在池边戏水,也用此网捕蟹。

捞网捕法:捞网是一个用竹框和网片构成的方形并有一把手的网具,大小随闸门的大小而定。当涨潮时,蟹随潮流逆水集中在闸门口处入网,将捞网提出水面,再将蟹倒入木桶中,这种捕捉方法效率较高。

笼捕法:捕蟹笼用竹篾编成,呈长方形,其高度和宽度与闸门相等。涨潮时将蟹笼放入闸门处,然后打开闸板,放水入池,蟹即逆流而来进入笼中。等笼中装满蟹或者平潮后,方将蟹笼提起而捕获。注意在起笼前要先关好闸门。

②根据锯缘青蟹贪食和夜间活动频繁的习性,可采用饵料诱捕、灯光照捕的方法捕蟹。

饵料诱捕法:一种是将饵料直接洒在池边,待锯缘青蟹上来摄食时用小捞网罩捕,7~8月的晚间采用此法效果好。另一种是先在罾网的网衣中间系上诱饵,然后把罾网放入蟹池,每隔一段时间提网捞捉入网的锯缘青蟹。为提高捕蟹效率,可用数个罾网巡回操作,但应注意在放网前的数小时内先暂停投饵。罾网绳的上端或系一浮筒,或连于竹竿末端。台湾多用此法捕捉瘦蟹。

灯光照捕法:锯缘青蟹在夜间喜欢爬上池边或露水滩,可用灯光照明(如手电筒照射),再以抄网捕捉,或将池水排至15厘米,下池照明捕捉。

③清池或大量捕捞出售时,可排干池水,用耙捕、手捉、捅洞钩捕等方法捕获。

耙捕法:当潮水退至最低时,排水后下池捕蟹。使用的工具是6条35厘米长的铁枝,一端插入与铁枝等长的小圆木中做成蟹耙和一个椭圆形的小捞网。操作时从蟹池一端开始将耙慢慢地顺蟹池底另一端耙动,遇到蟹时将蟹挑起,用捞网接住,倒入

木桶内。这种捞蟹的方法效果好,但蟹易受伤,操作时应格外小心。

干池手捉法:又称徒手摸捕法,是古老而又实用的捕蟹方法,无需任何工具,但要有熟练的技术。先将池水排干或排浅,然后下水用手捉。当手触及蟹体时立即用手指按住背甲中央,锯缘青蟹即会将背前缘抬高,由此可得知其螯足的位置,再用拇指、无名指与小指捉住其背甲后缘,以免被钳伤。一般潜伏于泥沙中的锯缘青蟹,均系尾部朝着浅水处而双螯向着深水处,因此,手摸时要自浅水处至深水处,或自深水沟的沟壁上方往下摸。如果反向摸索,则会增加双手被钳伤的机会。

捅洞钩捕法:锯缘青蟹有挖洞穴居的习性,尤其是在寒冷季节,锯缘青蟹常潜居于洞穴中。将池水排干,用钩捅入洞穴,将蟹钩出捕捉;也可用铁锹等挖洞翻泥,再捕捉。

④其他方法。

涵管捕法:利用锯缘青蟹在隐蔽处栖息的习性,可将一些直径13厘米以上、长1~1.5米的塑料管、陶管、水泥涵管或竹筒平放在水底,每隔一段时间用抄网将管的一端封住,另一端则举高;或使用先端钉有马口铁板直径较涵管稍小的木棒捅入管内,促使管内的锯缘青蟹进入网中。此法在天然锯缘青蟹的捕获上效果甚佳,也可使用于池养锯缘青蟹的捕捉。

铁耙打捞法:在寒冷季节,锯缘青蟹活动能力弱,多潜伏在深水处或隐藏在泥里,换水时也不游到闸门口来“戏水”,而池水又不能放干的情况下,可采用小船或在岸边用铁耙或竹耙逐幅收捞。

刺网法:把尼龙刺网定置于池中,待锯缘青蟹游泳碰到刺网时,足被缠住而不易逃脱,即可捕之。此法容易弄断蟹足,故不够理想,仅适用于大规模肉蟹养殖的起捕。

须子网捕获:在池中的不同位置安置一定数量的须子网,定时从后部的网兜内将进入的锯缘青蟹倒出。将符合商品要求的蟹绑好放入竹筐中,不符合的放回池中继续养殖。



(3) 锯缘青蟹的捆绑。收获起来的锯缘青蟹应放入盛有绿色树枝叶的木桶里,防止互相钳咬致伤。然后逐个检查,挑选符合商品规格的蟹捆绑起来装入箩筐,不符合要求者放回池中再养。若不立即装运出售,天气暖和时应存放在阴凉潮湿的地方,冬天则应盖上稻草保暖。

捆绑锯缘青蟹用的草绳,可因地制宜、就地取材。一般在夏天宜用比较清凉的咸水草,冬天则用有保暖作用的稻草。在本地市场出售的可用塑料绳,既捆绑方便,又受消费者欢迎(塑料绳附加重量比较轻),在浙江南部较常见。台湾中部一带多使用俗称咸草的蔺草或青茅草,而南部则使用草绳捆绑,绳的直径约0.8厘米。不管用什么草,使用前应先把草绳放在海水里浸泡2~3个星期,使草绳柔软并保持运输途中及销售时的湿润状态,锯缘青蟹不易死亡。

捆绑的方法以左手拇指及中指捉住蟹的背甲后侧缘,无名指及小指则抓住草绳的一端。然后右手拉紧绳子的适当位置,由甲后循背甲左侧缘与步足基部间的空隙,紧靠左螯足的基部至正前方,再绕过左螯足基部的腋下,并拉紧绳子,则可将左螯足捆住。绳子再经其口前方至右螯足基部腋下,并穿出腹面,又绕过右螯足的钳状部,回到基部的间隙至背甲后上方,最后将绳子的两端拉紧打结即可。

(4) 运输。

① 夏天运输:夏天运输可分为竹箩运输和加冰装箱运输。

竹箩运输:用咸水草捆绑锯缘青蟹后,放入竹箩中加盖,再连箩一起浸于清新的海水中数分钟,让锯缘青蟹吐混吸新。在运输途中,为防止日晒雨淋,每天分早、中、晚洒水,以维持湿润。最好用海水洒,也可用盐水或淡水,这样可以维持4~5天不死。

为提高炎热夏天运输锯缘青蟹的成活率,可在盛蟹竹箩中心竖立一个竹箩编成的空筒。筒与竹箩等高,筒壁留有很多孔,用以通风透气。装放时把蟹口向着空心筒和筐边,装车时各箩间留存空隙,不要太挤压。运蟹车最好在夜间行驶,天亮到达目

的地。

加冰装箱运输：大量收获时，可将活蟹浸入 10°C 左右的冷水中，使之行动迟钝。再分别用橡皮筋将其螯足捆绑起来，并用湿木屑填充箱子，用以保持湿润和保温，这样可加冰装箱长途运输。

②冬天运输：用稻草捆绑锯缘青蟹后，再用竹箩或塑料箱装运。在寒冷的冬天，竹箩周围要铺稻草保暖，防止寒风冷气侵入，而且蟹口应朝向箩中间，装后加盖麻袋。汽车则宜在白天行驶，运输时每天早、晚洒水，以保持湿润，锯缘青蟹可存活 6~7 天。

用塑料箱装运时，应先将锯缘青蟹用小蒲包分装，海水浸湿，然后装入五面带孔的塑料箱中。途中每天洒水 2 次。此法运输 4~5 天，锯缘青蟹不会死亡。

（二）锯缘青蟹混养

锯缘青蟹混养，指在养殖锯缘青蟹的池塘内，同时养殖其他经济生物品种，形成互利的多元化养殖生态结构。实践证明，开展锯缘青蟹混养，对于综合利用池塘水体，改善蟹池的生态环境，提高饵料利用率，减少锯缘青蟹病害发生等均有积极的意义。

1. 混养类型

从当前锯缘青蟹混养生产情况看，主要可分为单品种混养和多品种混养两种类型，混养品种有 10 余种。单品种混养，即锯缘青蟹分别与鱼、虾、贝、藻等单个品种混养；多品种混养，即锯缘青蟹与多种经济生物混养在一起。

将锯缘青蟹、草虾（斑节对虾）、江蓠和遮目鱼等同池混养。有的再加一些沙虾（刀额新对虾），混养量为每亩放锯缘青蟹 333~1 333 只、放草虾 1 333 尾（2 尾/米²）、遮目鱼数十尾。这种混养方式能够充分利用空间及饵料，并可避免多余的饵料污染池底。又因江蓠有净化池水的功能，故能保持良好的池塘水

质,而获得较佳的养殖效果。通常锯缘青蟹养殖3个月后即可收成,草虾经4~5个月养成每千克约30尾时收获,遮目鱼经4~7个月后可用刺网捕获。

锯缘青蟹与鲮鱼、罗非鱼、白虾等混养。每亩放养锯缘青蟹500~800只,放养鲮鱼60~80尾、罗非鱼30~40尾、白虾2000尾左右。

锯缘青蟹与遮目鱼、鲮鱼、鲫鱼、大阪鲫、罗非鱼等多种鱼混养。一般每亩放养鱼30~50尾,密度不宜过高,混养的品种视池塘条件而定,以免影响主养品种锯缘青蟹的生长。

2. 中国明对虾与锯缘青蟹混养

(1)池塘条件。池塘面积一般5~10亩,大者20~30亩,不宜过大,底质以松软的泥沙质为好。池塘水深在1.2~1.5米,换水能力达20%以上。堤坝四周内侧设置塑料片、水泥板、竹篱笆或沥青油毡纸作防逃设施材料,经济简便、防逃效果好。池底应有一定的坡度,池中挖有纵沟或横沟数条,沟宽约2米、深0.5米,以利虾、蟹的生活和放水收捕。为防止或减少虾、蟹遭受敌害的袭击,应在池中设置竹筒、水泥涵管、砖瓦片、假岛和人工洞穴等作为隐蔽、栖息的场所。

(2)虾苗的暂养。虾苗暂养是指将体长0.8~1.0厘米的虾苗培育到体长3厘米左右的大规格虾苗,以提高放养后的成活率。暂养池面积1~2亩,水深1米左右,每亩放养虾苗10~15万尾。

(3)苗种放养及混养形式。要注意待虾体长至3厘米以上后,再放入蟹苗混养。如先放蟹时,则投放体长3厘米以上的大规格虾苗,以提高虾苗的成活率。蟹苗放养多在5~6月,育肥可在8月以后。虾、蟹的放养密度不宜过高,应根据池塘环境条件和养殖需要而定。一般混养池,每亩放3厘米以上的大规格虾苗1000尾左右时,可放养锯缘青蟹苗种800~1500只;每亩放养虾苗4000尾左右时,可放养蟹苗500~800只;每亩放养虾苗8000尾左右时,可放养锯缘青蟹100~300只。

蟹苗要求甲壳硬、生命力强、十足齐全和无损伤、无疾病,规格以个体重 50 克左右为宜。锯缘青蟹雌雄放养比例一般掌握在 4:1~5:1 较好。虾、蟹苗的规格要整齐,不同规格的种苗需分池放养。

混养形式有两种:直接混养,使锯缘青蟹与对虾一起生活;限制活动范围混养,即把混养的锯缘青蟹放养在有盖竹篓内,每篓放蟹 2~3 只,把篓均匀地安置在虾塘滩面上。用第 2 种方法混养,塘内不必筑假岛、人工洞穴,不必设置锯缘青蟹隐蔽物,投饵时将锯缘青蟹所需饵料分散放入各篓内即可。

台湾虾、蟹混养时,是在 3 月放养早期的幼蟹,每公顷放蟹苗 1 万只(每平方米 1 只),同时放入斑节对虾苗。放养的虾苗要比蟹苗规格大一些,以免被锯缘青蟹所掠食。

(4) 饵料投喂。在虾蟹混养时,应以小型贝类、小杂鱼、虾、蟹等为主要饵料,也可投喂部分人工配合饵料。锯缘青蟹投饵量可参照锯缘青蟹池塘养殖。一般虾、蟹混养池的总投饵量要小于摄食量公式计算值的 20% 左右;在锯缘青蟹放养比例较大的混养池,投饵量可以仅考虑锯缘青蟹的摄食量需要,不必加投对虾的饵料。投饵量具体应根据天气、水质和虾、蟹摄食等情况灵活掌握。从养殖经验看,虾、蟹相残多因饥饿争食而引起,蜕壳时虾蟹受到伤害的危险性更大。因此,要做到投足饵料,坚持少量多次、先粗后精的投喂方法,让虾蟹吃好吃饱,生长快、成活率高。

(5) 水质控制。在水质良好、饵料充足的情况下,虾、蟹不仅可“和平共处”,而且生长快、病害少,故调节好水质是获取虾、蟹混养高产的保证。池中保持水位 1.2~1.5 米深,水质指标分别为:海水比重 1.008~1.025,水温 15~30℃,pH 值 7.8~8.5,透明度 30~40 厘米,溶解氧 4 毫克/升以上(不得低于 3 毫克/升)为宜。一般每隔 2~4 天换水 30%~40%,在大潮汛期尽量多换水,小潮汛期以添加水为主。高温期要增加水深,必要时须开动增氧机,以增加水中的溶解氧。除此之外,还应经常清除池

内的残饵和腐败物质,严重时还可向池内投放适量的铁渣、矿渣,避免硫化氢的产生,达到水质的清新。

(6)日常管理。坚持昼夜巡塘,检查防逃、防盗、闸门、堤坝等设施,观察浮头、水色、水位及虾蟹活动情况等,一旦发现问题应及时采取措施,确保安全生产。

(7)收获和效益。当虾、蟹达到商品规格时,即可陆续或一次性收获。浙江沿海的收捕期多在10月下旬前后,广西北海等地是5月底至6月初和10月底至11月初(两茬养殖)收捕。锯缘青蟹通常系利用罾网内置饵料而诱捕,或利用养殖池注水之际,锯缘青蟹溯水集中于水闸附近的习性而收捕。放水收捕是目前使用最广的收虾方法,一般夜间进行效果好,适于大规模收获。

实践证明,锯缘青蟹与对虾混养不仅可行,而且经济效益显著。如广西北海市,1989年实行虾、蟹混养4 229亩,平均每亩产虾、蟹41千克,对虾成活率平均为25%,锯缘青蟹成活率平均46.6%。虾、蟹混养比单养对虾的产量和效益提高了近两倍,有力地促进了对虾塘的综合利用和养虾业的健康发展。

3. 锯缘青蟹与脊尾白虾混养

脊尾白虾分布于全国沿海,产量仅次于中国毛虾和中国明对虾,居第3位。该虾体较大、肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富,除鲜食外还可以加工干制虾米,质量很好。由于脊尾白虾生长迅速、适应性强,对养殖池塘的要求不高,是优良的海水养殖品种。近年来,已进行了脊尾白虾与锯缘青蟹混养生产,如浙江省临海市于1991年进行了脊尾白虾与锯缘青蟹混养,面积达2 700亩,经济效益显著。

(1)虾苗的中间培育。刚捕获的虾苗,体长一般在0.7~1.0厘米,每千克6万~12万尾。由于虾体幼弱,摄食和适应环境的能力较小,如直接放入大水体易受风浪、敌害生物威胁而遭受损失,直接投放锯缘青蟹池中混养,更易被锯缘青蟹残食,因此,需要经过一个小水体的中间培育阶段。

