

中国对虾对胆固醇、磷脂的营养需求量*

周洪琪 王义强

(上海水产大学)

提 要 运用梯度法设计胆固醇饲料试验,用二因素三水平设计胆固醇、磷脂饲料试验。结果指出,饲料内添加胆固醇对于中国对虾有显著的促生长和提高存活率的效果,胆固醇是对虾饲料内必须添加的营养物质,根据试验虾的生长、存活以及肌肉内胆固醇的含量,饲料中添加 0.5% 的胆固醇就能够满足对虾的营养需求。磷脂也是中国对虾必需的营养物质,饲料内磷脂的添加能够提高对虾的存活率,增加肌肉中胆固醇的含量,就本试验条件下,饲料内含豆油 3%、鱼油 2.5%、胆固醇 0.5% 时,3% 的磷脂就能满足对虾的营养需求。

关键词 中国对虾,胆固醇,磷脂

中国对虾(*Penaeus orientalis*)是我国主要的养殖品种,养虾业的迅猛发展推动了对虾配合饲料的研究和生产,自 1970 年至今,有关中国对虾营养需求的研究已经取得显著成就。侯文璞(1989)⁽¹⁾、徐新章等(1989)⁽²⁾报导了饲料中蛋白质、糖、脂肪的最适量。李爱杰等(1981—1985)⁽³⁾分析了不同生长期中国对虾的必需氨基酸含量。荣长宽等(1988)⁽⁴⁾研究了对虾对于饲料蛋白中必需氨基酸的需求。李荷芳等(1987)分析了对虾体内无机元素的含量^[1-5]。李爱杰等(1986)研究了对虾对于饲料中钙、磷的需求。然而有关中国对虾对于胆固醇、磷脂的营养需求至今未见报导。

胆固醇和磷脂是虾类必需的营养物质。Teshima 等(1971)指出日本对虾体内没有能力将乙酸合成为胆固醇。Teshima 等(1982)、Shudo 等(1971)和 Deshimaru 等(1984)指出日本对虾的幼体必须从饲料中摄取胆固醇才能维持正常的生长和生存。Castell 等(1975)对美国龙虾幼虾的研究也得到了相同的结果。Teshima 等(1982、1986)研究了日本对虾幼虾对于磷脂、胆固醇的营养需求。本试验目的在于研究养成期的中国对虾对饲料内胆固醇、磷脂的营养需求量,为中国对虾配合饲料的胆固醇、磷脂标准提供理论依据。

* 王顺昌、欧阳迎春、罗本龙、周建敏参加部分试验,试验中得到奉贤对虾育苗场徐广水、王冬贵和沈兴龙、海盐县水产局李午生、水荡对虾场倪雪平等同志的支持,在此一并致谢。

收稿年月:1990年11月;1991年1月修改。

- (1) 侯文璞,1989。国内外对虾配饵的研制及蛋白源的开发问题。全国对虾、鱼类配合饵料论文集,8—15。
- (2) 徐新章等,1989。中国对虾配饵中蛋白质、糖、纤维素、脂肪的适宜含量及日需要量的研究。全国对虾、鱼类配合饵料论文集,115—124。
- (3) 李爱杰等,1981—1985。东方对虾氨基酸含量的分析。对虾营养的研究,18—30。
- (4) 荣长宽等,1988。关于对虾饲料蛋白中 10 种必需氨基酸适宜组成比例的初步实验研究 I, II。全国畜牧水产开发利用科技交流会论文集,57—70。

材料与 方法

1987年8月4日到9月11日在上海奉贤县对虾育苗场进行试验。试验虾饲养在越冬房的水泥池内,试验前用甲醛清池消毒,饲养密度为10尾左右/m²,每天空气泵24小时向池水充氧,每天下午2—3点换水一次,换水量约为总池水的4/5。1988年9月14日到10月7日在浙江海盐水荡对虾场进行试验,试验虾饲养在有盖的网箱中(100×80×60cm³),网箱置于过水塘,隔天洗刷网箱一次,以保证网箱内外水流通畅。试验期间水温20~31.9°C,盐度4.7~7.0‰,pH为8左右,溶解氧在3.5毫克/升以上,氨氮在0.7毫克/升以下。

