

仔稚鱼的极性脂——磷脂研究进展

刘镜恪¹, 周利¹, 雷霖霖²

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071)

摘要:总结了饲料磷脂对仔稚鱼在成活率、生长、抗御外部压力的耐受性以及畸形鱼发生率等方面的重要作用。饲料中缺乏磷脂对仔稚鱼的影响比对幼鱼的影响更明显, 仔稚鱼饲料中的磷脂含量应高于幼鱼饲料中磷脂的含量。仔稚鱼对饲料磷脂中的磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇的需要量占饲料的1%~3% (干重)。用磷脂作为必需脂肪酸和能量的来源在仔稚鱼中的消化率高于中性脂的消化率。饲料磷脂可以增强仔稚鱼体内的脂类运输能力。

关键词:仔稚鱼; 磷脂; 营养成份

中图分类号: S963.16

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737(2002)02-0183-03

仔稚鱼营养研究是鱼类营养研究领域国际前沿的研究, 在我国刚刚起步^[1,2]。目前, 我国的重要养殖海水鱼如真鲷 (*Pagrus major*)、牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)、鲈等, 其生产性育苗在仔稚鱼阶段容易发生大量死亡, 成活率一般仅为10%左右, 饲料中某些营养要素的缺乏, 是导致仔稚鱼大量死亡的重要原因。本文就近年来国内外对仔稚鱼的极性脂——磷脂的研究进展作一综述, 旨在深入开展仔稚鱼的营养研究提供参考。

1 磷脂在水生生物体内的组成

Fraser等^[3]证实, 鳕鱼 (*Gadus morhua*) 刚受精时卵中磷脂酰胆碱与磷脂酰乙醇胺的比例为8:1; 受精后到仔鱼孵化前的21 d内, 卵中的磷脂只有磷脂酰胆碱的含量下降, 二者比例为4:1; 仔鱼孵出后未投饵的13 d内, 体内磷脂酰胆碱的含量因利用速度的增加而进一步下降, 二者比例仅为1.8:1。这说明仔鱼对磷脂酰胆碱的需求量很大。

Teshima等^[4]研究了海洋小球藻, 用小球藻培养的轮虫、真鲷(40日龄)、条石鲷 (*Oplegnathus fasciatus*) (30日龄) 和香鱼 (*Plecoglossus altivelis*) (74日龄)。结果表明, 以上生物体内的磷脂组成主要是磷脂酰胆碱和磷脂酰乙醇胺。用小球藻培养的轮虫体内, 磷脂在轮虫体重(干重)中的质量分数为0.040~0.045, 在轮虫总脂中的质量分数为0.37~0.38。其中磷脂酰胆碱约占磷脂的42%, 磷脂酰乙醇胺占

磷脂的37%~39%。由于仔鱼自身生物合成磷脂酰胆碱的能力有限, 因而主要从轮虫活饵中获取。

2 磷脂对鱼类生长与存活的影响

2.1 对香鱼仔稚鱼生长、存活的影响

Kanazawa等^[5]研究了磷脂对香鱼仔鱼生长、存活的影响。孵化后10 d的仔鱼连续20 d投喂添加及不添加卵磷脂的精制饲料, 结果证实, 添加质量分数为0.03的大豆卵磷脂或0.03的鸡蛋卵磷脂的精制饲料明显优于对照组饲料; 以仔鱼全长和体重为指标, 大豆卵磷脂比鸡蛋卵磷脂更有效。另一为期33 d的试验进一步证实卵磷脂可以提高香鱼仔稚鱼的生长和成活率。此外添加卵磷脂还可以降低仔稚鱼的畸形率, 特别是患脊椎侧凸症的畸形仔稚鱼明显减少。Kanazawa等^[6]在另一研究中, 以质量分数均为0.03的鸡蛋卵磷脂、大豆卵磷脂、东方狐鲣卵磷脂和脑磷脂的微型饲料培育孵化10 d的香鱼仔鱼, 周期50 d。结果表明, 添加卵磷脂的3种饲料均优于未添加卵磷脂的对照饲料, 大豆卵磷脂的作用明显优于脑磷脂。另外在添加大豆卵磷脂质量分数为0.01、0.02、0.03的3种饲料中, 香鱼仔稚鱼的生长速度和成活率随大豆卵磷脂含量的增加而提高。

