

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 22620061152357

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

方斑东风螺对饲料蛋白源的选择及钙磷
需求的研究

**Studies on Dietary Protein Sources Utilization , Calcium
and Phosphorus Requirements of Ivory Shell,
Babylonia areolata Link**

吴建国

指导教师姓名: 柯才焕教授

专业名称: 环境科学

论文提交日期: 2009年08月

论文答辩时间: 2009年08月

学位授予日期: 2009年 月

答辩委员会主席: 李复雪教授

评 阅 人: 周时强教授

方少华研究员

2009年08月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(厦门大学海洋与环境学院底栖生物)课题(组)的研究成果,获得(现代农业产业技术体系建设专项资金nycytx-47)课题(组)经费或实验室的资助,在(厦门大学海洋与环境学院底栖生物)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目录	
摘要	I
ABSTRACT	III
1 前言	1
1.1 研究的目的是和意义	1
1.2 水产动物蛋白源营养研究现状	2
1.2.1 动物性蛋白源.....	4
1.2.2 植物性蛋白源.....	5
1.2.3 单细胞蛋白源.....	8
1.3 水产动物钙磷营养研究概况	8
1.3.1 水产动物钙营养需求的研究概况.....	9
1.3.2 水产动物磷营养需求的研究概况.....	11
2 材料及方法	14
2.1 方斑东风螺蛋白源营养需求研究	14
2.1.1 实验材料.....	14
2.1.2 实验条件.....	14
2.1.3 实验设计.....	14
2.1.4 实验饵料的配制与投喂.....	15
2.1.5 实验饵料成分分析方法.....	16
2.1.6 实验指标.....	18
2.2 不同蛋白源对方斑东风螺软体组成成分及免疫应答能力的影响	19
2.2.1 实验材料.....	19
2.2.2 生化组成分析材料的制备.....	19
2.2.3 免疫应答能力试验材料制备.....	19
2.2.4 软体组成成分分析方法.....	19
2.2.5 免疫应答能力测定.....	19
2.2.6 数据处理.....	20
2.3 方斑东风螺钙磷营养需求研究	20

2.3.1 实验材料.....	20
2.3.2 基础日粮配方.....	21
2.3.3 实验处理及分组.....	22
2.3.4 饲喂方式.....	23
2.3.5 实验条件.....	23
2.3.6 实验饵料的配制.....	23
2.3.7 实验饵料成分分析方法.....	23
2.3.8 样品分析.....	24
2.3.9 数据处理.....	26
3 结果	27
3.1 方斑东风螺蛋白源营养研究	27
3.1.1 不同蛋白源饲料对方斑东风螺生长性能的影响.....	27
3.1.2 不同蛋白源饲料的饲料效果.....	30
3.1.3 不同蛋白源饲料对方斑东风螺基本营养成分的影响.....	30
3.1.4 不同蛋白源饲料对方斑东风螺免疫应答能力的影响.....	31
3.2 方斑东风螺钙磷营养需求研究	33
3.2.1 不同钙磷水平的饲料对方斑东风螺生长性能的影响.....	33
3.2.2 日增重及日增长.....	35
3.2.3 饲料效果及成活率.....	37
3.2.4 方斑东风螺组成成分及壳肉比.....	38
3.2.5 碱性磷酸酶（AKP）活力.....	41
4 讨论	42
4.1 方斑东风螺蛋白源营养研究	42
4.1.1 鱼粉作为单一蛋白源对增重率及相对增长率的不同影响.....	42
4.1.2 对照组与实验组生长性能的差异分析.....	42
4.1.3 不同蛋白源饲料对免疫应答能力的影响.....	43
4.1.4 不同蛋白源的营养价值及经济价值.....	44
4.2 方斑东风螺钙磷营养需求研究	46
4.2.1 不同钙磷水平的饲料对生长性能的影响.....	46

4.2.2 基本营养成分及各组织矿物质元素成分变化.....	47
4.2.3 对血清 AKP 活力的影响.....	48
4.2.4 钙营养的需求情况及钙磷交互作用.....	49
4.2.5 水产养殖中矿物质营养涉及的经济及环境效益.....	50
5 小结	52
6 创新点、不足与展望	53
6.1 创新点	53
6.2 不足与展望	53
参考文献	54
致谢.....	67
附录.....	68

