

[文章编号] 1007-7405(2015)01-0006-08

饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼生长的影响

游 岚

(福建省渔业指挥部办公室, 福建 福州 350003)

[摘要] 研究了饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼生长性能和饲料利用率的影响. 试验以鱼油为脂肪源, 配制脂肪水平分别为6%、8%、10%、12%和14%的5种饲料, 对平均初始体重为 (1.45 ± 0.15) g的曼氏无针乌贼进行为期60 d的饲养实验, 在饲养30 d和60 d时各取样一次进行分析. 结果表明: 在饲养30 d和60 d时, 随着饲料脂肪水平的升高, 曼氏无针乌贼的相对增重率、肝体比、肥满度、特定生长率、饲料转化率、蛋白质效率和成活率都呈抛物线变化, 但相对增重率、特定生长率、饲料转化率、蛋白质效率和成活率差异显著($P < 0.05$), 肝体比和肥满度差异不显著($P > 0.05$). 综合各项指标并分析特定生长率、饲料转化率、蛋白质效率和成活率的回归关系, 推测曼氏无针乌贼配合饲料中适宜的脂肪水平为8.92%~9.19%.

[关键词] 曼氏无针乌贼; 脂肪; 特定生长率; 饲料转化率; 蛋白质效率

[中图分类号] S 963.7

[文献标志码] A

Effects of the Dietary Lipid Levels on the Growth and Feed Utilization of *Sepiella maindroni*

YOU Lan

(The Fisheries Headquarters Office of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

Abstract: The present study evaluated the effects of dietary lipid levels on the growth and feed utilization of *Sepiella maindroni* whose average weight were (1.45 ± 0.15) g. Five experimental diets were evaluated, with different fish oil fat levels of 6%, 8%, 10%, 12% and 14%. During the 60-day feeding experiment, individuals with 30 days and 60 days treatments were sampled to analyze the dietary effects, respectively. The results showed that relative weight-gaining rate, liver to body ratio, fullness, specific growth rate, feed conversion efficiency, protein efficiency ratio and survival rate of *S. maindroni* were parabolically related to the increase of dietary lipid levels in both the 30d and 60d treatments. Weight gain rate, specific growth rate, feed conversion efficiency, protein efficiency ratio and survival rate showed significant ($P < 0.05$) differences in the different lipid levels, respectively. While liver and body ratio and fullness were not significantly ($P > 0.05$) affected. The dietary lipid levels ranging from 8.92%~9.19% appears to meet the lipid requirement for *S. maindroni*, as revealed by the analyses of the indicators and the regression analysis between specific growth rate, feed conversion efficiency, protein efficiency ratio and survival rate.

Key words: *Sepiella maindroni*; lipid levels; specific growth rate; feed conversion efficiency; protein efficiency ratio

[收稿日期] 2014-10-30

[修回日期] 2014-11-18

[基金项目] 福建省科技厅资助项目(2009S0057, 2010N3027)

[作者简介] 游岚(1965—), 女, 高级工程师, 主要从事水产养殖研究, E-mail: yl87878671@163.com.

0 引言

曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 隶属于软体动物门 (Mollusca)、头足纲 (Cephalopoda)、乌贼目 (Sepioidea)、乌贼科 (Sepiidae)、无针乌贼属 (*Sepiella*)，俗称墨鱼、墨斗鱼，为暖水性的中型乌贼，曾经是我国四大主捕对象 (大黄鱼、小黄鱼、带鱼、墨鱼) 之一。进入 21 世纪后，浙江省率先取得其人工育苗技术的突破^[1-4]；福建省随后在大批量全人工育苗和养殖技术方面取得了较为显著的进展，建立了稳定的育苗和养殖工艺^[5-6]。但迄今为止，均未实现曼氏无针乌贼的养殖产业化，究其原因，限制因素是目前缺乏成熟的曼氏无针乌贼配合饲料。因此研制与开发曼氏无针乌贼配合饲料，对于实现我国的曼氏无针乌贼养殖产业化具有十分重要的意义。