用于中间培育的池塘面积一般为1~2亩,水深0.8~1.0米,可专门修建,或利用大池的深沟,或在大池中设置聚乙烯网箱暂养培育。虾苗经20~40天培育,体长一般可达2.5~3.0厘米,便可转入大池养成。

(2)苗种放养。先放虾苗的,待脊尾白虾体长至2.5厘米以上再放养锯缘青蟹苗;如先放蟹苗时,可放养经中间培育体长达2.5厘米以上的脊尾白虾。虾、蟹混养时,可采取锯缘青蟹为主体,辅以适量脊尾白虾养殖。一般每亩放养蟹苗600~1200只时,混养体长2.5~3.0厘米的脊尾白虾苗3000~6000尾。脊尾白虾在池内能自然繁殖,放苗量不宜过高。

(3)养成管理。

①饵料投喂:脊尾白虾食性杂而广,动植物饵料均可摄食。一般在锯缘青蟹饵料充分时不必另投饵。如锯缘青蟹饵料不足,每亩可日投1.5~4千克的农副产品下脚料,并根据脊尾白虾生长、活动及天气等情况进行调整。投饵量宜少不宜多,饵料分散投在滩面和池塘四周,防止锯缘青蟹争食而相互残杀。

②水质调控:水质好坏直接影响脊尾白虾的生长和存亡。做到勤换水,通过换水来改善池塘水质,带进丰富的饵料。排水时应将底层闸板拉起,便于底部污水排出池外。

③巡池检查:巡池时应注意观察脊尾白虾摄食生长、池塘水色等情况,严防泛池。发现脊尾白虾在早晨浮头,要立即打水增氧。

(4)脊尾白虾收捕。当脊尾白虾平均体长达6厘米左右时,就可收捕出售。

①放水收虾:方法同对虾,但袖网的孔径由1.0~1.5厘米逐渐缩至1.0厘米,袋网孔径以0.8~1.0厘米为宜。脊尾白虾对流水反应比对虾差,当池塘沟水接近放干时才大部分放出。如一次收不完,可以再进水,反复几次,直至收完为止。

②车水收虾:这是一种普遍采用的土办法,省成本但较费工,速度慢。捕虾时先将水尽量放干,然后架上水车,逐段车水,

脊尾白虾则随水流经水车槽进入网袋里。

③罾网收虾：此法适用于少量脊尾白虾的起捕。操作时选择迎风面，将网放入池底，再在网内撒上一些饵料诱虾，当虾游入网内时即可撑网收捕。

4. 锯缘青蟹与鱼类混养

(1) 混养品种。

实践证明与锯缘青蟹混养的鱼类，主要有鲮鱼、遮目鱼、罗非鱼、斑鲮、大阪鲫等。鲮鱼、遮目鱼、罗非鱼等鱼类，主要以底栖硅藻、浮游植物和有机碎屑等为食，在放养量适当的情况下，不仅不会与锯缘青蟹争食，而且可使蟹池内的食物链组成更趋完善，有效地利用了池中的天然饵料生物和腐败有机物质，起到“清道夫”的作用，减少了锯缘青蟹残饵恶化水质之害。这几种鱼在盐度和温度的适应性方面均与锯缘青蟹相近，并可与锯缘青蟹同时起捕。鲮鱼等游泳力强，可增加池水上下层的交换，使空气中的氧气更多地溶解到池中。只要掌握好鱼苗放养时间、规格和密度，不但不会影响锯缘青蟹的成活率和产量，还可增加养鱼的收入。

目前，浙江、福建、广东等省沿海多以鲮鱼、罗非鱼等与锯缘青蟹混养，台湾的锯缘青蟹与遮目鱼混养方式很普遍，生产效果也很好。在盐度低于8的养蟹地区，可以混养鲫鱼或大阪鲫，同样能达到净化水质、增加收益的目的。

(2) 池塘条件。一般锯缘青蟹池都可以混养鱼类，但面积以10亩左右为好，水深在1.5米以上，低于1米的池塘不宜混养鱼类。由于水太浅，鱼类游动使池底浮泥上翻，水质变得混浊，影响鱼、蟹的呼吸。池塘底质最好是泥沙质，因其表面易着生大量的底栖硅藻，俗称为“油泥”，是鲮鱼、罗非鱼的主要食物。池底略向排水口倾斜，并在排水口处造一个10~20米²的鱼溜，鱼溜连接各条水沟，比池底低约40厘米，这便于干塘时鱼类集中而起捕。蟹混养池的水质指标为：盐度8~30，pH值7.8~9.0，溶解氧5毫克/升以上。

(3)放养前的准备。

①清池:方法同单养锯缘青蟹池。

②进水:清池药物毒性消失后,将原有水放掉,然后放进新水。开始进水 40~60 厘米,即可施肥培养饵料生物,以后逐渐加深。

③施肥培育饵料生物:进水后,每亩施鸡粪或猪粪等有机肥料 100~150 千克。施肥后 5~10 天,池中浮游生物大量繁殖,以供鱼苗放养后摄食。

(4)苗种放养。混养鱼类的放养时间,因种类、地区不同而各异,可根据具体情况确定。蟹苗放养在鱼苗放养后进行。一般当鲢鱼苗达 3 厘米以上,遮目鱼苗 3~6 厘米,罗非鱼苗 6 厘米左右时,即可投放锯缘青蟹苗混养。如先放蟹苗时,则应放养较大规格的鱼种。

混养时,蟹苗的放养密度与单养锯缘青蟹池基本一致,即每亩放养个体重在 30 克左右的锯缘青蟹苗 1 500~2 000 只。在保证锯缘青蟹产量的情况下,每亩放鲢鱼苗 100~200 尾或遮目鱼苗 200 尾左右。罗非鱼能在池中进行自然繁殖,要控制放苗数量,放养密度以每亩 100 尾为宜;如能投放单性雄罗非鱼,在池内不会再繁殖,放养密度可适当提高。在锯缘青蟹与鲢鱼、罗非鱼、脊尾白虾等多品种混养时,每亩可放养鲢鱼 60~80 尾,罗非鱼 30~40 尾,脊尾白虾 2 000 尾左右。

(5)养成管理。在锯缘青蟹饵料充足的情况下,不必另外投喂混养鱼的饵料。如锯缘青蟹饵料不够充足时,可酌情增投豆饼、米糠、麸皮、鱼用配合饵料等,投饵量以鱼能在 1 小时内吃完为度。每日分上午、下午两次投喂,在投喂鱼饵料约 1 小时后再投放锯缘青蟹饵料,以减少互相争食,提高饵料的利用率。

日常管理工作与单养锯缘青蟹池基本一样,主要有添换水、巡池、控制水色、防病、防逃、防浮头、防病、防盗等。

(6)收获。锯缘青蟹收获方法同前所述,鱼类的起捕方法主要有:



①逆水装捞:涨潮时,在闸门内端的网框槽上安装好锥形捞网,网框离闸底留空 10 厘米左右,以供鱼类向外游的通道。并在闸门外端也安装网闸,以拦住鱼蟹的去路。这样提闸进水时,鱼类便从闸门底部逆水而出,再进入网袋而装捕。此法使用较少,主要是在平时收获鲮鱼。

②干池起捕:在退潮时排干池水,可收获一批鱼、蟹,而大部分鱼则集中在出水口的鱼溜中,然后再用拉网或抽干水收鱼。为提高经济收益,待锯缘青蟹起捕后,可将鱼类暂留在池内,进水继续养殖,以后分批捕捞,鲜活鱼上市。但要注意鱼类的致死温度,适时收捕完毕,以免造成损失。

罗非鱼能钻泥筑窝,一旦遇敌或受惊时,便潜入池底软泥中静止不动,仅吻端露出泥外,所以起捕较困难。目前一般采用排干池水的方法进行收捕,也可带水用电捕网起捕。

遮目鱼起捕前 3~4 小时,可先用“拔仔”或能让鱼体通过的大目刺网,在水面拉过 3~4 次,利用遮目鱼的怯懦性,使其惊慌而在水面跳跃,并将肠内粪便排出。此后 5~6 小时遮目鱼不敢再摄食,从而使捕获的鱼保持新鲜,该过程俗称“消肚”。在夜间起捕时,由于遮目鱼晚上很少摄食,可不必消肚。

5. 锯缘青蟹与贝类混养

(1) 锯缘青蟹与缢蛭混养。

①池塘要求:一般锯缘青蟹养殖池均可混养缢蛭,但就其效果来看,以泥质或泥沙质底的池塘为好,滩面底质过软、过硬均不宜养蛭。滩面过软,污泥沉积过多,容易堵塞缢蛭进排水管,使蛭窒息而死;滩面过硬,给蛭苗钻穴及起捕带来困难。

②蛭田建造:蛭田一般建于池塘的中滩处。中滩须经过翻土、翻起的土块用细耙耙碎、耙平,并清除石块、贝壳及其他杂质。然后进水关闸,让海水中的浮泥沉积在滩面上,使蛭田变得松软、平滑,有利于蛭苗的潜钻穴居生活。

③饵料生物的繁殖:在播放蛭苗前 10~15 天,先进水施肥培养饵料生物,池水深度 20~30 厘米即可。每亩施尿素 2 千克

左右,分2~3次施,掌握少施勤施的原则,使池水逐步变为浅黄绿色或浅褐绿色。

④蛭苗播放:蛭苗播放时间,因各地的气候条件和苗种大小不同而异,早的可在1月下旬开始,最迟到5月中、下旬。浙江、福建等地蛭苗早,一般在2~4月播放蛭苗。播苗密度要根据季节、蛭苗大小等灵活掌握。一般每亩(实养缢蛭面积)播放1.0厘米左右的蛭苗30千克左右,播1.5厘米左右的蛭苗40千克左右,播2.5厘米左右的蛭苗50~60千克。播苗要均匀。蛭苗播放后的第二天,应注意观察掘穴潜泥情况。一般在第二天就有90%的蛭苗潜泥,发现大量死亡时及时补苗。鉴别蛭苗质量的方法如表37所示。

表 37 蛭苗质量鉴别方法

项目	好苗	劣苗
体色	壳前端黄色,壳缘略呈绿色,水管带淡红色,壳厚半透明	壳前端白色,壳面呈淡白色或褐色,壳薄且不透明
体质	苗体肥硕、结实,两壳合抱自然	苗体瘦弱,两壳松弛
探声	以手击蛭篮,两壳即紧闭,发出“嗦嗦”声音,响声整齐,再击之无反应	以手击蛭篮,两壳能紧闭,声音弱,再击之又有微弱声响
行动	放在海水或海滩中,很快伸出足来,行动活泼,迅速钻土	放在海水或海滩中,迟迟不能伸出足,行动迟钝,很久不能钻土

⑤日常管理:在日常管理中要严格把好进水和水质管理关,保持水质清新。尤其在高温季节,要防止缺氧。投饵船要采用摇橹的办法,不宜用竹篙,以免破坏蛭田。投饵要均匀,不能成堆滥投而造成池底污染,最好不要在养蛭处投饵。

蟹池内的缢蛭生长快,在播种后3个月左右,壳长可达5厘米以上。缢蛭每千克达120只以内时,即可乘大潮时的早、晚放水起捕。收获时间可根据缢蛭个体大小、肥瘦程度和市场需求灵活掌握。在锯缘青蟹收获后,蛭子仍可继续蓄水养殖至翌年1月全部收蛭结束。水质清瘦的池塘,蓄养时每亩施尿素1~1.5千克。

(2) 锯缘青蟹与泥蚶混养。

①池塘条件：一般蟹池有 15 厘米厚的平坦软泥或泥沙质即可，以含泥 90%、含沙 10% 的软泥底质为佳。池水深在 1 米以上，水温一般保持在 15~28℃，盐度 10~30，pH 值 7.6~8.2。播养前，将滩面翻耕后耙细、耨平。

②施肥培养基础饵料：清池后纳入新水 50 厘米，每亩施鸡粪 50 千克、尿素 10 千克，使池水变成黄绿色或浅褐色。

③蚶苗播种：泥蚶播种可在锯缘青蟹收获后的 11 月下旬至 12 月，较迟在 3~4 月。泥蚶的放养面积掌握在蟹池总面积的 20%~30%，养殖区域是在进水闸附近的滩面或中央滩面上，以保持水流畅通。一般每平方米播种规格为 600 粒/千克的蚶苗 0.75 千克（即 450 粒）。宜采取蓄水播苗，水位保持在 20~30 厘米。经长途运输的蚶苗，正处于缺氧缺水状况，投放滩面后极易吮吸池底层腐殖质造成中毒死亡，所以更应该蓄水投苗，以提高成活率。

④饲养管理：

调节水位和水质：蚶苗入池初期，水位保持在 20~30 厘米即可，如遇冷空气南下，即适当提高水位至 60~70 厘米。锯缘青蟹放养后水位应提高到 1~1.2 米以上。在养成期间，根据气温、海水盐度等调节水质，做到勤换水，保持水质新鲜，以利锯缘青蟹、泥蚶的迅速生长。

投饵：坚持每天定时、定点、定质、定量投饵，让锯缘青蟹吃饱、吃好，而无残饵。投饵点尽量避开泥蚶放养区。

清除浒苔：大型绿藻如浒苔等在池中大量繁殖，会严重影响泥蚶的正常生长。池水深度应保持在 1~1.2 米以上，以抑制浒苔繁生。当发现浒苔等杂藻大量繁殖时，要及时、经常清理捞除。

起捕：经过 7 个月养殖后，泥蚶壳长达 2.5 厘米以上、每千克 200 粒以内，即达商品规格。从立冬至翌年清明是泥蚶的收获季节，其中以小寒至大寒最为肥满，血多味美，且气温低，可久

藏远运。泥蚶起捕方法简单,在锯缘青蟹收获之后排干池水,用铁耙将蚶带泥扒入蚶袋中,洗净即可。

6. 锯缘青蟹与江蓠混养

锯缘青蟹与藻类进行混养,不仅能增加池水中的溶解氧量,改善水质条件,也为锯缘青蟹提供了隐藏场所,减少相互残食的机会。在锯缘青蟹池中混养的藻类,主要品种为细基江蓠繁枝变种,即通常所称的细江蓠。

江蓠是经济价值很高的红藻,在我国沿海均有分布,台湾和北方沿海称为龙须菜,闽南称海面线,广东、海南等地又称蚝菜、海菜等,具有藻体大、适应性强、生长快等优点而广为养殖。江蓠含有 25% 以上的琼脂质,是制造琼脂的重要原料。与江蓠混养后,锯缘青蟹的成活率一般可比单养锯缘青蟹池提高 10%~20%。

(1) 池塘条件。池塘水深 1.5 米以上,以 15 亩为宜;池塘进排水方便,并有淡水水源则更好,底质以泥沙地为好;放养前连续换池水数次,彻底清除底藻,并干池暴晒 10 天左右,以免江蓠苗种放养后被其他藻类附着而影响其发育;池水盐度在 6.5~30 (以 20 左右最佳),最适温度为 20~25℃,pH 值 7.8~8.7 (低于 7.0 则生长差)。

(2) 混养方法。

① 撒苗养殖:池塘经过常规的清淤消毒及消除杂藻、整理池边后,即可将江蓠幼苗连同生长基一起整齐地撒在池塘边上,进行养成。撒苗时每个生长基间距离为 30~40 厘米,排列成菜畦式,以便管理。

