

长毛对虾仔虾对不饱和脂肪酸需求量的初步研究

王渊源 蒋绍霞 陈 桥

(集美大学水产学院, 361021)

摘 要 用正交法对不饱和脂肪酸进行 6 因素 2 水平的饲料含量设计,并在对虾营养试验系统中进行饲养实验。结果表明:长毛对虾仔虾的生长率、存活率受不饱和脂肪酸种类与含量的影响。在本实验条件下,长毛对虾仔虾期对 $C_{16:n}$ 、 $C_{18:n}$ 、 $C_{18:2n}$ 、 $C_{18:3n}$ 、 $C_{20:1-5n}$ 和 C_{22-24} 的最适宜含量分别占饲料的 0.24%、1.40%、1.85%、0.43%、0.76% 和 2.25%。

关键词 长毛对虾,仔虾,不饱和脂肪酸,营养需要,正交设计

饲料中的脂肪经对虾消化、吸收和利用,可作为能量来源起到节约蛋白质的效应。脂肪中的不饱和脂肪酸成分是构成生物膜的重要组成成分,且有增加食欲、促进生长的作用。有资料表明美洲龙虾 (*Homarus americanus*) 缺少不饱和脂肪酸,除了生长率与饲料效率降低外,血细胞、血清蛋白、可食用肉的百分率都减少,蜕皮的间隔时间延长。白对虾 (*Penaeus setiferus*) 得不到饲料中的 $C_{20:5n-3}$ 和 $C_{22:6n-3}$ 供应而不产卵[王渊源 1993]。王树森等[1993]研究了我国对虾 (*P. orientalis*) 对亚油酸、亚麻酸的营养需要量,任泽林等[1994]采用正交设计方法研究了我国对虾对四种不饱和脂肪酸的需求量。除此之外,National Research Council[1983]列出了日本对虾 (*P. japonicus*)、印度对虾 (*P. indicus*)、褐对虾 (*P. aztecus*) 和长臂对虾 (*Palaemon serratus*) 对不饱和脂肪酸的推荐量。有关长毛对虾 (*P. penicillatus*) 饲料中不饱和脂肪酸需求量的研究尚未见报道。本研究采用单虾饲养的方法,研究了饲料中不饱和脂肪酸含量对长毛对虾仔虾生长、存活的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验用油

选用菜籽油、棉籽油、花生油、大豆油和鱼油,各种饲料用油的不饱和脂肪酸含量见表 1。

表 1 油脂源不饱和脂肪酸含量 (%)

Table 1 Unsaturated fatty acids composition of experimental oils (%)

| 不饱和脂肪酸 | $C_{16:n}$ | $C_{18:n}$ | $C_{18:2n}$ | $C_{18:3n}$ | $C_{20:1-5n}$ | C_{22-24}^* |
|--------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 菜籽油 | 0.09 | 13.94 | 14.03 | 8.82 | 9.97 | 48.58 |
| 棉籽油 | | 15.64 | 60.39 | 0.19 | | |
| 花生油 | | 39.85 | 39.76 | 0.74 | 0.34 | |
| 大豆油 | | 23.79 | 53.50 | 7.18 | 0.24 | 0.11 |
| 鱼 油 | 9.06 | 11.62 | 2.70 | | 17.56 | 30.41 |

* :除 $C_{22:0}$ 、 $C_{24:0}$ 以外的不饱和脂肪酸含量

1.2 实验饲料

按 $L_8(2^7)$ 正交表设计,6种不饱和脂肪酸因素各选2水平,共有8组实验饲料。各饲料组的原料组成列于表2。表2中各组实验用油的用量与其各种不饱和脂肪酸含量的积,为各实验饲料组不饱和脂肪酸的含量,设计的水平数列于表3。

表2 各配合饲料组原料用量表(%)

