

文章编号: 1674 - 5566(2013)01 - 0100 - 05

## 日本沼虾对饲料赖氨酸的需要量研究

孙丽慧, 沈斌乾, 陈建明, 潘 茜, 郭建林

(浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

**摘要:** 在10%酪蛋白和5%明胶提供全蛋白氨基酸的基础上,用晶体氨基酸赖氨酸调节7个饲料赖氨酸水平(0.85%~2.95%),并以晶体天冬氨酸和谷氨酸(1:1)补偿调节百分比;其它饲料氨基酸分别用晶体氨基酸调节到40%的日本沼虾肌肉蛋白中各氨基酸含量的水平,配制7种精制试验饲料,喂养初始体重为0.13g的幼日本沼虾7周。结果表明,用不同试验饲料喂养日本沼虾7周后,虾的存活率组间无显著差异( $P>0.05$ )。饲料赖氨酸水平对虾体增重有显著影响( $P<0.05$ )。虾体增重随饲料赖氨酸上升到1.90%不断增大,但超过此值后不再有显著变化。摄食饲料赖氨酸水平为1.55%~2.60%的试验组的饲料效率显著高于摄食饲料赖氨酸水平为0.85%的试验组。以虾体增重为指标,经折线模型回归分析,得出日本沼虾对赖氨酸的需求量为:占干饲料的1.91%,占饲料蛋白的5.41%。并以此为基准,以肌肉必需氨基酸组成为参考,估算了其它各必需氨基酸的需要量分别为:精氨酸1.83%、组氨酸0.52%、异亮氨酸1.13%、亮氨酸1.80%、蛋氨酸0.66%、苯丙氨酸0.99%、苏氨酸0.81%、色氨酸0.27%、缬氨酸1.11%。

**研究亮点:** 目前,日本沼虾营养方面的研究仅有蛋白质和脂肪需求的报道。养殖虾类对饲料中赖氨酸需要量的报道仅见于日本对虾、斑节对虾和凡纳滨对虾。包括日本沼虾在内的淡水养殖虾类对饲料中赖氨酸的需要量未见报道。笔者在实验室条件下,开展了日本沼虾饲料中赖氨酸需求量的试验,为该虾的营养学研究提供了基础性资料。

**关键词:** 日本沼虾; 饲料; 赖氨酸; 需要量; 虾体增重

**中图分类号:** S 963.71

**文献标志码:** A

自20世纪90年代以来,随着对日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)生物学特性和养殖性能等方面的深入研究,已在人工育苗、种质改良和养殖技术方面取得了重大突破,使日本沼虾的养殖规模不断扩大。至2010年,养殖面积已超过 $2.6 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,产量在22万吨以上,其产业已成为我国淡水养殖中的重要产业。在产业发展同时,配合饲料也在生产中得到应用。但对日本沼虾营养方面的研究相对滞后,目前还仅有蛋白质和脂肪需求的报道<sup>[1-3]</sup>。虾类对必需氨基酸需要量数据是优化商品饲料成本的关键指标,赖氨酸又是绝大多数水生动物商品饲料中的第一限制性必需氨基酸,但养殖虾类对饲料中赖氨酸需要

量的报道仅见于日本对虾、斑节对虾和凡纳滨对虾<sup>[4]</sup>。包括日本沼虾在内的淡水养殖虾类对饲料中赖氨酸的需要量未见报道。笔者在实验室条件下,开展了日本沼虾饲料中赖氨酸需求量的试验,为该虾的营养学研究提供了基础性资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验饲料

用于配制试验饲料原料来源:晶体氨基酸,北京拜尔迪生物技术公司;酪蛋白,sigma c5890;卡拉胶,sigma c1138;鳕鱼肝油,厦门星鲨制药厂;玉米油,上海凯瑞食品工业公司;多维,杭州民生制药厂;其它原料全部购自上海中药化学试

收稿日期: 2012-06-08 修回日期: 2012-07-31

基金项目: 浙江省重大国际合作项目(2009C14019);湖州市水产养殖创新团队计划(2010KC02);浙江省淡水养殖创新团队计划(2012R10026-09)

作者简介: 孙丽慧(1984—),女,助理工程师,研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail:miduo1984422@126.com