② 筏式养殖:在池塘中间水面设置浮筏,夹苗养殖江蓠。浮筏为长方形,长度比池塘的宽度短一些,竹筒作浮子,浮筏两端绑在固定于池底的本桩上。

苗绳用 33 股 (3×11) 的聚乙烯绳制成 (也可用红棕绳),每个浮筏绑 10 条左右的苗绳,绳距 10 厘米,苗绳上每隔 10 厘米左右夹苗一簇。浮筏面积约占池塘水面的 30%,这样既能为锯

缘青蟹提供避暑和隐藏的场所,又不会影响锯缘青蟹的活动。

(3)日常管理。在江蓠的养成过程中,不管采用哪种方法,都必须防除敌害,如硅藻、水芸和浒苔的附着及螺类的咬噬等。另外,发现缺苗及时补上,才能保证产量。进排水前后、大风和台风季节,要经常检查筏架是否牢固,浮纜、苗绳等是否有断股,如有应及时绑扎加固。在养成过程中随着藻体的生长,筏子所承受的负荷越来越大,要及时增加浮竹,以免浮筏下沉。切割江蓠,江蓠的再生能力很强,切去藻体一半仍能保持正常的生长速度。采取切割办法,可以增产30%左右。

(4)江蓠的收获与加工。江蓠经3~5个月的养成,藻体长度1米左右便可收获。收获时先洗去藻体上的浮泥、杂藻,晒干即可。一般每8~10千克鲜藻可晒成1千克干品,干品的提胶率为20%~30%。

(三)锯缘青蟹育肥

锯缘青蟹育肥,就是在锯缘青蟹出售前的一段时期内采取相应的技术措施,使之很快长肥的过程。通常是指把已交配过的雌蟹经过较短期间强化培育,使其卵巢完全成熟,成为膏蟹(红蟳);或把已达商品规格但体质消瘦的雄蟹(俗称水蟹),育成肥壮的肉蟹。锯缘青蟹育肥多在池塘中进行,此外,还可采用笼、罐、罩等形式育肥锯缘青蟹。

1. 锯缘青蟹育肥池的条件

用做育肥的锯缘青蟹,常因数量有限,而且规格、质量也不一致,育肥所需时间长短也就不同,所以要求池塘面积以小为宜,一般是1~3亩,以便按不同规格、质量分池养殖。育肥池按其构造类型,可分为单池、双池和“田”字形池。“田”字形池的中央设一个边长为1.5米的正方形小池,通过4道水闸与4个蟹池相通。海水经水沟流入小池,再由小池进入蟹池。起捕时利用锯缘青蟹的溯水习性,使其进入中央小池以便捕捉,池底应向中央方形小池倾斜,以利排干池水。育肥池池堤多用水泥或砖

石垂直砌成,而池底是泥沙。池内应设隐蔽物(如陶瓷罐等),作为锯缘青蟹避光或躲避骚扰的场所,还要有不同深浅的水位,让锯缘青蟹选择栖息。

2. 蟹种的选择

育肥用蟹种,主要是选择已交配的雌蟹和已达商品规格的瘦雄蟹,经过 30~40 天强化育肥成膏蟹或肉蟹。选择时要注意以下几点要求:

(1)蟹体完好无伤,十足齐全。凡用刺或钩捕捞的,带有外伤的锯缘青蟹,均不宜用来育肥。有外伤的锯缘青蟹放养后,常患腹脐水肿症,死亡率高达 70% 以上,幸存者也需要较长时间,才能变为膏蟹。胸足缺损,尤其是游泳足和螯足的缺损,会造成锯缘青蟹活动和觅食困难,直接影响其性腺成熟和增肉。游泳足折断的空母,必须待游泳足再生后,才能成为红蟳。

(2)剔除蟹奴、海鞘。锯缘青蟹腹脐内侧基部常寄生有 1~2 个蟹奴。蟹奴专门吸取寄主的营养维持生活,寄生在雌蟹的,会影响卵巢的发育,不能养成膏蟹;寄生在雄蟹后,会使其显得格外瘦弱,不能养成肉蟹。海鞘等寄生后,也会影响锯缘青蟹的生长和发育。所以,选择时应把蟹奴、海鞘剔除掉。

(3)去除病蟹。多从蟹的步足基部肌肉色泽来辨别,强壮的蟹其肌肉呈肉色或蔚蓝色,肢体关节间的肌肉不下陷;病蟹肌肉则呈红色或乳白色,肢体关节间的肌肉下陷,无弹性。呈红色的称为“红芒病”,多出现在花蟹和膏蟹;呈乳白色的称为“白芒病”,发生于瘦蟹。生病蟹不能放养,以免入池后死亡及传染。

(4)锯缘青蟹的露空时间要短。锯缘青蟹虽有干潮时留在泥滩上的习性,但捕后露空时间长也会引起死亡或放养后死亡,特别是夏季闷热高温的情况下更不耐露空。一般气温在 28℃ 以上时,不能超过半天,25℃ 以下时也不要超过 2 天,从捕获到放养的时间越短越好。如果锯缘青蟹的大颚直立、颚足张开、蹬起、脐基胀、口吐白泡沫,则说明此蟹捕捞后离水时间过长,不宜用作育肥。因为当蟹到渗出黄色泡沫时,当天就会死亡。

3. 雌蟹性腺成熟度鉴别

选择雌性蟹种时,还要根据其是否受精及性腺发育程度加以区别。按习惯和经验,可分为未受精蟹、瘦蟹、花蟹及膏蟹 4 种,前 3 种均可用做育肥用的蟹种。鉴别方法主要是检查锯缘青蟹甲壳两侧上缘性腺形状和腹脐与头胸甲后缘交接处中央圆点的颜色。

4. 蟹种放养

(1)放养季节。蟹种的放养季节在不同地区有所差异。浙江沿海每年 4~11 月均可放养育肥,但放养旺季为 9~10 月。广东、广西、台湾等地气候温和,一年四季均可放养,每年可养 5~8 茬,放养盛期在 3~7 月和 9~11 月。育肥时间长短与水温、盐度、蟹种规格和饵料质量等密切相关,一般为 30~40 天,最快的 15~20 天便可育成。据广东汕头地区群众的经验,1~3 月锯缘青蟹性腺发育最快时,放养后 18 天即可收获;4~5 月则需 20 天;5 月以后需 20 多天方能育成;7~9 月由于天气炎热、水温过高,锯缘青蟹生长发育不好且易死亡;10~12 月水温较低,要养 30~40 天才能收获。因此,放养季节要根据各地水温、蟹种来源、饵料供应等情况而定。

(2)放养规格。用于育肥的蟹种,可分为未受精蟹、瘦蟹、花蟹和水蟹(指体质消瘦的雄蟹)等,一般要求按类分池放养。选用已交配、个体大(150~200 克以上)的瘦蟹进行育肥较为普遍,瘦蟹的育肥时间短、经济效益好。在蟹种紧缺时,则可选用部分未受精的雌蟹放养,但要按雌雄 3:1 的比例配以雄蟹混养,让其在池中自然交配受精,进而培育成膏蟹。

选用水蟹放养的,经过人工强化饲养,也可在短时间内达到肉质肥满的程度,成为优质的商品蟹。

(3)放养密度。育肥的放养量,要根据蟹种的种类、放养季节、饵料供应等条件来定。放养密度过大,容易发生相互钳斗而引起死亡;密度太小,则浪费水体,效益低。在广东汕头等地,12 月至翌年 2 月,气候寒冷,锯缘青蟹活动少,池水较清,每亩可放

养 5 000 只;3~5 月和 9~11 月水温较适宜,每亩宜放养 3 000~4 000 只;7~8 月气候炎热,且逢台风季节,雨水多,水温、盐度变化大,池水易变坏,每亩约放养 2 000 只。台湾通常放养空母每亩 2 000~3 000 只,锯缘青蟹与鱼、虾混养则密度减少,一般为每亩 500~1 000 只。

5. 饲养管理

(1) 饵料及投喂。

①饵料种类:锯缘青蟹育肥期间的饵料,应以低值贝类为主,如红肉蓝蛤、鸭嘴蛤、钉螺、蟹守螺、淡水螺蛳等,也可投喂少量小杂鱼、虾等。各地可因地制宜选择饵料种类,但所投饵料必须新鲜,以免影响水质。

②投饵量:应根据季节、天气变化、潮汛等不同而定,日投饵量一般为池内锯缘青蟹总重量的 10%~15%。广东育肥锯缘青蟹,日投小杂鱼为蟹体重的 7%~10%或红肉蓝蛤(带壳)30%~40%;泰国以低值鱼作为饲料,日投喂量为蟹体重的 5%~7%;在日本,夏季投饵量为锯缘青蟹体重的 17%~20%,当水温 15℃时投饵量为体重的 7%~9%。

③投喂方法:一般每天早、晚各投饵一次,最好在日出或日落前后、涨潮时投饵,中午水温较高不宜投饵。饵料要均匀撒在池塘的四周,避免锯缘青蟹为争食而引起伤亡,同时也便于检查锯缘青蟹的摄食情况及清除残饵。

有些饵料要处理后才能投喂。大的鱼、虾需切碎后投喂,壳厚的螺、双壳类要先压碎壳,并冲洗净才能投喂。壳薄的小贝(如红肉蓝蛤、寻氏短齿蛤等)可鲜活投放。

(2) 水质的调节。

①正常水位的保持和换水:加水量不足,含氧总量少,水温变化大,水质也易变坏,对锯缘青蟹的生长、发育不利。所以要做到勤换水,并控制一定的水位。一般每隔 2~3 天换水一次,换水时新旧水的温度差、盐度差不宜太大。注入的水必须是新鲜的无污染的海水。暴雨后要换水一次,防止池水盐度太低。

水位一般控制在 1~1.5 米,春季保持在 1 米,夏季池水保持在 1.3~1.7 米,寒潮来临前提高到 1.5~2 米,为锯缘青蟹生长创造一个冬暖夏凉的水环境。

②清除残饵:残饵应及时清除,以免败坏池塘水质,影响蟹的生长。清除残饵宜在排水时进行,用耙或锄头搅动有残饵的地方,使其随水流出池外,并将贝壳等杂物捞起。

(3) 日常观察。

①常巡池:坚持每天早、中、晚 3 次巡塘,观察池塘水色、水位和锯缘青蟹活动、摄食情况,检查闸门有无漏水、堤坝是否牢固、投放饵料是否适量等,尤其要注意锯缘青蟹有无浮头现象。锯缘青蟹浮头与鱼虾不一样,由于锯缘青蟹有逃避恶劣环境的能力,所以在池塘水质不良时,锯缘青蟹会爬出水面越堤逃跑,不能逃跑时,就停留在堤岸边或攀悬在池内的分隔网片上,甲壳前缘接近水面,后缘向上,整齐地排列着。浮头通常发生在夏天高温季节,无风闷热、低气压的傍晚和凌晨,或台风、暴雨到来之前,轻度者一被声音惊动就马上潜入水中,日出后很快会恢复正常;严重者会延续 4~5 小时,对惊动反应迟钝,此时必须采取急救措施,如开动增氧机、换水或投放过氧化钙等,否则,会有泛池的危险。

②定期检查锯缘青蟹成熟情况:为了及时掌握全池锯缘青蟹成熟程度,要定期抽样检查。如果是用瘦蟹进行育肥,放养 10 天后每隔 3 天抽查一次。抽查方法是,涨潮开闸后锯缘青蟹集中在闸口戏水,可用抄网捞蟹,将蟹放在阳光或强光下观察其卵巢的饱满程度。成熟的锯缘青蟹放入桶,未成熟的放回池中继续饲养,并统计出各类成熟度,从而推算出全池蟹的成熟率,这是分析池内锯缘青蟹生长发育情况、掌握合理投饵数量、提高成膏率的有效方法。如果池内膏蟹比例大于花蟹,即可收捕,以防膏过满而排卵,降低蟹的质量。如果涨潮进水时池内锯缘青蟹过多集中在闸门口,游动又剧烈,说明投喂饵料不足,应增加投喂精饵料。

6. 锯缘青蟹的收获

在饵料充足和精心管理下,瘦蟹、花蟹经 15~40 天的饲养,即可育成膏蟹、水蟹、白蟹(指个体重 150 克以上)。经过 20~50 天饲养,也可育成肥壮的肉蟹而收获出售。膏蟹的卵巢已发育成熟,腹脐基部与头胸甲连接处显著隆起。用灯光或阳光透视,甲壳边缘看不到透明的痕迹,卵巢已进入甲壳两侧缘的锯齿内,俗称入棘,也称八分罇或九分罇,此时收获较合适。据群众经验,如果卵巢成熟过度,不仅蟹容易死亡,不利于存放和运输,而且也易导致产卵成为开花罇(抱卵蟹),蟹的食用价值会大大降低。

育肥锯缘青蟹的收获方法很多,除养成中介绍的几种捕捞方法均可采用外,此处再介绍田字形育肥池收捕锯缘青蟹的方法。该法是利用锯缘青蟹的溯水习性,捕获时以抽水机注水,海水经小池进入蟹池,锯缘青蟹就会溯水游入中央小池内。然后视进入小池的蟹数,决定关闭水闸,再用手抄网从池中捕起。溯入小池的锯缘青蟹,一般有 80% 以上是膏蟹,因膏蟹的溯水习性较瘦蟹强,所以此法捕捞膏蟹最为理想,不但 4 口蟹池可轮流收捕,且能任意控制一天的捕获量。

(四) 其他养殖锯缘青蟹的方法

随着锯缘青蟹人工养殖业的发展,其养殖形式趋向多样化,养殖技术得到逐步完善。除池塘养殖这一主要养蟹方式外,还有滩涂围养、罩养、箱养、笼养、罐养及水泥池养殖等多种方式。这些养蟹方法各具特色,有一定的推广价值,已在部分沿海地区形成生产规模,并取得了良好的经济效益和社会效益。各地可根据本地区的滩涂、海况条件,蟹苗、饵料供应,社会经济状况、养殖要求、技术管理水平及商品蟹销售途径的不同,因地制宜地选择适于自己特点的锯缘青蟹养殖方式,以获取锯缘青蟹养殖的最佳效益,促进养蟹业的健康、快速发展。

1. 滩涂围栏养殖

20 世纪 80 年代开始,我国东南沿海部分地区流行滩涂围

栏养殖锯缘青蟹。该养殖方式的特点是利用潮差进行自然流水养殖锯缘青蟹,既可保持海湾的生态平衡,又能维持锯缘青蟹原来的生态习性。生活在这种良好环境里的锯缘青蟹生长快、养殖周期短、成活率高。实践证明,这是一项投资少、见效快、经济效益好的养蟹方式,技术容易掌握,深受群众欢迎。目前,按照围栏材料的不同,滩涂围栏养殖锯缘青蟹的方式又可分为围栅养殖和围网养殖两种,前者在广西防城、合浦县沿海是一种普遍采用的养殖方式,后者在浙江南部沿海的玉环、瓯海、苍南等地较为常见。

(1)场地的选择。场地选择在内湾、岬口的中潮区或高潮区,以高潮区与中潮区交界地段,即小潮水高潮线附近较适宜。要求湾内浪小流缓,饵料生物丰富,滩涂平坦广阔,泥沙底质为好,背风浪的岬口最佳,湾内无大量淡水流经和工业污水的排入。