脂肪作为重要的能源物质、能量的储备形式、脂溶性维生素的溶解介质等，在水产动物的生长过程中起着不可替代的作用，是养殖动物配合饲料研制至关重要的指标之一。目前对头足类饲料脂肪的需要量研究甚少。国外学者研究表明，曼氏无针乌贼等头足类对其饵料的脂肪需要量不高：O'Dor 等^[7]和 Mommsen 等^[8]研究表明，由于头足类的消化腺对高能物质的消化吸收能力有限，导致其体内脂肪代谢水平较低；Miliou 等人^[9]和 Petza 等人^[10]的研究发现，饲料中的脂类并不能被曼氏无针乌贼很好地吸收和利用。国内方面，宁波大学王春琳和蒋霞敏发明的一种用软配合饲料喂养曼氏无针乌贼的方法，脂肪需要量为 9% ~ 11%。本研究旨在研究不同脂肪水平的饲料对曼氏无针乌贼生长性能和饲料利用效果，根据实验结果确定曼氏无针乌贼饲料中脂肪的适宜含量，为曼氏无针乌贼配合饲料的开发提供重要参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验动物

实验用的曼氏无针乌贼 (*S. maindroni*) 由宁德市南海水产科技有限公司提供，暂养一周后开始实验。暂养期间，先投喂冰鲜鳗鱼，逐渐驯化过渡到完全摄食配合饲料后，选取个体大小均匀、活力和趋光性强的曼氏无针乌贼供试验使用，试验个体初始平均体重范围为 1.3 ~ 1.6 g。

1.1.2 实验饲料

实验用饲料配方及营养组成如表 1 所示。

以鱼油为脂肪源配制脂肪水平为 6%、8%、10%、12% 和 14% 的 5 种饲料，饲料原料经粉碎过筛，添加鱼油后混合均匀制成粉末状饲料。投喂前将粉状料加一定比例的水搅拌、混合成团状，用绞肉机把团状饲料绞成条状 (长 1 ~ 3 cm，直径 0.5 ~ 1.0 cm，饲料大小规格根据乌贼的不同生长阶段进行调节)，置于 4 ℃ 冰箱保存备用，投喂前 0.5 h 取出后使用。

1.2 实验方法

1.2.1 实验设计

实验共设 5 组 (L1、L2、L3、L4、L5)，分别投喂含脂肪 6%、8%、10%、12% 和 14% (质量分数) 的配合饲料，每组设置 3 个重复。实验容器采用 60 cm × 80 cm × 50 cm 的绿色塑料水槽，养殖水体为 200 L，每个水槽放养曼氏无针乌贼 50 只，实验时间为 60 d。

1.2.2 饲养管理

1.2.2.1 饲料驯化

自然海区曼氏无针乌贼主要是摄食活饵料，比如小杂鱼、甲壳类动物等，因此，在投喂配合饲料之前必须进行人工驯化。

- 1) 饲料：把软颗粒饲料切成长条状，直径和长度应根据曼氏无针乌贼的大小进行调整。
- 2) 投喂方法：以少量多次为原则，每天投喂 4 ~ 6 次，每次投喂时先投喂配合饲料，后投活饵料。

驯化过程逐渐减少活饵料 的投喂量，增加配合饲料的投喂量，直至完全过渡到全部投喂配合饲料。

表 1 曼氏无针乌贼实验饲料的配方及营养成分组成

Tab. 1 Formulation and proximate compositions of experimental diets for *S. maindroni*

饲料成分 Dietary compositions	实验组别 Experimental groups				
	L1	L2	L3	L4	L5
酪蛋白 Casein	30	30	30	30	30
白鱼粉 White fish meal	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
鱼油 Fish oil	2.5	4.5	6.5	8.5	10.5
糊 精 Dextrin	12.2	10.2	8.2	6.2	4.2
α-淀粉 α-starch	18	18	18	18	18
乌贼粉 Squid meal	4	4	4	4	4
虾壳粉 Shrimp shell meal	2	2	2	2	2
啤酒酵母 Brewers' yeast	1	1	1	1	1
磷酸二氢钙 Monocalcium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
氯化胆碱 Choline chloride	1	1	1	1	1
多维 Vitamin mixture	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
多矿 Mineral mixture	1	1	1	1	1
总量 Total	100	100	100	100	100
营养成分(风干基础) Nutritional components(air dry basis)					
粗蛋白 Crude protein	46.39	46.29	46.48	46.13	46.02
粗脂肪 Crude lipid	6.07	8.09	10.05	12.09	14.08
粗灰分 Crude ash	13.49	13.46	13.51	13.95	13.92