1987年运用梯度法设计饲料试验,试验胆固醇在饲料内的浓度分别为0.0.2%、0.5%、1.0%,基础饲料成分:蛋清蛋白54%、淀粉20.5%、鱼油2.5%、复合维生素2.5%、豆油3%、复合无机盐12%、褐藻胶3%,配制四种试验饲料(表1)。1988年按二因素三水平设计饲料试验,试验胆固醇、磷脂在饲料内的含量分别为因素A、B,胆固醇水平分别为0.5%、1.0%和1.5%,磷脂水平分别为1%、3%和5%,基础饲料除了酪蛋白50.5%和糊精20%之外,其余成分与1987年的相同,配制九种试验饲料(表2)。

表1 对虾对胆固醇营养需要的试验设计(1987)
Table 1 Test design of nutritional requirement of cholesterol for the prawn(1987)

成分含量 (%) 试验组	胆固醇	磷 脂	微晶纤维素	基础饲料
1	0	1	1.5	97.5
2	0.2	1	1.3	97.5
3	0.5	1	1.0	97.5
4	1.0	1	0.5	97.5

表2 对虾对胆固醇、磷脂营养需要的试验设计(1988)
Table 2 Test design of nutritional requirement of the prawn for cholesterol and phospholipid (1988)

成分含量 (%) 试验组	(A)胆固醇	(B)磷脂	微晶纤维素	基础饲料
1(A ₁ B ₁)	0.5	1	5	93.5
2(A ₁ B ₂)	0.5	3	3	93.5
3(A ₁ B ₃)	0.5	5	1	93.5
4(A ₂ B ₁)	1.0	1	4.5	93.5
5(A ₂ B ₂)	1.0	3	2.5	93.5
6(A ₂ B ₃)	1.0	5	0.5	93.5
7(A ₃ B ₁)	1.5	1	4	93.5
8(A ₃ B ₂)	1.5	3	2	93.5
9(A ₃ B ₃)	1.5	5	0	93.5

试验开始时,为了避免对试验虾因过多操作而引起虾体受伤致死,所以试验虾的最初体重只是对从同一池中选30尾左右大小与试验虾相近的对虾进行测定,或称试验组虾的总重然后计尾数得到平均体重。

测定试验虾肌肉的胆固醇含量。样品经氯仿抽提,皂化后用石油醚提取,提取液在70°C水浴吹干,

然后溶解于冰醋酸,加入硫酸铁铵显色以后进行比色测定。

结 果

1987年对于体重平均为7.0~8.2克的对虾进行39天试验,结果如表3所示,摄取不含胆固醇饲料的试验组无论是对虾的增重率还是存活率都明显地低于摄取不同水平胆固醇饲料的试验组,说明胆固醇能够促进对虾的生长、提高对虾的存活率,胆固醇是饲料里必需添加的营养物质,饲料中添加0.5%胆固醇时效果最佳,存活率达85.5%,增重率为35.1%,添加1%胆固醇的效果次之。

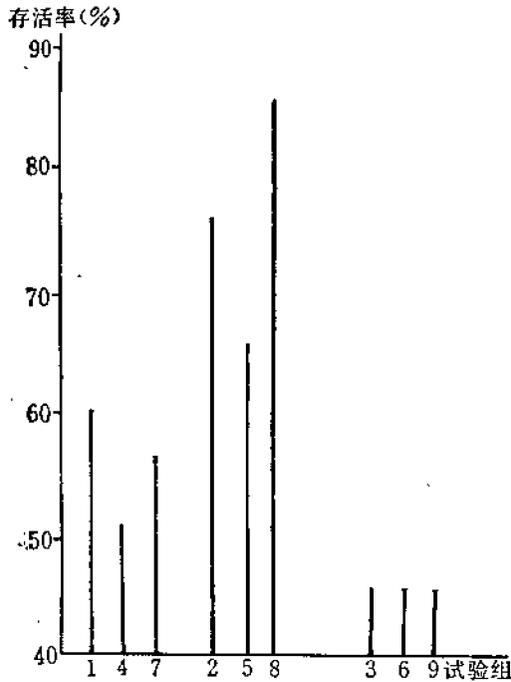
表3 饲料内胆固醇水平对于对虾生长及存活率的影响
Table 3 Effect of cholesterol levels in the diet
on growth and survival of the prawn

