

国外仔稚鱼营养研究概况*

刘 镜 恪 周 利

(中国科学院海洋研究所)

海水仔稚鱼营养的研究,国外已有相当数量的报道,特别是在脂类中的 n-3 高度不饱和脂肪酸 (n-3 HUFA) 方面,已取得了显著的成果 (Borlongan, 1992; Izquierdo *et al.*, 1989a; Kanazawa, 1989a; Koven *et al.*, 1990; Ostrowski *et al.*, 1990)。但迄今为止,我国鱼类营养的研究基本集中于幼鱼和成鱼阶段,而仔稚鱼阶段还未见报道。目前,我国养殖的名贵海鱼,如真鲷 (*Pagrosomus major*)、黑鲷 (*Sparus macrocephalus*)、牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 等的生产性育苗,因在仔稚鱼阶段大量死亡,成活率一般低于 30%。毋庸置疑,从早期仔鱼开始吸收自身卵黄内源营养到转变为摄取轮虫、卤虫等外源营养,某些营养要素的缺乏或不足是导致仔稚鱼大量死亡的一个重要原因。为加快我国海鱼养殖的发展,保证生产所需的优质种苗的供给,开展仔稚鱼营养的研究已成为我国鱼类营养研究工作者的一项极为紧迫的任务。最近,我们已开始进行“人工调节活饵料营养要素对黑鲷仔稚鱼生长、存活的影响”的研究,期望通过该研究,为我国鱼类营养研究从幼鱼和成鱼阶段发展到仔稚鱼阶段提供一个良好的开端。

1. n-3 高度不饱和脂肪酸对海水仔稚鱼生长、存活的影响 脂类是海水仔稚鱼的必需营养要素,也是其所需能量的主要来源 (Vetter *et al.*, 1983)。近年来,国外研究证实, n-3 高度不饱和脂肪酸是海水仔稚鱼的必需脂肪酸 (Borlongan, 1992; Izquierdo, 1988), 海水仔稚鱼自身不能合成这些必需脂肪酸,只能从饵料中摄取, 饵料中 n-3 高度不饱和脂肪酸的数量和种类直接影响海水仔稚鱼的生长和存活,其中以二十二碳六烯酸 (DHA) 和二十碳五烯酸 (EPA) 最为重要 (Takeuchi, 1990; Watanabe *et al.*, 1989a)。Dendrinis 等 (1987) 的分析表明,多佛鲷 (*Solea solea*) 卵黄中含有大量的二十二碳六烯酸,但在轮虫和卤虫中其含量很低,说明活饵料中的二十二碳六烯酸远不能满足海水仔稚鱼的需要。分别给鲆鳎 (*Coryphaena hippurus*) 仔鱼投喂 n-3 高度不饱和脂肪酸强化的轮虫和藻粉培养的轮虫,仔鱼的成活率前者为 68%,后者仅为 30% (Ostrowski *et al.*, 1990)。分别给金鲷 (*Sparus aurata*) 仔鱼投喂 n-3 高度不饱和脂肪酸含量为 8.4 mg/g 的强化轮虫和 0.8 mg/g 的轮虫,经过 22 天的培育,其生长速度前者为后者的 4 倍 (1263%:312%) (Koven *et al.*, 1990)。因而,有关学者通过选用优质单胞藻 (Ben-Amotz *et al.*, 1987; Tamaru *et al.*, 1993)、制作油脂酵母 (Kitajima *et al.*, 1980a)、