1.2.2.2 日常管理

- 1) 水质条件：实验期间，水温维持在 22 ~ 25 ℃，盐度 24 ~ 27，溶氧 > 5 mg/L，pH 值为 8.1 ~ 8.3.
- 2) 投饵：饲料驯化结束后，每天上午 6:30 和下午 3:30 各投喂配合饲料 1 次，投喂量以曼氏无针乌贼饱食为止.
- 3) 换水：每日下午投饵 1 h 后进行吸污换水，换水量为 50%.
- 4) 观测：每天检查并记录曼氏无针乌贼活力、摄食情况、摄食量、发病以及死亡情况，及时清理死亡个体.

1.2.3 样品采集

采用“四分法”，从各组饲料样品中采集 100 g，装入已作标记的密封包装袋中，置于 -20 ℃冰箱中待测. 实验至第 30 d，每组随机抽取 10 只个体，实验结束时，各组全数进行体重、体长和肝重测定.

1.2.4 计算公式

$$\text{相对增重率 (WGR) } / \% = 100 \times (W_f - W_i) / W_i,$$
$$\text{特定生长率 (SGR) } / \% = 100 \times (LW_f - LW_i) / t,$$
$$\text{饲料转化率 (FCR) } / \% = 100 \times (W_f - W_i) / W_d,$$

蛋白质效率 (PER) /% = $100 \times (W_f - W_i)/W_p$,

成活率 (SR) /% = $100 \times N_i/N_f$,

肥满度 (CF) / (g · cm⁻¹) = $100 \times W_b/L$,

肝体比 (HSI) /% = $100 \times W_h/W_b$.

其中： W_f 为终末体重 (g)， W_i 为初始体重 (g)， t 为饲喂天数 (d)， W_d 为摄食饲料总量 (g)， W_p 为摄入蛋白质总量 (g)， W_b 为每只乌贼体重 (g)， L 为每只乌贼体长 (cm)， W_h 为肝胰脏质量 (g)， N_i 为初始乌贼只数， N_f 为终末乌贼只数。

1.2.5 营养成分测定

粗蛋白测定采用 GB/T 6432 饲料中粗蛋白测定方法；粗脂肪测定采用 GB/T 6433 饲料中粗脂肪的测定；粗灰分测定采用 GB/T 6438 饲料中粗灰分的测定。

1.3 数据处理与分析

所有实验数据均以平均值 ± 标准差 (Average ± SE, $n = 3$) 表示，用 SPSS 13.0 分析软件进行单因素方差分析 (ANOVA)，以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 不同饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼生长性能的影响

实验至 30 d 时，各实验组曼氏无针乌贼的生长指标测定结果如表 2 所示。实验至 60 d 结束时，各实验组曼氏无针乌贼的生长指标测定结果如表 3 所示。

表 2 曼氏无针乌贼在不同脂肪水平饲料条件下投喂 30 d 后的生长指标
Tab.2 Growth index of *S. maindroni* of feeding dietary lipid levels after 30-day feeding trial

生长指标 Growth index	实验组别 Experimental groups				
	L1	L2	L3	L4	L5
初均重(湿重) Initial average weight/g	1.38 ± 0.11	1.37 ± 0.04	1.41 ± 0.04	1.44 ± 0.06	1.46 ± 0.04
末均重(湿重)Final average weight/g	3.11 ± 0.28 ^a	3.52 ± 0.08 ^b	3.74 ± 0.12 ^b	3.12 ± 0.23 ^a	2.92 ± 0.03 ^a
相对增重率 Relatively growth rate/%	124.93 ± 6.24 ^b	156.20 ± 3.15 ^c	164.82 ± 6.06 ^c	116.21 ± 7.60 ^b	100.27 ± 2.91 ^a
末均体长 Final average body length/cm	4.20 ± 0.06	4.30 ± 0.18	4.40 ± 0.08	4.20 ± 0.14	4.00 ± 0.04
肝重(湿重) Liver weight/g	0.17 ± 0.03 ^a	0.20 ± 0.05 ^b	0.21 ± 0.02 ^b	0.17 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.03 ^a
肥满度 Condition factor/ (g · cm ⁻¹)	4.20 ± 0.07	4.42 ± 0.87	4.70 ± 0.35	4.21 ± 0.43	4.24 ± 0.08
肝体比 Hepatopancrea somatic index/%	5.47 ± 0.62	5.68 ± 1.60	5.61 ± 0.37	5.45 ± 0.31	5.48 ± 0.87
特定生长率 Specific growth rate/ %	2.71 ± 0.04 ^b	3.15 ± 0.02 ^c	3.25 ± 0.03 ^c	2.58 ± 0.05 ^{ab}	2.31 ± 0.02 ^a

说明：同行数据标注小写字母不相同组表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Values with different letters in a row indicate significant difference ($P < 0.05$) .

