

文章编号: 2095-3666(2012)01-0061-05

海水桡足类的营养及在鱼、虾、蟹幼体培育中的应用

蒋建斌¹, 陆建学²

(1. 南通市通州区水产技术指导站, 南通 226300;
2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部东海与
远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090)

摘要: 海水桡足类在海洋食物网和生态系统中具有重要的地位, 是各种海洋经济鱼类和甲壳类的重要饵料, 也是经济水产动物人工育苗阶段的优质活饵料源。研究海水桡足类营养和应用效果, 对提高海水鱼、虾、蟹类幼体变态率、成活率、苗种质量和育苗成功率具有重要的意义。

关键词: 海水桡足类; 生物饵料; 营养; 幼体培育
中图分类号: S963.21 **文献标识码:** A

随着海水养殖业的发展, 在经济水产动物人工育苗生产中, 生物饵料越来越扮演着重要的角色。生物饵料不仅大小适口, 方便水产动物幼体摄食, 而且营养丰富, 容易被消化。海水鱼、虾、蟹在不同的发育阶段, 对生物饵料种类及规格有着不同的选择。目前常用的生物饵料主要为轮虫和卤虫, 但研究表明, 人工培养的轮虫和卤虫往往容易出现营养缺乏的现象, 且存在个体颗粒大小不适宜的缺陷, 而导致幼体存活率低及生长受到限制^[1-2]。海水桡足类体内富含多不饱和脂肪酸、脂类和氨基酸, 其营养价值不次于天然轮虫和卤虫^[3-4]。而且, 桡足类幼体至成体期间各种粒径规格丰富, 更能满足鱼类和甲壳类不同发育阶段的摄食需求^[5-6]。

海水桡足类隶属节肢动物门甲壳纲桡足亚纲, 是一类小型低等甲壳动物。海水桡足类营浮游生活, 种类多、数量大、分布广, 是水域浮游动

物中的一个重要组成部分, 也是水域食物网中的一个重要环节^[7]。这类浮游甲壳动物除少数肉食性外(如 *Euchacta*、*Candacia*), 大多数营浮游植物食性, 以摄食浮游硅藻为主。大量研究表明浮游桡足类是一切幼鱼和许多中上层经济鱼类(如鲱鱼、鲱鱼、银鱼、金色小沙丁鱼、鲈鱼和竹荚鱼等)及鲸类的主要天然饵料, 同时它又是底栖鱼类的间接饵料^[8]。桡足类不仅是虾苗优先摄食的对象, 也是提高蟹类大眼幼体成活率的优质生物饵料。因此桡足类作为食物链的重要环节, 对推动鱼虾蟹育苗生产的发展, 促进生物饵料品种的结构调整和提高幼体成活率起着非常重要的作用。本文综述了海水桡足类的营养和在鱼、虾、蟹幼体培育中的应用, 为研究桡足类种群生长繁殖机制、开发桡足类规模化培养技术和进一步开发利用桡足类提供基础资料。

收稿日期: 2012-2-19 修回日期: 2012-3-14

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所 2008M03; 2009M03)

作者简介: 蒋建斌(1976-), 男, 大学本科, 工程师, 研究方向: 贝类育苗及成品养殖。E-mail: tzjib1976@sina.com

通讯作者: 陆建学, 男, 硕士研究生, E-mail: lu_jianxue@hotmail.com

1 用于鱼、虾和蟹幼体培育的海水桡足类的种类

在海水鱼、虾和蟹育苗过程中,特别是育苗中后期,桡足类是重要的饵料来源。早在70年代,Fukusho等就成功进行了日本虎斑猛水蚤(*Trigriopus japonicus*)的规模培养,以后相继有很多种进行了规模培养并成功应用到海水鱼的育苗生产中,幼鱼存活率高且生长效果明显。研究人员通过实验发现,可用于人工培养的海水桡足类主要是哲水蚤目和猛水蚤目的种类,其中主要的品种有日本虎斑猛水蚤(*Trigriopus japonicus*)、太平洋真宽水蚤(*Eurytemora pacifica*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、刺尾纺锤水蚤(*Acartia spinicauda*)、克氏纺锤水蚤(*Acartia clausi*)、细巧华哲水蚤(*Sinocalanus tenellus*)、安氏伪镖水蚤(*Pseudodiaptomu sannandalei*)等。目前国内已经开始研制桡足类室内培养装置并对中华哲水蚤进行室内高密度培养,利用该装置实现了自动控制循环水流和温度,在61 d的培养周期内,使中华哲水蚤成体数由2.3 ind/L增至19.7 ind/L,产卵数由14.7 eggs/L增至85.7 eggs/L^[9]。

