

方斑东风螺对饲料蛋白质 需要量的研究

许贻斌, 柯才焕*, 王德祥, 魏永杰, 吕剑泉

(厦门大学海洋与环境学院, 近海海洋环境科学国家重点实验室(厦门大学), 福建 厦门 361005)

摘要:以白鱼粉和酪蛋白为蛋白源设计了 8 个不同蛋白质水平的饲料, 在水温 26.90 ± 1.52 °C, 盐度 27.6 ± 0.5 及遮光的条件下对初始个体质量为 2.16 ± 0.05 g 的方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Link) 进行为期 60 d 的生长实验. 统计结果表明: 饲料中蛋白含量对方斑东风螺的相对增质量率呈抛物线回归关系, 在饲料蛋白含量为 43.10% 时, 相对增质量率达到最大值 ($p < 0.05$). 饲料效率、饲料系数在蛋白含量 35.17% 以上基本上无显著差异 ($p > 0.05$), 蛋白质效率随着饲料中蛋白质含量的增加而降低, 各蛋白组间的成活率没有显著差异 ($p > 0.05$). 以相对增质量率为指标, 采用回归分析法确定方斑东风螺饲料蛋白质适宜含量为 36.47% ~ 43.10%.

关键词: 方斑东风螺; 蛋白质需要量; 相对增质量率

中图分类号: S 966.2

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006)S-0216-05

方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Link) 是生活于热带、亚热带海域的肉食性兼腐肉食性浅海底栖腹足类软体动物. 由于其独特鲜美的味道, 丰富的营养价值, 被认为是名贵的海产食品. 东风螺养殖近几年已在国内兴起, 福建、广东和海南都已开始人工养殖生产, 但仅见于投喂生鲜小杂鱼. 因此, 开展东风螺的营养需求的研究进而开发人工配合饲料已成为东风螺工厂化养殖持续健康发展的迫切需要.

目前国内外关于水产动物营养及配合饲料的研究在鱼、虾、蟹等方面的工作已很多, 对有些种类营养需求的研究十分深入, 并已开发出比较完善的饲料配方. 有关东风螺的营养学研究国内外仅见柯才焕关于东风螺对不同饵料蛋白质消化吸收率的报道^[1]. 蛋白质是决定水产动物生长最关键的营养物质之一, 也是饲料成本构成最大的部分. 在营养学的研究中, 很多水产养殖品种对蛋白质的需求量深受关注^[2~10]. 为此, 我们开展方斑东风螺对饲料蛋白质需要量的研究, 以期开发配方, 推动东风螺养殖产业的发展.

1 材料与方法

1.1 实验材料和实验条件

实验的方斑东风螺系福建东山某养殖场, 经虾苗袋充氧干运至实验地在水泥池中暂养两周左右. 实验饲养

容器为直径 50 cm、盆底面积 0.2 m^2 、高 20 cm 的塑料盆, 水体为 6 L. 在实验期间, 水温在 24~29°C 之间, 平均值为 26.90 ± 1.52 °C, 盐度在 25~28 平均值为 27.6 ± 0.5 . 用黑色塑料薄膜遮阴, 创造适宜东风螺生长的条件, 每个塑料盆用网盖住, 以防东风螺爬离水面干死.

1.2 实验设计

实验共分为九组, 每组投喂不同蛋白水平的饲料, 饲料蛋白水平从 20% 蛋白水平开始, 以 5% 的蛋白含量递增至 55% 的蛋白水平, 加上一个对照组 (投喂缢蛏), 每个蛋白水平设两个重复, 总共 18 小组, 每小组 20 个体. 实验包括两周的驯化适应期和 60 d 的实验期, 驯化适应期让方斑东风螺从摄食天然饵料慢慢过渡到摄食配合饲料. 螺的壳长 2 cm 左右, 个体体质量 2.1~2.3 g 之间. 适应期满随机抽取测量东风螺的两个小组个体数量 (共 40 只) 的个体体质量和壳长, 计算两小组的平均总质量 (20 只) 为 43.20 g 而后重新随机分组, 每小组质量均控制在 43.20 g 饲养 60 d 后测量每小组每个东风螺的体质量和壳长.