从表 2 和表 3 可知，各脂肪水平组曼氏无针乌贼的各项生长指标值均随饲料中脂肪水平的升高呈现先上升后下降的趋势。L2 和 L3 脂肪水平组的末均重、相对增重率、末均体长和特定生长率都显著高于 L1、L4 和 L5 脂肪水平组 ($P < 0.05$)，但这两组之间差异不显著 ($P > 0.05$)；各实验组肥满度和肝体比之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 曼氏无针乌贼在不同脂肪水平饲料条件下投喂 60 d 后的生长指标
Tab.3 Growth index of *S. maindroni* of feeding dietary lipid levels after 60-day feeding trial

生长指标 Growth index	实验组别 Experimental groups				
	L1	L2	L3	L4	L5
初均重(湿重) Initial average weight/g	1.38 ± 0.11	1.37 ± 0.04	1.41 ± 0.04	1.44 ± 0.06	1.46 ± 0.04
末均重(湿重) Final average weigh/g	5.39 ± 0.35 ^b	6.53 ± 0.13 ^c	6.94 ± 0.25 ^c	4.97 ± 0.24 ^{ab}	4.66 ± 0.31 ^a
相对增重率 Relatively growth rate/ %	290.87 ± 10.46 ^b	371.21 ± 11.54 ^c	390.98 ± 19.05 ^c	245.13 ± 10.16 ^b	219.72 ± 14.31 ^a
末均体长 Final average body length/cm	4.9 ± 0.12 ^a	5.2 ± 0.05 ^b	5.3 ± 0.06 ^{bc}	4.8 ± 0.15 ^a	4.7 ± 0.06 ^a
肝重(湿重) Liver weight/g	0.28 ± 0.02 ^b	0.33 ± 0.01 ^c	0.35 ± 0.02 ^{cd}	0.25 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.02 ^a
肥满度 Condition factor/ (g · cm ⁻¹)	4.58 ± 0.09	4.64 ± 0.20	4.66 ± 0.20	4.49 ± 0.17	4.49 ± 0.14
肝体比 Hepatopancrea somatic index/%	5.19 ± 0.12	5.05 ± 0.06	5.04 ± 0.07	5.03 ± 0.16	4.94 ± 0.29
特定生长率 Specific growth rate /%	2.27 ± 0.03 ^b	2.60 ± 0.02 ^c	2.66 ± 0.04 ^c	2.06 ± 0.03 ^a	1.93 ± 0.05 ^a

说明：同行数据标注小写字母不相同组表示差异显著 ($P < 0.05$) .
Note: Values with different letters in a row indicate significant difference ($P < 0.05$) .

分别以试验过程中曼氏无针乌贼的相对增重率和特定生长率为因变量(y)，以饲料中脂肪水平作为自变量(x)，回归曲线如图 1 所示：

相对增重率与饲料脂肪水平的回归方程：

$$y = -27080x^2 + 4969.5x - 71.998$$
$$(R^2 = 0.822\ 3, 30\ \text{d}),$$
$$y = -67343x^2 + 12127x - 181.78$$
$$(R^2 = 0.760\ 7, 60\ \text{d}).$$

特定生长率与饲料脂肪水平的回归方程：

$$y = -391.07x^2 + 71.364x - 0.1129$$
$$(R^2 = 0.853\ 1, 30\ \text{d}),$$
$$y = -282.14x^2 + 50.329x + 0.3183$$
$$(R^2 = 0.788\ 5, 60\ \text{d}).$$