胆固醇含量 (%)	试验开始		试验结束		存活率 (%)	增重率 (%)
	尾数	平均体重(克)	尾数	平均体重(克)		
0	128	8.2	38	9.1	25.8	11.0
0.2	120	7.0	57	9.1	47.5	30.0
0.5	131	7.4	112	10.0	85.5	35.1
1.0	114	7.5	91	9.8	79.8	30.1

1988年对于体重约为11.4克的对虾进行24天胆固醇和磷脂的营养需求试验,每组20尾试验虾,表4、附图表明试验虾的存活率,直观数据是磷脂水平为3%时的存活率最佳,第8组(A₃B₂)占首位,第2组(A₁B₂)次之,第5组(A₂B₂)第三位。方差分析指出(表5),饲料内磷脂含量对于对虾的存活率有显著影响(p<0.01),运用LSR法将添加不同磷脂水平所得到的存活率平均数进行比较,结果指出,3%与1%之间有显著性差异,3%与5%之间有极显著差异,而1%与5%之间无显著性差异。统计结果与直观数据相吻合,饲料内添加3%磷脂时能够获得最佳的对虾存活率,而且显著地不同于其它添加水平。方差分析结果还指出,饲料内胆固醇水平从0.5%增加到1.5%并不能提高对虾的存活率,所以第2、5、8组之间没有显著性差异,就对虾的生存来说,0.5%的胆固醇含量已经能够

表4 饲料内胆固醇、磷脂水平对于对虾存活率的影响
Table 4 Effect of cholesterol and phospholipid levels in the
diet on survival of the prawn

胆固醇含量 磷脂含量	存活率 (%)			平均存活率 (%)
	0.5(A ₁)	1.0(A ₂)	1.5(A ₃)	
1(B ₁)	60	50	55	55 ± 7.07
3(B ₂)	75	65	85	75 ± 10
5(B ₃)	45	45	45	45 ± 0



附图 饲料内胆固醇、磷脂水平对于对虾存活率的影响
Attached fig. Effect of cholesterol and phospholipid levels in the diet on survival of the prawn

表 5 试验虾存活率的方差分析
Table 5 Analysis of variance on the data of the prawn survival

变异来源	自由度	平方和(SS)	方差(S ²)	F	F _{0.05}	F _{0.01}
胆固醇	2	116.67	58.34	1.75	6.94	18
磷脂	2	1400	700	21(显著)	6.94	18
误差	4	193.93	38.33			
总变异	8	1650				

满足对虾的营养需求,最佳组应该是第 2 组。

饲料内胆固醇、磷脂水平对于试验虾生长的影响见表 6, 由于精制型试验饲料适口性差, 对虾摄食少, 所以各组试验虾的生长速度都比较慢。直观数据以第 2 组的生长最佳, 然而对虾增重率的方差分析结果指出, 饲料内胆固醇、磷脂水平对于对虾的增重无显著性影响($p > 0.1$), 也就是说饲料内胆固醇含量从 0.5% 增加到 1.5%、磷脂含量从 1% 增加到 5% 都不能促进对虾的生长, 所以仅仅从对虾生长这个因素来考虑, 0.5% 的胆固醇和 1% 的磷脂已经能够满足对虾的营养需求。

表 7 表明 1988 年试验虾肌肉内胆固醇的含量, 方差分析结果指出, 饲料内磷脂水平对于肌肉内胆固醇含量有显著性影响($p < 0.05$), 饲料内磷脂添加量从 1% 增加到 5% 时, 对虾肌肉中胆固醇含量有增加趋势。然而饲料内胆固醇添加水平在 0.5~1.5% 范围之内胆固醇水平对于肌肉内胆固醇含量没有显著性影响。

表6 饲料内胆固醇、磷脂水平对于对虾增重率的影响
Table 6 Effect of cholesterol and Phospholipid levels on body weight gain of the prawn

胆固醇含量 磷脂含量	增 重 率 (%)		
	0.5(A ₁)	1.0(A ₂)	1.5(A ₃)
1(B ₁)	28	28.9	29.8
3(B ₂)	33.3	28	28.9
5(B ₃)	28.9	25.4	23.7