Table 2 The contain table of the raw material composition of the test diets(%)

| 组别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 干酪素 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| α -淀粉 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 精白面 | 27.82 | 25.06 | 26.46 | 25.56 | 26.78 | 25.93 | 26.37 | 25.15 |
| 矿物质 ¹ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 维生素 ² | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 菜籽油 | 2.80 | 4.70 | 3.50 | 3.00 | 3.00 | 2.00 | 2.27 | 2.70 |
| 棉籽油 | 0.47 | 2.01 | | | | 3.16 | | 1.68 |
| 花生油 | 1.81 | 0.03 | 2.32 | 1.84 | 0.32 | 0.11 | 1.36 | 2.67 |
| 大豆油 | 0.50 | 1.20 | 0.22 | 2.60 | 2.30 | 0.30 | 2.00 | |
| 鱼油 | 1.60 | 2.00 | 2.50 | 2.00 | 2.60 | 3.50 | 3.00 | 2.80 |

注:1.矿物质混合物添加量(毫克/百克),KI 0.476;KH₂PO₄ 0.158;C₆Cl₂ 0.366。2.维生素混合物添加量(毫克或国际单位/百克),B₁ 7.2;B₂ 10;B₆ 4.8;烟酸 40;泛酸 20;肌醇 16;胆碱 240;生物素 10;叶酸 1.2;B₁₂ 0.09;C 120;A 4000;D 800;K 2

表3 各实验饲料组的不饱和脂肪酸含量与水平数(%)

Table 3 The designed levels and composition of unsaturated fatty acids of the test diets(%)

| 饲料组 | C _{16:n} (a) | C _{18:n} (b) | C _{18:2n} (c) | C _{18:3n} (d) | C _{20:1-5n} (e) | C ₂₂₋₂₄ (f) | 添加油 占饲料 % | 不饱和脂肪 酸占添加油 % | 不饱和脂肪 酸占饲料 % |
|-----|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 0.15 | 1.49 | 1.71 | 0.30 | 0.57 | 1.85 | 7.80 | 84.54 | 6.59 |
| 2 | 0.19 | 1.50 | 2.58 | 0.50 | 0.82 | 2.89 | 9.94 | 85.31 | 8.48 |
| 3 | 0.23 | 1.76 | 1.58 | 0.34 | 0.80 | 2.46 | 8.54 | 83.95 | 7.17 |
| 4 | 0.18 | 2.00 | 2.58 | 0.46 | 0.66 | 2.07 | 9.44 | 84.21 | 7.95 |
| 5 | 0.24 | 1.40 | 1.85 | 0.43 | 0.76 | 2.25 | 8.22 | 84.31 | 6.93 |
| 6 | 0.32 | 1.29 | 2.49 | 0.20 | 0.82 | 2.04 | 9.07 | 78.94 | 7.16 |
| 7 | 0.27 | 1.68 | 2.01 | 0.35 | 0.77 | 2.02 | 8.03 | 82.27 | 6.61 |
| 8 | 0.26 | 2.03 | 2.51 | 0.26 | 0.76 | 2.16 | 9.85 | 81.22 | 8.00 |
| 1* | 0.15~0.23 | 1.29~1.50 | 1.58~2.01 | 0.20~0.34 | 0.57~0.76 | 1.85~2.07 | | | |
| 2* | 0.24~0.32 | 1.68~2.03 | 2.49~2.58 | 0.35~0.50 | 0.77~0.82 | 2.16~2.89 | | | |

* 指水平数

干酪素、白面、 α -淀粉都经粉碎后过60目套筛。每组饲料按原料表(表2)称重置于振荡器上振荡混和10分钟(120转/分),然后倒入大盘内加进矿物质水溶液与配置的用油量搅成团状,最后在绞肉机上制粒,经烘箱70℃烘干1小时装袋备用。

1.3 饲养装置

实验装置由64只500 mL的容器(烧杯)与供水系统组成。每个容器外围套上网眼为0.1 cm的塑料窗纱网片,网片上沿延伸至容器口以上15.2 cm,每个容器通以直径为0.5 cm塑料