通信作者: 陈建明,E-mail:aqua\_labjm@163.com

剂公司。以 10% 的酪蛋白和 5% 的明胶提供的全蛋白氨基酸为基础,用 0 ~ 2.10% 晶体赖氨酸调节饲料赖氨酸水平,以晶体天冬氨酸和谷氨酸(1:1)的混合物调节百分比。饲料中其它各氨基酸水平用晶体氨基酸调节到 40% 虾肌肉蛋白中的氨基酸水平。试验饲料的其它各原料配比在不同试验饲料中相同(表 1,表 2,干物质基础)。配制而成的精制试验饲料中赖氨酸水平占干饲料的 0.85% ~ 2.95%,占饲料蛋白的 2.45% ~ 8.35%。试验饲料制作方法参照 MILLAMENA<sup>[5]</sup>

的方法改良。先将原料逐一粉碎,使原料粉末能全部通过 60 目试验筛。将非晶体氨基酸的原料按比例称好并混匀待用。各晶体赖氨酸按比例称好并混匀后用糊化羟甲基纤维素包膜、混合均匀,再逐步加入其他原料进行混合,最后再加入用预糊化好的卡拉胶,充分混匀形成面团状混合物用绞肉机挤压二次,制成直径 1.5 mm 的长条,风干后制成约 2 mm 长的粒料,置于 4 °C 冰箱内密封保存备用。

表 1 实验饲料配方和营养组成  
Tab.1 Formulation and proximate analysis of trial diets

	饲料							%
	1	2	3	4	5	6	7	
	0.85/2.45	1.20/3.42	1.55/4.45	1.90/5.37	2.25/6.58	2.60/7.38	2.95/8.32	
原料								
赖氨酸	0	0.35	0.70	1.05	1.40	1.75	2.10	
氨基酸混合物	18.79	18.44	18.09	17.74	17.39	17.04	16.69	
酪蛋白	10	10	10	10	10	10	10	
明胶	5	5	5	5	5	5	5	
糊精	36	36	36	36	36	36	36	
纤维素	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	
鳕鱼肝油	3	3	3	3	3	3	3	
玉米油	3	3	3	3	3	3	3	
多维	2	2	2	2	2	2	2	
多矿	5	5	5	5	5	5	5	
胆固醇	2	2	2	2	2	2	2	
大豆磷脂	2	2	2	2	2	2	2	
卡拉胶	2.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
羧甲基纤维素	4	4	4	4	4	4	4	
饲料营养组成								
蛋白	34.76	35.06	34.80	35.39	34.20	35.32	35.45	
脂肪	7.48	7.86	7.68	7.56	7.79	7.71	7.84	
灰分	4.83	4.59	4.54	4.62	4.56	4.54	4.60	

注:表中饲料组别下行的数字为赖氨酸水平占干饲料/占饲料蛋白的百分比。

## 1.2 试验用虾及分组

试验用虾取自浙江省淡水水产研究所特种水产苗种基地同一虾苗培育池,平均体重为 0.13 g。选择规格整齐的个体随机分组进行养殖试验。试验共 7 组,每组 3 重复,共 21 个养殖系统,每个养殖系统内放养 40 尾虾。

## 1.3 试验养殖系统

试验养殖系统为室内流过式玻璃缸养殖系统,试验水族箱养殖水体(0.8 m × 0.5 m × 0.4 m),每个缸内有一生物过滤装置和气石,为增加青虾的栖息环境,每缸内放置数片无结节聚乙烯网片,用沙石做沉子悬于水中,供试验虾栖息和

隐蔽,网片总面积约 0.3 m<sup>2</sup>。

## 1.4 试验管理

试验用水为经过充分曝气的自来水,日换水量为总水体的 1/3,连续充气。每天上午 8:00 和下午 3:00 各投饲一次,日投饲量约占虾体重的 10%,每次投饲后 1 h 捞出未摄食饲料烘干并称重。同时测定 1 h 内饲料浸泡溶失率,用以估算虾的摄食量。试验为期 7 周。试验期间,水温为 20.5 ~ 27 °C;水质:pH 为 7.4 ~ 7.5;DO 为 6.11 mg/L ~ 6.48 mg/L;氨氮为 0.12 ~ 0.23 mg/L;亚硝态氮为 0.03 ~ 0.07 mg/L;硝态氮为 0.15 ~ 0.21 mg/L。