(2)围养池的建造。根据滩涂、海况条件和养殖需要,确定适宜的围养面积,一般以5~10亩为宜,大者20~30亩,面积过大不利养殖管理和抵抗风浪的袭击。为创造适宜于锯缘青蟹生活的良好环境,保持退潮时围栏内的一定水位,应沿围栏四周修筑宽矮结实的上坝,建成潜水的围养池。一般坝高0.5~0.7米,坝底宽1.2~1.5米,顶宽0.6米左右。在坝的迎潮面一侧开设进排水口,闸孔通常由水泥沙子涵管代替,也可石砌或水泥浇结而成,供海水进出。池内要挖有深0.5米左右的环沟或中心沟,沟面积约占围养池面积的10%。为便于围池上部的蓄水,可在池内用小坝隔成“田”字形或梯形的小池,各小池内再挖小沟,并与大池沟渠相通。池内铺设一些缸片、陶管、竹筒等作为隐蔽物,供锯缘青蟹栖息、隐居,减少自相残杀。

(3)围栏结构。围栏用竹条做成,深插在潜水坝上,要高出当地最高潮位约1米。每支插竹间隔1厘米左右,以潮水能自由进出,而锯缘青蟹不能外逃为限。围栅每隔1米用木桩或水泥桩固定,竹条上下配有聚乙烯绳,拉夹于桩柱上。围栅一侧设

有活门,以供养殖管理之用。

围网采用网目2厘米、网线9股的聚乙烯网片。选择直径10厘米左右的毛竹作插杆,去掉毛竹顶端,根部砍削成楔形,牢固地插入土坝中,插杆间隔距离为2~4米。每根插杆内外攀绳,以抵抗风浪冲击。将围网沿插杆拉开,上下配纲绳绑在毛竹上,头尾相接,围成一圈。围网要高出当地最高潮位0.5~1米,上端加设宽为0.3~0.4米、内折成 45° ~ 60° 夹角的倒刺网,防止锯缘青蟹越网逃逸。网下端埋入潜水坝内侧泥中0.4米左右,并用竹楔子钉住。在围网基部可采用双层网结构,以防老鼠咬网而逃蟹。

(4)苗种放养。要选用当年能养成商品蟹的苗种,除去断肢蟹、软壳蟹和病蟹,经严格挑选计数后入池,有条件的最好雌雄分养。浙南沿海每年6月中旬到7月上中旬均可在海区捕到天然幼蟹,这批夏苗放养密度为每平方米3只时,经3~4个月养殖即可达到商品规格。9月下旬至10月中旬的秋苗,需经越冬,至翌年4~5月再入池养成。围养育肥瘦蟹时,放养时间在8~9月,放养密度可达每平方米3~4只。

广西沿海放苗时间多在5~7月和9~11月,每年可养2~3批。规格为每千克20~30只的幼蟹,每亩放养1000只左右,在经3个月时间的养殖可达到商品蟹。瘦蟹育肥1年可养5~6批。

(5)养成管理。

①投饵:锯缘青蟹喜食甲壳动物和低值贝类,围养时可投喂蓝蛤、短齿蛤、钉螺蟹、毛虾、小杂鱼等,饵料必须新鲜。广西沿海8~9月,钉螺很肥,锯缘青蟹很爱吃。以钉螺(打碎壳)喂养,锯缘青蟹卵巢成熟快,肉肥满,质量好。

投饵量的多少,要视季节、潮流、水质和锯缘青蟹的活动情况而定,一般可按锯缘青蟹体重的6%~12%投喂。在大潮或涨潮时,在海区水温适宜($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)时,要增加投饵量;而在小潮或退潮时,在夏季高温多雨、池水混浊或冬季天气寒冷时,应



减少或停止投饵。为防止天气异常时饵料短缺,可备一些干的小鱼虾或配合饵料。

根据锯缘青蟹的觅食习性,每天投饵 1~2 次,傍晚投喂日投饵量的 60% 以上,清晨可少投或不投。投喂时,把饵料均匀撒在池的滩面上,让强者、弱者都有机会吃到。

②水质管理:大潮水期海水能自然进出,池内水体能得到充分交换,不必担心水质变坏。小潮水时要及时蓄水,水位控制在 0.5 米左右,夏季高温期要勤添、换水。遇有大暴雨时,应及时排去上层淡水,以防海水盐度突降。同时,定期进行理化因子测定。

③日常检查:围养锯缘青蟹,最关键的是看设施的抗风浪能力和防逃效果。因此,每天必须有专人巡逻看管,在每次退潮后检查池坝、插杆是否有倒塌,围网、倒刺网等有无破损,发现问题应及时修复。锯缘青蟹在夜间活动频繁,潮水上涨时也容易刺激锯缘青蟹越网逃跑,故应重视夜间巡查和观察涨潮时锯缘青蟹的活动情况。在大潮汛期间和台风来临之际,要加倍注意,确保安全生产。

围养锯缘青蟹的敌害生物主要有鰕虎鱼、中华乌塘鳢、四指马鲛等,常在锯缘青蟹蜕壳期间侵袭,甚至残食硬壳蟹。所以在整个养殖期间,可每隔 15 天左右,选择阴天、无雨的大潮退潮后一段时间,干池捕捉、清除敌害生物。水老鼠常在网脚处咬破网,可用药饵灭鼠。

④防止自相残食:锯缘青蟹有自相吞食的习性,通常是因放养密度过高、投饵不足或生活环境不适等原因引起。因此,要控制适当的放养密度,投足优质饵料和改善锯缘青蟹的生活环境。在围养池内可设置缸片等作为隐蔽物,供锯缘青蟹隐居。每个小缸可敲为两片,凹面向下轻按在滩面上,缸片呈垄状排列,并插上树枝作标记,以保证管理人员的安全。

(6)收获。围养锯缘青蟹要适时收捕出售。因为雄蟹经多次交配后,肉质消失,外壳硬厚,变成“外强中干”,失去肉蟹的食

用价值,而且体弱后易出现成批死亡。交配后的雌蟹,经 30~40 天饲养便可成膏蟹,若任其过熟会导致排卵,成为“开花蟹”。浙江沿海一般 9 月中、下旬开始收捕雄蟹,要求在 10 月底前将池内锯缘青蟹收捕完毕。广西沿海常年水温较高,一年四季均有放养,故多采取轮捕轮放的形式,适时选捕锯缘青蟹。收获的雌蟹最好转入池塘育肥,以获得更高的经济效益。

2. 罩网养殖

罩网养殖是在潮间带滩涂上挖池,上面罩盖网片进行锯缘青蟹养殖的一种方式。罩式养蟹除有围网养蟹的利用涨退潮自然换水的优点外,还因其有设施坚固、抗风浪能力强和面积小、适宜独家独户进行小规模养殖的特点,而深受浙江部分群众的欢迎。

罩养池呈正方形,面积一般为 10 米²,池内开沟和垒土堆,池周筑埂,埂高 0.5 米左右。池的四角用 4 根毛竹交叉支撑成尖顶形,池中央的小土堆上插立 1 根毛竹柱,维持罩体的稳固。竹架外覆盖网目 1 厘米、网线规格为 3 厘米×3 厘米的聚乙烯网片,网片四周边缘埋入土埂约 0.5 米。网罩一侧设有一活动口,供投饵和管理之用。

罩养锯缘青蟹不仅适宜在内湾滩涂,而且由于其抗风浪能力强,也适宜在开放性海区养殖。锯缘青蟹的养成和育肥均可采取罩养方式,罩内锯缘青蟹放养密度为每平方米 4~5 只,涨潮时水深 2 米左右,退潮后水深约 0.5 米。除涨潮时带进罩网内的小鱼、虾等,可供锯缘青蟹摄食外,还应适当人工投喂饵料作补充。

罩养锯缘青蟹的环境条件良好,锯缘青蟹生长迅速,饵料省、成本低,经济效益高。

3. 箱养

鉴于锯缘青蟹性凶好斗,且蜕壳时常被强者所残食的情况,台湾澎湖地区创造了用水泥箱养蟹的方法。水泥箱形如空心砖,由水泥、粗沙和细石等调制而成,箱体长 60 厘米、宽和高均

为 28 厘米,箱内每格空间为 27 厘米×24 厘米×26 厘米。除中间隔层及底壁外,箱四周均设有一直径为 2 厘米的圆孔,以便水流通。每箱附有一厚 2 厘米、大小与箱子相吻合的水泥板作盖子,顶盖上留有两长 15 厘米、宽约 1.5 厘米的沟缝,供投放饵料之用。使用时,先将水泥箱浸泡于海水中,数日后成排放置于潮间带滩涂上或海塘中,平均每平方米水面放水泥箱 6 个。箱底铺少许细沙,每格放入 1 只甲壳宽约 3 厘米以上的蟹苗或空母,即每平方米水面可放养锯缘青蟹 12 只,放养后即可按时或在退潮时给饵。

浙江省苍南县沿海群众曾用形似啤酒箱的木条或竹条制成的箱子养殖锯缘青蟹,箱体为长 50 厘米、宽 60 厘米、高 20~25 厘米,每箱放养锯缘青蟹 2~3 只。将箱置于潮间带的洼地,退潮后仍有部分箱体浸在海水中。广西合浦县采用扁平木条制成缝隙的大木箱,半埋(固定)在滩涂上,视木箱大小投入适宜数量的蟹苗,在箱内养殖。

箱式养蟹的优点是,可避免或减少锯缘青蟹之间互相残食和蜕壳后被侵害的机会,可获得较高的存活率;每平方米放养锯缘青蟹可达 12 只(池养 2~4 只/米²),放养密度大大增加;在浅海潮间带,可利用涨落潮更换海水;开箱收蟹,捕获方便。缺点是饵料必须逐个(格)投放,故投饵和检查残饵等工作费时、费力;水泥箱较笨重,制作成本也较高;水泥箱在搬运和受潮间带海水冲击时易破碎。

4. 笼养

笼式养蟹的原理与箱式养蟹相类似,在浙江、广西等地沿海均有使用。按材料不同可分为竹笼和网笼。笼子用竹片编织、钉制而成的称为竹笼,规格很多,如 0.25 米×0.25 米×0.25 米,0.6 米×0.4 米×0.5 米,1 米×0.5 米×0.5 米(长×宽×高)等。每笼放养锯缘青蟹 1~4 只。浙江苍南县赤溪群众采用规格为 2×0.6~0.8×0.3~0.4 米的大笼,并将笼分隔成双排小格,共 12 小格,每小格放养锯缘青蟹 1 只。笼盖上设有投饵

用的孔或活门,笼四角绑有浮绳,以便起笼操作。养殖时,将笼子排列放在天然海区风浪较小的内湾或海塘内(塘内可混养适量的对虾和白虾),日投饵量为锯缘青蟹体重的10%左右,饲养20~30天,可增重25%~30%。体重约50克的小蟹,经3个月左右养殖,可长至200克以上的成蟹,回捕率可达100%。网笼是用8~10号镀锌铁丝或塑料圈作笼架,外面再围以较粗的聚乙烯绳编织成的网片,规格为长0.6~0.8米、宽0.3~0.4米、高0.5米,每个笼可放养200~300克重的锯缘青蟹2~3只。

5. 罐养

罐式养殖锯缘青蟹在海南省万宁港北港已相当普遍,广东洪江市坡头区、广西合浦县和浙江苍南县沿海也有这种养殖方式。万宁采用专门制造的高、宽各为20厘米左右的鼓形瓦罐,周围有小洞能让海水流通,顶部有盖,平时缚好固定,盖中有直径3厘米左右的圆孔,便于从孔中投放饵料;或利用现有的菜坛,周围打孔后养蟹。每个罐放养锯缘青蟹1只,把罐放于低潮带或最低潮不露出的内湾中养殖,每亩水面可放罐3000多个,养殖2~3个月锯缘青蟹便可达到商品规格。

浙江苍南沿海使用霉豆腐陶罐养蟹,口径14.5~17.5厘米、筒径26厘米、高4~28厘米,罐口用铅丝编网或废旧塑料网衣或中央挖有小孔的木板封盖,口盖可活动操作,便于投饵和检查锯缘青蟹的摄食、生长情况。每罐放养锯缘青蟹1只,罐斜放在潮间带滩涂上或池塘里,退潮后罐内仍留有少量积水。投喂招潮蟹、小鱼虾等饵料,每日投饵两次,日投饵量掌握在锯缘青蟹体重的8%~10%,以稍有残饵为宜,注意经常清洗罐内残饵。广西沿海是把有多个进排水孔的瓦瓮半埋(固定)在有红树林遮阴的滩涂上,用塑料盖封住瓮口,每个瓦瓮放进1只锯缘青蟹养殖。

罐式养蟹的特点是,可避免锯缘青蟹互相残食,养殖成活率高;投饵易掌握,采取精管细养,锯缘青蟹生长快。缺点是管理麻烦,费时费力之缺点,且容易被人盗蟹。

6. 水泥池养殖

在水泥池中养殖锯缘青蟹,有室内、室外之分。在福建泉州市沿海常见滩涂水泥池养殖锯缘青蟹。水泥池设置在中、低潮带,池面积多数为 $150\sim 350$ 米²,池从滩面下挖2.5米深,铺沙0.5米,池边有投饵台和排污设施,池顶用网片围盖起来,以防止锯缘青蟹外逃。

随着我国海水养殖业的发展,沿海建起了数以千计的育苗场,育苗水体几十万立方米,投资几亿元,但由于这些育苗场苗种生产单一,每年只育1~2茬苗,甚至只能使用2~3个月,育苗池、厂房设备等利用率较低,人力的浪费也较大,所以很多育苗场效益低。为探索育苗场的综合利用问题,浙江省苍南县马站对虾育苗场进行了室内水泥池养殖锯缘青蟹的尝试。原对虾育苗池规格是5米×5米×1.5米,依据锯缘青蟹的生活习性,模拟自然生态环境,在池底的 $1/2$ 处铺垫厚20~35厘米的细沙,斜向排水孔,并在沙上投放一些砖、瓦和海泥等,形成洞穴和假岛,供锯缘青蟹隐蔽和栖息生活。池水深约40厘米,由育苗用沉淀池提供清洁海水,每隔2~4天换水一次。以招潮蟹、钉螺和小鱼虾为饵料,投饵量为锯缘青蟹总体重的8%左右,投饵的时间在每天傍晚。1988年7月15日放养壳宽约5厘米的锯缘青蟹175只,10月30日收获锯缘青蟹34.1千克,个体平均重238.5克,成活率达81.7%。此方法养蟹的水环境好,锯缘青蟹生长快、成活率高,是综合利用育苗设施的有效途径之一。由于一般对虾育苗场均有充气、增温等设备,故今后有待在增加放养密度、冬季养殖或育肥方面进行尝试,为工厂化精养锯缘青蟹开创路子。

(五) 锯缘青蟹越冬

锯缘青蟹是一种广温性的底栖动物,水温适应范围在 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$,最适宜的生长水温是 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。水温低于 16°C 时,锯缘青蟹的活动时间缩短,摄食量明显减少;水温降至 $14\sim 12^{\circ}\text{C}$,锯