管,塑料管由调节阀与供水箱的输水主管连接。实验用水引砂滤水进入供水箱,并连续充气,由供水箱的输水主管输水至每个实验容器。实验运转时,不间断供水,待每个容器注水满后通过塑料纱网溢出容器外,经由闲置容器的黑色金属底盘收集排出实验装置,形成自流化供水。每个容器水的流通量由调节阀控制,水的交换率为 1.24 L/h,氧的饱和度为 80.6%。实验分 8 组,每组 8 个容器。容器编号区位排列于 100 cm × 90 cm 的黑色金属底盘上(图 1)。

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A ₁ | C ₁ | E ₁ | G ₁ | B ₈ | D ₈ | F ₈ | H ₈ |
| A ₂ | C ₂ | E ₂ | G ₂ | B ₇ | D ₇ | F ₇ | H ₇ |
| A ₃ | C ₃ | E ₃ | G ₃ | B ₆ | D ₆ | F ₆ | H ₆ |
| A ₄ | C ₄ | E ₄ | G ₄ | B ₅ | D ₅ | F ₅ | H ₅ |
| B ₁ | D ₁ | F ₁ | H ₁ | A ₈ | C ₈ | E ₈ | G ₈ |
| B ₂ | D ₂ | F ₂ | H ₂ | A ₇ | C ₇ | E ₇ | G ₇ |
| B ₃ | D ₃ | F ₃ | H ₃ | A ₆ | C ₆ | E ₆ | G ₆ |
| B ₄ | D ₄ | F ₄ | H ₄ | A ₅ | C ₅ | E ₅ | G ₅ |

图 1 养殖容器的区位

Fig.1 The location of culture bottles

1.4 饲养实验

实验用虾取自厦门同安马巷镇琼头村对虾育苗场,平均体长 5.7 mm。对虾运回实验室后,在水族箱暂养 3 天,然后挑选健康活泼的虾,测量体长后分别置入实验容器,每个容器放养 1 只仔虾。8 组饲料分别饲养 8 组饲养容器的虾,每天投饵率为体重的 700%,于 9:00、15:00 各投饵一次。投饵前先把备用的颗粒饲料粉碎过 40 目套筛,再用海水浸泡下沉后投喂。每天上午投饵前吸污。实验期间水温范围 22 ~ 29.5℃,海水比重 1.020 ~ 1.021。实验饲养期 25 天。

2 结果和讨论

2.1 饲养结果

实验结束,分别收集各实验容器的仔虾并逐一量体长,统计存活率和生长率列于表 4。

表 4 饲养结果

Table 4 Results of feeding experiment

| 组别 | 正交表 | | | | | | | 收虾数 (只) | 存活率 (%) | 平均生长量 (mm) | 生长率 (%) |
|----|-----|---|---|---|---|---|---|------------|------------|---------------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | G | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12.5 | 2.2 | 38.6 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 25.0 | 3.1 | 54.4 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 50.0 | 3.4 | 59.2 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 37.5 | 3.0 | 53.2 |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 7 | 87.5 | 4.6 | 80.5 |
| 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 25.0 | 3.6 | 63.7 |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 62.5 | 4.3 | 74.7 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 37.5 | 4.7 | 82.5 |

从表 4 可以看出,存活率以第 5 组最高,达 87.5%,经卡平方检验, $\chi^2 = 95.8, P < 0.05$, 各組间有极显著差异。生长率以第 8 组最高,达 82.5%,但是和第 5 组很接近,经卡平方检验, $\chi^2 = 25.3, P < 0.05$, 各組间也有明显的差异,表明实验结果是可信的。

2.2 不饱和脂肪酸对长毛对虾仔虾生长率的影响

表 3 的实验设计列出各饲料组添加用油总量占饲料的百分率、不饱和脂肪酸总量占添用油的百分率和不饱和脂肪酸总量占饲料的百分率都相当接近。而表 4 的饲养结果则表明各饲料组的生长率、存活率有显著的差异。依表 4 按不饱和脂肪酸 6 因素 2 水平(纵行)分别统计其生长率的和,和 2 水平生长率优水平的主因素顺序如表 5。