2 海水桡足类的营养

人们关于海水桡足类对海水鱼幼体具有营养作用的认识是在80年代之后,特别是在90年代 Schipp 和 Nass 等发现桡足类的营养作用在鱼

类特定发育阶段远远优于轮虫和丰年虫^[10-11]。目前,在赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)等水产品育苗生产中,仔鱼期和蟹类溞状幼体期主要通过投喂褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)饲育,而进入稚鱼期和大眼幼体期就立即投喂鱼贝类碎肉饵料等非生物饵料,与这相比较,若在两种饵料转换之间投喂几天桡足类,则成活率和活力都得以提高。

2.1 桡足类脂肪及脂肪酸的组成

桡足类营养成分全面,必需氨基酸和高度不饱和脂肪酸等的含量都非常高,其不仅具有丰富的磷脂,而且其磷脂具有高含量的HUFA和抗氧化物质(见表1)。桡足类这种具有高含量DHA的情况与强化卤虫的高含量DHA情况大不相同,前者主要是体现在膜脂(磷脂)中,后者主要表现在中性脂中,由于磷脂是海水鱼幼体必需的营养成分,因而桡足类所具有的高含量磷脂能够满足海水鱼幼体发育时必需的磷脂要求。另外,由于海水鱼幼体有限的消化能力,而饵料的磷脂成分不仅较容易被海水鱼幼体消化,而且能够促进其他脂类的吸收^[12]。海水鱼幼体更容易吸收桡足类的必需脂肪酸,而且随着桡足类磷脂DHA含量的增加,海水鱼幼体的消化能力将随之增加,从而有利于促进其生长。因此,在人工育苗生产中,与投喂卤虫无节幼体相比,桡足类可以弥补某些产地卤虫在营养上的重要缺陷。

表1 利用等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)和硅藻(*Thalassiosira weissflogii*;THA)投喂汤氏纺锤水蚤(*Acartia tonsa*),其无节幼体和12 d成虫的脂类和脂肪酸组成 单位:%

脂类	硅藻(<i>Thalassiosira weissflogii</i> ;THA)		等鞭金藻(<i>Isochrysis galbana</i>)	
	无节幼体(nauplii)	成体(12 d adult)	无节幼体(nauplii)	成体(12 d adult)
PC/TL%	13.1	15.2	13.3	12.2
PE/TL%	11.1	14.5	7.9	11.7
糖脂	3.7	0.5	2.8	1.1
色素	3.7	3.4	7.6	3.8
Total PL/TL%	46.2	45.5	47.1	40.3
FFA/TL%	13.7	4.1	13.8	9.4
TG/TL%	23.3	39.7	22.3	44.2
Total NL/TL%	52.4	54.8	52.3	59.7
C20:4	2.3	3.0	0.8	1.4
EPA	23.2	20.8	6.8	3.7
DHA	28.5	14.3	30.3	25.6
DHA/EPA	1.2	0.7	4.5	7.0
PUFA	60.7	45.3	54.9	55.5

2.2 投喂藻类种类对桡足类脂类及脂肪酸含量的影响

桡足类不能自我合成生长必需的氨基酸、多不饱和脂肪酸、蛋白质和胆固醇等化合物,必须从浮游植物中获得这些营养物质来维持其生长繁殖和发育^[13]。其脂肪酸组成在很大程度上取决于其摄食饵料中的脂肪酸组成,各种脂类的水平及各种必需脂肪酸的组成亦均随所投喂藻类的变化而变化,并且随着桡足类发育的不同阶段而有变化。Stottrup^[14]通过对 *Acartia tonsa* 投喂不同藻类进行实验研究发现,利用等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 作为投喂饵料,新孵出的桡足类无节幼体所含 DHA 和 EPA 的比值最高为 4.5,而投喂硅藻 (*Thalassiosira weissflogii*; THA) 的则为 1.2,在桡足类无节幼体发育过程中,脂肪酸组成的变化趋势是由开始具有较高含量的 HUFA,趋向于逐步积累饱和单烯酸的组成,而 HUFA 的含量呈下降趋势(见表 1)。桡足类氨基酸的含量也与其食物的氨基酸组成密切相关。谭焯辉等^[15]发现海区浮游植物的氨基酸含量与植食性桡足类的氨基酸含量有很高的相关性。苏永全等^[16]以食物链顺序(浮游植物-桡足类-鱼)对样品中氨基酸的组成进行了检测,结果表明浮游植物中的氨基酸可沿食物链向捕食者传递,并最终影响其生殖和生长过程。