缘青蟹只在晚间短暂活动,并开始挖洞穴居;水温降至 10°C 左右,锯缘青蟹行动缓慢、反应迟钝;当水温降至 7°C ,则完全停止摄食与活动,整个身体藏在泥沙里,进入休眠状态,以度过不良环境;水温低至 3.5°C 或连续几天低于 6°C 时,锯缘青蟹则会死亡。因此,所谓锯缘青蟹越冬,就是利用人为因素,创造适宜的水温环境条件,使当年未能达到商品规格的锯缘青蟹或已交配过的雌蟹,安然地度过寒冷的冬天。

1. 锯缘青蟹越冬形式

由于自然条件等不同,各地所采取的越冬形式也不一样。按越冬蟹的规格大小,可分为幼蟹越冬、成蟹越冬和亲蟹越冬;从越冬形式看,可分为室外越冬、室内越冬;从越冬池结构和供热保温方法来看,又可分为土池越冬、水泥池越冬和大棚越冬、加热越冬等。

在我国东南部沿海,天然锯缘青蟹苗资源丰富。据调查,浙江沿海每年4~11月都可在海区捕到天然蟹苗,但幼蟹出现的旺汛期有两个:6月中旬至7月(夏至、小暑前后),俗称“夏蚶”;9月中旬至10月中旬(秋分前后),俗称“秋蚶”。“秋蚶”苗的数量虽不如“夏蚶”多,但也不可低估。1985年,仅苍南县沿海就捕获“秋蚶”苗近百万只,这批蟹苗因当年不能养成,需要经过越冬,至翌年再饲养3~4个月后才能达到商品规格。通过越冬,既提高了蟹苗的利用率,又为第二年提前开始养成和提高经济效益创造了条件,故在目前锯缘青蟹人工育苗技术尚未完全应用于生产的情况下,进行幼蟹越冬的意义尤为重要。在广东、广西、海南、福建和台湾等省(自治区)沿海,冬季的自然水温较高,锯缘青蟹一般均能在天然气候条件下安全越冬。浙江南部沿海,气候比较温和,只需稍加人为因素(如采取提高池塘水位等办法),锯缘青蟹就可在室外土池中越冬,且越冬的成活率较高。浙江椒江以北沿海,由于冬季寒冷,温度较低且持续时间长,一般需有增温、保温设施的室内水泥池越冬。也可在搭有塑料薄膜大棚的室外池塘中,进行锯缘青蟹越冬。



2. 锯缘青蟹越冬设施

(1)土池。多采用原养殖池进行越冬,也可另建专门的越冬池。池塘面积从几十平方米至上千平方米不等,但不宜过大。池塘东西走向、避风向阳为好,有机质少,池底为泥或泥沙质。池内挖有环沟和中央沟,沟宽1~2米,沟深0.5~1.0米,滩面水深为0.7~1.5米。

(2)水泥池。室内水泥池越冬锯缘青蟹,可利用现有的虾蟹类、贝类、紫菜等育苗设施。池子大小依据具体情况,以10~60米²为适宜,池底铺垫一层厚20~40厘米的泥沙,适当投置一些陶管和砖瓦,形成洞穴和“蟹屋”,以供锯缘青蟹栖息、匿居。野外水泥池的池底为沙泥质,池壁是砖、石和水泥结构,水深在1.5米以上。

(3)加热保温设施。根据气候条件和锯缘青蟹越冬水温要求,可在越冬池北堤上用稻草或泥土筑高1~2米的挡风墙,抵挡寒冷的北风;在室外池塘上可搭建以毛竹作棚架、塑料薄膜覆盖的弧形“保温棚”,薄膜四周边缘用泥土封压,棚顶再披盖一层破旧网,以防大风吹掀。棚两端留有通风和管理用的活门。有条件的,还应配充气设备,充气经过热处理,使池水既增氧又增温;在室内越冬的,除在水泥池上搭置平顶形的薄膜棚外,还可用电热棒、鱼池加热器、锅炉供热等方法进行增温、保温,以维持池内水温的适宜和稳定。

3. 锯缘青蟹越冬方法

(1)越冬前的准备工作。在11月上、中旬气温开始下降时,需整修越冬池:先把池水排干,清除池内的污泥,修补池坝,暴晒池底数日,并检查供排水、充气设施等。水泥越冬池要经多次浸泡洗刷,并用20克/米³水体的高锰酸钾溶液或50~100克/米³水体漂白粉溶液消毒,经数小时或1天后再用海水清洗干净。

(2)锯缘青蟹入池。越冬之锯缘青蟹,要求体肢无伤、无残、无病,入池前最好经200~250毫升/米³水体的甲醛溶液浸泡2~3分钟,放养密度2~4只/米²为宜。

(3)越冬管理。锯缘青蟹越冬期间管理工作,主要是控制水环境、投饵、换水和巡池等。为使锯缘青蟹安然越冬,水温要控制在 9°C 以上,并以 $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 为宜;盐度 $10\sim 30$ 较好,防止池水盐度突变;pH值 $7.8\sim 8.5$;溶解氧维持在3毫克/升以上;光线宜稍暗,切忌强光刺激。

锯缘青蟹在越冬期间深居洞穴,洞长可达1.5~2米,故一般池内滩面水深控制在0.5米左右即可。为改善水环境,增加池底的硬度以免软泥埋没洞口,可在天气较暖时进行短暂的干水,暴晒池底。如遇寒潮下雪、冷空气则应加高水位,以保持底层水温的相对稳定。越冬期间以新鲜的小杂鱼、甲壳类和贝类肉为饵料,水温在 12°C 以上时,日投饵量为锯缘青蟹体重的 $3\%\sim 8\%$;12月下旬至翌年2月水温降至 12°C 以下,应少投饵,降至 10°C 则可停止投饵;春季当水温回升到 14°C 后,越冬锯缘青蟹陆续出洞活动和觅食,要适当增加投饵。

一般在大潮汛时换水,视水温、锯缘青蟹活动情况及水色变化,决定换水时间和换水量。一般每周换水1~2次,换水时水温差不得超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。室内越冬池可根据水质和换水量情况,掌握充气增氧时间,一般每天早晨4~5时和傍晚18时左右均要开动增氧机,每次1~2小时,加棚盖保温的小水泥池可在晚间进行连续充气,增加池水溶解氧量。

越冬期间必须坚持每日巡池,注意水温和水色变化,观察锯缘青蟹的动态,检查闸门、堤坝等设施,及时清除残饵。

日本蟬的养殖技术

一、生物学特性

(一)外部形态构造特征

日本蟬头胸甲横卵圆形,表面隆起,较小的个体整个表面具绒毛,成熟的个体后半部光滑无毛。胃区、鳃区具通常的几对隆脊,但有时前胃区正常隆脊的两侧,各有一短的斜行隆线。额稍突,分6区,中央2齿稍突出,第一侧齿稍指向外侧,第二侧齿较窄。额的轮廓,其形状在不同的生长阶段有很大的变化,额齿前缘随生长逐渐趋尖。内眼窝齿大于所有额齿,背眼缘具2缝,复眼缘具1缝。前侧缘具6齿,均尖锐而突出,腹面具绒毛,第1前齿外缘稍凹,末齿最尖,指向前侧方。第2触角基节长,具1颗粒脊。第2额足长节的外末角钝圆形,稍向外侧突出。两螯粗壮、不等衬。长节前缘具3壮齿,腕节内末角具1壮刺,外侧面具3小刺。其中的2枚位于隆脊的末端,掌节厚,内、外侧面隆起,背面具5齿。指节长于掌节,表面具纵沟。游泳足长节长约为宽的1.5倍,后缘近末端处具一锐刺。雄性第1腹肢末部细长,弯指向外方,末端两侧均具刚毛。腹部三角形,第6节宽大于长,两侧缘稍拱,尾节三角形,末缘圆顿。雄性个体较雌性个体大。体色与栖息环境有关,一般为青黄色、青红色、青绿色等。

(二) 内部构造基本特征

日本鳎体内具有完整的消化、呼吸、循环、神经、生殖等系统。打开头胸甲,可见到内脏中央有一个近五角形的透明心脏,其前后端均有动脉与各个器官相连。血液是无色透明的胶状液体,含变形细胞(或称白血球)。因血中含有血青素,一遇空气,即可变为蓝灰色,此种色素也有传送气体功用,与血红素功用相似。头胸甲左右侧为鳃腔,具6对灰白色的鳃。当水流经过鳃腔上的微血管时,溶解在水中色氧气渗透到血液中,而血液中的二氧化碳则同时渗于水中流出,进行了气体交换,完成了呼吸。消化道自口经过一很短的食道与胃囊相通,后面连接1条细直的肠道直通腹部末端的肛门。胃的两侧有左右两叶肝脏,土黄色,占据了头胸甲的大部。雌蟹具有卵巢1对,当成熟怀卵时,卵巢几乎充满整个头胸甲,一直延伸到侧刺内,为橙黄色,遮盖消化腺的大部。输卵管的末端有受精囊,开口于胸板愈合的第3节。雄性在头胸甲前侧缘肝脏表面,有对乳白色回转弯曲的长带状睾丸,与螺旋形输精管相连,末端即为射精管,开口于游泳足基部的雄性生殖孔。排泄系统器官在幼蟹为小颚腺和触角腺,而成蟹期尤其是最后时期的个体,只靠1对触角腺进行排泄,后肠也有一部分排泄功能。

二、生态习性

(一) 生活习性

1. 栖息环境与生活方式

日本鳎栖息于低潮线附近、有水草或沙泥、石块的水底。一般喜沙质或砾石,不喜泥质。在水质清新、水流湍急处聚集较多。日本鳎性好争斗,一般各自占据一定面积为地盘。

日本鳎对低温的适应能力较强,生存的水温范围为3~

32℃，在 5~30℃ 时活动自如、反应敏捷、附肢有力。其摄食活动和摄食量，随着天气的转凉和水温的下降而减少，14℃ 摄食量开始下降。9℃ 以下基本停止摄食，此时在养殖池内，尤其是白天水浅且透明度较大时，日本蟳的整个身体几乎都藏匿在沙泥里，只露出一对眼睛或部分背壳。利用此种习性，在水温低收获时，放干水捡拾即可。

日本蟳对盐度的耐受范围为 6.5~45.5，盐度值 9.2~45.5。日本蟳对外界刺激反应敏感，活动基本正常。

海水 pH 值是反应海水理化性质的一个综合指标，是影响日本蟳渗透压调节机制的因素之一。日本蟳适于在弱碱性的水中生活，最适宜范围为 7.9~8.6，耐受范围为 3.6~10.5。在养殖塘中，当二氧化碳的含量发生变化时，pH 值就会发生变化，这与藻类的光合作用有关，也与塘内生物的呼吸有关。单胞藻类大量繁殖（呼吸二氧化碳）就会使 pH 值向碱性方向变化；相反，生物呼吸及有机物的氧化过程中放出二氧化碳，就会使 pH 值下降，池水就向酸性转化。因此，pH 值的变化实际上就是水中理化反应和生物活动这综合结果。pH 值下降就意味着水中二氧化碳的增多，酸性变大，容氧含量降低，在这种情况下就可能导致腐生细菌的大量繁殖；反之，pH 值过高，将会使水中氨氮毒害作用加剧，给日本蟳的生长带来不利影响。

溶解氧是日本蟳赖以生存的最基本条件，池塘中溶解氧含量不仅直接地影响着日本蟳的新陈代谢，而且也与水化学状态有关，是反映水质状况的重要指标。养殖池塘中溶解氧的含量应大于 3 毫克/升，最低不得小于 2 毫克/升。当溶解氧下降到 1 毫克/升时，就会出现浮头现象，继续下降就可能造成日本蟳的大量死亡。

日本蟳的耐饥饿能力与水温密切相关，在水温 15~21℃，其半数死亡时间约为 30 天。随着水温的升高其耐饥饿能力下降，水温 30℃ 时半数死亡时间约 6 天。

日本蟳的耐干露能力较强，在常温（18~19℃）情况下 10 小

时成活率达 90%，并且随着气温的下降成活率而增强。据此特性，日本蟳完全可以以鲜活的形式供应市场。

2. 食性

日本蟳基本属于底栖动物食性，偶尔摄食浮游动物，如桡足类。通过对渤海自然海区日本蟳的食性进行过研究，发现日本蟳的摄食范围很广，食物包括 33 个种类。根据尾数百分比(N%)和出现频率(F%)，它的食物主要有双壳类、甲壳类、鱼类、多毛类和头足类，其他多为次要和偶然食物。日本蟳的食物组成随时间有明显变化，8 月份食物组成较为简单，10 月份食物范围较广。8 月份的摄食率也低于 10 月份，分别为 89.36% 和 95.65%。在人工饲养时，日本蟳能摄食各种低值贝类(如寻氏肌蛤、蓝蛤、花蛤、青蛤等，小杂虾蟹)小杂鱼以及人工配合饲料等，而且还残食日本蟳同类。日本蟳喜欢傍晚和夜间活动、摄食，早上、傍晚摄食量最高(表 38)。日本蟳的摄食量也随季节的变化而变化。在适宜水温范围内，随着水温的升高，摄食量逐渐加大；而在低温季节，摄食量降低或停止摄食。

表 38 暂养日本蟳昼夜摄食变化

时间	08~11	11~14	14~17	17~20	20~23	23~02	02~05	05~08
总摄食量(克)	46.4	18.9	31.0	27.8	16.5	12.6	4.8	21.6

* 试验用蟹 16 只，试验饵料为龙头鱼。

3. 蜕壳与生长

(1) 蜕壳。日本蟳的蜕壳会影响它的形态、生理和行为变化，是完成变态发育以及生长所需，又是导致畸形、死亡、被捕食的重要原因。日本蟳的甲壳由位于其下的真表皮上皮细胞分泌而来，由三层结构组成。最外为薄薄的上表皮层，然后为较厚的、钙化程度高的外表层，最内为厚的内表皮层。甲壳及真皮层在蜕壳过程中变化复杂，以其结构、形态学变化，结合其行为可将蜕壳过程分为五期。

A 期(蜕壳后期)：蟹体刚自旧壳中蜕出，新壳柔软有弹性，

仅上表皮、外表皮存在,开始分泌内表皮,真表皮上皮细胞缩小。大量吸水使新壳充分伸展至最大尺度。短时不能支撑身体,活力弱,不摄食。

B期(后续期):表皮钙化开始,新壳逐渐硬化,可支撑身体,身体不再增大;内表皮继续分泌,真表皮上皮细胞开始静息。日本蟳开始排出体内的水分并开始摄食。

C期(蜕壳间期):表皮继续钙化,内表皮分泌完成,新壳形成,真表皮上皮细胞静息;蟹开始大量摄食,物质积累,体内水分含量逐渐恢复正常,完成组织生长,并为下次蜕壳进行物质准备。

D期(蜕壳前期):此期为蜕壳作形态上、生理上准备,变化最大,可分为5个亚期。

D₀期:真皮层与表皮层分离,上皮细胞开始增大。

D₁期:真皮层上皮细胞增生,出现贮藏细胞。

D₂期:旧壳之内表皮开始被吸收,血钙水平上升,新表皮开始分泌,摄食减少。

D₃期:新表皮继续分泌,旧壳吸收完成,新表皮与旧壳分离明显,停止摄食。

D₄期:新外表皮分泌完成,蟹体开始吸水,准备蜕壳。

E期(蜕壳期):身体大量吸水,旧壳破裂,蟹弹动身体自旧壳中蜕出。

蜕壳过程是由激素调节,通过中枢神经系统来控制的。日本蟳的一生要经过多次蜕壳或蜕皮。在幼体阶段,随着蜕皮形态结构不断变化,由溞状幼体1期至溞状幼体6期,再变态发育为大眼幼体,最后由大眼幼体蜕皮发育成第1期幼蟹。幼蟹之后是通过蜕壳来达到生长、成熟及交配的。