表7 饲料内胆固醇、磷脂水平对于对虾肌肉内胆固醇含量的影响
Table 7 Effect of cholesterol and phospholipid levels in the diet on content of cholesterol in muscle of the prawn

胆固醇含量(%) 磷脂含量(%)	混 虾 肉 中 胆 固 醇 含 量 (mg/g)		
	0.5	1.0	1.5
1	1.5	0.97	1.24
3	1.76	1.31	0.86
5	2.87	1.61	1.98

讨 论

Teshima 和 Kanazawa(1971)运用放射性同位素示踪法证明日本对虾的成虾缺乏生物合成胆固醇的能力。Whitney(1969)指出幼蟹 (*Rhithropanopeus harrissi* 和 *Libinia emarginate*) 也缺乏此能力。日本对虾幼体和幼虾的饲料试验指出,饲料内胆固醇的添加能够有效地促进对虾的生长、变态和存活(Kanazawa 等 1971、Shudo 等1971、Deshimaru 等 1974、Teshima 等 1982、1986)。对于美国龙虾幼体的试验也得到相似的结果(Castell 等,1975)。Teshima 等(1986)分析了胆固醇饲料试验的虾体成分,证实了饲料胆固醇的重要性。本试验就养成期中国对虾的增重率和存活率二方面看,缺乏和添加胆固醇饲料的试验组之间有显著性差异,证实了饲料内胆固醇的添加对于中国对虾也是至关重要的。因此我们认为对虾的幼体、幼虾及不同生长的成虾都需要外源性固醇类物质,由于胆固醇是对虾的主要固醇,约占 90%,它是合成维生素 D 以及类固醇激素如脑激素、蜕皮激素、性激素的前体,所以胆固醇是对虾必需的营养物质。

养成期中国对虾对于饲料胆固醇最适含量的研究结果指出,对于体重 7.0 克以上的对虾,饲料内添加 0.5%的胆固醇就能够获得良好的生长和存活的效果,而且添加量从 0.5%增加到 1%、甚至 1.5%都不能改善对虾的生长和存活,说明 0.5%的胆固醇水平已经能够满足对虾的营养需求。另一方面饲料内胆固醇水平超过 0.5%时,饲料内胆固醇含

量对于对虾肌肉内胆固醇的留存量无显著性影响,说明过量添加胆固醇对于对虾无益,只会造成浪费。因此我们从既满足对虾对胆固醇的营养需求获得最佳生理效果,又能够最有效地利用胆固醇降低饲料成本二个方面考虑,对于7.0克以上的对虾,饲料内胆固醇的最适含量为0.5%。美国龙虾幼虾(Castell等,1975)以及日本对虾幼虾(Kanazawa等,1971)对于饲料胆固醇的营养需求量亦为0.5%。但是Deshimaru等(1974)提出,日本对虾幼虾对于饲料胆固醇的需求为2.0%。Shudo等(1971)则认为0.2%为最佳。Teshima等(1982)指出日本对虾幼体的最佳水平为1%。

磷脂也是美国龙虾幼虾(Conklin等,1980、D'Abramo等,1981)、日本对虾幼虾(Teshima等,1986、Deshimaru等,1982)所需要的营养物质之一,饲料内添加磷脂能够促进对虾的生长和存活。本试验饲料内磷脂的添加量从1%递增到3%时,对虾的存活率相应地增加,然而磷脂水平从3%递增到5%时,磷脂的促存活效应反而变小,这与日本对虾幼体中获得的磷脂促存活效应不同(Teshima等,1982),磷脂的促存活效果是随着磷脂水平的提高而增加。本试验中磷脂的促生长效果与Teshima等(1982)的结果相同,磷脂在饲料内的含量为1~5%范围以内,磷脂的促生长效果与添加量无关。因此同时考虑磷脂的促存活和促生长生理效果时,磷脂的最佳水平为3%。