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2597 号。

收稿日期: 1995 年 5 月 18 日。

投喂富含 n-3 高度不饱和脂肪酸的人工微型饵料 (Fernandez-Reiriz *et al.*, 1993; Walford *et al.*, 1987) 等方法强化轮虫。Watanabe 等 (1983) 最早将富含 n-3 高度不饱和脂肪酸的鱼肝油等制成乳化油, 然后直接加入培养轮虫的海水介质中, 强化后约 12 小时, 当富集于轮虫体内的 n-3 高度不饱和脂肪酸达到最大值时, 再将轮虫作为活的营养载体投喂给仔鱼, 即可将外源 n-3 高度不饱和脂肪酸转移至仔鱼体内。该方法简便、实用, 现已普遍推广 (Kissil *et al.*, 1990)。仔稚鱼发育到摄取卤虫阶段, 也存在对卤虫进行营养强化的问题 (Lemm *et al.*, 1992; Watanabe *et al.*, 1982)。在提高育苗成活率方面, 卤虫阶段的活饵料营养甚至比轮虫阶段更重要 (Stottrup, 1992)。

通过人工调节轮虫和卤虫活饵料中 n-3 高度不饱和脂肪酸含量来研究各种海水仔稚鱼必需脂肪酸的需要是可行的。Oka 等 (1980) 分别用富含亚油酸 (18:2 n-6)、亚麻酸 (18:3 n-3) 和 n-3 高度不饱和脂肪酸的油脂酵母培养轮虫, 然后将已强化的轮虫投喂给香鱼 (*Plecoglossus altivelis*) 仔鱼, 发现亚油酸不是香鱼的必需脂肪酸, 而 n-3 高度不饱和脂肪酸可以有效地提高香鱼仔鱼的生长速度。Le Milinaire (1984) 分别用不含和富含 n-3 高度不饱和脂肪酸的人工微型饵料培养轮虫后, 将轮虫分别投喂给大菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 仔鱼, 证实 n-3 高度不饱和脂肪酸是大菱鲂的必需脂肪酸。Izquierdo 等 (1989a) 采用乳化油直接添加法来强化轮虫和卤虫, 以测定真鲷 (*Pagrosomus major*) 仔稚鱼 n-3 高度不饱和脂肪酸的需要量。投喂用乳化油强化的轮虫给真鲷仔鱼, 10 天后, 摄取 n-3 高度不饱和脂肪酸不足的仔鱼不仅生长缓慢, 而且死亡率高。根据仔鱼的生长、成活率和活力分析, 真鲷仔鱼 n-3 高度不饱和脂肪酸的最低需要量为 0.4% (轮虫湿重计)。摄取卤虫阶段的进一步研究证实, 真鲷稚鱼 n-3 高度不饱和脂肪酸的最低需要量为 3% (卤虫干计)。Izquierdo 等 (1989a) 的研究结果还表明, 用 n-3 高度不饱和脂肪酸含量为 85% 的甲酯混合物强化的轮虫, 尽管其体内 n-3 高度不饱和脂肪酸含量很高, 但真鲷仔鱼的生长、成活率和活力均不好。乙酯混合物强化的效果如何尚待进一步试验。几种海水仔稚鱼 n-3 高度不饱和脂肪酸的需要量见表 1 (Watanabe *et al.*, 1994)。

表 1 几种海水仔稚鱼对饵料中 n-3 HUFA 的需要量及两种必需脂肪酸价值的比较

种 类	饵料	n-3 HUFA 需要量(干重)	必需脂肪酸价值的比较
真鲷(<i>Pagrus major</i>)	轮虫 卤虫	3.5% 3.0%	DHA>EPA DHA>EPA
五条鲷 (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	卤虫	>3.9%	DHA>EPA
条石鲷 (<i>Oplegnathus fasciatus</i>)	轮虫 卤虫	>3.0% >3.0%	
牙鲆 (<i>Paralichthys olivaceus</i>)	卤虫	>3.5%	DHA>EPA
大菱鲆 (<i>Scophthalmus maximus</i>)	轮虫	1.2—3.2%	