(2)生长。日本蟳的生长是通过蜕皮来完成的,生长速度有赖于蜕壳的次数和再次蜕壳时甲宽与体重的增加程度。饵料的好坏,温度等环境因子是否适宜,直接影响日本蟳的生长速度。日本蟳全年肥满度最高的月份是11月,12月起至翌年2~3月

因正值越冬期,肥满度下降;3~5月,水温回升,摄食量增大,性腺逐渐成熟,所以肥满度又逐渐增加。6~7月肥满度雌性较低,雌体产卵并已孵化;8~9月部分雌体又要繁殖,所以肥满度较高;10月虽产过卵的雌蟹消瘦,但有一部分产卵后死亡,另一部分未参加产卵,因而,10月的雌体肥满度也呈较高水平。

(3)自切与再生。自切是指日本蟳遭遇天敌或相互争斗中受困时,常常会自行脱落被困的附肢而迅速逃逸。在附肢有机械损伤时,也会自行钳去残肢或使其脱落。在水质环境污染、突然受到强烈刺激时,也可观察到自切现象的发生。自切是蟹的防御手段,是一种保护性适应。自切时步足由于肌肉的收缩而弯曲,自其底节与坐节之间的关节处,从腹面向背面裂开、断落。在断落处,由于几丁质薄膜的封闭作用及血液的凝聚,而使创面自行封闭,几乎没有血液的流失。

再生是指自切的附肢经过一段时间后,大多可以重新生出。在自切残端处新生的附肢由上皮形成,初时为细管状突起,逐渐长大,形成新的附肢。一般要经过2~3次蜕壳,才可能恢复到原来的大小。再生的速度与程度与个体及环境有关,未成熟的个体再生较快,成熟后的个体因不再蜕壳,也就不在具有再生能力了。

4. 主要敌害生物

日本蟳的幼体像大多数甲壳类的幼体一样营浮游生活,自卫能力很差,是所有摄食浮游动物的鱼虾类的饵料。成体后的日本蟳体形威武、性情凶猛,成为海洋中的捕猎者,一般的生物都不会对它形成伤害,但在其刚蜕皮后,容易受到同类或肉食性鱼类等的捕食。

三、繁殖习性

(一)雌雄鉴别

日本蟳雌雄异体。雌性腹部宽大,略呈扁圆形。第2~5腹节各具一对双肢型附肢,各附肢形态相似、大小相近,内外肢上密生刚毛,具有抱卵作用,其余腹附肢退化。雌性具有一对生殖孔,位于第6胸节腹面中部,在生殖孔上方各有一个三角形的突起,交配时雄性生殖肢就钩住这个突起。

雄性腹部狭长,呈锐三角形,其附肢基本退化,仅存两对附肢,着生于第1~2腹节上,并特化成生殖肢。第1腹肢基部宽大末端细长,弯曲向外,末端两侧均具刚毛。第2腹肢小,末端常有一簇细毛,它伸入第1腹肢卷折而成的细管内,交配时具有推动精荚的作用。

从内部结构上看,雌性具有一对卵巢,位于肠道上方、心脏下方。卵巢外侧各伸出一条输卵管至囊状的受精囊,然后再开孔于第6胸节的腹甲上。雄性具精巢一对,位置与卵巢相近。精巢近后端处各发出一条输精管,输精管分前腺质部与射精管两部分,射精管开孔于第5步足的基节上,雄性生殖孔上有皮膜突起(阴茎)。交配时,阴茎不直接和雌体接触,而搁在特化成交接器的第1腹肢基端输送精荚。

自然海区中,日本蟳雌雄比例基本为1:1。

(二)繁殖季节

日本蟳繁殖习性与三疣梭子蟹相近,繁殖季节较三疣梭子蟹略迟。繁殖季节因地而异,这主要因各地水温不同。山东6~9月自然海区都可以见到抱卵的日本蟳。对浙江近海日本蟳的群体来说,一年中有4~5月和8~9月两个繁殖季节,但并不是所有的日本蟳在两个季节里都产卵,很多个体仅在4~5月繁

殖。

日本蟬的生物学最小型为 3.5~3.8 厘米头胸甲长,首次产卵群体的头胸甲长为 3.5~5.5 厘米。

(三)产卵受精方式

成熟卵子通过受精囊与其内储的精子受精,然后受精卵从雌性生殖孔产出体外,流向腹部,尔后抱于腹部的 4 对附肢上。雌蟹产卵一般在 21 时至凌晨。刚排出的卵呈橘黄色,随着胚胎发育颜色逐渐加深,近出膜时呈淡灰色。

(四)产卵量,精卵大小、形状

日本蟬抱卵量一般为 1.83 万~80.65 万粒,平均为 20.19 万粒。卵子属中黄卵,卵黄颗粒直径约 14 微米。抱卵量的大小与头胸甲的长度有关,一般头胸甲越长抱卵量越多。卵巢内的卵细胞基本上同步发育,成熟后一次性排卵。如果抱卵蟹遇上不适环境,所抱卵子也会脱落。卵子在体内受精,刚产出的受精卵近圆球形,浅橘黄色,卵径 280~294 微米。卵膜内、外两层,内层为初级卵膜,也称卵黄膜;外层为黏性的三级卵膜,借以粘附于雌蟹腹肢内肢的刚毛上,拉长形成卵柄,使整个卵群呈葡萄串状。

(五)胚胎发育

日本蟬的胚胎发育分为受精卵、卵裂、囊胚、原肠胚、第 1 期膜内无节幼体、第 2 期膜内无节幼体、第 1 期膜内溞状幼体、第 2 期膜内溞状幼体等 8 个阶段。胚胎发育快慢与温度的高低有密切关系,在适温范围内,温度愈高胚胎发育速度愈快。

(六)日本蟬的幼体发育

日本蟬的幼体发育经历溞状幼体和大眼幼体两个阶段。溞状幼体分为 6 期,在 23~27℃ 的水温条件下,历时 21~23 天;

大眼幼体仅为 1 期,4~6 天,即蜕壳变态为第 1 期幼蟹。

四、苗种生产

(一)育苗场的建造

育苗场建造前,需对拟建场址进行地质、水文、气象、生物、社会和交通等条件的综合调查,因为良好的自然环境是人工育苗成功与否的基本条件。育苗场周围水质要清新无污染,海水盐度不低于 20,pH 值稳定在 8.0 左右,海水重金属离子不超标,周围海区应有自然成熟的亲蟹,同时要通车、通电、通淡水。育苗场建成后要注意维护海区的生态平衡。

(二)育苗设施

1. 育苗室

一般的虾蟹育苗场略加改造,都可用于日本蟳的育苗,新建育苗室的结构和材料要利于透光、透风、保温、抗台风。育苗室内应有数个亲蟹培育池和幼体培育池。培育池以长方形或长条型为佳,水深 1.3~1.5 米,池底要有一定坡度,利于池水自流排出。亲蟹培育池的水体应占育苗总水体的 20% 左右,进水口端池地应铺沙,沙为两层,下层为 2 厘米厚、直径为 0.1~0.2 厘米的粗沙;上层为 3~5 厘米厚、直径为 0.05 厘米以下的细沙或只铺细沙 5~8 厘米。铺沙面积应达到整个池底的 1/2~2/3。

2. 饵料生物培养池

饵料生物培养池包括藻类培养池、轮虫培养池、卤虫孵化池,多数育苗场的育苗池与这 3 种饵料生物培养池水体的比例为 1:0.2:0.2:0.1。

植物饵料分为三级培养:一级扩大采用 5~20 升的大玻璃瓶,进行封闭式培养;二级培养可在大玻璃钢水槽或透明大塑料袋里进行半封闭培养,也可使用小瓷砖池(一般长宽高为 2 米、1

米、0.5米);三级培养即为生产性培养,多为大瓷砖池水泥池,以3米×5米×0.6米左右为宜,充气培养的池子可适当加深。

轮虫室内种级培养用各种规格的三角烧瓶、细口瓶、玻璃缸等,扩大培养通常使用玻璃钢桶,大量培养则以水泥池最为常用。室外生产性培养时多以土池来进行。

卤虫卵的孵化,可以使用特制的玻璃钢卤虫孵化桶,也可以使用大水缸或水泥池。卤虫孵化桶大小一般为0.5米³,底部锥形,利于分离幼体和卵壳。水泥池水体一般为1~10米³,池深1~1.5米池底锥形或平底,在离池底5厘米左右处设一条排水管,以便排放孵出的幼虫。不管卤虫孵化器或是水泥池,均应具备充气和加温设施。

3. 供水系统

该系统包括蓄水池、沉淀池、高位水池、砂滤器、水泵和进排水管道等。

(1)蓄水池。育苗用水应抽取海区清净的新鲜海水。若海区多泥沙及有机质等,可建纳潮式蓄水池,此池大小以能满足一个汛期的用水即可,也可利用比较干净的养殖池塘代替。一般蓄水池面积10~50亩,海水须经24~48小时沉淀才可使用。

(2)沉淀池。沉淀池的蓄水量应为育苗总水体1~2倍。沉淀池要建两个或分隔成两个以上,以便轮换使用,池顶需加盖或搭棚遮光,确保育苗用水的清洁。

(3)砂滤器。砂滤器是一种利用不同粒经的砂层过滤海水的装置。由于砂层具有截流作用、沉淀作用和凝聚作用而形成的过滤膜,可以阻止微细砂粒、浮泥、有机碎屑,甚至于细菌通过砂层,机械过滤效果较好。此外,附着在砂层中的微生物,可进行有机氮的矿化作用,把有害的有机物质转化为无毒物质,而起到净化水质的作用,即生物过滤作用。饵料生物的培养和亲蟹的暂养,必须使用砂滤海水。砂滤器一般建在最高处,其大小应视海区水质状况及育苗用水量而定,最好建造两个,以便轮换使用。

(4)水泵与管道。水泵应根据吸程和扬程及育苗用水量的要求进行选择。输水管道可使用对幼体无害的铸铁管、水泥管、聚乙烯管、聚丙烯管或玻璃钢管等,严禁使用镀锌管、铜管、铅管,橡胶管也尽量少用,各种阀门也应避免对日本鲷有害的配件。

(5)供气系统。充气对日本鲷的高密度人工育苗是一个不可缺少的条件,其积极意义是多方面的。充足的氧气,除了供幼体呼吸作用,保证幼体正常的生理代谢外,还可防止有机颗粒和人工饵料的下沉,提高饵料的利用率,促进水中有机物的分解和氨氮的硝化,防止有机物厌氧分解产生有毒的中间或终产物,具有保护水质和改善水质的作用。充气造成池水的翻动,使幼体漂于水中减少了幼体上浮游动的能量消耗,利于幼体的变态发育。充气还有利于浮游植物的光合作用,遏制腐生细菌及纤毛虫类的繁殖。充气不断搅动池水,使加热均匀,防止加热管附近局部过热而烫伤或烫死幼体。

供气系统包括鼓风机、送气管道、散气管和散气石。大规模生产多采用罗茨鼓风机,根据育苗总水体的大小而选用不同的型号。由于一个育苗场多建有几个育苗车间或一个车间有几排育苗池,育苗期间尤其是育苗早期及晚期,并不是所有的育苗车间或育苗池都满负荷运转,因此,有的场家每个车间或一至几排育苗池分别安装鼓风机,这样可以合理利用育苗水体,降低能源的消耗。鼓风机每分钟的供气量,应是育苗总水体的1%~2%,并备有轮休风机。气体送到育苗池后,应用散气石或微孔瓷管或微孔塑料管把气体分散为小气泡,以增加向水中溶解气体的数量。散气石一般长5厘米左右、直径3~4厘米,多用200~400号金刚砂制成。在育苗池底,每平方米布置2个气石为宜。

(6)增温设施。日本鲷胚胎发育和幼体发育与培育水温关系密切,增温和控温是人工育苗的重要措施。在适温范围内,提高水温可以加快幼体的发育速度,提高幼体的成活率。由于幼体发育快,培育期缩短,可以节省育苗的人力、物力、财力,并可

提前育苗和进行多茬育苗,提高育苗池的利用率。

根据当地气候及自然条件,热源可选择电加热、太阳能、地热、工厂余热和锅炉加热等。北方人工育苗多采用锅炉加热,分气暖、水暖两种,热气或热水通过池内的管道使池水升温。有的场家将热气直接排放到配水池中,以达到快速升温的目的。加热管的设置要利于安装和维修,一般在池内呈环行,距离池壁、池底各 30 厘米,每池单独设置控制阀门。加热管道一般使用无缝钢管,严禁使用镀锌铁管,以免锌离子毒害幼体。

为防止海水对加热管道的腐蚀,需对加热管道进行防腐处理。涂敷防腐涂料,可选用以下配方:634(或 1010)环氧树脂 100 份,己二胺 10~12 份,丙酮或甲苯适量;191 或 195 环氧树脂 100 份,聚石粉 30 份,耐酸钴 3 份(天冷可适量多放)。用无毒塑料薄膜包缠管道,加水没过加热管 10 厘米,加热至 30~40℃ 半小时,塑料受热收缩而缠绕在管道上;或不加水而加热,使塑料熔化敷在管道上,紧密而不透水。

4. 供电设施

育苗期间要求不间断地供电,若电厂供电不能保证,应自备发电机,以备电厂停电时自行发电,保证供水和供电。

(三) 育苗前的准备工作

1. 日本鳎育苗所需的主要仪器及用具

(1)生物检验室。显微镜、解剖镜各一架,解剖用具一套,托盘天平、分析天平各一台,手按计数器 3~5 个,烧杯(50、100、200、500、100 毫升)及量筒(500、1 000 毫升)若干,血球计数板一块,玻璃缸、玻璃棒、培养皿、载玻片、盖玻片、凹玻片、吸管等若干。

化学分析室:分光光度计、pH 值计(酸度计)、盐度仪(或比重计)、溶氧仪各一台,温度计若干,烘箱、电炉、蒸馏器以及与上述水质因子分析有关的玻璃仪器和化学药品等。

生物检验室和化学分析室可以合用,配备有一定经验和技

能的人员专门负责室内工作。

育苗用工具:运亲蟹用的车、帆布桶,换水用的网箱(80、60、40、20目)及添水用的滤水网袋(200、150、100、80、60、40目)、换水管,收集轮虫的网袋(大于200目),收集卤虫的网箱或网袋(120或150目),塑料桶、水舀子,计数用的取样器,遮光用的黑布等。还需准备一定量的卤虫卵。

(2)常用药物和化学试剂的准备。常用药物和化学试剂的准备数量,根据育苗总水体及具体条件而定。常用的有EDTA二钠盐、漂白粉或漂粉精、高锰酸钾、甲醛、孔雀绿、盐酸、酒精、各种抗菌素(如土霉素、氯霉素、呋喃唑酮、氟哌酸等)、硫代硫酸钠、硝酸钾、磷酸二氢钾、硅酸钠、柠檬酸铁等。

(3)育苗设施的检验。育苗生产前,要对加温、供气、供水、供电等系统进行检验,并做好记录。同时要检查育苗池、饵料培育池是否漏水,各种阀门是否严密、灵活,排水渠道是否畅通,发现问题及时解决,以免育苗进行时造成麻烦。