由图 1 可知，30 d 和 60 d 的曼氏无针乌贼相对增重率、特定生长率随饲料脂肪水平变化的趋势是相似的，这说明饲料脂肪水平与曼氏无针乌贼的生长密切相关，适宜的脂肪含量能够明显地促进曼氏无针乌贼的生长。以 60 d 的生长数据为主分析，曼氏无针乌贼相对增重率和特定生长率达到最佳值时脂肪水平分别为 9.00%、8.92%。

2.2 曼氏无针乌贼对不同脂肪水平饲料的利用效果

经过 30 d 和 60 d 的喂养实验，各实验组的饲料转化率、蛋白质效率和成活率结果分别如表 4、

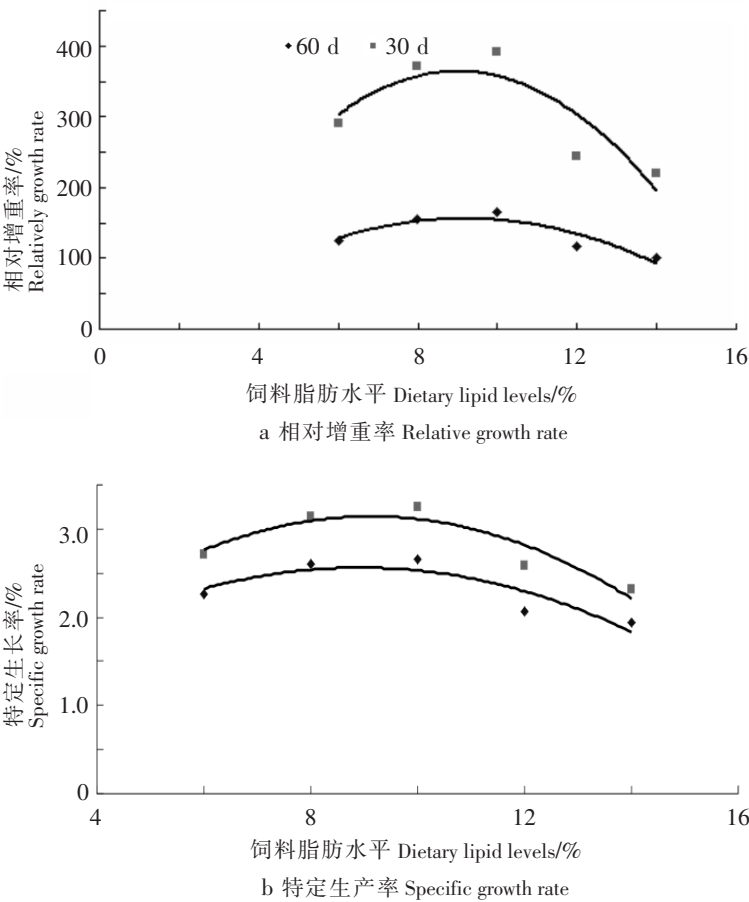


图 1 饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼相对增重率和特定生长率的影响

Fig.1 Effect of dietary lipid levels on relative growth rate and specific growth rate of *S.maindroni*

表 5 所示.

从表 4 和表 5 中可知，各脂肪水平组的饲料转化率、蛋白质效率和成活率均随饲料中脂肪水平升高呈现先上升后下降的趋势。L2 和 L3 脂肪水平组的饲料转化率、蛋白质效率和成活率显著高于其他脂肪水平组 ($P < 0.05$)；L2 和 L3 脂肪水平组的饲料转化率、蛋白质效率和成活率无显著差异 ($P > 0.05$)，另外 3 个脂肪水平组的饲料转化率、蛋白质效率和成活率也无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 4 投喂不同脂肪水平饲料 30 d 对曼氏无针乌贼饲料转化率、蛋白质效率和成活率的影响

Tab. 4 Effect of dietary lipid levels on FCR,PER,survival of *S. maindroni* after 30-day feeding trial

生长指标 Growth index	实验组别 Experimental groups				
	L1	L2	L3	L4	L5
饲料转化率 Feed conversion ratio	51.40 ± 0.30 ^b	62.60 ± 0.68 ^c	63.09 ± 1.33 ^c	51.10 ± 0.71 ^{ab}	48.95 ± 0.15 ^a
蛋白质效率 Protein efficiency ratio	77.7 ± 3.5 ^a	82.7 ± 1.2 ^b	87.3 ± 2.3 ^b	76.7 ± 3.1 ^a	75.0 ± 1.7 ^a
成活率 Survival	77.7 ± 3.5 ^a	82.7 ± 1.2 ^b	87.3 ± 2.3 ^b	76.7 ± 3.1 ^a	75.0 ± 1.7 ^a