1.3 实验饲料的配方组成

见表 1

1.4 实验饵料的配制和储藏

如表 1 所示配制不同蛋白含量的饲料, 每种饲料均经过混合-粉碎-混合的过程, 饲料为粉末状. 100% 过 80 目筛, 80% 过 100 目筛. 加水搅拌和成团状, 按每组螺质量的大约 10% (考虑到螺的增质量, 因此一开始的投饵量较大) 切成块状, 每块为每小组每次的投喂量, 用铝箔纸包住, -20°C 保存备用. 每次投喂前一

收稿日期: 2005-11-03

基金项目: 科技部农业科技成果转化基金 (03EFN213500133) 资助

作者简介: 许贻斌 (1979-), 男, 硕士研究生.

* 通讯作者: chke@xmu.edu.cn

表 1 方斑东风螺实验饲料的配方组成*
Tab 1 Ingredient of the experimental diets for *Babylonia areolata*

饲料编号	1	2	3	4	5	6	7	8
蛋白质水平	20	25	30	35	40	45	50	55
酪蛋白 (%)	0	6	12	18	24	30	36	42
白鱼粉 (%)	30	30	30	30	30	30	30	30
糊精 (%)	42	36	30	24	18	12	6	0

* 各个配方的其他营养成分均按鱼油: 3%; α-淀粉: 18%; 混合维生素: 1%; 矿物质: 1. 5%; 磷酸二氢钙: 3%; 氯化胆碱: 0. 5%; 诱食剂: 1%.

天将饲料放在 4℃下解冻, 以备投喂.

1. 5 实验饵料成分分析方法和营养成分组成

粗蛋白的测定采用瑞典 Buchi(布奇)仪器公司的 K-314 半自动凯式定氮仪依照凯式定氮法测定;
粗脂肪测定采用索式(无水乙醚)抽提法;
水分测定采用烘箱干燥法.
粗灰分的测定采用马福炉 550℃灰化法.
能量的测定采用美国 Parr 仪器公司生产的型号为 1261-system 2 氧弹式热量仪
各组实验饲料营养成分组成见表 2

1. 6 实验日常管理

- (1) 每两天定时, 定量投饵, 投饵 3 h 后收集残饵, 彻底换水, 残饵分别在 60℃烘箱烘干, - 20℃保存以便统计分析.
- (2) 每天检查是否有死亡个体, 及时清理, 记录死亡的螺并补充同批次相同规格的螺.
- (3) 每天早上 10. 00 点测量水温, 盐度.

1. 7 实验指标和计算方法

相对增质量率 (%) = 体质量的增加 / 最初的体质量 × 100
相对生长率 (%) = 壳的增长 / 最初壳长 × 100
蛋白质效率 = 体质量增加量 / 蛋白质增加量 = 体质量增加量 / (饲料摄取量 × 饲料蛋白质含量)
饲料效率 (%) = 增质量 / 饲料摄食量 × 100
饲料系数 = 饲料摄食量 / 增质量
成活率 (%) = (总的个数 - 死亡个数) / 总的个数 × 100

本实验中相对增质量率, 相对生长率, 饲料摄食量均以 一个实验组中 20 个个体饲养 60 d 后获得的最终数据进行统计和分析.

1. 8 数据统计方法

表 2 数据以 3 次测定的平均值的形式给出, 表 3 数据均以平均值 ± 标准差的形式给出, 不同实验组之间的

差异用 spss 11. 0 统计软件 Tukey 进行显著性分析.