2.2 磷脂对真鲷、条石鲷仔稚鱼生长、存活的影响

Kanazawa等^[7]还研究了磷脂对真鲷和条石鲷仔稚鱼生长的影响。孵化后10 d的真鲷仔鱼连续投喂20 d添加与不添加卵磷脂的精制饲料。结果证实, 添加0.05质量分数的大豆卵磷脂, 真鲷仔稚鱼在体重、全长和成活率3方面均优于对照组。以不添加和分别添加质量分数0.025、0.050、0.074大豆卵磷脂的4种精制饲料培育孵化18 d的条石鲷仔稚鱼, 连续投喂20 d。结果证实, 用3种添加了大豆卵磷

收稿日期: 2001-02-23。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770588)。

作者简介: 刘镜恪(1946), 男, 研究员, 从事海洋水产动物营养学研究。E-mail: lujk@ms.qdio.ac.cn

脂的精制饲料培育的条石鲷仔稚鱼,全长和成活率均优于对照饲料培育的,其中以质量分数为0.074的大豆卵磷脂的饲料效果最好。

2.3 磷脂对鲤鱼仔稚鱼生长、存活的影响

Geurden等^[8]研究了饲料磷脂对鲤仔稚鱼生长、存活的影响。实验1:在以酪蛋白为基础的饲料中分别添加质量分数为0、0.02、0.04的磷脂酰胆碱和等量的花生油。饲喂孵化后3 d的鲤,经过25 d培育,2种添加了磷脂酰胆碱的饲料与对照饲料相比,鲤仔稚鱼的生长和成活率均有改善。实验2:在以酪蛋白为基础的饲料中分别添加7种商业或实验用磷脂,各组饲料中花生油的含量相等,经过21 d的培育实验,结果表明,7种添加了磷脂的饲料均优于不含磷脂的对照饲料。

2.4 磷脂对金鲷仔稚鱼生长、存活的影响

刘镜恪等^[1]进行饲料卵磷脂对金鲷仔稚鱼生长、存活及耐受性影响的研究,在以鲛鱼粉为基础的2种微型饲料中均添加质量分数为0.08的天然沙丁鱼油,饲料A添加质量分数0.02的卵磷脂,饲料B添加质量分数0.02的十六碳酸。将孵化18 d的金鲷仔稚鱼分为2组,8 000尾/组,连续投喂15 d。结果表明,饲料A组仔稚鱼的平均成活率为70.5%,饲料B组仔稚鱼的平均成活率仅为50.4%;此外,饲料A组仔稚鱼的生长速度也明显优于饲料B组。随后进行了2组金鲷仔稚鱼的耐受性比较试验(空气暴露、低温和高盐)。结果表明,饲料A组仔稚鱼的耐受性均优于饲料B组。

3 饲料中磷脂的需求量

表1汇总了已报道的几种仔稚鱼饲料磷脂的最适含量及其相关的实验条件。用于评价磷脂营养价值的主要标准主要包括成活率、生长速度、骨骼畸形率、耐受性及仔稚鱼体内脂类成分等。仔稚鱼对磷脂的缺乏很敏感,磷脂的不足会对仔稚鱼的生长速度和成活率有不利影响,直到幼鱼阶段后,对饲料中磷脂含量的要求才会有所降低。

表1 仔稚鱼对磷脂的需求

仔稚鱼 Larval species	起始数据 Initial data	实验周期/d Test period	磷脂种类 PL type	最适质量分数 Optimal content	基础饲料 Basic diet
真鲷 <i>C. major</i>	4.8 mm (TL)	20	大豆卵磷脂	0.05	酪蛋白
鲤 <i>C. carpio</i>	2 mg(BW)	25	鸡蛋卵磷脂	0.02	酪蛋白
		21	各种卵磷脂	0.02	
条石鲷 <i>O. fasciatus</i>	6.0 mm	22	大豆卵磷脂	0.074	蛋白混合物
	26 mg	28	大豆卵磷脂	0.05	蛋白混合物
牙鲆 <i>P. olivaceus</i>	4.6 mm	30	大豆卵磷脂	0.07	酪蛋白
	2.4 mg	20	大豆/鸡蛋卵磷脂	0.03	
香鱼 <i>P. altivelis</i>	9.6 mm	50	东方狐鲣卵磷脂	0.03	酪蛋白
			鸡蛋卵磷脂	0.03	
			大豆卵磷脂	0.05	