2.3 温度对桡足类脂类和脂肪酸组成的影响

Nanton 等^[17]研究在不同温度下用相同的饵料(球等鞭金藻)投喂两种猛水蚤 (*Amonardia* sp. 和 *Tisbe* sp.) 时发现, n-3HUFA 含量随温度变化趋势是: 6 °C > 20 °C > 15 °C, 在这三种温度下, *Amonardia* sp. 的 n-3HUFA 分别为 31%, 26%, 16%; *Tisbe* sp. 的 n-3HUFA 分别为 45.5%, 39.5%, 26.5%。在较低的温度下,桡足类含有较高 n-3HUFA 是与在较低的温度下稳定膜的流动性有关,而随着温度的升高,其不饱和度降低,随后又有升高的趋势。这种情况与桡足类的生理代谢有关,因为随着温度的进一步升高,桡足类的代谢加快,利用中性脂的速度加快,所以磷脂又有升高的趋势。

桡足类的脂类和脂肪酸的组成与温度因素

有重要关系,并在不同程度上影响桡足类的营养价值。但相对于其它生物饵料,特别是轮虫和卤虫无节幼体,即使是温度因素所造成的最低营养价值,也高于强化卤虫的营养价值。Stottrup 等^[14]发现,无论何种条件下的桡足类,其脂类的 DHA 含量至少在 7% 以上,这种 DHA 的水平都高于不同强化方法下的卤虫无节幼体的 DHA 含量(3% ~ 5%)。

3 桡足类在鱼、虾蟹幼体培育中的应用

随着海水鱼、虾和蟹幼体的生长发育,其营养生理、消化系统结构、口径大小、捕食能力及水中分布等都发生变化,从而影响其对不同生物饵料的摄食。不同种类及同种类不同发育阶段的鱼虾蟹对于生物饵料的种类、质量、数量、营养成分和使用期长短均有不同的要求。在海水鱼、虾和蟹类人工育苗中,继轮虫和卤虫无节幼体之后的生物饵料问题已引起国内外专家和学者的广泛注意。桡足类因其丰富的营养成分和适宜的大小规格,而无疑成为继轮虫和卤虫无节幼体之后,海水鱼虾蟹幼体中后期发育阶段所需的理想饵料。楼宝等^[18]对赤点石斑鱼 (*Epinephelus akaara*) 稚幼鱼发育阶段的不同种类生物饵料的投喂效果进行了研究,结果发现实验所用四种生物饵料(轮虫、卤虫、桡足类和蒙古裸腹蚤)中,以桡足类的投喂效果明显优于其它三种饵料,所育稚幼鱼的生长速度最快,平均成活率也最高。施兆鸿等^[19]就不同饵料对香鱼 (*Plecoglossu altivelis*) 育苗生长成活的影响进行了研究,结果发现,在育苗后期用桡足类+枝角类投喂香鱼稚鱼,其生长率和成活率最高。孙修涛等^[20-21]研究发现底栖的猛水蚤容易被中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 所摄食,而且是虾池中被中国对虾优先摄食的对象。龚孟忠等^[22]发现在锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 和三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 幼体培育的中后期,桡足类作为生物饵料可以弥补轮虫个体偏小和营养不足的缺陷。陈凯等^[23]研究了不同生物饵料种类对拟穴青蟹 (*Scylla paramamosais*) 后期蚤状幼体生长发育的影响,通过实验发现,在 Z₄ ~ Z₅ 和 Z₅ ~ M 阶段,投喂活体桡足类实验组的培育成活率分别为 95.72% 和 89.66%, Z₃ ~ M 累计成活率达到

80.18%,比投喂卤虫无节幼体实验组各发育阶段的培育成活率分别提高1.07%、6.09%和7.11%。

诸多研究及实践结果已表明桡足类营养全面,大小规格适宜,是海水鱼、虾和蟹的发育阶段必需的优质生物饵料。但桡足类发育期过长、繁殖力较低,目前在鱼、虾和蟹育苗中所使用的桡足类绝大部分都是由自然海域捕捞而得,并且桡足类的来源受到海况、季节、气候、捕捞及运输技术等条件的限制,因此,摸清桡足类种群在海区中季节性更替的规律,研发合理的捕捞和运输技术,同时建立适于桡足类种群生长繁殖的培养装置,研发桡足类规模化高密度生产技术,实现桡足类稳定供应等是今后研究的重要课题。

参考文献:

- [1] Toledo, J. G., Golez, S. N., Doi, M., et al. Food selection of early grouper *Epinephelus coioides* larvae reared by the semi-intensive method [J]. *Suisanzoshoku*, 1997, 45: 327-337.
- [2] Schipp, G. R., Bosmans, J. M. P., Marshall A. J. A Method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartiaspp* [J]. *Aquaculture*, 1999, 174: 81-88.
- [3] 田宝军,李英文,丁茜,等.重要生物饵料轮虫与卤虫在营养价值、营养强化等方面的比较[J]. *齐鲁渔业*, 2009, 26(2): 52-54.
- [4] 王秋荣,赵述建,林利民,等.轮虫中n-3HUFA含量对大黄鱼仔鱼生长与存活的影响[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 2010, 15(4): 22-26.
- [5] 李捷,蒲新明,张展,等.两种藻类饲喂中华哲水蚤的繁殖差异[J]. *海洋水产研究*, 2007, 28(1): 38-45.
- [6] Li, J., Sun, S., Li, C. et al. Effects of single and mixed diatom on the reproduction of copepod *Calanus sinicus* [J]. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 2006, 34(1): 117-125.
- [7] 赵文.水生生物学[M].北京:中国农业出版社, 2005. 1-2.
- [8] 陈百云.海洋桡足类与渔业关系[J]. *海洋渔业*, 1983, 3: 108-109.
- [9] 李捷,蒲新明,梁彦娟,等.中华哲水蚤室内培养装置及室内种群培养的初步研究[J]. *渔业科学进展*, 2009, 30(3): 85-90.
- [10] Schipp G. R., Bosmens J. M. P., Marshall A. J. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. [J]. *Aquaculture*, 1999, 155: 117-127.
- [11] Nass, T., Lie O. A sensitive period during the first feeding for the determination of pigmentation pattern in Atlantic halibut, *Hippoglossus*. Juveniles. the role of diet [J]. *Aquaculture*, Res 1998, 29: 925-934.
- [12] Koven W M, Kolkovskis, Tandler A. The effect of dietary lecithin and lipase as a function of age on n-9 fatty acid incorporation in the tissue lipids of *Sparusaurata* larvae. *Fish* [J]. *Physiol. Biochem*, 1993, 10: 357-364.
- [13] 梁彦娟,李捷,张乐,等.高浓度硅藻对桡足类繁殖的影响[J]. *海洋湖沼通报*, 2009, (4): 83-92.
- [14] Stottrup J G. The fate of lipids during development and cold-storage of eggs in the laboratory-reared calanoid copepod, *Acartiatonsa Dana*, and in response to different algal diets [J]. *Aquaculture*, 1999, 176: 257-267.
- [15] 谭焯辉,黄良民,尹健强,等.海洋桡足类氨基酸组成及与饵料和光照的关系[J]. *热带海洋学报*, 2004, 23(5): 42-49.
- [16] 苏永全,肖景霖.几种海洋浮游甲壳动物的生化组成[J]. *台湾海峡*, 1989, 8(2): 132-139.
- [17] Nanton D A, Castell J D, . The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae [J]. *Aquaculture*, 1999, 175: 167-181.
- [18] 楼宝,史海东,柴学军.不同生物饵料对赤点石斑鱼稚幼鱼生长和存活率的影响[J]. 2004, 13(3): 270-273.
- [19] 施兆鸿,姚永明,黄聪年.不同饵料对香鱼育苗生长成活的影响[J]. *现代渔业信息*, 2000, (15): 24-27.
- [20] 孙修涛,麻次松.中国对虾胃内主要基础饵料检出率及其与对虾生长的关系[J]. *海洋水产研究*, 1997, (18): 21-26.
- [21] 孙修涛,李健.中国对虾池几种动物的摄食能力和选择性研究[J]. *海洋科学*, 1995, (3): 1-3.
- [22] 龚孟忠.锯缘青蟹和三疣梭子蟹幼体饵料的研究[J]. *水产科技情报*, 1994, 21(5): 207-210.
- [23] 陈凯,乔振国,黄朝新.不同饵料种类对拟穴青蟹后期幼体变态及成活率的影响[J]. *现代渔业信息*, 2010, 11(25): 25-27.

(编辑:耿 瑞/校对:周雨思)

The Nutrition of Marine Copepods and Its Application in Fish, Shrimp and Crab Larvae Culture

JIANG Jian-bin¹, LU Jian-xue²

(1. *Tongzhou Fisheries Technical Instruction Station of Nantong, Nantong 226300, China;*

2. *Key Laboratory of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)*

Abstract: Marine copepods, which are important food for marine commercial fishes and crustaceans, play a very important role in marine food chain and ecosystem. They are also used as a source of living foods for fishes, shrimps and crabs larvae during the artificial propagation of aquatic animals. Studies on nutrition of marine copepods and its application effects are significant in improving metamorphosis rate, survival rate, larvae quality and artificial breeding success rate.

Key words: Marine copepod; Living food; Nutrition; Larvae culture