2. EPA 和 DHA 对仔稚鱼的不同生理作用 现已探明, EPA 是海水仔稚鱼几种发育组织细胞膜的重要成分 (Kanazawa, 1982a)。而在海鱼鱼卵中, 一般都含有大量

的 DHA, 这说明海水仔稚鱼的早期发育阶段更需要充足的 DHA。现已完成的真鲷 (*Pagrus major*) (Watanabe *et al.*, 1989a; Takeuchi, 1991)、鲷 (*Seriola quinqueradiata*) (Watanabe, 1993)、电鳗 (*Oplegnathus fasciatus*) (Kanazawa, 1989a) 和碟 (*Paralichthys olivaceus*) (Kanazawa, 1989b) 等研究均证实, DHA 可以促进海水仔稚鱼的生长, 并可提高其成活率。用 DHA 强化轮虫, 培育真鲷仔鱼, 显著提高了仔鱼的活力。而且, 用其强化的卤虫培育真鲷稚鱼, 也可显著提高稚鱼的活力 (Takeuchi, 1991)。用 EPA 强化的卤虫, 培育鲷鱼稚鱼, 第 8 天, 稚鱼突然死亡。而用 DHA 强化的卤虫, 培育鲷鱼稚鱼, 则未出现死亡 (Toyota, 1991)。DHA 对于海水仔稚鱼的一些生理作用, 尚待进一步探明。Watanabe 等 (1989a) 指出, 在海水仔稚鱼体内, EPA 可转化为二十二碳五烯酸 (22:5n-3), 而不能转化为 DHA; 然而, DHA 却不能转化为二十二碳五烯酸和 DHA。这说明 EPA 和 DHA 的生理作用是不同的。Takeuchi (1991) 和 Toyota (1991) 分别指出, 在真鲷和鲷鱼仔稚鱼体内, 二十碳五烯酸和 DHA 积极参与了磷脂酰乙醇胺 (PE) 的合成, 但未参与磷脂酰胆碱即卵磷脂 (PC) 和其它磷脂的合成。一些学者推测, 生物膜磷脂中的 EPA 和 DHA 应有一定比例关系, 不平衡的比例关系, 特别是过高的 EPA 含量和过低的 DHA 含量会导致海水仔稚鱼的活力下降及死亡率的增高。Kanazawa (1989a) 认为, 在鲷和电鳗仔稚鱼的微型饵料中, DHA 的含量应为 1% 左右。真鲷幼鱼饵料中, DHA 的含量应为 0.5%、EPA 的含量应为 1% 左右。

3. 磷脂对海水仔稚鱼生长、存活的影响 Kanazawa (1983a) 研究证实, 在真鲷和电鳗仔稚鱼饵料中添加磷脂, 可以提高仔稚鱼的生长和存活。在香鱼 (*Plecoglossus altivelis*) 仔稚鱼的研究中, 也证实了添加磷脂的积极作用 (Kanazawa, 1981)。当以大豆卵磷脂作为磷脂来源时, 香鱼仔稚鱼饵料中卵磷脂的最适含量应为 1—2% (Kanazawa, 1985a)。Kanazawa (1983a) 还研究了几种不同磷脂对香鱼的影响, 结果表明, 磷脂酰肌醇和磷脂酰胆碱 (即卵磷脂) 均可以提高香鱼仔稚鱼的生长和存活。他们认为, 香鱼仔稚鱼需要的磷脂分子结构应为: 在第二个碳原子上有一个不饱和脂肪酸结构, 在第三个碳原子上有一个肌醇或胆碱结构。这些磷脂化合物和 n-3 高度不饱和脂肪酸均为海水仔稚鱼生长、存活所必需的。Watanabe 等 (1994) 在一篇评论中指出, Kanazawa 发现大豆卵磷脂可以提高牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 仔稚鱼的生长和成活率, 饵料中适宜的添加量为 5—7%。Tandler (1989) 确认, 卵磷脂和磷脂酰乙醇胺是真鲷仔鱼早期饵料中的必需成份。