4 不同磷脂作用的比较

典型的大豆卵磷脂中磷脂的质量分数为0.84,其中磷

脂酰胆碱为0.22,磷脂酰乙醇胺为0.23,磷脂酰肌醇为0.20,磷脂酰丝氨酸为0.02^[9]。在以往研究所用的各种磷脂中,很少使用高纯度磷脂酰胆碱。然而,磷脂中能够促进仔稚鱼生长的主要成分为磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇。Kanazawa等^[10]比较了东方狐鲣卵磷脂中各种成分对香鱼仔稚鱼生长的影响,结果证实,磷脂酰胆碱或磷脂酰胆碱+磷脂酰肌醇能够提高仔稚鱼的生长和成活率,而磷脂酰乙醇胺的作用很小。如果将磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇添加到乳化鱼油或乳化鱼肝油中来强化培养活饵料,海水仔稚鱼的生长和成活率将进一步提高。

Kanazawa^[11]的研究证实,大豆磷脂酰胆碱对牙鲆仔稚鱼有促生长作用,而大豆磷脂酰肌醇则没有。但Kanazawa等^[10]又证明,大豆磷脂酰肌醇在香鱼的促生长方面优于大豆磷脂酰胆碱和东方狐鲣磷脂酰胆碱。Geurden等^[12]研究表明,刚开始摄食的鲤仔鱼投喂富含大豆磷脂酰胆碱的微型饲料,仔鱼的生长速度快于投喂富含大豆磷脂酰肌醇的微型饲料,但死亡率因脊柱前凸畸形仔鱼的发生而增高。对于磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇的不同作用和影响仍需深入研究。

5 磷脂结构中的关键位置

大豆卵磷脂和东方狐鲣卵磷脂能有效改善香鱼仔稚鱼的生长、存活,而鸡蛋卵磷脂效果较差。然而,与不含磷脂的饲料相比,不同来源的磷脂酰胆碱或卵磷脂均能不同程度地改善仔稚鱼的生长并提高其成活率。有学者推测,磷脂酰胆碱或磷脂酰肌醇分子结构上的饱和脂肪酸部分对改善仔稚鱼的生长、存活没有任何作用,而在Sn-2位置上的不饱和脂肪酸与胆碱,或不饱和脂肪酸与肌醇才是磷脂发挥作用所必需的,它们在仔稚鱼体内被优先水解后消化吸收。

6 磷脂的作用与功能

6.1 细胞膜磷脂的来源

有学者认为,仔稚鱼在迅速生长的初期阶段,自身生物合成的磷脂远不能满足其更新细胞的需要。饲料磷脂中,磷脂酰胆碱被吸收后进入细胞膜,成为细胞膜的主要成分。目前,对仔稚鱼磷脂代谢的了解十分有限。饲料磷脂的脂肪酸成分可能会直接影响仔稚鱼组织磷脂的成分和功能。

6.2 胆碱、肌醇、DHA和能量的来源

各种海水仔稚鱼在其胚胎发育和摄取卵黄内源营养阶段,磷脂酰胆碱被认为是无机磷酸盐、胆碱、肌醇、DHA和代谢能的主要来源,也是仔稚鱼在早期摄食阶段的主要营养物质。Geurden等^[8,12]证实,磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇对提高开始摄食的鲤仔鱼的生长和成活率效果明显,但是微型饲料中仅添加胆碱或肌醇未产生明显效果。胆碱和肌醇不能替代磷脂酰胆碱和磷脂酰肌醇;而磷脂酰胆碱可能有防止胆碱缺乏的作用。

6.3 磷脂的乳化性

仔稚鱼的微型饲料中,中性脂的必需脂肪酸一般很充足,但仍需添加极性脂—磷脂,这是因为仔稚鱼阶段,作为必需脂肪酸的来源,极性脂—磷脂优于中性脂,磷脂在仔稚鱼

体内更容易被乳化,也更容易被消化吸收。有学者认为,早期仔稚鱼阶段,卵磷脂可能作为一种表面活性剂使脂类得以充分乳化后被仔稚鱼消化吸收。Koven 等^[13]研究表明,给22日龄的金鲷仔稚鱼投喂添加和不添加卵磷脂的微型饲料,仔稚鱼体内脂类中C¹⁴标记的油酸是不添加卵磷脂饲料的7倍之多。