表2 饲料中氨基酸组成

氨基酸	10% 酪蛋白 + 5% 明胶	晶体氨基酸	40% 虾肌肉蛋白中氨基酸 <sup>[6]</sup>
甲硫氨酸	0.72	0.28	1.00
苏氨酸	0.47	0.75	1.22
苯丙氨酸	0.62	0.87	1.49
赖氨酸	0.85	0~2.10	2.87
精氨酸	0.6	2.15	2.75
组氨酸	0.42	0.36	0.78
缬氨酸	0.7	0.97	1.67
异亮氨酸	0.52	1.18	1.70
亮氨酸	0.95	1.76	2.71
色氨酸	0.04	0.37	0.41
天冬氨酸	1.03	2.75~1.70	3.78
谷氨酸	2.46	2.99~1.94	5.45
甘氨酸	1.07	1.25	2.32
丙氨酸	0.72	1.65	2.37
丝氨酸	0.64	0.31	0.95
酪氨酸	0.38	0.84	1.22
胱氨酸	0.03	0.32	0.35
脯氨酸	1.26	0.00	1.08

### 1.5 指标及其计算

饲养试验结束后,对虾停饲 24 h 后称终末体重和计数。指标计算公式:

$$W_{GR} = (W_t - W_o) / W_o \times 100 \quad (1)$$

$$S_R = N_t / N_o \times 100 \quad (2)$$

$$F_R = W_G / [D_t - D_n / (1 - D_{LR})] \quad (3)$$

式中:  $W_{GR}$  为增重率(%);  $S_R$  为存活率(%);  $F_R$  为饲料效率;  $W_t$  为平均末重(g);  $W_o$  为平均初重

(g);  $N_t$  为末尾数;  $N_o$  为初尾数;  $W_G$  为虾群体增重(g);  $D_t$  为投喂饲料干重(g);  $D_n$  为捞出未摄食饲料干重(g);  $D_{LR}$  为饲料溶失率。

### 1.6 数据处理

试验数据采用平均数 ± 标准差表示,采用 SPSS 11.5 for Windows 分析软件 (One-way ANOVA) 对所得试验数据进行单因素方差分析,若有显著差异再做 Duncan's 进行组间显著性差异的多重比较。显著水平  $P$  采用 0.05,若  $P < 0.05$  为差异显著。采用折线模型来拟合虾体增重与饲料赖氨酸水平之间的关系来求得青虾赖氨酸的最佳需求量。

## 2 结果

用不同试验饲料喂养日本沼虾 7 周后,虾的存活率为 74.17% ~ 81.67%,组间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。饲料赖氨酸水平对虾体增重和饲料效率有显著影响 ( $P < 0.05$ )。虾体增重随饲料赖氨酸上升到 1.90% 不断增大,但超过此值后不再有显著变化。摄食饲料赖氨酸水平为 1.55% ~ 2.60% 的试验组的饲料效率显著高于摄食饲料赖氨酸水平为 0.85% 的试验组 (表 3)。以虾体增重为指标,经折线模型回归分析,日本沼虾对赖氨酸的需求量为:占干饲料的 1.91%,占饲料蛋白的 5.41% (图 1 和图 2)。

表3 日本沼虾摄食不同赖氨酸水平的饲料 7 周后的生长情况

Tab.3 Growth performance of black carp after fed trial diets for 7 weeks

饲料赖氨酸水平		虾体初重/g	虾体增重/%	成活率/%	饲料效率
占干饲料/%	占饲料蛋白/%				
0.85	2.45	0.13	158.97 ± 24.73 <sup>a</sup>	76.67 ± 1.44	0.47 ± 0.07 <sup>a</sup>
1.20	3.42	0.13	197.44 ± 11.75 <sup>a</sup>	81.67 ± 2.89	0.55 ± 0.02 <sup>ab</sup>
1.55	4.45	0.13	258.64 ± 11.32 <sup>b</sup>	75.00 ± 9.01	0.59 ± 0.03 <sup>b</sup>
1.90	5.37	0.13	325.64 ± 27.01 <sup>c</sup>	79.17 ± 6.29	0.62 ± 0.04 <sup>b</sup>
2.25	6.58	0.13	320.51 ± 16.01 <sup>c</sup>	72.50 ± 4.33	0.60 ± 0.03 <sup>b</sup>
2.60	7.38	0.13	323.08 ± 39.97 <sup>c</sup>	77.50 ± 2.50	0.59 ± 0.05 <sup>b</sup>
2.95	8.32	0.13	312.82 ± 11.75 <sup>c</sup>	74.17 ± 3.82	0.56 ± 0.03 <sup>ab</sup>

