

锯缘青蟹的营养需求及其健康养殖

艾春香, 林琼武, 王桂忠, 李少菁

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘 要: 概述了国内外近 10 年来锯缘青蟹营养需求及其健康养殖的研究进展, 包括青蟹的蛋白质 (氨基酸)、脂类 (脂肪酸、磷脂、胆固醇等) 和碳水化合物等的营养需求与亲体生殖营养等方面的研究成果及青蟹健康养殖的技术关键, 指出健康养殖是青蟹养殖的发展方向, 是建立在科技创新基础之上的一项综合性技术措施, 各个环节相互联系、相互制约、相辅相成, 贯穿于整个养蟹过程的始终。

关键词: 锯缘青蟹; 营养需求; 健康养殖

中图分类号: S 968.251.316

文献标识码: A

Nutrient requirements and healthy culture of mud crab, *Scylla serrata*

AI Chun-xiang, LIN Qiong-wu, WANG Gui-zhong, LI Shao-jing

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China)

Abstract: This paper reviewed the research progress on nutrient requirements of protein (or amino acid), lipid (fat acid, phospholipids, cholesterol etc) and carbohydrate for mud crab, *Scylla serrata*, broodstock nutrition, and the key technology of *Scylla serrata* healthy culture in recent years. Healthy culture is the future direction for *Scylla serrata* culture, it is an integrative technique measure of aquaculture science and technology innovation, the technical links bind, restrict and supplement each other during the whole culture process.

Key words: Mud crab *Scylla serrata*; Nutrient requirements; Healthy culture

锯缘青蟹 (*Scylla serrata* Forskal), 简称青蟹, 具有个体大、生长迅速、适应性强、肉味鲜美、营养丰富、滋补强身、耐干露、易运输、经济价值高等特点, 已成为我国南方沿海重要的海水养殖蟹类之一。

我国青蟹养殖已有 100 多年的历史, 近几年发展迅速, 但掠夺式的养殖方式损害了环境, 同时也严重制约和危及了产业自身的发展。亟待倡导规模化、高效养殖, 通过理论和技术的系统集成, 突破大规模苗种培育、高效中间育成和养成等关键技术, 构建与环境友好的滩涂和池塘蟹类健康养殖生产体系, 实现产业的可持续发展。健康养殖模式的核心是苗种健康、养殖环境健康、饲料营养及安全卫生和消费者健康。构建环境友好的健康养殖体系, 研究和推广同步进行, 力创研发和产业化的无缝衔接, 推行健康养殖体系, 可实现养殖与环境的协调发展,

其经济、社会和生态效益显著。

本文简要概述锯缘青蟹的营养需求及其健康养殖, 以期相关的研究、推进青蟹养殖业发展积累基础资料。

1 锯缘青蟹的营养需求

1.1 对蛋白质及氨基酸的营养需求

蛋白质是构成生物体细胞原生质的主要成分, 并在生命过程中起着极其重要的生理作用。翁幼竹^[1]研究表明, 青蟹幼体在整个发育过程中蛋白质是组成幼体的主要有机成分, 随着溞状幼体 (Zoea, Z) 从 Z_1 到 Z_5 , 其蛋白含量逐渐增加, 从 Z_1 的 32.50% 增至 Z_5 的 43.92%, 其中 Z_2 到 Z_3 期的蛋白质增幅最大, 而当发育变态为大眼幼体 (megaloopa, M) 后, 其蛋白含量却略有下降, 为 41.13%。Chin 等^[2]初步研究表明, 饲料中粗蛋白含量在 35%

收稿日期: 2005-04-02 初稿; 2005-08-29 修改稿

作者简介: 艾春香 (1967-), 男, 副教授, 博士, 主要从事水生甲壳动物营养生理和生态毒理学等方面的研究。

基金项目: 国家 863 计划项目 (2002AA603013); 厦门大学预研项目 (2004Y50702); 厦门大学高层次人才引进科研启动项目“锯缘青蟹营养需求及其免疫营养研究”。