Content	
Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	III
1 Introduction.....	1
1.1 Main purpose of present study	1
1.2 Survey in studies on protein sources of aquatic animal	2
1.2.1 Animal protein sources	4
1.2.2 Plant protein sources	5
1.2.3 Single-cell protein, SCP.....	8
1.3 Survey in studies on Calcium and Phosphorus requirements for aquatic animal.....	8
1.3.1 Survey in studies on Calcium requirement for aquatic animal	9
1.3.2 Survey in studies on phosphorus requirement for aquatic animal	11
2 Materials and methods	14
2.1 Studies on protein sources requirement of <i>Babylonia areolata</i> Link	14
2.1.1 Experimental materials	14
2.1.2 Experimental condition.....	14
2.1.3 Treatments.....	14
2.1.4 Feed manufacture.....	15
2.1.5 Feed analysis.....	16
2.1.6 Experimental indices.....	18
2.2 Effect of various protein sources on soft-body compositions and immune response of <i>Babylonia areolata</i> Link.....	19
2.2.1 Experimental materials	19
2.2.2 Preparation of the material of biochemical composition analysis	19
2.2.3 Preparation of the material of immune response	19
2.2.4 Soft-body nutritional composition analysis	19
2.2.5 Immune response analysis	19

2.2.6	Statistic analysis.....	20
2.3	Studies on Calcium and Phosphorus requirements of <i>Babylonia areolata</i>	
Link	20
2.3.1	Experimental materials	20
2.3.2	Basal diet formulation.....	21
2.3.3	Treatments.....	22
2.3.4	Animal rearing	23
2.3.5	Experimental condition.....	23
2.3.6	Feed manufacture.....	23
2.3.7	Feed analysis.....	23
2.3.8	Sample analysis.....	24
2.3.9	Statistic analysis.....	26
3	Results.....	27
3.1	Studies on protein sources requirement of <i>Babylonia areolata</i> Link.....	27
3.1.1	Effect of various protein sources on growth performance	27
3.1.2	Feed performance of various protein sources	30
3.1.3	Effect of various protein sources on nutritional composition.....	30
3.1.4	Effect of various protein sources on immune response.....	31
3.2	Studies on Calcium and Phosphorus requirements of <i>Babylonia areolata</i>	
Link	33
3.2.1	Effect of different levels Calcium and Phosphorus diets on the growth performance	33
3.2.2	Daily weight gain and daily shell length gain.....	35
3.2.3	Feed performance and survival ratio.....	37
3.2.4	Mineral contents and shell/soft body ratio.....	38
3.2.5	AKP activity.....	41
4	Discussion.....	42
4.1	Studies on protein sources requirement of <i>Babylonia areolata</i> Link.....	42
4.1.1	The different effect of the diet come from fish meal on weight gain rate	

and relative shell length gain	42
4.1.2 Analysis of the difference on growth performance of control group and experimental groups	42
4.1.3 Effect of various protein sources on immune response	43
4.1.4 Nutritional and economic value of various protein sources.....	44
4.2 Studies on Calcium and Phosphorus requirements of <i>Babylonia areolata</i>	
Link	46
4.2.1 Effect of different levels Calcium and Phosphorus diets on the growth performance	46
4.2.2 Changes in nutritional compositions and selected mineral contents of different tissues	47
4.2.3 Effect of AKP activity	48
4.2.4 The requirement of Calcium and Ca×P interaction	49
4.2.5 Economic and environmental profit of mineral requirement in aquaculture.....	50
5 Conclusions and prospects	52
6 Innovation, Insufficiency and prospects.....	53
6.1 Innovation.....	53
6.2 Insufficiency and prospects.....	53
References.....	54
Acknowledgments	67
Appendix.....	68

摘要

蛋白质和钙磷是水产动物重要的营养成分。本文选用鱼粉(Fish meal:FM)、豆粕(Soybean meal:SBM)、菜籽粕(Rapeseed meal:RM)、啤酒酵母(Beer yeast:BY)为原料设计六种不同蛋白源组合的饲料,在水温为 25-28 °C 之间、盐度为 26-28 的条件下,对初始体重为 2.95 ± 0.28 g、壳长为 2.06 ± 0.10 cm 的方斑东风螺(*Babylonia areolata* Link)进行为期 60 d 的生长实验,以确定方斑东风螺最适宜的蛋白源,并对方斑东风螺肉质营养组成和免疫应答能力进行实验分析。另外,本文在以酪蛋白-白鱼粉为基础日粮的等氮饲料(粗蛋白, 39%)中添加五个处理水平的磷即 0.0%、0.5%、1.0%、1.5%和 2.0%,同时在每个处理水平分别添加 0.0%和 1.5%的钙,共形成十个实验处理组,饲喂经 15 d 未添加钙磷的基础日粮驯化适应的方斑东风螺,经 60 d 的生长试验后,测定了方斑东风螺软体的生长表现、肉质营养组成、矿物质元素含量及其碱性磷酸酶(AKP)活力,以确定方斑东风螺的钙磷营养需求量。经分析,本文得到以下主要结果:

1 方斑东风螺的蛋白源营养研究

不同蛋白源饲料对方斑东风螺肉质营养组成和免疫应答能力影响的试验结果表明,各实验组的粗脂肪含量以鱼粉作为单一蛋白源的 Diet 1 最高,高于以部分植物性蛋白源替代鱼粉的实验组;各实验组方斑东风螺的粗灰分则以 Diet 1 (鱼粉)最低,且显著低于其它各试验组 ($P<0.05$);各实验组的粗蛋白、水分含量和能值变化并无显著差异 ($P>0.05$)。SOD 活力和 ACP 活力随着饲料中植物性蛋白源替代比例的增加而降低,说明植物性蛋白源添加抑制了方斑东风螺的免疫应答能力,但以鱼粉、豆粕、菜籽粕 1:1:1 的比例组合为蛋白源的 Diet 5 其活力有所提高。

经不同蛋白源饲料处理后的各实验组中,以 Diet 5 (FM1+SBM1+RM1) 增重率最高,且显著高于 Diet 1 (FM) ($P<0.05$),但与其它各实验组差异不显著 ($P>0.05$)。饲料效果(蛋白质效率、饲料效率及死亡率)变化趋势与增重率类似。Diet 1 和 Diet 5 两组的相对增长率显著高于其它各实验组 ($P<0.05$)。本研究表明,日粮中各种蛋白源以适当比例混合使用才能获得最佳的生长表现及饲养效益,即 Diet 5 中鱼粉、豆粕、菜籽粕 1:1:1 的比例组合为方斑东风螺最适宜的

蛋白源。

2 方斑东风螺钙磷营养需求研究

应用不同钙及磷含量饲料饲喂方斑东风螺 60 d 后，其肉质的粗脂肪含量随着饲料中磷添加量的增加而下降，粗蛋白含量以添加 0.5% 磷的实验组最低。饲料中的钙及磷水平变化并不影响方斑东风螺壳的矿物质元素含量。其软体的矿物质元素组成不受饲料中钙水平的影响，但软体中的磷元素含量随着饲料中的磷添加水平的增高而增加，Mn 和 Zn 的含量随着饲料中的磷添加水平的增高而降低。一定范围内方斑东风螺的 AKP 活力整体变化趋势是随着饲料中钙磷添加水平的增加而变高，实验动物的 AKP 活性对饵料中的钙磷含量变化较敏感。

不同钙水平（0%及 1.5%）饲料并不对方斑东风螺的生长性能及机体组成产生影响（ $P>0.05$ ），在当前试验条件下，不必在基础日粮中添加钙，动物体可以从水体中吸收溶解钙以满足自身的需要。但不同磷添加水平则对方斑东风螺增重率和相对增长率有显著影响（ $P<0.05$ ），且钙与磷之间存在交互作用（ $P<0.05$ ），当饲料中添加 0.5%的磷（总磷，0.64%）得到最佳的生长表现，饲料效果也显著优于其它各实验组。以增重为指标，采用回归分析法确定的饲料中最适的总磷（Total Phosphorus）添加水平为 0.64-0.97%，适宜的钙磷比为 0.42-0.64:1。

关键词：方斑东风螺；蛋白源；钙；磷；免疫

ABSTRACT

Protein, calcium (Ca) and phosphorus (P) are important nutrient compositions for aquatic animals. A 60-day growth study was conducted using ivory shell (*Babylonia areolata* Link) with mean initial weight and shell length of 2.95 ± 0.28 g and 2.06 ± 0.10 cm, respectively, to evaluate the efficacy of six practical diets containing various protein sources such as fish meal (FM), soybean meal (SBM), rapeseed meal (RM) and beer yeast (BY) in different combinations, at a temperature range of 25-28 °C and the salinity range of 26-28. After 60 days, carcass compositions and immune indices of ivory shell were analyzed. Then, ten isonitrogenous (39% CP) casein-fish meal-based diets containing five graded levels of P (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%) for each of two levels of Ca (0.0, 1.5%) were fed to ivory shell previously fed a basal diet without P and Ca for 15 days. After 60-day growth experiment, growth performance, carcass compositions, mineral contents and alkaline phosphatase (AKP) were measured in order to determine the Ca and P requirements for ivory shell. Followings are the major conclusions:

1 Studies on protein sources of *Babylonia areolata* Link

The result of carcass compositions and immune indices for ivory shell fed various protein sources showed that Diet 1, feeding the protein sources coming from fish meal, produced the highest crude fat, and greater than diets which partially replaced by plant protein source, moreover, the crude ash of Diet 1 was significantly lower than other diets ($P < 0.05$). Crude protein, moisture and energy value were not significantly different among all treatments ($P > 0.05$). SOD and ACP activity were decreased with the plant protein sources inclusion, and it implied that the plant protein source inhibited the immune response for ivory shell, however, Diet 5 feeding protein sources coming from a combination of FM, SBM and RM (1:1:1) attained progressive improvement.

After various protein sources feeding trial, Diet 5 obtained the highest relative weight gain (RWG) in test diets, and significantly greater than Diet1 ($P < 0.05$), however, not significantly different ($P > 0.05$) from other diets. Feed performance

showed the same trend as relative weight gain. Diet 1 and Diet 5 gave a significantly better performance than the other four diets in relative shell length gain (RSLG) ($P < 0.05$). This study indicated that a combination of alternative dietary protein sources with proper ratio was necessary to attain the best growth performance and profit, furthermore, based on the analysis of the data of this study, we could determine the optimal protein sources for ivory shell was Diet 5 which used the combination of FM, SBM and RM (1:1:1).

2 Studies on calcium and phosphorus requirements of *Babylonia areolata* Link

After 60-day growth study fed different levels of Ca and P, the crude fat of ivory shell was decline with increasing P levels, and the diet containing 0.5% P produced the lowest crude protein. There were no correlation between shell mineral contents and dietary Ca and P supplemental levels. Mineral contents of soft body were not affected by difference of dietary levels of Ca, but the soft-body P content was increased with the dietary P supplementation, furthermore, it had a negative correlation between dietary P and the Zn and Mn contents of soft body. Alkaline phosphatase (AKP) activity of ivory shell tended to increase with dietary Ca and P supplementation, and the AKP activity was sensitive to the dietary Ca and P levels.

The growth performance and carcass compositions were not significantly affected by dietary Ca ($P > 0.05$). Under the present experimental conditions, there is no dietary Ca requirement for ivory shell because the necessary amount can be taken up directly from the rearing water. However, weigh gain rate (WGR) and relative shell length gain (RSLG) were significantly affected by the dietary P ($P < 0.05$), and there was significant interaction between Ca and P ($P < 0.05$), the diet containing 0.5% supplemental P (total P, 0.64%) resulted in best growth performance and feed performance. Based on the analysis of regression equation and measured by the weight gain rate, we could determine that the optimum total P requirement of *Babylonia areolata* Link should be 0.64-0.97%, and the optimum calcium/phosphorus ratio of the diets was 0.42-0.64:1.

Key words: *Babylonia areolata* Link; Protein Sources; Calcium; Phosphorus; Immune

1 前言

1.1 研究的目的和意义

方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Link) 属软体动物门 (Mollusca)、腹足纲 (Gastropoda)、前鳃亚纲 (Prosobranchia)、新腹足目 (Neogastropoda)、蛾螺科 (Buccinidae), 是生活于热带、亚热带海域的腐肉食性浅海底栖腹足类动物, 在我国东海、南海、日本及泰国等海域广泛分布。但是, 由于海区污染、全球气候变暖及过度捕捞等原因, 近年来野生东风螺资源日渐衰竭, 而市场需求又连年增长, 导致其价格节节上涨, 目前已成为高档的海味珍品, 同时, 由于具有离水存活期长, 耐长途运输等特点, 东风螺也是出口香港、台湾和日本等地市场的海鲜品, 其螺肉干被台湾百姓和东南亚华侨视为滋补珍品, 鲜螺肉片经加工急冻后远销日本和韩国, 深受消费者青睐, 因此开展东风螺的人工养殖具有广阔的市场前景。