注:同一列数据不同上标字母表示有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

虾类对赖氨酸的需求量已有一定的报道。PALMA 等<sup>[7]</sup>认为大西洋沟对虾 (*Palaemonetes varians*) 对赖氨酸的需求量为占干饲料的 1.9% ~ 2.1%, TESHIMA 等<sup>[8]</sup>研究得出日本对虾

(*Marsupenaeus japonicas*) 对赖氨酸的需求量为占干饲料的 1.9%, MILLAMENA 等<sup>[9]</sup>和 RICHARDS 等<sup>[10]</sup>得到斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 对赖氨酸的需求量分别为占干饲料的 2.1% 和 2.0%, FOX 等<sup>[11]</sup>研究认为凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vanamei*) 对赖氨酸的需求量分别为

占干饲料的 1.6%~2.1%。本研究中,以增重率为指标求得日本沼虾对赖氨酸的需求量为占干饲料的 1.91%,与上述研究得到的结果接近。

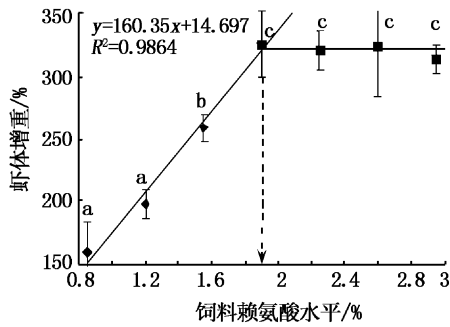


图1 虾体增重与饲料赖氨酸水平关系图  
Fig.1 Relationship of shrimp weight gain with dietary lysine

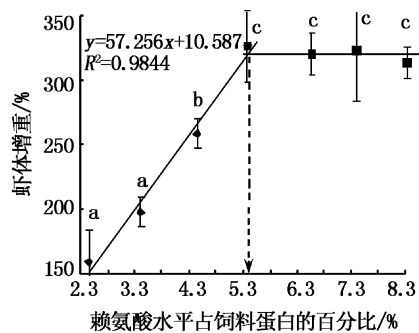


图2 虾体增重与赖氨酸占饲料蛋白百分比关系图  
Fig.2 Relationship of shrimp weight gain with percentage of lysine in dietary protein

氨基酸需求量的另一种表示方法是占饲料蛋白的百分比。虾类对赖氨酸需求量以占蛋白质百分比表示时,已有报道值范围为:3.8%~5.8%。本研究结果显示,日本沼虾对赖氨酸的需求量为占饲料蛋白的 5.41%,接近已报道值的上限。然而近年来在鱼类对氨基酸的研究中发现,饲料氨基酸需求量与饲料蛋白水平并无关联,因此认为用占饲料蛋白的百分比氨基酸需求量并不恰当<sup>[4]</sup>。但在虾类对赖氨酸的需求量研究还没有像鱼类一样有足够的研究来支持上述观点。在仅有的二项研究报告中似乎得到的结论并不相互支持。MILLAMENA 等<sup>[9]</sup>和 RICHARDS 等<sup>[10]</sup>分别用不同蛋白水平饲料研究斑节对虾对赖氨酸的需求量,以占干饲料的百分比表示赖氨酸的需求量得到的结果接近,而以占饲料蛋白的百分比表示则有较大的差异。而 FOX 等<sup>[11]</sup>在凡纳滨对虾对赖氨酸的需求量研究中得出结论则刚好与之相反。因此,虾类对氨基

酸需求用占饲料蛋白的百分比氨基酸需求量表示是否恰当,尚需更多的实验加以证实。

本研究中,试验前期,试验虾有一定的不明原因死亡。试验后期死亡主要是由于自相残杀引起。但存活率为 74.17%~81.67%,相对较高,这可能是因为本试验中用网片制作隐蔽物能一定程度上减少自相残杀。在评估鱼类对氨基酸需求量时,有时也用饲料效率或与之相关的指标。但迄今为止,在虾类对氨基酸需求量评估中尚未采用。这可能是由于虾独特的摄食习性以及一定程度的自相残杀会造成实验室条件下很难得到准确的摄食量之缘故。本研究中,饲料效率变化趋势也并无规律,在评估需求量时也失去作用。