4. 维生素 C 对仔稚鱼生长的重要作用 鱼类早期阶段对维生素需要的研究重点是维生素 C (V_c)。维生素 C 是鱼类自身不能合成的必需营养要素, 在胶原蛋白的形成中, 作为酶的辅助因子参与氨基酸的羟化作用, 促进骨骼和皮肤的形成。维生素 C 的吸收直接影响鱼类伤口的愈合速度, 在解除有机污染物毒性方面也有明显效果。鱼类体内若缺乏维生素 C, 会导致其生长缓慢、脊椎骨畸形、骨骼的胶原蛋白含量降低、免疫功能下降。维生素 C 在虹鳟 (*Salmo gairdneri*) 鱼卵中的含量很高, 说明仔稚鱼生长、存活需要维生素 C 含量丰富的饵料 (Hilton *et al.*, 1979)。不同形式的维生素 C 中, 以添加 L-抗坏血酸 (V_{c1}) 最理想 (Soliman *et al.*, 1986)。在 Soliman 等 (1986) 的另一项研究中, 以不含维生素 C 的饲料饲养罗非鱼 (*Okeochromis mossambicus*), 21 周后, 其受精卵孵

化率低,畸形仔鱼高达 56.9%,给这些仔鱼继续投喂不含维生素 C 的微型饵料,5 周后,成活率仅为 1.82%。Cowey 等 (1985)、Sato 等 (1987) 和 Dabrowski (1990) 均证实,发育期内,鱼类卵黄中的维生素 C 含量迅速下降,说明在开始摄食阶段,充分供给维生素 C 似乎是仔鱼生长、存活所必需的。Dabrowski 等 (1988) 认为,与鲑科鱼类相比,由于鲤科鱼类的卵黄中维生素 C 的贮存量较少,所以对鲤科鱼类来讲,开始摄食阶段,更需要维生素 C。此外,鲤鱼仔鱼因维生素 C 的缺乏,会发生尾鳍糜烂和鳃部畸形。早期个体发育期间,为保持体内维生素 C 的含量, Dabrowski (1990) 曾用相对大量的维生素 C 饵料 (1500 $\mu\text{g/g}$) 培育白鲢,避免了因维生素 C 缺乏而引起的病症。

5. 用维生素 E 和维生素 A 强化活饵料 Watanabe 等 (1983) 采用乳化油直接添加法,用维生素 E 和维生素 A 强化轮虫,结果证实轮虫能够吸收这两种脂溶性维生素。轮虫体内维生素 E 的含量不仅随乳化油中维生素 E 含量的增加而增加,而且与强化后时间的长短成正比关系。轮虫体内维生素 A 的含量也随乳化油中维生素 A 含量的增加而增加。强化后 6—12 小时,轮虫体内的维生素 A 含量达到最大值,这与轮虫富集 n-3 高度不饱和脂肪酸的时效恰好一致,但 12 小时后,轮虫体内维生素 A 的含量逐渐减少。Watanabe (1990) 在另一项研究中指出,大麻哈鱼 (*Chum salmon*) 和银大麻哈鱼 (*Coho salmon*) 在孵化后 40 天的发育期间,体内的维生素 E 近 50% 被消耗掉。有关仔稚鱼对于维生素需要的研究,所见报道甚少,但维生素对于仔稚鱼生长、存活的影响应该引起我们的重视。