2 结 果

2. 1 不同蛋白质含量的饲料饲养方斑东风螺的效果

经过 60 d 的养殖实验, 各实验组方斑东风螺的初末总质量、相对增质量率、初末壳总长、相对增长率、饲料效率、饲料系数、蛋白质效率、成活率等指标列于表 3 由表 3 可见, 东风螺的相对增质量率和相对增长率在饲料蛋白质含量为 41. 12% 时达到最大值, 相对增质量率随着饲料中蛋白质的含量增加呈现抛物线回归的关系 ($p < 0. 05$). 饲料系数和饲料效率在蛋白质含量 41. 12% 组分别达到最小值和最高值, 饲料效率、饲料系数在蛋白含量 35. 17% 以上基本上无显著差异 ($p > 0. 05$). 蛋白质效率随着饲料中蛋白质含量的增加而降低, 各蛋白组间的成活率没有显著差异 ($p > 0. 05$). 综上, 蛋白含量 41. 12% 组在相对增质量率、饵料系数等各项指标中均优于其他蛋白含量饲料组.

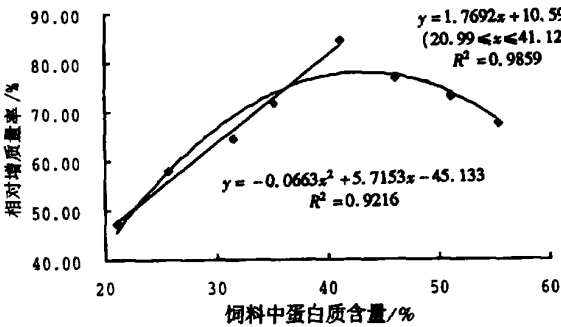


图 1 饲料中不同蛋白质含量与方斑东风螺相对增质量率关系的曲线分析图

Fig 1 Curve figure analysis of relatively percent mass gain in *Babylonia areolata* fed experimental diets containing various protein levels

表 2 方斑东风螺实验饲料营养成分分析									
Tab 2 Analysis of nutrient of experimental diets for <i>Babylonia areolata</i>									
饲料编号	1	2	3	4	5	6	7	8	对照组*
粗蛋白 (% , dry mass)	20.99	25.55	31.50	35.17	41.12	46.12	51.06	55.23	65.36
粗脂肪 (% , dry mass)	5.54	5.45	5.57	5.54	5.38	5.33	5.41	5.51	5.23
粗灰分 (% , dry mass)	9.79	9.53	9.52	9.64	9.73	9.94	9.68	9.84	15.05
水分 (% , wet mass)	6.24	6.55	6.98	6.65	6.26	6.94	6.71	6.42	83.26
能量 (MJ/kg)	16.17	16.77	17.16	17.36	17.76	18.16	18.59	18.96	19.35
蛋白能量比 (g/MJ)	12.98	15.23	18.36	20.26	23.16	25.39	27.46	29.13	33.77

* 为对照组天然饵料缢蛭在 60℃烘干后测定的蛋白、脂肪、灰分值和能量值.