从表 5 的统计结果可以看出影响长毛对虾仔虾生长的不饱和脂肪酸的顺序是 $C_{16:n}$ 、 C_{22-24} 、 $C_{18:n}$ 和 $C_{18:3n}$ 的 2 水平含量,其它因素与其含量水平的生长率都低于对照组的生长率,不是影响生长率的主要因素。

表 5 饲料中不饱和脂肪酸及其水平数对长毛对虾仔虾生长率的影响

Table 5 Effect of dietary unsaturated fatty acids and their levels on length gain rate of *Penaeus penicillatus* post larvae

| 水 平 | a | b | c | d | e | f | g(对照) |
|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 205.4 | 237.2 | 253.0 | 244.0 | 254.8 | 230.2 | 250.2 |
| 2 | 301.4 | 269.6 | 253.8 | 262.8 | 252.0 | 276.6 | 256.6 |
| 优 水 平 | a_2 | b_2 | c_2 | d_2 | e_1 | f_2 | |
| 主因素顺序 | $a_2 > f_2 > b_2 > d_2 >$ 对照组 | | | | | | |

2.3 不饱和脂肪酸对长毛对虾仔虾存活率的影响

依表 4 按 6 个不饱和脂肪酸的 2 水平(纵行)分别统计其存活率的和,比较其优水平的顺序如表 6。

表 6 影响长毛对虾仔虾成活率的饲料不饱和脂肪酸及其水平

Table 6 Effect of dietary unsaturated fatty acids and their levels on survival rate of *P. penicillatus* post larvae

| 水 平 | a | b | c | d | e | f | g(对照) |
|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 125.0 | 150.0 | 212.5 | 125.0 | 175.0 | 137.5 | 137.5 |
| 2 | 212.5 | 187.5 | 125.0 | 212.5 | 162.5 | 200.0 | 200.0 |
| 优 水 平 | a_2 | b_2 | c_1 | d_2 | e_1 | f_2 | |
| 主因素顺序 | $a_2 = c_1 = d_2 >$ 对照组 | | | | | | |

从表 6 的统计结果表明,影响长毛对虾仔虾存活率的不饱和脂肪酸是 $C_{16:n}$ 、 $C_{18:3n}$ 的 2 水平含量和 $C_{18:2n}$ 的 1 水平含量,三者所起的作用是同等重要,其它因素与其含量水平的存活率都低于对照组,不是影响存活率的主要因素。

2.4 长毛对虾仔虾对饲料不饱和脂肪酸的需求量

由以上的研究结果表明,影响长毛对虾仔虾生长率的饲料不饱和脂肪酸的因素与水平组合是 $a_2 f_2 b_2 d_2$ 。但是,这种组合在正交表中不存在,而与第 5 组的 $a_2 f_2 b_1 d_2$ 组合较接近(见表 4)。再由于影响长毛对虾仔虾存活率的饲料不饱和脂肪酸的因素与水平的统计结果表明 $a_2 c_1 d_2$ 是最优组合,恰好与第 5 组的正交组合完全一致。因此,在本实验条件下,第 5 组的不饱和脂肪

酸含量组合是其需求量,即 $C_{16:n}$ 、 $C_{18:n}$ 、 $C_{18:2n}$ 、 $C_{18:3n}$ 、 $C_{20:1-5n}$ 和 C_{22-24} 占饲料的百分率分别是 0.24、1.40、1.85、0.43、0.76 和 2.25。