在水产动物营养学研究中,常通过分析肌肉必需氨基酸的组成情况来确立理想蛋白的十种必需氨基酸组成比例。当饲料赖氨酸需要确定后,可用理想蛋白必需氨基酸组成比例来推算其它各必需氨基酸的需求量<sup>[4]</sup>。从表 2 中的数值可知,日本沼虾的理想蛋白必需氨基酸组成为:赖氨酸 100、精氨酸 96、组氨酸 27、异亮氨酸 59、亮氨酸 94、蛋氨酸 35、苯丙氨酸 52、苏氨酸 43、色氨酸 14、缬氨酸 58。经推算得其它 9 种氨基酸的需求量分别为:精氨酸 1.83、组氨酸 0.52、异亮氨酸 1.13、亮氨酸 1.80、蛋氨酸 0.66、苯丙氨酸 0.99、苏氨酸 0.81、色氨酸 0.27、缬氨酸 1.11。

总之,在本试验条件下,以虾体增重为指标,求得日本沼虾对赖氨酸的需求量为:占干饲料的 1.91%,占饲料蛋白的 5.41%。

#### 参考文献:

- [1] 虞冰如,沈斌.日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比的研究[J].水产学报,1990,14(4):821-827.
- [2] 谢国骧,蔡永祥,徐维娜,等.饲料蛋白水平对日本沼虾生长、消化酶和免疫酶的影响[J].江苏农业学报,2007,23(6):612-617.
- [3] 张凌燕,叶金云,王友慧,等.配合饲料中不同蛋白质水平对日本沼虾生长的影响[J].上海水产大学学报,2008,17(6):668-673.
- [4] NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp[M]. Washington, D. C.:The National Academies Press, 2011.
- [5] MILLAMENA O M, BAUSTISTA M N, KANAZAWA A. Methionine requirement of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon* [J]. Aquaculture, 1996, 143:403-410.
- [6] 倪娟,赵晓勤,陈立侨,等.日本沼虾 4 种群肌肉营养品

- 质的比较[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3):38-41.
- [7] PALMA J, BUEARU D P, LEMME A, et al. Quantitative dietary requirement of juvenile Atlantic ditch shrimp *Palaemonetes varians* for lysine, methionine and arginine [C]. Abstract ISFNF 2006, 2009.
- [8] TESHIMA S, ALAM M S, KOSHIO S, et al. Assessment of requirement values for essential amino acids in prawn, *Marsupenaeus japonicas* [J]. Aquaculture Research, 2002, 33: 395-402.
- [9] MILLAMENA O M, BAUSTISTA M N, REYES O S, et al. Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon* for lysine and arginine [J]. Aquaculture, 1998, 164:95-104.
- [10] RICHARDS J D, BLANCE P P, RIGOLET V, et al. Maintenance and growth requirements for nitrogen, lysine and methionine and their utilization efficiencies in juvenile black tiger shrimp, *penaeus monodon*, using a factorial approach [J]. British Journal of Nutrition, 2010, 103: 984-995.
- [11] FOX J M, LAWRENCE A L, LI-CHAN E. Dietary requirement of lysine by juvenile *Penaeus vanbamai* using intact and free amino acid source [J]. Aquaculture, 1995, 131:279-290.

## Studies on dietary lysine requirement of *Macrobrachium nipponense*

SUN Li-hui, SHEN Bin-qian, CHEN Jian-ming, PAN Qian, GUO Jian-lin

(Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, Zhejiang, China)

**Abstract:** 7 purified diets with various lysine levels ranging from 0.85% to 2.95% were formulated by using crystal amino acids and intact protein amino acids from 10% casein and 5% gelatin. Levels of crystal lysine were graded and the percentage differences were compensated by levels of mixture of aspartic acid and glutamate (1:1) accordingly. Levels of other amino acids were maintained to analyzed ones in 40% protein of tail muscle. The diets were fed to 7 triple groups of *Macrobrachium nipponense* juveniles initially weighing 0.13 g for 7 weeks. The survival rates had no significantly differences ( $P > 0.05$ ) between treatments, while the weight gains of shrimps fed diets with various levels of lysine were significantly affected ( $P < 0.05$ ). Weight gain increased with increasing dietary lysine levels from 0.85% to 1.90%, and further increase dietary lysine level seemed to reach a platform. Feed efficiencies of shrimp fed diets with lysine levels ranging from 1.55% to 2.60% were significantly higher than that of shrimp fed a diet with 0.85% lysine ( $P < 0.05$ ). Broken line model regressions analysis of weight gain data showed that the dietary lysine requirement of the shrimp was 1.91% of dry diet or 5.41% of dietary protein. And based on this result, the recommended requirements for other 9 essential amino acids were calculated by using a reported essential amino acids profile through analyzing the tail muscle.

**Key words:** *Macrobrachium nipponense*; dietary; lysine; requirement; growth performance