~40%之间,青蟹生长发育没有表现出明显的差异。Catacutan^[3]报道,初始均重为 (9.15 ± 0.46) g的幼蟹饲料中的粗蛋白含量为32%~40%时能满足其正常生长发育对蛋白质的生理需求。

青蟹各期幼体之间的氨基酸组成差异不显著,基本趋于一致。溞状幼体总氨基酸含量随着其发育而逐渐增加,变态后减少。必需氨基酸中,以赖氨酸含量增幅最大,亮氨酸的比例最高;非必需氨基酸中,含量增幅最大的是谷氨酸,占比例最高的也是谷氨酸,比例最低的则是半胱氨酸;幼体需要较高水平的蛋氨酸和亮氨酸,且后期幼体对组氨酸需求有所减少^[1]。氨基酸组成和含量,各期幼体之间均没有显著差异,表明氨基酸作为机体的重要成分,能够保持在体内的恒定,并维持其正常功能,但却没有发现青蟹幼体氨基酸的组成和含量与其存活率有直接的关系。据资料表明,甲壳动物氨基酸组成并不随饥饿时间延长而明显发生变化。但翁幼竹^[1]实验发现,青蟹饥饿的Z₁必需氨基酸中蛋氨酸(Met)和亮氨酸(Leu)组成随饥饿时间延长而略有增加,而非必需氨基酸中只是脯氨酸(Pro)有所减少;Met和Leu的明显减少则出现在饥饿Z₁的死亡阶段,表明它们对维持幼体生存具有特殊的生理学意义,这还有待于进一步研究。

1.2 对脂类及脂肪酸的营养需求

脂类在海洋无脊椎动物的幼体发育过程中具有重要生理功能,特别是甲壳动物幼体,在蜕皮及变态的关键时期,脂类含量及其组成发生显著的变化,因此,青蟹对脂类营养需求的研究特别受到重视。虾蟹幼体的脂类含量及组成与摄食条件密切相关,可将脂类组成作为幼体生理状态的指标^[4]。翁幼竹^[1]研究发现,随着青蟹幼体从Z₁发育到Z₅,幼体脂类含量呈逐渐增加的趋势,从Z₁的12.18%增至Z₅的16.73%,其中Z₃、Z₅期,幼体脂类含量的增加较明显,但从Z₅变态为M,脂类含量则显著减少,M期幼体的含脂量为12.19%;同时在幼体发育过程中,甘油三酯(TAG)和磷脂(LP)是主要的脂类组成,两者之和达总脂的70%以上,且两者在总脂中的比例呈现出相反的变化趋势。

台湾学者Sheen和Wu^[5]采用鳕鱼肝油与玉米油以2:1配比为脂肪源,配制含脂量分别为0、2.0%、4.0%、6.0%、8.0%、10.0%、12%的7组等氮等能半纯化饲料饲喂体重为35.8~48.8 g的幼蟹63 d,以探讨其对脂肪的营养需求量。结果表

明,不含脂肪或含脂量为2.0%的饲料组,幼蟹的增重率显著低于其他饵料组,蜕皮频率以不含脂类组最低,采用折线拐点法得出,饲料中脂肪含量在5.3%~13.8%范围内能满足幼蟹对脂肪的营养的需求。Catacutan^[3]报道,饲料中脂肪含量为6%~12%时能满足初始均重为 9.15 ± 0.46 g的幼蟹的生理需求。

翁幼竹^[1]研究表明,青蟹溞状幼体在发育过程中不断积累TAG,表明幼体摄入的外源能量除了满足自身的代谢需求外,还能以TAG形式储存在体内;而变态为大眼幼体时,TAG的比例明显下降,表明TAG是幼体变态时的能量来源。青蟹Z₁蜕皮周期开始1.5 d内,脂类是青蟹幼体饥饿条件下的主要代谢底物,TAG明显地减少,而其他中性脂却增加;与此相反,幼体在摄食条件下,TAG含量则逐渐增加,这也表明TAG是主要的代谢能源。