Lester等(1975)认为磷脂的营养价值可能是它们能够促进胆固醇在肠内的消化吸收,而Teshima等(1983)则提出饲料内即使不含磷脂,胆固醇及甘油三酯在肠内的消化吸收率仍然可以达到85%以上,对虾仅仅在摄取不含任何脂肪的饲料时,胆固醇的消化吸收率才相当低。Teshima等(1986)的放射性同位素示踪试验结果指出,磷脂的促生长和促存活生理效应主要是由于它们能够促进脂肪尤其是胆固醇的运输。我们试验结果也证实了磷脂能促进胆固醇的运输及其在肌肉里的留存。由此可见磷脂的营养价值与饲料内胆固醇、脂肪都有关。从满足对虾营养需求来考虑,在本试验条件下,饲料内含豆油3%、鱼油2.5%、胆固醇0.5%时,磷脂的最佳含量为3%。

参 考 文 献

- 李荷芳等,1987. 中国对虾体内几种重要无机元素的含量. 海洋科学, (4): 30—33.
- 李爱杰等,1988. 饲料中钙、磷含量及比值对东方对虾(*Penaeus orientalis*)生长的影响. 山东海洋学院学报, 18(4): 10—17.
- Castell, J. D. et al., 1975. Cholesterol requirements of juvenile American lobster (*Homarus americanus*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 38: 1431—1435.
- Conklin, D. F. et al., 1980. A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: the effect of lo-eithin. *Aquaculture*, 21: 243—250.
- D'Abramo, L. R. et al., 1981. Essentializing of dietary phosphatidyl choline for the survival of juvenile lobsters. *J. Nutri.*, 111: 425—431.
- Deshimaru, O. and K., Kuroki, 1974. Studies on a purified diet for prawn. II. Optimum contents of cholesterol diet glucosamine in the diets. *Bull. Jap. Soc. Sci Fish.*, 40: 421—424
- Kanazawa, A. et al., 1971. Nutritional requirements of prawn. II. Requirement for sterols. *Ibid*, 37: 211—215.
- , 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. *Aquaculture*, 50: 39—49
- Lester, R. et al., 1975. Crustacean intestinal detergent promotes sterol solubilization. *Science*, 189: 1098—1100.

- Shudo, K. *et al.*, 1971. Studies of formula feed for Kuruma prawn. IV. On the growth promoting effect of both squid liver oil and cholesterol. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 65: 129-137.
- Teshima, S. and A., Kanazawa, 1971. Biosynthesis of sterols in the lobster, *Panulirus japonica*, the prawn, *Penaeus japonicus* and the crab, *Portunus trituberculatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 38B: 597-602.
- Teshima, S. *et al.*, 1982. Requirements of the larval Prawn, *Penaeus japonicus*, for cholesterol and soy bean phospholipids. *Men. fac. fish.*, Kagoshima Univ., 31: 193-199.
- , 1986a. Effects of dietary phospholipids on growth and body composition of the juvenile prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52: 155-158.
- , 1986b. Role of dietary phospholipids in the transport of ^{14}C cholesterol in the prawn. *Ibid*, 52: 719-723.
- Whitney, J. O., 1969. Absence of sterol synthesis in larvae of the mud crab, *Ehithropanopens harrissii* and of the spider crab, *Libinia emarginata*. *Mar. Biol.*, 3: 134-135.

NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF CHOLESTERONE AND PHOSPHOLIPID FOR CHINESE PRAWN, *PENAEUS ORIENTALIS*

Zhou Hongqi and Wang Yiqiang

(Shanghai Fisheries University)

ABSTRACT The dietary test of prawn was designed by means of the gradient method for cholesterolone and phospholipid. The results showed that there were notable effect both of them on promoting the growth and survival rate of the prawn. The cholesterolone is the essential adding nutrient in the formulated prawn diet. According to the need for growth and survival and the amount of cholesterolone in muscle of testing prawn, 0.5% of cholesterolone content in the diet will be enough for the nutritional requirement. Phospholipid is also very important in the prawn diet. It not only affects the survival rate, but also promotes the content of cholesterolone in muscle of the prawn. In this test, when the diet contains soyabean oil 3%, fish oil 2.5% and cholesterolone 0.5%, the optimum content of phospholipid is 3% satisfied the nutritional requirement.

KEYWORDS *Penaeus orientalis*, cholesterolone, phospholipid