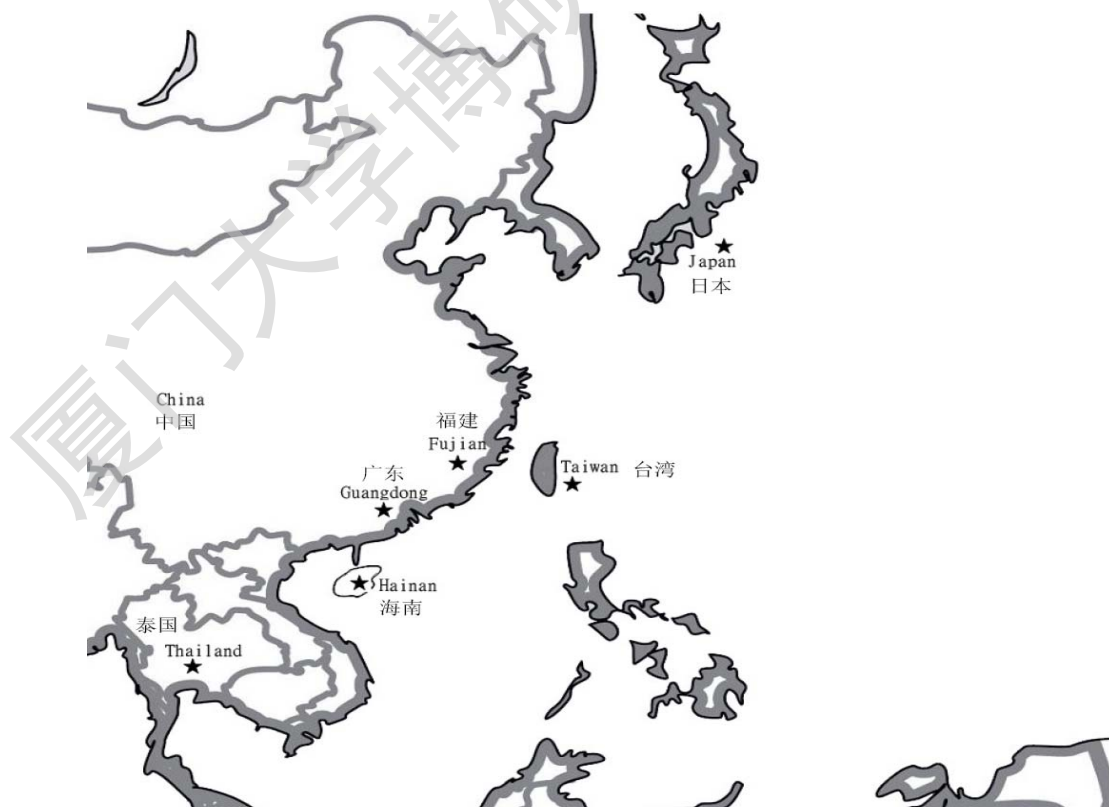


图 1.1 方斑东风螺分布图

Fig .1.1 The distribution of ivory shell, *Babylonia areolata* Link

东风螺是我国东南沿岸重要的水产养殖品种,由于其鲜美独特的味道和丰富的营养价值而深受消费者喜爱,我国近年来对东风螺养殖已广泛开展,主要集中在海南、广东、福建沿海。较早开展东风螺人工养殖研究的是日本东风螺 (*Babylonia japonica*),始于二十世纪70年代 (Yoshihara, 1957; Kajikawa, 1978),台湾从上世纪后期开始从事台湾东风螺 (*Babylonia formosae formosae*) 的苗种生产和养殖实验,并获得初步成功 (李益荣, 1979; 王丽莉, 1980; 郑恒重, 1983; 丘加进, 丁云源, 1984; 郑新鸿, 1984; 邱郁文, 1991a, 1991b; Chiu & Liu, 1994)。此外,泰国在近几年来对方斑东风螺人工养殖的研究也有很大的进展 (Chaitanawisuti & Kritsanapuntu, 1998, 1999; Chaitanawisuti 等, 2001),方斑东风螺的分布情况如图 1.1 所示。但是,当前东风螺的规模化养殖所用的饵料都仅限于生鲜小杂鱼等,市场无专用配合饲料可供利用,这就不可避免的出现以下问题: (1) 营养成分不全面和不可控制,饵料利用率低导致东风螺生长速度慢,成活率不高; (2) 残饵容易污染环境; (3) 小杂鱼容易传播和滋生疾病,以致东风螺养殖暴发性病害频繁发生; (4) 储存运输困难,生鲜饵料易变质; (5) 季节局限性,供应不稳定。鉴于东风螺工厂化养殖规模的日益扩大和生鲜小杂鱼饲料存在的种种问题,东风螺人工配合饲料的开发研制已是势在必行。