LP是动物体细胞膜不可缺少的结构物质,也是甲壳动物体液中最主要的运输型脂质。甲壳动物幼体阶段自身不能合成足够的LP供应机体快速生长期新细胞膜形成的需要,必须通过外源提供才能满足其对LP的需求。目前,甲壳动物幼体对LP营养需求,主要研究对象集中在对虾类,而有关蟹类幼体磷脂的需要至今尚未见报道^[6]。翁幼竹^[1]研究表明,青蟹幼体LP含量随着溞状幼体发育而降低,变态后增加,这是因为TAG含量的增加,使得总脂中LP含量相对减少,但各期幼体的LP含量(%干重)却基本保持恒定,这充分体现了LP作为膜结构脂的角色。

胆固醇对于维持甲壳动物正常的生长发育、内分泌和生殖是非常重要的,它是性激素、蜕皮激素、肾上腺皮质类固醇激素以及维生素D(Vitamin D, VD)等生物活性物质生物合成的前体,在机体的性别分化、营养代谢、性腺发育,以及卵、胚胎发育和幼体发育过程中发挥着重要的生理功能^[7]。而甲壳动物自身却不能合成胆固醇,需依靠外源饲料供应。翁幼竹^[1]研究表明,青蟹各期幼体胆固醇占干重的比例基本恒定(1.12%~1.40%),表明幼体的胆固醇含量是表征其个体大小的尺度^[4]。此外,在青蟹幼体的脂类成分中还有胆固醇酯、游离脂肪酸。胆固醇酯可能是胆固醇的储存库,而游离脂肪酸是TAG代谢过程的中间产物,在青蟹大眼幼体期,游离脂肪酸组成增加,是因为在变态期间TAG大量分解代谢,使得组织中游离脂肪酸水平升高的缘故。饥

饿条件下青蟹 Z_1 的磷脂和胆固醇酯组成及含量逐渐减少,表明它们也参与饥饿幼体的能量代谢;胆固醇酯被分解为胆固醇和脂肪酸,前者运转到胆固醇库中,后者则可能参加能量代谢,因此无论摄食或饥饿,青蟹 Z_1 的胆固醇含量都略有增加。第二种的解释或机理可能是饥饿条件下由于胆固醇酯的分解,导致胆固醇增加,使蜕皮激素提前达到峰值,从而导致这种饥饿幼体提前蜕皮。TAG/游离胆固醇可作为幼体营养状态的指标^[4],称为条件指数,摄食和饥饿条件下其发生相反变化,即摄食幼体逐渐增加,而饥饿幼体逐渐变小、营养状况越来越差。条件指数可作为判断某一批次幼体营养状况的指标,条件指数高时,表明幼体处于良好的生理状态,这对指导育苗生产有一定的意义。

Sheen^[8]研究均重为 (84.4 ± 30.9) mg的锯缘青蟹幼蟹胆固醇的营养需求表明,饲喂胆固醇含量为0.50%和0.79%饲料的幼蟹增重率显著高于其他饲料组,而饲喂未添加胆固醇的饲料的幼蟹存活率和蜕皮频率最低;饲喂添加了胆固醇饲料的幼蟹存活率达73%~93%,但当饲料中胆固醇含量达到1.12%时对幼蟹的生长有抑制作用,以增重率为营养需求评价指标,采用折线拐点分析法得出,幼蟹饲料中胆固醇的适宜含量约为0.51%。

随着青蟹幼体发育,机体中二十碳五烯酸(EPA)和花生四烯酸(ARA)一直保持着稳定的比例,表明其有调控EPA和ARA代谢的能力,而二十二碳六烯酸(DHA)却随着幼体的发育而持续不断地减少,一方面可能表明幼体对DHA有较高的需求,另一方面也可能表明幼体对DHA的调控能力极为有限^[1],且认为饵料中DHA含量不足是影响幼体存活、发育和变态的关键因子之一^[9]。Kobayashi等^[10]采用营养强化生物饵料的方法探讨青蟹幼体的EPA和DHA营养需求,结果表明,EPA和DHA对青蟹幼体的生长发育、存活有显著的影响,幼体需要EPA维持其较高的存活率,而DHA则有助于幼体身体的生长,尤其是对体宽增长明显,但它对维持幼体的存活效果则不明显,相反,较高剂量的DHA还会抑制幼体的存活,并得出从 Z_3 开始投喂卤虫无节幼体,卤虫中EPA和DHA的适宜含量分别为1.2%~2.5%和0.46%时,能满足幼体的营养需求,提高幼体的存活率和促进其生长发育。翁幼竹^[1]研究表明,刚孵化的青蟹 Z_1 ,无论摄食与否,其多不饱和脂肪酸(HUFA)组成均增加,而饱和脂肪