新建育苗池若直接利用,就会明显提高池水的pH值,影响幼体的正常发育和成活。因此,要对育苗池进行海水或淡水的浸泡1个月以上。如果时间紧迫,可加入少量的盐酸或醋酸来中和碱性物质,缩短浸泡时间。新、旧水池在育苗之前,都应使用20毫克/升的高锰酸钾或有效氯15~30毫克/升的漂白粉或漂粉精溶液,对池底和池壁进行彻底洗刷。对于池地、池壁附着污物较多,不易洗刷掉的池子,可先用盐酸溶液(1:10~20)刷洗,然后用消毒液清洗。

(4)育苗用水的处理。育苗用水的好坏,直接影响到亲蟹培育及幼体的生理机能和变态发育。因此,在育苗前必须对育苗用水进行全面的分析检查,发现不合格的指标及时处理。对于理化因子符合幼体需要的海水,经过砂滤或网滤后即可进入育苗池应用。饵料生物培养用水须经砂滤器过滤,再经煮沸或化学消毒后才可使用。

育苗用水的盐度最好在20~32。若盐度过高可通过添加

淡水来降低盐度;若盐度过低就需加卤水或粗食盐来提高海水的盐度。对于超过 pH 值 7.8~8.4 的海水,需要通过生物的或化学的方法来调整。

重金属离子(如汞、锌、铜等离子)超标时,可造成胚胎发育停止或幼体的死亡。对于此类海水,常用乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)或乙二胺四乙酸(EDTA)来螯合过多的离子,使用量根据水中重金属离子的多少而定,一般使用 2~10 毫克/升。

(四)亲蟹的培育

亲蟹培育的好坏直接关系到育苗生产能否顺利进行,是育苗生产的基础。只有大小合适、健康状况良好、环境条件适宜,亲蟹的性腺才能正常发育,发育良好的成熟卵子才能顺利产出、孵化。

1. 亲蟹的选择

在繁殖季节,可选择已经抱卵的雌蟹作为亲体;非繁殖季节,就要选择已经交配、性腺发育良好的雌蟹进行控温培育。亲蟹要体质健壮、活动能力强、附肢完整、体表无寄生物的个体。虽然日本蟳的生物学最小型为 3.5 厘米,但考虑到抱卵量等因素,尽量选择甲宽 7.0 厘米以上的大个体。

亲蟹的运输:亲蟹的运输可采用干运和湿运两种方式。未抱卵的雌蟹一般采用干运,在保持湿润、通风的条件下,干运时间在 12 小时内,可以保持 98% 以上的成活率。抱卵的雌蟹需湿法运输,盛水装蟹的容器有帆布桶(或箱)、玻璃钢桶等。运输亲蟹的密度,与容器的大小、运输途中换水和充气条件、路途长短、交通工具等有关。运输途中不需投饵,要将亲蟹的螯足用橡皮筋系好,以免亲蟹之间殴斗,残伤附肢或身体,同时注意防晒、防雨淋。途中换水时防止温差、盐差过大,并尽量减少对亲蟹的惊扰。

2. 亲蟹的培育

购进亲蟹前,在亲蟹培育池的铺沙处,用已消毒好的砖瓦或

竹排等搭建数量不等的“蟹屋”，以便于亲蟹的休息或蔽藏。“蟹屋”安置时应避开加热管道，以免加热时该处升温过快，造成亲蟹的应激反应。

亲蟹运抵育苗场后，要先将水温、盐度等水环境因子调节好，暂养一定时间，以解除其因采捕、运输过程中带来的疲劳，恢复正常的生活状态。然后根据对亲蟹的检查情况进行消毒处理，可使用 200~300 毫克/升甲醛浸泡 3~5 分钟，或者使用 10 毫克/升的孔雀绿浸泡 40~60 分钟，处理完毕后用清水冲净，放入亲蟹培育池。

亲蟹入池后投喂活沙蚕、菲律宾蛤仔等其喜欢摄食，又具有促进性腺发育的优质饵料。日投饵量为亲蟹体重的 2%~15%，不足时可用小杂鱼虾代替。饵料应投喂到未铺沙的池底，具体投饵量根据每日亲蟹的摄食情况进行调节。日投饵 2 次，早晨投喂总量的 1/3，傍晚投喂总量的 2/3。日本蟳的螯足强劲有力，可以轻松夹碎杂色蛤等贝类的贝壳，因此，这种贝类活投即可。这样既能避免死饵料腐败造成的水质恶化，活贝类又能滤食水中的浮游生物等，使水更加清澈，便于对亲蟹的观察。

日本蟳性情凶猛、好斗，培养密度过高时，既容易附肢受伤或脱落，又会因环境压力过大影响性腺发育，一般每平方米放养 2~3 只。

在繁殖季节，亲蟹的培育水温用自然水温即可。非繁殖季节育苗，就需对亲蟹进行控温培育。亲蟹入池后先稳定几天，恢复正常状态后，再根据生产计划安排进行升温，日升温尽量不超过 1℃，升至 23℃ 以上后保持进行培育。

亲蟹培育期间微量充气，每天结合吸污换水 10%~100%，维持 pH 值 8.1~8.3，盐度 26~32，光照应小于 1 000 勒克斯。

抱卵蟹暂养时，暂养池底可以不铺沙。但在培育未抱卵的亲蟹时，必须于池底铺沙，否则，不能获得好的抱卵蟹。

3. 孵化

对产卵后的亲蟹要经常观察卵的颜色变化，以便做好孵化

的准备。刚产的卵的颜色为橘黄色,随着胚胎发育,卵的颜色变为黄褐色,最后变为灰黑色。刚抱卵的亲蟹,在维持 23℃ 水温条件下,经过 13 天就开始孵幼,以 0℃ 为基准的积温是 310℃。当胚胎心跳次数达到 140 次/分钟以上时,将亲蟹用 10 毫克/升孔雀绿处理 40~60 分钟后装笼,放入已处理好水的幼体孵化池或幼体培育池中,孵化时的水温控制在 22~25℃。

日本鳎的抱卵蟹在首次胚胎孵化后不久,不需与雄蟹重新交配又可再次抱卵,但抱卵的数量较首次要少,一般仅为 3 万~6 万粒/只;再次抱卵所需的时间不一,有的 1~2 天,有的需半个月。解剖首次抱卵蟹的纳精囊可以看到,其纳精囊内尚有部分精夹存在,这说明亲蟹再次所抱的卵具有受精发育的条件。

(五) 幼体的培育

1. 幼体饵料的准备

日本鳎幼体培育的饵料可分为活体饵料和人工配合饵料两大类。活体饵料是指海水中天然生长或人工培养的微生物、浮游植物和浮游动物。饵料的营养成分、种类的搭配投喂能否满足幼体的需要,是影响幼体成活的一个重要因素。因此,针对幼体不同发育阶段对饵料的要求,提早将饵料准备好。

(1) 单胞类的培养。单胞藻的种类很多,海洋微藻就达几万种。迄今在我国水产养殖上的海洋微藻已有 20 多种,最常见的有扁藻、中肋骨条藻、小新月菱形藻、牟氏角毛藻、三角褐指藻、塔胞藻、绿色巴夫藻、小球藻、微绿球藻、钝顶螺旋藻、湛江等鞭藻及球等鞭藻等。

影响单胞藻生长繁殖的因子,主要有光照、温度、盐度、溶解气体、营养盐、pH 值和生物因子等。只有各种因子在其适宜的范围内,单胞藻才可能生长繁殖好。单胞藻和所有的绿色植物一样,只有在光照条件下,同时光照强度高于补偿强度时,才能进行光合作用。各种单胞藻有不同的适光范围。各种单胞藻又有一定的温度、盐度、pH 值的适应范围和耐受限值,超过耐受

限值就会引起死亡。对于营养盐,不同单胞藻所需要的种类和数量也有所不同,所以要根据藻类的不同,选择不同的营养液配方。微藻在光合作用中,以吸收游离二氧化碳为主,水中的二氧化碳不足会影响光合作用的效率。单胞藻的生长繁殖除受环境的理化因子影响外,还必须考虑生物之间相互关系的影响,要防止细菌、原生动物等污染生物的污染。

单胞藻在其生长中表现出一定的规律性,包括刚进行藻种接种的延缓期;接种后快速生长的指数生长期;随着培养液中营养的消耗,出现了生长相对下降的相对生长期;藻类生长达高浓度时,限制因素增加,转入静止期以及出现细胞数减少、细胞衰老死亡的死亡期。根据这一规律,在藻类的培养中必须注意选用指数生长期的藻类作藻种,接种量要大,以保持其生长优势,并选择晴天,避免温度、盐度等的差异过大。

①营养液的配制:营养液是由洁净的海水加入营养盐配制而成。营养盐有无机肥(化肥)和有机肥(如人畜的尿粪,贝与鱼的汤汁等)。常用的无机氮肥有硝酸钠、硝酸钾、硝酸铵、尿素、硫酸铵;磷肥有磷酸二氢钾;铁肥有柠檬酸铁等。若培养硅藻类,尚需加入硅酸钠等;培养金藻类,加入维生素 B_1 、 B_{12} 等会促进其生长繁殖。

培养液的浓度(以氮元素浓度为标准)可分三级:低浓度培养液的含氮量为 5~15 毫克/升,中浓度为 16~30 毫克/升,高浓度在 80 毫克/升以上。氮、磷、铁 3 种元素的比例为 10:1:0.1~0.5。使用低浓度培养液,藻类早期生长繁殖效果好,但持续时间短,培养过程中需多次追肥;高浓度培养液对藻类早期生长有一定的抑制作用,但肥效期长,对藻类后期生长有促进作用,常用于保种培养;中浓度培养液介于二者之间,藻类的培养中最常用。

②藻类的培养技术:单胞藻的培养可按藻种培养、藻种扩大培养和生产性培养的次序来进行。应选择色泽鲜艳、无沉淀、无明显附壁的藻液接种,凡有原生动物或其他杂藻污染的皆不能

用做藻种用。

藻种培养:培养容器为 300~500 毫升的三角烧瓶,洗净并煮沸消毒,加入新配制的培养液 200~300 毫升。接入经严格分离而得的纯种或保存的纯种,瓶口包以消毒纱布、棉花或滤纸,置于适宜的光照和温度中培养,及时摇动、充气。

藻种扩大培养:将培养好的藻种,逐步扩大接种入已消毒的 10~20 升无色细口玻璃瓶中培养。同样置于适宜的光照和盐度条件下,及时摇动、充气。培养的容器还可因地制宜,选用无色塑料瓶(桶)、塑料袋等,标准是结实、透光性好、易于操作。

生产性大量培养:可在室内也可在室外,有封闭式培养和开放式培养两种,目的是为育苗生产提供饵料。培养的容器为大型水泥池、大型玻璃钢水槽和大型塑料袋等。先将培养容器消毒,然后加入经沉淀过消毒处理好的海水,将营养盐按配方计算总量溶化后入池,最后按培养水体的 $1/5 \sim 1/2$ 接入藻种。

③育苗池内直接培养:人工育苗企业化生产后,全靠专门设施培养单胞藻类,不仅占用水体、耗资大,而且也难满足大水体育苗的生产需要。可在育苗池内通过施肥、接种来培养,进行定向的生态系育苗。

在育苗水体内施化肥,一般为氮肥(如硝酸钠、硝酸钾等)2~5 毫克/升,磷肥(如磷酸二氢钾)0.2~0.5 毫克/升,对于硅藻类还需加施硅酸钠(钾)0.1 毫克/升。1~2 天施肥一次,几天后视水色或根据对藻类的实测密度来调整施肥量,使池内单胞藻的密度在孵化幼体时达到每毫升 10 万~20 万个细胞。

未经过消毒处理的育苗用水,一般都会含有在自然海区繁殖生长的单细胞藻类,根据检测看是否能作为幼体的饵料,通过施肥在池内繁殖起来。如果育苗用水中藻类组成比较贫乏,或者育苗用水经过消毒处理,就需向施肥的育苗池内接种藻种。

育苗池内藻类的繁殖生长,除与营养盐、水温、盐度、光照强度等因子有关外,还与换水、充气有关。如果环境条件合适、充气均匀、换水适当,藻类就可能很快繁殖起来,但要注意控制藻

类的过分繁殖,使水色过浓,pH 值过高。若遇这种情况,就应及时停肥,换去原水,添加新水,将池水的藻类密度调至适宜范围内。

(2)轮虫的培养。轮虫是一种小型的多细胞动物,营浮游生活,具有生长快、繁殖力强的特点,它的大小、浮游速度、营养价值很适合日本鳊前期蚤状幼体的需求。在轮虫培养时,以单胞藻、鲜(干)酵母、豆浆等作为其饵料,可采用水泥池或土池两种形式。在其适宜盐度 15~30、温度 25~30℃ 条件下,接种密度 1~5 个/毫升的池子,一般 15 天左右即可大量繁殖。当密度达 100 个/毫升以上时,可用 200 目筛绢网采收。

现在生产上进行大规模轮虫培养时,单胞藻的供应量往往不能满足需要,主要是以酵母、豆浆等作为其饵料,这种情况培养的轮虫严重缺乏 EPA/DHA,投喂日本鳊蚤状幼体时,就会影响幼体的生长速度、抗病力及成活率,甚至造成育苗失败。对于严重缺乏 EPA/DHA 的轮虫,在使用前必须进行营养强化。用富含 EPA/DHA 的单胞藻(如小球藻、微绿球藻)进行投喂培养;用富含 EPA/DHA 的强化剂,以 50 克/升强化水体。

(3)卤虫卵的孵化。卤虫卵出产于高盐度的咸水湖或盐田。卤虫卵的孵化可在小型水泥池或底部为圆锥形的玻璃钢罐内进行。在安有充气装备的孵化设备中,每升海水可孵化 1~3 克卤虫卵,水温控制在 25~30℃,充气量宜大不宜小,经过 18~24 小时就可孵化出卤虫无节幼体。

对于卤虫无节幼体与卵壳及未孵化卵的分离,通常采用的方法有:一是停止充气,一部分卵和卵壳浮于水面,另一部分则沉于池底,幼体则多居中下层。用胶管从中下层吸取水分,经筛绢网过滤收集幼体。二是利用卤虫无节幼体的趋光性。把池子或孵化罐的一端或上端遮光,让其另一端或下端进光或加入人工光源,幼体从遮光处游到有光处,吸取后将水滤去,收集幼体。这两种方法在实际生产中,一次分离的效果都不彻底,要想分离彻底,在增加分离次数的同时,还应选择纯度高、孵化率高的产品。

(4)人工配合饵料。在生产中,各个场家根据本地的具体资源条件,选择制备了适合日本鳎人工育苗的多种饵料。现在市场上尚未有专门为日本鳎人工育苗所用的配合饵料,不过市售的虾蟹类配合饵料也可以选择适用,主要有虾片类、黑粒类、微粒类及藻粉类等。