参 考 文 献

- Ben-Amotz, A. *et al.*, 1987, Chemical composition of dietary species of marine unicellular algae and rotifers with emphasis on fatty acids, *Mar. Biol.*, **95**:31—36.
- Borlongan, I. G., 1992, The essential fatty acid requirement of milkfish, *Fish Physiol. Biochem.*, **9**: 401—407.
- Cowey, C. B. *et al.*, 1985, Lipid and antioxidant systems in developing eggs of salmon (*Salmo salar*), *Lipids*, **20**:567—572.
- Dabrowski, K., 1990, Ascorbic acid status in the early life of white fish *Coregonus lavaretus*, *Aquaculture*, **84**:61—70.
- Daborwskik, K. *et al.*, 1988, Do carp larvae require Vitamin C? *Aquaculture*, **72**:295—306.
- Dendrinis, P. *et al.*, 1987, Experiments on the artificial regulation of amino acid and fatty acid contents of food organisms to meet the assessed nutritional requirements of larval, post-larval and juvenile Dover sole (*Solea solea* L.), *Aquaculture*, **61**:121—154.
- Fernandez-Reiriz, M. J., *et al.*, 1993, Effects of commercial enrichment diets on the nutritional value of the rotifer (*Brachionus plicatilis*), *Aquaculture*, **112**:195—206.
- Hilton, J. W., *et al.*, 1979, The half-life and uptake of ^{14}C -L-ascorbic acid in selected organs of rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Comp. Biochem. Physiol. A*, **62**:427—432.
- Izquierdo M. S., 1988, Requirements of marine larval fish for essential fatty acids. M. Sc. thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 197.
- Izquierdo M. S., *et al.*, 1989a, Requirement of larval red seabream for essential fatty acids, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **55**(5):859—867.
- Izquierdo M. S., *et al.*, 1989b, Optimal EFA level in *Artemia* to meet the EFA requirements of red sea bream. In: M. Takeda and T. watanabe (Editors), Current status of Fish Nutrition in Aquaculture. Proceedings, Third International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Japan, 221—232.
- Kanazawa, A., 1989a, Requirement of larval striped knifejaw for docosahexaenoic and eicoasapentaenoic acids. Abstract of the annual meeting of Japanese Society of Scientific Fisheries. Tokyo,

- April, 48.
- Kanazawa, A., 1989b, Effect of EPA and DHA on larval flounder. In: Abstracts of the Annual meeting of Japanese Society of Scientific Fisheries, Miyazaki, October, 100.
- Kanazawa, A., 1982a, Tissue uptake of radioactive eicosapentaenoic acid in the red sea bream, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **48**:1441—1444.
- Kanazawa, A., 1983a, Effects of dietary phospholipids on growth of the larval red sea bream and knife jaw. *Mem. Fac. Fish.*, Kagoshima Univ., **32**:109—114.
- Kanazawa, A., 1981, Effects of phospholipids on growth, survival rate and incidence of malformation in the larval Ayu. *Mem. Fac. Fish.*, Kagoshima Univ., **30**:301—309.
- Kanazawa, A., 1985a, Essential fatty acid and lipid requirement of fish. In: C. B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Editors), *Nutrition and Feeding in Fish*. Academic Press, London, 281—298.
- Kanazawa, A., 1983b, Necessity of dietary phospholipids for growth of the larval ayu. *Mem. Fac. Fish.*, Kagoshima Univ., **32**:115—120.
- Kissil, G. W. *et al.*, 1990, Preparation of oil, enhanced in highly unsaturated fatty acid (HUFA) content, by low temperature crystallization separation, for rotifer, *Brachionus plicatilis*, cultured with baker's yeast *Sacharomyces cerevisiae* enrichment, *Aquaculture*, **88**:69—74.
- Kitajima, C. *et al.*, 1980b, Dietary value for ayu, *Plecoglossus altivelis* of rotifer *Brachionus plicatilis* cultured with baker's yeast *Sacharomyces cerevisiae* supplemented with cuttlefish liver oil, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **46**(1):47—50.
- Kitajima, C. *et al.*, 1980a, Dietary value for red sea bream larvae of rotifer, *Brachionus plicatilis*, cultured with a new type of yeast, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **46**:43—46.
- Koven, W. M. *et al.*, 1990, The effect of dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids on growth, survival and swim bladder development in Sparus aurata larvae, *Aquaculture*, **61**:131—141.
- Le Milinaire, C., 1984, Contribution à l'étude du besoin en acides gras essentiels pour la larve du turbot (*Scophthalmus maximus*) pendant la phase d'alimentation avec le Rotifère *Brachionus plicatilis* O. F. Müller. Thèse, 3ème cycle, Bretagne Occidentale, 130.
- Lemm, C. A. *et al.*, 1992, Survival and growth of larval striped bass (*Morone saxatilis*) fed *Artemia* enriched with highly unsaturated fatty acids, *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)*, **62**(2):928.
- Oka, A. *et al.*, 1980, Effect of fatty acids in rotifers, on growth and fatty acid composition of larval ayu, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **46**:1413—1418.
- Ostrowski, A. C. *et al.*, 1990, Survival and bioconversion of n-3 fatty acids during early development of dolphin (*Corphaena hippurus*) larvae fed oil-enriched rotifers, *Aquaculture*, **89** (3/4): 273—285.
- Sato, M. *et al.*, 1987, Changes in the water soluble vitamin contents and transaminase activity of rainbow trout egg during development, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**:795—799.
- Soliman, A. K. *et al.*, 1986, The effect of varying forms of dietary ascorbic acid on the nutrition of juvenile tilapias (*Okeochromis niloticus*), *Aquaculture*, **52**(1):1—10.
- Soliman, A. K. *et al.*, 1986, The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Okeochromis mossambicus* (Peters), *Aquaculture*, **59**(3—4): 197—208.
- Stottrup, J. G., 1992, The influence of different rotifer and artemia enrichment diets on growth, survival and pigmentation in turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae, *J. World. Aquac. Soc.* **23** (4):307—316.
- Takeuchi, T., 1990, Requirement of juvenile red sea bream for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **56**(8):1263—1269.
- Takeuchi, T., 1991, Dietary value to larval red sea bream of *Artemia nauplii* enriched with EPA and DHA. In: Abstracts, Annual Meeting of Japanese Society of Scientific Fisheries, Tokyo, April, 327.
- Tamaru, C. S. *et al.*, 1993, Rotifers fed various diets of baker's yeast and/or *Nannochloropsis oculata* and their effect on the growth and survival of striped mullet (*Mugil cephalus*) and milkfish (*Chanos chanos*) larvae, *Aquaculture*, **110**:361—372.
- Tandler, A., 1989, The effect of food deprivation on the fatty acid and lipid profile of red sea bream larvae, *BR. J. Nutr.*, **62**:349—361.
- Thongrods, 1989, Requirement of fingerling white fish for dietary n-3 fatty acids, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **55** (11):1983—1987.
- Toyota, M., 1991, Dietary value to larval yellowtail of *Artemia nauplii* enriched with EPA and DHA.