酸(SFA)和单不饱和脂肪酸(MUFA)均减少;HUFA(主要是20:4和20:5)在脂肪酸代谢中被优先保留,不作为能量来源的代谢底物,表明其具有重要的生理作用;而幼体SFA(主要是16:0)和MUFA(主要是16:1和18:1)则是能量代谢的主要来源。此外,研究发现,经过用富含HUFA制剂强化的轮虫和卤虫无节幼虫,其能值有了显著的提高,证实HUFA不仅是一种重要的生理活性物质,同时也可能是能源物质,只不过其代谢的保守性在不同物种及不同发育阶段存在差异而已^[1]。因此,Pletl和McConaugh^[11]提出的“HUFA不直接提供能量,仅通过影响饵料利用效率使更多的能量用于生长和发育,从而提高存活率”的观点有待商榷。

Suprayudi等^[12]研究了轮虫和卤虫体中脂肪酸对青蟹幼体存活和发育的影响。先饲喂强化脂肪酸的饵料(亚油酸linoleic acid, 18:2n-6, LA)1.38%~2.85%,亚麻酸(linolenic acid, 18:3n-3, LNA)0.43%~1.49%,然后投喂未营养强化的卤虫(Σ n-6FA1.6%, Σ n-3FA 5.98%),结果幼体出现EFA缺乏症,如蜕皮期延长,存活率低,且游动能力弱。这表明饵料中的LA和LNA不能满足青蟹幼体对必需脂肪酸(EFA)的营养需求。此外,从 Z_3 开始投喂未营养强化的卤虫(含EPA0.43%)不能维持高存活率,且蜕皮变态为第I期幼蟹(C_1)的时间缩短。Suprayudi等^[13]研究表明,投喂n-3HUFA含量低的轮虫的青蟹幼体存活率低,蜕皮期延长。此外,Suprayudi等^[14]从 Z_1 开始饲喂未营养强化的卤虫(EPA含量为0.33%),几乎所有的幼体不能变态成M,且绝大多数由于无法变态发育到 Z_5 时就死亡。Suprayudi等^[12]还设计从 Z_3 开始先饲喂强化EPA和DHA轮虫,然后投喂未营养强化的卤虫,结果幼体发育到第一期幼蟹的存活率低。综上所述可以得出, C_1 存活率显著受卤虫中EPA含量而不是受轮虫的影响。

Suprayudi等^[12]研究表明,DHA和EPA在青蟹幼体发育过程中发挥着重要的作用,从 Z_2 体中的DHA(0.2~0.3g)和EPA(0.4~0.6g)含量比刚孵化的 Z_1 体中的DHA和EPA含量(分别为0.4g和1.2g)下降中可以看出,饲喂未营养强化卤虫 Z_1 发育到 C_1 的存活率低、蜕皮周期延长、甲壳宽狭窄,这可能是由于饵料中缺乏EPA和DHA,DHA在甲壳宽的增长中发挥的作用大于EPA。研究表明,饵料中的DHA对于幼体的成功蜕皮发挥着重要的作

用。甲壳动物蜕皮是由蜕皮固醇调节的,它是由位于眼柄处的Y器官分泌的,分泌后释放到血淋巴中,直接调节蜕皮活动^[15]。Doston等^[16]报道,3H-蜕皮酮在*Ornithodoros moubata*的胚胎和幼体体内能够代谢转化为3种不同的复合物,其中一种是C-22共轭脂肪酸,因此推测C-22脂肪酸,如DHA可能通过调控蜕皮固醇代谢而调节青蟹幼体的蜕皮。