表 3 不同蛋白质含量的饲料对方斑东风螺生长的影响 (平均值 ±标准差)									
Tab 3 Growth performance of <i>Babylonia areolata</i> fed the diets containing various protein levels (average ±SD)									
饲料编号	1	2	3	4	5	6	7	8	对照组
初质量 (g)	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05	2.16±0.05
末质量 (g)	3.18±0.27	3.42±0.26	3.56±0.25	3.71±0.25	3.99±0.28	3.82±0.28	3.74±0.30	3.62±0.23	4.15±0.28
相对增质量率 (%)	47.11±0.49 ^a	58.10±0.65 ^b	64.58±1.31 ^c	71.76±0.65 ^d	84.49±0.65 ^e	76.85±1.31 ^f	73.26±0.49 ^{df}	67.64±1.38 ^c	92.13±0.98 ^e
初长 (mm)	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07	2.20±0.07
末壳长 (mm)	2.44±0.14	2.49±0.09	2.51±0.09	2.54±0.08	2.63±0.12	2.57±0.14	2.54±0.11	2.52±0.11	2.76±0.14
相对增长率 (%)	11.01±1.19 ^a	13.23±0.79 ^{ac}	14.11±0.94 ^{ac}	15.38±0.07 ^{ad}	19.47±1.30 ^{bde}	16.60±1.64 ^{cdf}	15.56±0.92 ^{aef}	14.53±1.92 ^{af}	25.57±0.94 ^e
摄入蛋白量 (g)	11.87±0.38 ^a	14.91±0.59 ^a	19.07±0.01 ^b	22.27±0.73 ^{bc}	30.22±0.81 ^d	31.01±1.30 ^{de}	33.42±0.97 ^{df}	35.49±1.58 ^f	
饲料效率 (%)	36.00±0.78 ^a	43.04±1.22 ^b	46.10±0.91 ^b	48.98±1.16 ^c	49.69±1.71 ^c	49.41±1.23 ^c	48.38±1.08 ^c	45.50±1.10 ^{bc}	
饲料系数	2.78±0.06 ^a	2.32±0.07 ^b	2.17±0.04 ^b	2.04±0.05 ^c	2.01±0.07 ^c	2.02±0.05 ^c	2.07±0.05 ^c	2.20±0.05 ^{bc}	
蛋白质效率	1.72±0.04 ^a	1.68±0.05 ^a	1.46±0.03 ^b	1.39±0.03 ^b	1.21±0.04 ^c	1.07±0.03 ^d	0.95±0.02 ^{de}	0.82±0.02 ^{ef}	
成活率 (%)	90.00±7.07 ^a	90.00±0.00 ^a	87.5±3.54 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	97.50±3.54 ^a	95.00±7.07 ^a	90.00±0.00 ^a	

注: 表中同一行的数值在右上角标相同的字母则表示差异不显著 ($p > 0.05$); 右上角标有字母全部不同的表示差异显著 ($p < 0.05$).

2 2 方斑东风螺对饲料中蛋白质适宜需要量的确定

研究鱼虾对饲料中蛋白质需求的方法有蛋白质梯度法和回归分析法^[5], 在本实验中, 我们以相对增质量率为指标, 按直线回归法, 则相对增质量率和饲料蛋白质含量的直线方程为: $y = 1.7692x + 10.599$ ($20.99 \leq x \leq 41.12$) ($R^2 = 0.9859$). 按抛物线回归法, 则相对增质量率和饲料蛋白质含量的抛物线方程为: $y = -0.0663x^2 + 5.7153x - 45.133$ ($R^2 = 0.9216$). (见图 1) 抛物线和直线的交点的横坐标为 23.05 和 36.47. 抛物线的最高点的横坐标为 43.10. 根据直线回归方程, 饲料中蛋白质的含量低于 36.47% 时, 螺的相对增质量率和饲料中蛋白质的含量呈正相关. 根据抛物线方程, 那么当饲料中蛋白质含量高于 43.10% 时, 相对增

质量率和饲料中蛋白质的含量呈负相关, 抛物线和直线的交点的横坐标值即是东风螺对饲料中蛋白质的需要量的低限, 而抛物线的顶点的横坐标 43.10% 则是东风螺对饲料中蛋白质的需要量的高限. 因此, 我们可以知道, 方斑东风螺饲料蛋白质适宜含量为 36.47% ~ 43.10%.