2. 幼体培养密度

幼体的培养密度,决定着育苗设施的利用效率。只有放养密度合理,才能发挥育苗池的最大效率。布池密度低等,单位水体的出苗量低,既不能充分发挥育苗设施的潜力,又相对增加了育苗的成本。若盲目地多布幼体,便会超过育苗池水体生态系统的荷载能力,造成幼体的成活下降,甚至育苗的失败。这是因为,幼体密度过大时,由于饵料的不足或水质恶化,致使幼体发育速度变慢,幼体变态不齐,体弱易生病,幼体的大量死亡。幼体的放养密度,取决于育苗的条件和技术条件,特别是与饵料和水质条件有关。一般幼体的布置密度为 10 万~15 万尾/米³。

3. 水温

育苗水温的高低直接影响着幼体新陈代谢的速度,决定着幼体变态发育的快慢,也影响到幼体的成活率。在育苗生产中多采用适温的上限,来缩短育苗的周期。根据自然海区日本鳎繁殖季节的水温状况,日本鳎幼体对水温的适应能力是较强的,蚤状幼体期水温可控制在 23~26℃,大眼幼体期控制在 25~27℃。

4. 充气

充气量根据各期幼体的需求进行适当调整,蚤状幼体 1、2 期微量充气,蚤状幼体 3 期后逐渐加大充气量,蚤状幼体 6 期实施强充气,池水成沸腾状。为使充气均匀及减少大眼幼体期前后幼体间的互残,建议气石的布置密度为 2 个/米²。

5. 饵料的投喂

饵料是幼体生长发育的物质基础,是决定幼体能否变态发育的重要条件,必须根据不同发育阶段的要求,调整好饵料的种



类与数量,满足其摄食和营养要求。为使刚孵出的溞状幼体 1 期有适宜的开口饵料,应提前接入单胞藻,并适时投喂轮虫、初孵的卤虫无节幼体、蛋黄及虾片等。溞状幼体 5 期后开始加投绞碎的小杂鱼虾肉或成体卤虫。投饵次数前期 6 次,培育后期增至 12 次。具体各期幼体的日投喂量如表 39 所示。

表 39 日本鲷各期幼体的投喂量

期别	扁藻 (万/ 毫升)	金藻或 角毛藻 (万/ 毫升)	蛋黄 (个/米 ³)	虾片 (克/ 万尾)	轮虫 (个/尾)	卤虫无 节幼体 (尾/个)	小虾肉 (克/ 万尾)	滤饵 网目
Z ₁	5	20	1/4	0.3	3~5	0.5~1		150
Z ₂	5	20	1/4	0.4	8~10	1~2		120
Z ₃	5	20	1/3	0.6	10~20	5~10		100
Z ₄	4	15	1/2	0.8		10~25		100
Z ₅	2~3	10	1	1.0		30~40	10	80
Z ₆	1		1	1.2		50~80	15~20	60
M						>160	50~80	40

6. 水质的调控

育苗水环境的好坏直接影响到育苗的成败,必须进行严格的控制。影响水环境的因素是多方面的,除了育苗开始时水的预处理及幼体培育过程中换水、充气、加温等因素外,还有池水中生物的代谢、残饵的腐败等,后者的污染可造成幼体的不正常发育,甚至死亡。目前室内人工育苗设施日趋完备,幼体培育池水的温度、盐度、溶解氧可用人工方法控制,此三项因子一般不会成为限制因子;对于池水 pH 值、氨氮、COD、亚硝酸盐、硫化物等水质因子,在育苗过程中发生变化较大,可使育苗池水小生态系统失去平衡,故应经常检测、及时调控。

池水中氨氮的主要来源是幼体和其他生物代谢的产物,也由生物尸体和残饵腐败分解产生。氨氮通常是指离子态氨(NH₄⁺)和非离子态氨(NH₃)的总称,其中非离子态氨不带电

荷,是非极性化合物,有相当高的脂溶性,容易穿过细胞膜,是总氨氮中对幼体最有毒性的物质。池水中,这两种形态的氨是可以相互转换的,这种转换受水温、pH 值及盐度高低的影响。当水温和盐度升高时,非离子态氨在总氨氮中所占的比例就增加。因此,在育苗生产中,通过换水、充气、控制单胞藻浓度及泼洒豆浆等方法来调控 pH 值,使其符合幼体要求的同时,也要将水温、盐度调控在幼体的适温范围内。

亚硝酸盐是氨转化成硝酸盐的中间产物。在高密度的日本鳊人工育苗中,由于残饵分解,幼体代谢等会产生大量的氨,一旦硝化作用受阻,其中间产物亚硝酸盐就会在水体中积累,超过幼体的耐受限度,造成幼体的大批死亡。可通过换水、充气、水质改良剂及生物净化等措施来降低其含量。有材料介绍,用漂白粉处理水也可将池水 NO_2^- 氧化成无毒的 NO_3^- 。育苗期间尤其是前期,避免强直射光,一般控制在 3 000~10 000 勒克斯。注意减少因幼体趋光,使池水局部密度过大,幼体间互残等不利现象。

7. 防止幼体相互残食

到目前为止,生产上还没有有效的控制后期幼体的互残措施,作者曾在一个育苗池中悬挂网片,由于网片在气石密度高、充气量大的情况下,容易绞织在一起,会将幼体或幼蟹包裹起来,造成幼体或幼蟹的损伤或死亡,同时挂网片及网底挂坠石的操作也不方便。我们在蚤状幼体 6 期变态为大眼幼体之前,往池水中悬挂扇贝养殖笼,防止互残的效果很好。由于扇贝笼网目大,层间又有带孔的隔盘,增加了幼体或幼蟹活动的有效面积,利于幼体或幼蟹的活动与摄食,也利于充气和水的交换,不会出现网片的缺点。在加挂扇贝笼的同时,增加气石数量和充气量,提供充足的优质适口饵料,保持良好的水质和幼蟹及时分池或出池也是必要的。

(六) 幼蟹培育

大眼幼体发育变态为幼蟹之前,根据池底的污染情况进行

吸污或倒池,确保池水及池底清洁。日换水量 100% 以上,日投 4 次卤虫成体或绞碎的鲜小杂鱼虾肉,根据售苗要求将水温逐渐降温至自然水温。幼蟹培育期间,往往由于幼体变态不整齐,而造成幼蟹的大小差异,因此,要及时分池培养或移至土池培育。

(七) 幼蟹出池、计数和运输

幼蟹出池时先将充气关小,然后收集附着基上的蟹子,附着基上掉下的幼蟹要及时用捞网捞出,池底的蟹苗由出水孔放出,严禁将池底污物搅起,造成幼蟹的死亡或污物与幼蟹混杂在一起,使幼蟹难以分离。

幼蟹的出池计数一般采用重量法计数。先称取 10 克样品进行计数,然后根据幼蟹的总重量折算出总的出苗量。运输方法参照三疣梭子蟹及锯缘青蟹的幼蟹运输方法。

(八) 病害及防治

日本鲷人工育苗期间的主要病害有弧菌病、真菌病、固着类纤毛虫病等,病害的防治方法可参照三疣梭子蟹及锯缘青蟹。

五、成蟹养殖

(一) 养殖场地的选择和建造

养殖场地的选择参照梭子蟹养殖。养殖水源水质清新,有机物含量低,无污染,符合渔业水质标准。精养池的面积一般为 5~10 亩,水深 1.5~2.5 米,半精养池的面积一般为 10~30 亩,水深 1.5~2.0 米。亦可利用现有的鱼虾蟹类养殖池塘。

养殖池底质最好是干净的沙质或沙泥质。池底要设置遮蔽物,池坡要进行防逃处理。

(二)放苗前的准备工作

1. 清淤

除新建池外,所有的池塘(包括蓄水池)都要清淤。池塘经过排下水、晒池以后,要采用机械或人力将淤泥清走。清淤后立即用生石灰对池底进行池底消毒。每亩使用 150 千克生石灰,均匀撒布池中,并使用人工方式将池子耙一遍。然后进一层水(盖过全部池底),放置 3~5 天后放掉。随后采用边进边排并同时用人工耙底的方式进行清理作业,使池底剩余的污物随水流出(有条件的地方也可采用放开闸门,使用自然潮汐冲洗的方式,可节省人力)。同时,进行池坝、投饵台、进排水口处的整修工作。池底清理完毕后,放水晒池,直至放苗前一个月。

2. 进水消毒

放苗前 30~40 日进水 30~40 厘米,放置 3~5 日,使池底存留物质(包括处于休眠保护状态的动植物)被海水充分浸润。然后向池中泼洒含氯消毒剂,每种单独使用的用量为:漂白粉、漂粉精和次氯酸钠,均为有效氯 10~20 毫克/升。有机氯种类较多,同一成分的商品名也不同,可仔细阅读说明书,按标定量使用。

投入消毒剂后可用小型水泵充分搅拌水体并冲洗池底,以加强效果,2~3 天后即可放掉消毒水,晒池 3~5 日。

3. 进水肥池

无论精养还是半精养方式,都要在放苗之前肥水。肥水的目的是培养繁殖一些有益于幼蟹生长的生物群落,包括低栖生物、浮游生物和大型海藻类,为幼蟹营造一个小生态环境。

各地的适宜种类不同,繁殖时间也不同。因此,进水施肥都必须根据具体情况确定。可先进水 40 厘米,少量使用经发酵的有机肥(20 千克/亩)或尿素(1 千克/亩),以后缓慢加水至 1.2 米,并根据水色和透明度追加尿素,磷肥可使用磷酸二氢钾,保

持水中氮磷比例为 20~30:1 即可,每年应化验一次水源。此时也可以向池内移植一些饵料生物。

通过肥水使池水呈现黄绿色、浅褐色、褐色,透明度 30 厘米为宜。

(三)放苗

养殖用日本蟳苗种,现在主要是捕自自然海区。虽然各地进行过人工育苗的研究工作,但用于养殖的还很少。随着养殖生产的深入及人工育苗的研究开发,相信日本蟳的育苗,养成不久就会推广开来。山东沿海一般 4~6 月开始放苗。

放苗的密度因池塘条件、养殖方式、管理技术及苗种的大小等而异。

(四)中间培育管理

一般育苗场出售的商品苗多为第 1、2 期幼蟹,若直接放入养成池中,因其个体小,受不良因子刺激易导致死亡。因此,小的苗种须经过暂养,达 2 厘米左右再放入养殖池中养成。用于中间培育的池塘设施及培育方法、管理措施等,参照三疣梭子蟹和锯缘青蟹的苗种中间培育(暂养)。

放苗前的消毒要进满水后进行,用浓度为 30~50 毫克/升的漂白粉浸泡 2~3 天。消毒后用 60 目筛网进水。有条件的可在进水口处设置消毒装置,用碘消毒剂或含氯消毒剂对海水进行消毒,经监测药效消失后接种单胞藻。移植饵料生物时要注意选择品种,如果当地此时自然海水中无合适种类,应该人工繁殖一些放入。投喂优质饵料每日 4~6 次,日投喂量(以鲜重计)为蟹苗体重的 10%~20%,最好投喂鲜活饵料。加强水质管理,根据水质监测报告和池内生物组成情况及时调节水质,采取换水、充气、投放水质保护剂和光合细菌等方式。中间培育池出苗后应重新清池消毒,再用于继续培养。

(五) 养成期管理

1. 水质管理

养成期间应定期对养殖池池水和底质的理化因子、生物因子进行监测。同时还应该参考当地的历史资料进行预测,以便提前做好调节水质的准备,水质调节要顺序渐进,切忌造成较大幅度的快速波动和资源浪费。

水温 $14\sim 32^{\circ}\text{C}$, 盐度 $10\sim 35$, pH 值 $7.8\sim 8.6$, 氨氮(NH_4^+-N 计)小于 0.5 毫克/升, 溶解氧大于 2 毫升/升, 池底硫化氢不超过 0.02 毫克/升, 重金属离子浓度符合国家渔业水质标准, 透明度和水色, 透明度 $25\sim 35$ 厘米, 水色要结合生物优势种群的观测来确定。一般为硅藻(反映为浅褐色)、绿藻(反映为浅绿色), 二者共同作用(反映为深浅不同的黄绿色)。如果投放各种底质保护剂或水质保护剂, 颜色也会反映到水色中, 因此, 水色不是一个单一的指标, 要结合生物学监测进行调节。通常一个地区有特定的生物组成, 而且有较固定的时间变化, 因此, 应尽可能地了解本地区以前的资料。

(1) 养成前期。培养好基础饵料, 保持池内生物群落的相对稳定是养成前期水质管理的重点。因此, 要求根据水色和生物量的变化及时施肥和添加水。硝酸钠、硝酸钾或碳酸氢铵, 每次使用量为 $1\sim 2$ 千克/亩, 正常天气 $2\sim 3$ 天使用一次, 阴雨天停用。施肥时应选择上午, 将提前用淡水化开搅匀的肥水均匀泼洒于池子各处。为便于阳光投射到池中, 促进基础饵料生物的生长繁殖, 池水不宜太深, 能保持合适的透明度和水温稳定即可。一般不换水, 只添加水。此时应每天测定生物量和溶解氧、pH 值, 如果 pH 值过高(9 以上), 可以适当地换少量水(10% 以内)或使用化学药物加以调节。

(2) 养成中期。池中的基础饵料已经基本耗尽了, 但随着投饵的增加, 水中有机质增多, 水温升高, 浮游植物的繁殖仍非常旺盛。一些浮游动物、原生动物会借机大量繁殖, 严重消耗池内

溶解氧。此时大量投喂一些能够滤水或摄食有机碎屑的双壳贝类(短肌蛤、蓝蛤、鸭舌蛤、缢蛤、乌蛤、缢蛏等)作为饵料,同时可混养一些食性温和、以小型浮游生物为食的小型鱼类(斑鲮、黄鲫、梭鱼等)。投放的种类可根据当地的条件和苗种供应情况及经济价值来选择,投放的数量不宜太多,以免影响到浮游植物的正常密度。这个阶段一些重要指标的水质化验(溶解氧、氨氮、pH 值)每天化验两次(早晚)。此时要保证每天 10%~20% 的换水量。发现赤潮生物大量繁殖的先兆(如夜光虫量大、个体大、活力强,轮虫量大、挂卵),应及时采取措施。先施加药物杀灭,然后换水。一般赤潮生物在自然海水中出现的时间比较短,并且在各地出现的时间比较有规律,加强水源生物监测,控制纳水时间,可有效地防止赤潮生物在虾池的发生。同时,也可提前在蓄水池中用药杀灭。

(3)养殖后期。这个时期的水质管理难度最大,需要人力、物力的大量投入。换水量应加大,但每次换水量不宜过大,一般不超过 40%,以免破坏虾池水环境的稳定性。应加强监测硫化氢和池底有机质。为降低池中氨氮和硫化氢的含量,此时应定时投放水环境保护剂和低质改良剂(沸石、麦饭石、农用石灰、熟石灰、钢渣等)、光合细菌和硝化细菌等,以促进池底含氮物质的降解,保证水环境的稳定。

在养成期的水质管理方面,蓄水池在保证养殖用水的安全方面起着重要的作用。水源地的水流进蓄水池后要及时监测各项指标,利用物理、化学和生物方式对水进行处理,除掉有害物质,调节 pH 值,提高水的含氧量。

2. 投饵

日本鲷对饵料的要求为:在养殖前期,池内基础饵料丰富时,可以先不投饵。随着基础饵料的消耗,逐渐投喂一些蛋白质含量高的优质饵料。中后期可选用相应蛋白质含量的配合饵料,有条件的也可根据配方自制配合饵料投喂。同时可根据本地资源情况投喂一些鲜活饵料,有助于减轻水环境压力,促进蟹