Suprayudi等^[12]研究发现,所有处理组Z₂的ARA含量下降(从0.9降至0.3~0.6 g),这预示着ARA对于青蟹是必需的,然而ARA并不能提高青蟹存活率或加速蜕皮,从实验结果来看,卤虫Artemia中ARA含量0.16%~0.21%可能就能满足锯缘青蟹幼体的营养需求。

总之,n-3HUFA(EPA和DHA发挥的作用比LA和LNA大)对于维持锯缘青蟹幼体的正常存活、蜕皮和生长发育发挥着重要的作用,但过量的脂肪酸和DHA/EPA不平衡也严重影响锯缘青蟹幼体生长性能。

1.3 对碳水化合物营养需求

青蟹幼体的发育过程中,各期幼体的碳水化合物干重的比例与含量保持着稳定的低水平(仅占幼体干重的2%~4%),从Z₁发育到Z₄碳水化合物的含量亦呈增加趋势,其中Z₃期增加最多,但随后幼体的碳水化合物的含量连续减少^[1];而糖元则是Z₁含量很低,Z₂、Z₃期增加,Z₅和M期明显高于其他各期幼体,且以Z₅期为最高^[17]。与糖类代谢有关的醛氧化酶,乳酸脱氢酶和α-淀粉酶则随着发育期不同,其同工酶谱有明显的变化,说明青蟹糖类代谢因发育期而异。幼体消化道组织化学观察结果也表明:消化道中所含的糖原比较少,而且各发育期的含量不一样。糖原含量不是随着发育期而递增,而是Z₃、Z₅和M这3个发育期增加量比较明显。

有关青蟹幼体和其他生长发育阶段的维生素和矿物质的营养需求至今尚属空白,今后应加强这方面的研究工作,为青蟹幼体人工微囊饵料研制和完善青蟹系列配合饲料配方提供营养学支持。

1.4 亲体营养

亲体的营养状况极大地影响其生殖力,也直接影响卵子的数量和质量、胚胎发育,以及其后续自营养阶段幼体发育的整个过程^[18~22]。与其他水生动物一样,甲壳动物在成熟过程中,必须获得充足的营养物质和能量,以满足体内合成代谢、性腺成熟、胚胎发育和胚后发育所需。

有关青蟹生殖营养研究较少,Millamena和Quinitio^[23]研究发现,不同饲料组合对锯缘青蟹的性腺成熟、孵化及早期幼体质量影响显著,却尚未探讨其生殖营养需求及其机理;Djunaiah等^[24]研究了不同饲料对青蟹(*Scylla paramamosain*)生殖性能和幼体质量的影响。结果表明,外源营养对其生殖性能和幼体质量影响显著,但却未探明其营养需求量及生殖的营养调控模式。我们在青蟹亲体营养方面已经开展了初步的研究工作,主要结果如下:

① 卵巢发育过程中,雌体的肌肉、卵巢和肝胰腺中的糖元、蛋白质、总脂、脂类、脂肪酸和含水量分析结果表明,随着性腺发育,脂类从肝胰腺向卵巢转移。肌肉的蛋白质和总脂含量变化均不大。20:5n3、22:6n3、18:2n6、18:3n3是青蟹必需脂肪酸,在饲料中适量添加,将有助于其受精、孵化、幼体存活、生长发育和变态,而n3/n6配比适当,将对促进性腺成熟,提高卵子受精、孵化率起着重要作用。

② 对卵黄发生期卵巢与肝胰腺中脂类的分析发现,卵黄发生时期,肝胰腺吸收的脂肪均及时转运到发育中的卵巢。在卵黄发生期,卵巢或肝胰腺磷脂/总脂的百分含量无显著变化,肝胰腺中游离脂肪酸逐步增加,甚至在卵黄发生后期超过TAG含量。在卵黄发生阶段,无论肝胰腺或卵巢,其LP的HUFA显著高于中性脂,而SFA含量相对较低;肝胰腺脂类脂肪酸组成的主要变化是中性脂的n-3HUFA,尤其是DHA含量显著降低。卵黄发生初期,肝胰腺磷脂与卵巢中性脂的脂肪酸组成无显著差异,但在卵黄发生旺期,肝胰腺LP的HUFA显著高于卵巢中性脂的含量。