说明：同行数据标注小写字母不相同组表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Values with different letters in a row indicate significant difference ($P < 0.05$)。

表 5 投喂不同脂肪水平饲料 60 d 对曼氏无针乌贼饲料转化率、蛋白质效率和成活率的影响

Tab. 5 Effect of dietary lipid levels on FCR, PER, survival of *S. maindroni* after 60-day feeding trial

生长指标 Growth index	实验组别 Experimental groups				
	L1	L2	L3	L4	L5
饲料转化率 Feed conversion ratio	53.17 ± 1.00 ^a	67.51 ± 0.58 ^b	72.11 ± 1.61 ^b	53.66 ± 0.93 ^a	52.72 ± 1.27 ^a
蛋白质效率 Protein efficiency ratio	60.7 ± 3.2 ^{ab}	70.0 ± 2.0 ^c	73.3 ± 3.1 ^c	55.7 ± 2.1 ^a	57.3 ± 3.1 ^a
成活率 Survival	60.7 ± 3.2 ^{ab}	70.0 ± 2.0 ^c	73.3 ± 3.1 ^c	55.7 ± 2.1 ^a	57.3 ± 3.1 ^a

说明：同行数据标注小写字母不相同组表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Values with different letters in a row indicate significant difference ($P < 0.05$)。

分别以试验过程中曼氏无针乌贼的饲料转化率、蛋白质效率和成活率为因变量 (y)，以饲料中脂肪水平作为自变量 (x)，回归曲线如图 2 所示。

饲料转化率与饲料脂肪水平的回归方程：

$$y = -3366.1x^2 + 636.06x + 0.4071$$

($R^2 = 0.6988, 30\text{ d}$)；

$$y = -3546.4x^2 + 670.69x - 0.2111$$

($R^2 = 0.6692, 60\text{ d}$)。

蛋白质效率与饲料脂肪水平的回归方程：

$$y = -6996.4x^2 + 1317.3x - 0.7391$$

($R^2 = 0.7299, 30\text{ d}$)；

$$y = -9573.2x^2 + 1840.9x - 20.865$$

($R^2 = 0.6624, 60\text{ d}$)。

成活率与饲料脂肪水平的回归方程：

$$y = -5107.1x^2 + 964.43x + 38.594$$

($R^2 = 0.7024, 30\text{ d}$)；

$$y = -6482.1x^2 + 1190.9x + 14.314$$

($R^2 = 0.5651, 60\text{ d}$)。

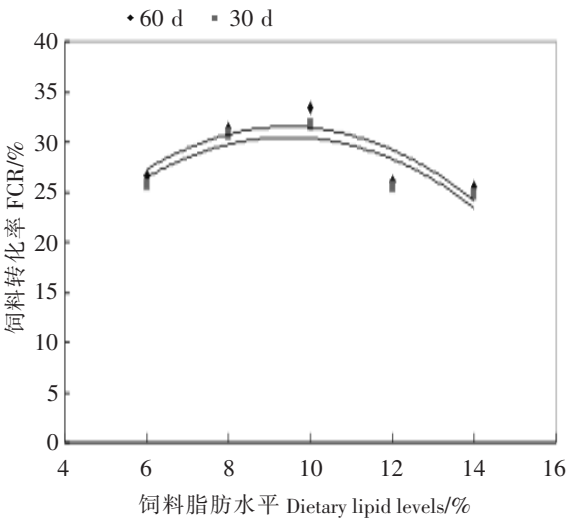


图 2 饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼饲料转化率的影响
Fig.2 Effect of dietary lipid levels on feed conversion ratio of *S.maindroni*