3 讨 论

3 1 确定饲料中蛋白质需要量主要指标的选择

Mai 等指出: 蛋白质转化率 (FCE) 和蛋白质效率 (PER) 等指标的可靠性在很大程度上是依赖于对鱼类摄食的精确定量, 但由于养殖条件和技术手段的限制, 使得这种精确定量非常困难. 这是多数研究者不采用

这类指标来确定鱼类饲料的最适蛋白质含量的重要原因。^[12]因此很多关于蛋白需求量的研究都是采用生长速率的指标来确定。研究对象饲料我们制作为团状, 适合东风螺的摄食, 但团状饲料相对于颗粒膨化饲料在水中散失率较大, 这些对残余饵料准确定量有一定的影响, 因此本文采用相对增质量率的指标来确定方斑东风螺的蛋白质需求量。

3 2 对照组与实验组增质量率的比较

饲料中的其它不同营养成分的不同也会影响生物体对蛋白质的适宜需求量的不同。在本实验中, 对照组投喂缢蛭, 其相对增质量率高于用配合饲料投喂的任何一组, 这在对东风螺的营养需求一无所知的情况下是可能的, 因为配方的其他营养元素的搭配和添加量只是参考其他水产动物的饲料组成, 而本配方的各营养素的配比尚不完善, 不可能完全满足东风螺的营养需求。而缢蛭作为人类食用的或者其他海产动物捕食的海产品, 尽管本身含有的灰分含量较其他饲料组的高, 但由于本身具有很高营养价值, 其干质量的蛋白质含量为 65.36%, 氨基酸组成和维生素、矿物质的组成及配比可能更接近方斑东风螺的营养需求。因此在方斑东风螺饲料配方探索实验的初期, 缢蛭作为饵料相比于我们设计的实验配方来说营养相对全面, 适口性更好, 所产生的增质量效应更为明显。但随着东风螺营养需求研究的深入, 有望研发出臻于完善的配合饲料, 其效果更好, 又便于工厂化操作及保护环境。

3 3 方斑东风螺对蛋白质适宜需求量影响因素

不同生长发育阶段的个体或者同一生长发育阶段个体, 在不同的水温、盐度等环境条件下, 都有可能致其其对蛋白质的最适宜需求量的不同^[15-10]。在鱼、虾、蟹的营养需求的研究中, 已有不少报道。一般来说, 鱼类对蛋白质的需求随着个体增大呈下降趋势^[11]。方斑东风螺浮游的幼体是植物食性的, 以浮游藻类为食。附着变态后, 转为动物食性^[13]。很显然, 东风螺在不同生长发育阶段对蛋白质的摄食需求量是不同的。本实验仅限于方斑东风螺在壳长 2 cm 左右的生长阶段, 重要环境因子、温、盐也是设定的, 因此, 本实验所得的结论仅适用于这些背景条件。今后尚需继续研究东风螺不同生长阶段以及多因素组合因子联合作用下对摄食蛋白质的营养需求, 才能为研发人工配合饲料提供较全面的科学依据。

3 4 实验指标与饲料蛋白质含量变化的关系

随饲料中蛋白含量的增加方斑东风螺的相对增质量率呈现先上升后下降的趋势, 这种变化关系在其他的学者关于其他水产动物的蛋白质的营养需求的相关

研究^[2-4, 6, 7]中也有许多报道。饲料效率的变化和扬州^[4]等对暗纹东方鲀蛋白质需要量的研究和王贵英^[2]等对鳊配合饲料的最适蛋白质含量的研究结果一致。

蛋白质效率随着饲料中蛋白质含量的变化趋势与扬州^[4]等对暗纹东方鲀蛋白质幼鱼需要量研究和刘立鹤^[6]等对南美白对虾最适蛋白需要量中蛋白质效率的变化趋势是一致的。

对于鱼类来说, 不适宜的能量含量会使蛋白质成为一种能源, 从而导致了蛋白质效率的降低, 造成蛋白质的浪费。再者, 研究对象对蛋白质的消化能力也是影响蛋白质效率的。对于方斑东风螺来说, 东风螺对蛋白质有较强的消化能力^[1]。从实验中不同的蛋白含量导致的不同的能量值看, 饲料的蛋白能量比是逐步升高时, 蛋白质效率是逐步降低的。这和鱼类对蛋白质的利用规律是一致的。因此, 适宜的蛋白能量比也是影响饲料质量和动物生长的重要指标, 我们还应该在下一步的实验中研究方斑东风螺生长所需的饲料中的适宜能量蛋白比。

参考文献:

[1] 柯才焕, 符艳, 汤鸿, 等. 波部台湾东风螺对饵料的摄食和饵料蛋白质的消化率[J]. 海洋科学, 1997 (5): 5-7.