2.5 短链不饱和脂肪酸 $C_{16:n}$ 的营养价值

本研究的对虾饲养实验超出通常所用的水族箱或网箱进行饲养的方法,采用单虾饲养实验装置,排除了非营养因素对营养研究的干扰,尤其是回避了对虾饲养中的自相残食,有利于更客观地反映出增长率与存活率的实际情况,而且其供水的交换率、溶解氧的饱和度与 Louis 等[1988]所进行的罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)单虾饲养实验容器的水交换率为 1.9 L/h、氧的饱和度大于 70% 也很接近。在不饱和脂肪酸影响长毛对虾仔虾增长率、存活率的初步研究结果发现 $C_{16:n}$ 起着重要作用。尽管正交设计的概率在各饲料组中 $C_{16:n}$ 不是最高含量(表 3),但是统计分析各饲料组的饲养结果表明, $C_{16:n}$ 是影响长毛对虾仔虾增长率与存活率的主要因素。Fujii 等[1976]研究亚麻酸和 $n-3$ 高度不饱和脂肪酸对真鲷(*Chrysophrys major*)生长和饲料效率的影响,认为短链的 $n-3$ 能合成长链的 $n-3$ 。由此可见,短链的不饱和脂肪酸有提供合成或转化为长链不饱和脂肪酸的营养价值。鱼油含有较丰富的 $C_{16:n}$,可以作为长毛对虾饲料的主要用油。

3 小结

影响长毛对虾仔虾生长率的饲料不饱和脂肪酸的主要因素顺序是 $C_{16:n} > C_{22-24} > C_{18:n} > C_{18:3n}$,其中高度不饱和脂肪酸 C_{22-24} 比 C_{18} 重要;影响长毛对虾仔虾存活率的饲料不饱和脂肪酸的主要因素顺序是: $C_{16:n} = C_{18:2n} = C_{18:3n}$ 。

$C_{16:n}$ 对长毛对虾仔虾生长和存活的影响相对其它不饱和脂肪酸的影响处于首要的位置。在本实验条件下,长毛对虾仔虾饲料不饱和脂肪酸的需求量: $C_{16:n}$ 、 $C_{18:n}$ 、 $C_{18:2n}$ 、 $C_{18:3n}$ 、 $C_{20:1-5n}$ 和 C_{22-24} 分别占饲料的 0.24%、1.40%、1.85%、0.43%、0.76% 和 2.25%。

该研究为福建省自然科学基金资助项目(C92035)的部分内容。

参 考 文 献

- 王渊源.1993.鱼虾营养概论.厦门大学出版社,22~35.
- 王树森,朱会杰,王剑英.1993.中国对虾对亚油酸、亚麻酸的营养需要量.水产学报,17(1):1~6.
- 任泽林,李爱杰,薛长湖.1994.中国对虾必需脂肪酸的营养需求.青岛海洋大学学报,24(1):24~32.
- 中国科学院数学研究所概率统计室.1979.常用数理统计表.科学出版社,43:131~137.
- National Research Council.1983.Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington;National Academy Press.10.
- Fujii M, Yone Y.1976. Effect of dietary linolenic acid and $n-3$ polyunsaturated fatty acids on growth and feed efficiency. Bull Jpn Sol Sci Fish, 42:583~588.
- Louis R D, Laurieann R, John M H.1988. A Culture system for nutritional studies of crustaceans. Aquaculture, 72:379~389.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF POST LARVAE OF *PENAEUS PENICILLATUS* FOR UNSATURATED FATTY ACIDS

WANG Yuan-Yuan, JIANG Shao-Xia, CHEN Qiao

(*Fisheries College, Jimei University, 361021*)

ABSTRACT The dietary tests of post larvae of *Penaeus penicillatus* were designed by means of the gradient method, in which the nutrient content of unsaturated fatty acids was divided into six factors and at two test levels, and done in a nutrient testing system. The result shows that the growing rate and the survival rate are influenced by both the content and the kinds of unsaturated fatty acids used in this nutrient testing procedure. The optimal nutrient requirements of *Penaeus penicillatus* post larvae for $C_{16:n}$ 、 $C_{18:n}$ 、 $C_{18:2n}$ 、 $C_{18:3n}$ 、 $C_{20:1-5n}$ 、 $C_{22:24}$ are 0.24%、1.40%、1.85%、0.43%、0.76%、2.25% respectively.

KEYWORDS *Penaeus penicillatus*, Post larvae, Unsaturated fatty acids, Nutritional requirement, Orthogonal design