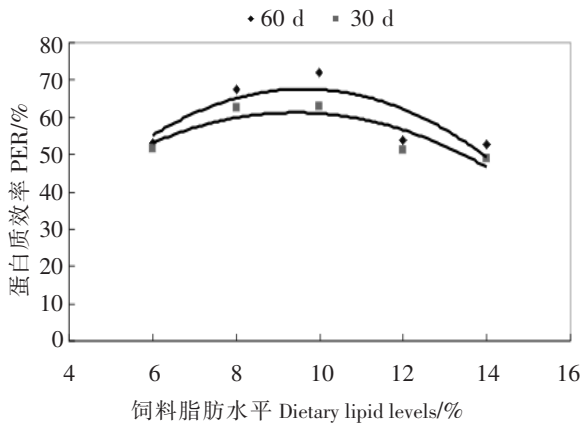


图 3 饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼蛋白质效率的影响
Fig.3 Effect of dietary lipid levels on protein efficiency ratio of *S. maindroni*

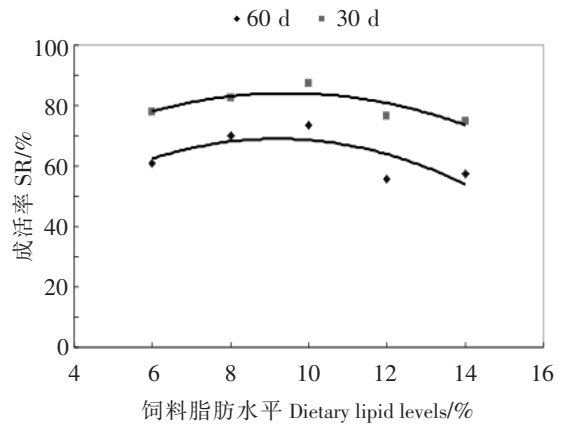


图 4 饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼成活率的影响
Fig.4 Effect of dietary lipid levels on survival of *S. maindroni*

由图 2—图 4 可知，30 d 和 60 d 的曼氏无针乌贼饲料转化率、蛋白质效率和成活率随饲料脂肪水平变化的趋势是相似的，这说明适宜的脂肪含量能够提高曼氏无针乌贼饲料的利用率。以 60 d 的生长数据为主分析，曼氏无针乌贼饲料转化率、蛋白质效率和成活率达到最佳值时脂肪水平分别为 9.46%、9.61% 和 9.19%。

3 讨论

脂肪是水产动物生长和繁殖等生命活动所必需的一类营养物质，饲料中适宜的脂肪水平具有促进养殖动物生长、提高饲料利用率和节约蛋白质的作用。目前一些研究表明，适当增加饲料脂肪含量能够促进齐口裂腹鱼 (*Schizothorax Prenanti*)、中华倒刺鲃 (*Spinibarbus sinensis*)、方斑东风螺 (*Bablonia areolata*) 等水产动物的生长并提高饲料效率，显示脂肪对蛋白质具有明显的节约效果^[11-15]。

本实验用 5 种不同脂肪水平的饲料分别喂养曼氏无针乌贼，30 d 和 60 d 后取样分析，各实验组曼氏无针乌贼的相对增重率、肥满度、特定生长率、肝体比、饲料转化率、蛋白质效率以及成活率均呈现先上升后下降的趋势，饲料系数则呈先下降后上升的趋势。本实验中用二元回归法分析饲料脂肪水平对曼氏无针乌贼相对增重率、特定生长率、饲料转化率、蛋白质效率和成活率的影响并确定曼氏无针乌贼饲料中最适脂肪水平为 8.92% ~ 9.19%。饲料中过高和过低的脂肪水平会降低曼氏无针乌贼的生长性能和饲料利用效果，这与方斑东风螺等上述几种动物的研究结果一致，具有节约饲料蛋白质的效果。此外，饲料脂肪水平在 12.09% 和 14.08% 时，曼氏无针乌贼的各项指标明显下降，实验中部分曼氏无针乌贼表现厌食、游动少或无力等行为特征，这说明脂肪水平过高不利于曼氏无针乌贼的生长，且配合饲料会因脂肪过多易氧化酸败而影响其适口性，造成曼氏无针乌贼的生长缓慢和饲料利用率降低^[16]。

本实验结果还显示，5 种不同脂肪水平的饲料对曼氏无针乌贼成体生长前期 (30 d) 与生长后期 (60 d) 各项生长指标影响的变化趋势基本一致，同等添加水平的前后差异，除了相对增重率和成活率之外，其他指标的差异不大，这是否与曼氏无针乌贼成体生长过程对脂肪需求量的差异较小有关，有待进一步研究。