- In: Abstracts of the Annual Meeting of Japanese Society of Scientific Fisheries, Tokyo, April, 243.
- Vetter, R. D. *et al.*, 1983, Energy metabolism in a rapidly developing marine fish egg the red drum, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**:627—634.
- Walford, J. *et al.*, 1987, Effect of feeding with microcapsules on the content of essential fatty acids in live foods for the larvae of marine fish, *Aquaculture*, **61**:219—229.
- Watanabe, T. *et al.*, 1978, Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **44**:1115—1121.
- Watanabe, T. *et al.*, 1982, Improved dietary value of brine shrimp, *Artemia salina*, for fish larvae by feeding them on n-3 HUFA, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **48**:1775—1782.
- Watanabe, T. *et al.*, 1983, Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding them on n-3 highly unsaturated fatty acids and fat soluble vitamins, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **49**(3):471—479.
- Watanabe, T., 1990, Roles of vitamin E in aquaculture. *Yukagaku*, **39**:299—306.
- Watanabe, T., 1993, The importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish, *J. World. Aquacul. Soc.*, **24**:152—161.
- Watanabe, T., *et al.*, 1989a, Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red sea bream, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **55**(9): 1633—1640.
- Watanabe, T. *et al.*, 1989b, Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in juvenile striped jack, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **55**: 1983—1995.
- Watanabe, T. *et al.*, 1994, Prospects in larval fish dietetics, *Aquaculture*, **124**: 223—251.

INTERNATIONAL OUTLINE IN NUTRITION RESEARCH FOR FISH LARVAE*

Liu Jingke and Zhou Li

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

This paper deals with the lipid and vitamin requirements of fish larvae and the effects of these two nutrients on their growth and survival.

This study showed that n-3 HUFA in lipid and vitamin C have important effects on growth and survival of fish larvae and that their feed must be supplemented with n-3 HUFA and vitamin C.

* Contribution No. 2597 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.