③ 青蟹胚胎发育分为10期,各期酶比活力的研究表明:第1~8期胚胎蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶活力低但较稳定;纤维素酶则到第8期才表现出活力,而这时其他3种酶的活力则显著提高。如果胚胎第8期这几种酶的活力没有提高,胚胎往往孵化不成功,或者孵化之后幼体看似正常,也很活泼,但往往不能变态为Z₂。说明胚胎第8期酶活力的提高是为孵出的幼体开口摄食饵料作准备。据此,可将胚胎水解酶活性作为Z₁可否用于人工育苗的指标。

2 锯缘青蟹健康养殖

2.1 青蟹健康养殖的概念

它是指根据青蟹的生物学特性,运用生态学、营

养学和生态经济学原理,为养殖青蟹营造一个良好的、有利于快速生长的生态环境,供给充足的、平衡的营养,使其在生长发育期间,最大限度地利用饲料、减少疾病的发生,养成的食用青蟹无污染,个体健康、肉质鲜嫩、营养丰富、与天然鲜品相似的一种养殖模式。其技术关键是采用水质生物调控技术,优化环境条件,减轻环境压力,维护养殖环境的稳定,降低养殖青蟹的应激水平;培育优良苗种,合理放养;采用优质无公害饲料,科学投喂;强化饲养管理,科学防病等。

2.2 优化养殖环境,推行健康、无公害生态养殖模式

成功地进行青蟹人工养殖,必须满足其生理生态要求,并考虑养殖生产与生态环境容纳量,建立适应多样养殖环境的养殖模式及配套的养殖技术。整个养殖过程中,既要考虑青蟹适应环境因子,更需要关注其适应的过程。养殖环境恶化与污染,各种环境激素的存在,严重干扰青蟹正常的生长、繁殖和健康。因此,通过合理的工艺和技术,调控和优化养殖环境,尽可能降低环境胁迫的影响,维护青蟹正常的生理功能,促进其快速健康生长,建立青蟹无公害健康生态养殖模式。

根据青蟹养殖生物学特点,我们提出并积极推广分级放养模式和生态养殖模式:

① 根据青蟹在不同发育阶段的生长特点,实施分级放养的模式(即在青蟹的不同发育阶段采用不同的养殖方式),这种模式现已被普遍采用。

② 生态养殖模式:即鱼、蟹混养,虾、蟹混养,虾、蟹、贝类混养等,这种养殖模式也已被广大渔民采用。

2.3 大力改进青蟹大规模人工育苗技术,规范育苗操作,培育出健康苗种

优质足量健康的蟹苗是青蟹规模化健康养殖的物质基础^[25]。然而,目前青蟹养殖的苗种主要是依赖天然苗,数量非常有限;受年际、海况和天气影响很大,供应不稳定,且随着捕捞强度的加大,环境污染,天然苗资源急剧下降,严重地阻碍了青蟹养殖业的持续发展。因此,进行青蟹人工育苗是其养殖业大规模发展的迫切需要。经过十多年的研究,我们突破了青蟹生产性育苗的技术关键,建立了青蟹大规模生产性人工育苗完善工艺流程,成功地实施了生态育苗和多季育苗,但提高育苗的稳定性和育苗质量还需继续努力改进技术,规范操作。

2.4 研发青蟹系列无公害优质配合饲料,实施科学

投喂

饲料是水产养殖生产的重要因素,饲料质量的好坏和饲料投喂技术是否合理,均影响青蟹养殖效果和环境生态效益^[26]。提供营养充足平衡的优质饲料,研发能调节青蟹自身免疫机能的绿色饲料添加剂(如各种微生态制剂、免疫多糖、中草药、寡糖、抗菌肽等),以增强蟹体抗病力,从而少用或不用抗生素,这是推广青蟹健康养殖、生产无公害青蟹产品,实现养蟹业可持续发展的重要战略步骤。