[2] 王贵英, 曾可为, 高银爱, 等. 鳊配合饲料的最适蛋白质含量[J]. 水生生物学报, 2005, 29(2): 189-192.

[3] 张文兵, 谢小军, 付世建, 等. 南方鲇的营养学研究: 饲料的最适蛋白质含量[J]. 水生生物学报, 2000, 24(6): 603-609.

[4] 扬州, 杨家新. 暗纹东方鲀幼鱼对蛋白质的最适需要量[J]. 水产学报, 2003, 27(5): 450-455.

[5] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

[6] 刘立鹤, 郑石轩, 郑献昌, 等. 南美白对虾最适蛋白需要量及饲料蛋白水平对体组分的影响[J]. 水利渔业, 2003, 23(2): 11-12.

[7] Tibbets S M, Lall S P, Anderson D M. Dietary protein requirement of juvenile American eel (*Anguilla rostrata*) fed practical diets[J]. Aquaculture, 2000, 186: 145-155.

[8] Britz P J. Effect of dietary protein level on growth performance of South African abalone *Haliotis midae* fed fishmeal-based semi-purified diets[J]. Aquaculture, 1996, 140: 55-61.

[9] Vergara J M, Fernandez-Palacios H, Robaina L, et al. The effects of varying dietary protein level on the growth, feed efficiency, protein utilization and body composition of gilthead sea bream fry[J]. Fisheries Science, 1996(62): 620-623.

[10] Nasir Kureshy, Allen Davis D. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*[J]. Aquaculture, 2004, 204:

125– 143

[11] National Research Council Nutrition Requirement of Fish [M]. Washington DC: National Academy Press, 1993: 6– 114

[12] Mai K, mercer J P, Donbn J. Comparative studies on the nutrition of two species of ababne, Halibut and Halibutis discus. In: IV. Optimum dietary protein level for growth [J]. Aquaculture, 1995, 136: 165– 180

[13] 刘德经, 肖思祺. 台湾东风螺生态学的初步研究 [J]. 中国水产科学, 5(1): 92– 96

Studies on Protein Requirement of*Babylonia areolata* Link

XU Yabin, KE Caihuan*, WANG De-xiang, WEI Yong-jie, LV Jian-quan

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, State Key Laboratory of Marine Environmental Science (Xiamen University), Xiamen 361005, China)

Abstract A 60-day growth experiment was conducted in order to determine the protein requirement for the growth of *Babylonia areolata* Link with initial mass of 2.16 ± 0.05 g, at the temperature of 26.90 ± 1.52 °C and the salinity of 27.6 ± 0.5 . White fish meal and casein were used as the main dietary protein source to formulate experimental diets at eight protein levels. The results showed that the relationship between the feed protein requirement and the relative mass gain of *Babylonia areolata* Link was parabolic regression. The relative mass gain of *Babylonia areolata* reached its maximum when the dietary protein level was up to 43.10%. ($p < 0.05$) There was no significant difference between the diets feed efficiency and feed coefficient when dietary protein level was over 35.17% ($p > 0.05$). The protein efficiency ratio tended to decrease with the increasing dietary protein level. There was no significant difference in the survival rate ($p > 0.05$). Based on the analysis of regression equation and using the relative mass gain as index, we could determine that the optimal protein requirement of *Babylonia areolata* Link should be at the range of 36.47% ~ 43.10%.

Key words *Babylonia areolata* Link; protein requirement; relative mass gain