本实验中，曼氏无针乌贼的绝对生长量和成活率偏低，这可能与饲料的营养配比还不能完全符合曼氏无针乌贼的营养需求、养殖水体偏小等因素有关；此外，外界环境条件如光照、水温、盐度和 pH 值等对曼氏无针乌贼的摄食也有影响，进而影响其生长和成活^[16-19]。

本研究从曼氏无针乌贼生长和饲料利用综合分析表明，曼氏无针乌贼配合饲料中适宜的脂肪水平为 8.92% ~ 9.19%。

[参考文献]

- [1] 常抗美, 吴常文, 吕振明, 等. 曼氏无针乌贼胚胎发育与人工育苗技术的研究 [J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2009, 28(3): 257-261.
- [2] 邵楚, 王春琳, 蒋霞敏, 等. 曼氏无针乌贼室内水泥池人工育苗技术 [J]. 中国水产, 2011(1): 49-50.
- [3] 顾忠旗, 胡国祥, 牟月军. 曼氏无针乌贼深水网箱养殖技术研究 [J]. 科学养鱼, 2010(10): 38-39.
- [4] 樊晓旭, 王春琳, 徐军超. 曼氏无针乌贼的海水网箱养殖技术 [J]. 中国水产, 2008(8): 56-57.
- [5] 苏跃中, 周瑞发, 刘振勇, 等. 曼氏无针乌贼规模化全人工育苗技术初探 [J]. 水产科技情报, 2011, 38(5): 219-222.
- [6] 林国文. 曼氏无针乌贼池塘养殖技术 [J]. 科学养鱼, 2011(4): 38.
- [7] O' DOR R K, MANGOLD K, BOUCHER-RODONI R, et al. Nutrient absorption, storage and remobilization in *Octopus vulgaris* [J]. Mar Behav Physiol, 1984, 11: 239-258.
- [8] MOMMSEN T P, HOCHACHKA P W. Respiratory and enzymatic properties of squid heart mitochondria [J]. Eur J Biochem, 1981, 120: 345-350.
- [9] MILIOU H, FINTIKAKI M, KOUNTOURIS T, et al. Combined effects of temperature and body weight on growth and protein utilization of the common octopus, *Octopus vulgaris* [J]. Aquaculture, 2005, 249: 245-256.
- [10] PETZA D, KATSANEVAKIS S, VERRIOPOULOS G. Experimental evaluation of the energy balance in *Octopus vulgaris*, fed *ad libitum* on a high-lipid diet [J]. Marine Biology, 2006, 148: 827-832.
- [11] 段彪, 向泉, 周兴华, 等. 齐口裂腹鱼饲料中适宜脂肪需要量的研究 [J]. 动物营养学报, 2007, 19(3): 232-236.
- [12] 李明锋. 影响鱼类饲料系数的因素 [J]. 湖北渔业, 1991, 8(1): 20.
- [13] 梁友光. 饲料脂肪水平对长吻鲩生长的影响 [J]. 水利渔业, 1999, 19(1): 45-46.
- [14] 付世建, 谢小军, 张文兵, 等. 南方鲇的营养学研究: III. 饲料脂肪对蛋白质的节约效应 [J]. 水生生物学报, 2001, 25(1): 70-75.
- [15] 许贻斌. 方斑东风螺对蛋白质和脂肪营养需求的研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2006.
- [16] 叶坤, 王秋荣, 席峰, 等. 饲料蛋白质水平对曼氏无针乌贼生长性能和饲料利用率的影响 [J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2012, 17(4): 247-252.
- [17] DOMINGUES P, FERREIRA A, MARQUEZ L, et al. Growth, absorption and assimilation efficiency by mature cuttlefish (*Sepia officinalis*) fed with alternative and artificial diets [J]. Aquacult Int, 2008, 16: 215-229.
- [18] 沈纪祥, 叶益民. 色光下曼氏无针乌贼的趋光行为 [J]. 浙江水产学院学报, 1983, 2(2): 123-130.
- [19] 王萍, 吴常文, 童懿宏. 光照对曼氏无针乌贼行为习性的影响 [J]. 河北渔业, 2009, 11(2): 3-6.
- [20] CASTRO B, LEE P. The effects of semi-purified diets on growth and condition of *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda) [J]. Comp Biochem Physiol, 1994, 109A(4): 1007-1016.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 张子平)