今后应根据青蟹的营养需求和摄食习性的研究成果,跟进市场,优化配方和加工工艺,制定产品质量标准,实施科学投喂,提高配合饲料使用的经济、生态和社会效益。

2.5 探索青蟹病害防控技术

当前,青蟹养殖产业蓬勃发展,但养殖环境却不断恶化,蟹体自身的免疫抗病力下降,蟹病也随之而来^[27,28]。2004年青蟹病害流行面广,死亡率较高,造成了严重的经济损失,其病害问题越来越受到人们的关注,而目前对养殖青蟹的病害尚缺乏有效的治疗和预防措施。因此,应大力开展青蟹疾病流行病学调查及其疾病快速准确的诊断技术研究,查明主要病害的种类及其病原,研发出高效无公害青蟹疾病防治药物,建立青蟹疾病综合性防治体系,从改良品种、改善养殖环境、强化营养、加强饲养管理等方面出发,寻求防治青蟹病害的新方法。

目前,对于青蟹病害的控制,要切实贯彻“以防为主,防治结合”的方针,增强防病治病意识,选育出抗病、抗逆的青蟹养殖品种,做好生态防病工作,加强养殖污水的管理,有效保护养殖生态环境。同时,必须严格限制有关抗生素和其他化学药物的使用,采用绿色渔药防病治病,这样才能保证养蟹业的持续健康发展。

总之,青蟹养殖的发展方向是健康养殖,必须认真贯彻《水产养殖质量安全管理规定》(农渔发[2003]31号)、《海水养殖用水水质标准》、《水产品中有毒有害物质限量》、《水产品中药物残留限量》和《渔用药物使用准则》等一系列管理和技术法规以及健康养殖技术规范,达到依法管理,生产无公害青蟹,这关系到人们的食品安全、关系到占领国内外市场、关系到养蟹业的可持续发展。开展青蟹健康无公害养殖,不仅要求加大对青蟹的科研投入,还要将有限的科研经费用于与生产密切相关的科研上,以解决制约青蟹养殖的苗种繁育技术、水质调

控技术、优质无公害系列配合饲料研发、病害防治技术和绿色无公害渔药开发、遗传改良等科技问题; 同时广大科技人员也要面向生产第一线, 提高渔业从业人员科学养殖水平; 养殖户也应多向科技人员、熟练技工学习养殖技术, 提高自身专业素质, 以降低养殖成本和风险。在全面了解了青蟹生态、生活习性的基础上, 创造良好的养殖环境, 青蟹养殖产业化经营及其前景是非常光明的。

参考文献:

- [1] 翁幼竹. 锯缘青蟹 *Scylla serrata* (Forsk.) 幼体物质代谢与营养需求的研究 [D]. 厦门大学博士学位论文. 1999.
- [2] Chin, H C, Gunasekera U P D, Amandokoon H P. Formulation of artificial feeds for mud crab culture; a preliminary biochemical, physical and biological evaluation [A]. In: Angell C A (Ed), Report of the Seminar on the Mud Crab Culture and Trade [C]. Thailand, 5—8 November, 1991. Bay of Bengal Programme for Fisheries Development, Madras, India, 1992, 246.
- [3] Catacutan M R. Growth and body composition of juvenile mud crab, *Scylla serrata*, fed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios [J]. Aquaculture, 2002, 208 (1—4): 113—123.
- [4] Fraser A J. Triacylglycerol content as a condition index for fish, bivalve and crustacean larvae [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1989, 46: 1868—1873.
- [5] Sheen Shynshin, Wu Shengwei. The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata* [J]. Aquaculture, 1999, 175: 143—153.
- [6] Coutteau P, et al. Review on the dietary effect of phospholipids in fish and crustacean larviculture [J]. Aquaculture, 1997, 155 (1—2): 149—164.
- [7] Huberman A. Shrimp endocrinology. A review [J]. Aquaculture, 2000, 191 (1—3): 191—208.
- [8] Sheen ShynShin. Dietary cholesterol requirement of juvenile mud crab *Scylla serrata* [J]. Aquaculture, 2000, 189: 277—285.
- [9] 翁幼竹, 李少菁, 王桂忠. 从锯缘青蟹幼体及其饵料的含脂情况探讨其脂营养需求 [J]. 海洋学报, 2003, 25 (Sup 2): 88—94.
- [10] Kobayashi T, Takeuchi T, Arai D, et al. Suitable dietary levels of EPA and DHA for larval mud crab during *Artemia* feeding period [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2000, 66(6): 1006—1013.
- [11] Pelet J J, McConaughy J R. The physiological and bioenergetic responses of blue crab larvae to diet and seasonality [J]. Bull Mar Sci, 1990, 146 (1): 248—249.
- [12] Suprayudi M A, Takeuchi T, Hamasaki K. Essential fatty acids for larval mud crab *Scylla serrata*: implications of lack of the ability to bioconvert C₁₈ unsaturated fatty acids to highly unsaturated fatty acids [J]. Aquaculture, 2004, 231(1—4): 403—416.
- [13] Suprayudi M A, Takeuchi T, Hamasaki K, et al. The effect of n-3HUFA content in rotifers on the development and survival of mud crab, *Scylla serrata*, larvae [J]. Suisan Zoshoku, 2002, 50, 205—212.
- [14] Suprayudi M A, Takeuchi T, Hamasaki K, et al. Effect of *Artemia* feeding schedule and density on the survival and development of larval mud crab *Scylla serrata* [J]. Fish Sci, 2002, 68, 1295—1303.
- [15] Subramoniam T. Crustacean ecdysteroids in reproduction and embryogenesis [J]. Comp Biochem and Physiol, 2000, 125, C: 135—156.
- [16] Doston E M, Connat J L, Diehl P A. Metabolism of [3H] — ecdison in embryos and larvae of the tick *Ornithodoros moubata*. Arch. Insect Biochem [J]. Physiol, 1993, 23: 67—78.
- [17] 李少菁, 曾朝曙, 汤红, 等. 锯缘青蟹幼体发育过程中的营养需求与代谢机理 [J]. 台湾海峡, 1998, 17 (Sup): 1—9.
- [18] Izquierdo M S, Fernandez-Palacios H, Tacon A G J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish [J]. Aquaculture, 2001, 197 (1—4): 25—42.
- [19] Racotta I S, Palacios E, Ibarra A M. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition [J]. Aquaculture, 2003, 227 (1—4): 107—130.
- [20] Watanabe T, Robert V A. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan [J]. Aquaculture, 2003, 227 (1—4): 35—61.
- [21] Annita Y S K, Mustafa S, Rahman R A. Broodstock condition and egg quality in tiger prawn, *Penaeus monodon*, resulting from feeding bioencapsulated live prey [J]. Aquaculture International, 2004, 12: 423—433.
- [22] Oraporn Meunpol, Panadda Meejing, Somkiat Piyatirattivorakul. Maturation diet based on fatty acid content for male *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock [J]. Aquaculture Research, 2005, 36: 1216—1225.
- [23] Millamena O M, Quintio E. The effects of diets on reproductive performances of eyestalk ablated and intact mud crab *Scylla serrata* [J]. Aquaculture, 2000, 181: 81—90.
- [24] Djunaidah I S, Wille M, Kontara E K, et al. Reproductive performance and offspring quality in mud crab (*Scylla paramamosain*) broodstock fed different diets [J]. Aquaculture International, 2003, 11 (1—2): 3—15.
- [25] 李少菁, 王桂忠. 锯缘青蟹繁殖生物学及人工育苗和养成技术的研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2001, 40 (2): 552—565.
- [26] 艾春香. 锯缘青蟹养殖生物学特性及饲料与投喂 [J]. 渔业现代化, 2004, 4: 19—20.
- [27] 艾春香. 锯缘青蟹的人工养殖 [J]. 饲料研究, 2002, 11: 26—28.
- [28] 艾春香, 林琼武, 王桂忠, 等. 我国锯缘青蟹养殖的若干问题思考 [A]. 方永强. 福建省海洋生物优良种质及生物活性物质 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004. 417—425.

(责任编辑: 王景辉)