在营养学的研究中,很多水产养殖品种,特别是肉食性品种,对蛋白源、矿物质特别是钙磷的需求深受关注。方斑东风螺和其他水产动物一样,需要从外界获取蛋白质、维生素和矿物质等营养物质来满足自身生存和生理的需要。蛋白质和矿物质作为其中营养素重要的组成部分,是决定水产动物生长快慢的关键因素,也是饲料成本构成最大的部分。本论文开展方斑东风螺对饲料中蛋白源和矿物质营养需求的研究,目的是顺应当前东风螺工厂化养殖的风潮,为今后方斑东风螺配合饲料的研制提供基础数据,以期开发科学的人工饲料配方,为东风螺配合饲料的产业化做好铺垫,从而推动东风螺养殖产业的健康持续发展。

1.2 水产动物蛋白源营养研究现状

水产动物的生长主要是指依靠蛋白质在体内构成组织和器官。蛋白质是水产动物生存的重要物质基础,其生理功用有: (1) 供体组织蛋白的更新、修复以及维持体蛋白现状; (2) 用于生长 (体蛋白的增加); (3) 作为部分能量来源;

(4) 组成机体代谢中起重要催化作用的酶、协调作用的激素、免疫细胞因子和抗体等具有特殊生物学功能的物质, 都以蛋白质为主体构成, 其对动物体的生长及代谢起重要作用, 所以蛋白质需求一直是水产饲料营养研究的热点。在海产动物集约化养殖中, 饲料成本占 60%左右(Akiyama 等, 19992; Fleming 等, 1996), 蛋白质又是配合饲料成分中最主要和成本最高的组分, 因此, 寻找既具高营养价值又经济的蛋白源成为配合饲料研究中的必要环节。目前在水产动物养殖中, 使用较多的蛋白源有鱼粉、豆粕、棉籽粕及菜籽粕等, 其中以鱼粉最为常用, 配合饲料中蛋白源的配比根据不同的水产动物对各蛋白源的利用情况而不相同。

目前国内、外对水产动物的配合饲料研究已经开展大量的工作, 但主要集中在鱼、蟹、虾等海产品, 并且其中一些已经形成比较完善的饲料配方, 养殖效果良好。但是关于东风螺的营养研究在国内外刚刚起步, 目前仅见柯才焕等(1997)关于东风螺对饵料的摄食和饵料蛋白质的消化率的报道, 许贻斌等(2006)关于方斑东风螺对饲料蛋白质需求量的研究, 刘立鹤等(2006)关于不同蛋白水平饲料对台湾东风螺生长性能和体组成的影响的研究, 以及 Zhou 等(2007)关于方斑东风螺适宜的蛋白需求的研究和 Zhou 等(2007)不同脂肪水平对方斑东风螺的生长、饲料利用率及消化酶的影响研究, 但方斑东风螺对不同蛋白源的利用研究未见报道。因此, 本实验围绕方斑东风螺对各种蛋白源的利用进行研究, 以期寻找方斑东风螺较适合的蛋白源, 为开发经济高效的配合饲料奠定基础。

在营养学的研究中, 蛋白源是决定水产动物生长快慢的重要因素, 因此很多水产养殖品种对蛋白源营养需求深受关注。由于鱼粉价格居高不下, 寻找优质价廉的蛋白源对降低饲料成本具有重要意义。现在国内外应用较多的蛋白源有: 动物性蛋白源、植物性蛋白源、还有单细胞蛋白源。

1.2.1 动物性蛋白源

1. 鱼粉

鱼粉是现在最主要的蛋白源, 因其不但有很高的蛋白含量及平衡的氨基酸组成, 而且还含有丰富的必需脂肪酸(Essential fatty acids:EFA)、矿物质、维生素及较高的可消化能。相应的, 鱼粉价格比其他蛋白源高, 另外, 由于鱼粉的生产 and 供应量增长不足, 加上畜禽等陆生养殖品种的饲料也大量使用鱼粉作为蛋白

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库