6.4 在脂类运输中的作用

脂蛋白在仔稚鱼体内的脂类运输中起重要作用,而卵磷脂则是仔稚鱼脂蛋白中主要的极性脂部分。饲料磷脂似乎对仔稚鱼的脂类运输能力也有显著影响。给金鲷仔稚鱼投喂未添加卵磷脂的微型饲料,仔稚鱼肠的主要部位和肝组织均出现脂泡的积累,脂泡的积累一方面与脂类运输能力差有关,另一方面还与卵磷脂缺乏有关,而添加质量分数0.02的大豆卵磷脂后这种状况得到明显改善,说明肠部和肝部脂类运输能力有了提高,同时说明卵磷脂得到补充。在微型饲料中添加卵磷脂,不仅提高了仔稚鱼体内脂蛋白的合成,而且也提高了仔稚鱼体内脂类的运输能力。

综上所述,饲料磷脂对仔稚鱼的生长、存活、耐受性、脂类吸收和运输等方面均有重要的作用和影响。今后的研究应进一步探明磷脂需要的生理基础,仔稚鱼达到最佳生长所需要的磷脂组成及其脂肪酸成分,仔稚鱼饲料中的磷脂与饲料中的蛋白质、必需脂肪酸等其他营养物质间的相互作用和影响等。

参考文献:

- [1] 刘镜恪,周利.国外仔稚鱼营养研究进展[J].海洋科学集刊,1996,37:189-194.
- [2] 刘镜恪,雷霖霖.人工调节轮虫n-3HUFA对黑鲷仔稚鱼生长、存活的影响[J].科学通报,1997,42(12):1330-1333.
- [3] Fraser A J, Gamble J C, Sargent J R. Changes in lipid content, lipid class composition of developing eggs of cod (*Gadus morhua*) [J]. Mar Biol, 1988, 99: 307-313.
- [4] Teshima S, Kanazawa A, Horinouchi K, et al. Phospholipids of rotifer, prawn and larval fish[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1987, 53:609-615.
- [5] Kanazawa A, Teshima S, Inamori S, et al. Effects of phospholipids on growth, survival rate and incidence of malformation in the larval ayu [J]. Mem Fac Fish Kagoshima Univ, 1981, 30: 301-309.
- [6] Kanazawa A, Teshima S, Kobayashi T, et al. Necessity of dietary phospholipids for growth of the larval ayu [J]. Mem Fac Fish Kagoshima Univ, 1983b, 32, 115-120.
- [7] Kanazawa A, Teshima S, Inamori S, et al. Effects of dietary phospholipids on growth of the larval red sea bream and knife jaw [J]. Mem Fac Fish Kagoshima Univ, 1983a, 32:109-114.
- [8] Geurden I, Radunz-Neto J, Bergot P. Essentiality of dietary phospholipids for carp (*Cyprinus carpio*) larvae [J]. Aquaculture, 1995b, 131:303-314.
- [9] Hertrampf J W. Feeding aquatic animals with phospholipids: II. Fishes [M]. Hamburg: Lucas Meyer Publication No. II. Lucas Meyer, 1992. 70.
- [10] Kanazawa A, Teshima S, Sakamoto M. Effects of dietary bonito-egg phospholipids and some phospholipids on growth and survival of the larval ayu, *Plecoglossus altivelis* [J]. Z Angew Ichthyol, 1985, 4: 165-170.
- [11] Kanazawa A. Essential phospholipids of fish and crustaceans [A]. Fish Nutrition in Practice. Biarritz(France)[C]. INRA, Paris; Les Colloques nr, 1993. 519-530.
- [12] Geurden I, Charlon N, Junion D, et al. Dietary phospholipids and body deformities in carp *Cyprinus carpio* Larvae [A]. Larvi'95 - Fish and Shellfish Symposium [C]. Aquacult Soc Spec Publ, 1995a 24, 162-165.
- [13] Koven W M, Kolkovski S, Tandter A, et al. The effect of dietary lecithin and lipase, as a function of age, on n-9 fatty acid incorporation in the tissue lipids of *Sparus aurata* larvae [J]. Fish Physiol Biochem, 1993, 10:357-364.

Research progress of phospholipids for fish larvae

LIU Jing-ke¹, ZHOU Li¹, LEI Ji-lin²

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: This paper deals with the effects of dietary phospholipid(PL) on survival, growth, resistance to stress and occurrence of deformities for larvae. For most of fish species, the PL requirement of larvae are in the range of 1% - 3% in diet (dry weight). PL may be superior to neutral lipids for larvae as the source of essential fatty acids (EPA) and energy due to their better digestibility. There are proofs that dietary PL interferes with lipid transport.

Key Words: fish larvae; phospholipids; nutritional constituent