

## 中华绒螯蟹对赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸的需要量

叶金云<sup>1,2\*</sup>, 王友慧<sup>2</sup>, 郭建林<sup>2</sup>, 陈建明<sup>2</sup>, 潘茜<sup>2</sup>, 沈斌乾<sup>2</sup>

(1. 湖州师范学院生命科学学院, 浙江 湖州 313000;

2. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

**摘要:** 试验以酪蛋白、白鱼粉、豆粕和晶体氨基酸为蛋白源, 配制了15组试验饲料, 分别测定了中华绒螯蟹幼蟹对赖氨酸(Lys)、蛋氨酸(Met)和精氨酸(Arg)的需要量。养殖试验在室内玻璃纤维水族缸中进行, 试验水温为(28±3.0)℃, pH为7.4左右, 试验周期为56 d。试验组1~试验组5为Lys试验, 试验组6~试验组10为Met试验, 试验组11~试验组15为Arg试验, 试验用蟹平均初重分别为:Lys试验(2.050±0.027)g, Met试验(2.027±0.033)g, Arg试验(2.05±0.032)g。每个试验设5个氨基酸梯度, 其中Lys梯度为:1.58%、1.98%、2.38%、2.78%和3.18%; Met梯度为:0.50%、0.75%、1.00%、1.25%和1.50%; Arg梯度为:1.39%、2.09%、2.79%、3.49%和4.19%。每个梯度设3重复。试验结果表明, Lys试验中, 试验组3(含2.38% Lys)获得最大的增重率和特定生长率, 但与试验组2(1.98% Lys)和试验组4(2.78% Lys)之间没有显著性差异; 且试验组3的全蟹水分含量显著较低, 而蛋白质含量显著较高( $P < 0.05$ )。Met试验中, 试验组8(含1.00% Met)的增重率和特定生长率显著较高( $P < 0.05$ ), 而其它试验组的增重率和特定生长率差异不显著( $P > 0.05$ ); 试验组10全蟹水分含量显著较高, 而粗蛋白含量显著较低( $P < 0.05$ )。Arg试验中, 试验组14(日粮含3.49% Arg)的增重率和特定生长率显著高于其它试验组( $P < 0.05$ ); 而各试验组间全蟹营养组成均没有显著性差异。根据试验的生长反应和二次曲线回归分析, 确定了中华绒螯蟹幼蟹饲料中最适赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸的需要量分别为2.34%、1.12%和3.62%。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 赖氨酸; 蛋氨酸; 精氨酸; 需要量

**中图分类号:** S 963

**文献标识码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹, 是我国特有的淡水珍品。其营养丰富、肉味鲜美, 倍受国内外市场青睐。2007年全国养殖产量约为50万t, 产值400亿元, 在我国淡水养殖中居十分重要的地位。

对中华绒螯蟹营养需求的研究一直是水产动物营养研究的热点, 有关蛋白质、脂肪、蛋白能量比、脂肪酸、钙、磷及其比例、V<sub>C</sub>、V<sub>E</sub>、肌醇和胆碱等的需要量研究均有报道<sup>[1-10]</sup>。近年来对其氨基酸、维生素、脂肪酸等微量营养素需要量的研究已越来越被人们重视, 江洪波<sup>[11]</sup>报道了蟹种蟹体必需氨基酸组成(%)为Lys 1.879、Ile 1.290、Leu 2.110、Val 1.404、Arg 2.400、His 0.630、Thr

1.145、Met 0.680、Phe 1.860; 同时报道了蟹种配饵中用豆饼替代鱼粉超过43%、鱼粉低于30%时会引起Met和Lys缺乏, 当豆饼用量低于29%、鱼粉超过40%时, 则会造成Arg、His缺乏<sup>[11-12]</sup>。由此可见, Lys、Met和Arg极易成为河蟹饲料中的限制性氨基酸。然而到目前为止, 对河蟹氨基酸需要量的报道很少, 本试验以鱼粉、酪蛋白、豆粕和晶体氨基酸为蛋白源, 对饲料中Lys、Met、Arg的需要量进行了研究。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 试验蟹及养殖系统

试验蟹购自安徽雁翅一河蟹苗种培育基地,

收稿日期:2010-04-29 修回日期:2010-08-09

资助项目:国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD03B03);浙江省重大科技攻关项目(2005C12006-01)

通讯作者:叶金云, E-mail: ziff2006@163.com

共2 000尾,尾均重(2.03 ± 0.12) g,试验时,选用规格健壮、附肢完整的蟹作为试验蟹。养殖试验在浙江省淡水水产研究所夹山漾试验场进行,试验系统采用流过式圆形玻璃纤维水簇缸,每缸体积300 L,实际蓄水250 L,缸内放置瓦片、塑料网片和圆形PVC管作为蟹的隐蔽物。试验组每缸放蟹20只,设3重复。试验用水为天然池塘水,分别经沉淀池、沙滤和生物膜过滤后成为试验用水,水体pH 7.2~8.0,溶解氧>4.0 mg/L,并用空气压缩机连续充气增氧。

## 1.2 试验饲料

试验以酪蛋白、进口鱼粉、豆粕和晶体必需氨基酸混合物为蛋白原,粗蛋白含量为38%(占干

重%),以江洪波<sup>[11]</sup>报道的蟹种蟹体必需氨基酸组成模式补充必需氨基酸,为了尽可能使饲料中Lys、Met、Arg的含量低,而其它需要补充的必需氨基酸含量高,饲料蛋白质原料选用了白鱼粉、酪蛋白和豆粕,并根据其氨基酸的表现消化率计算其配合饲料中的利用率,而添加的晶体氨基酸利用率以100%计算<sup>[13]</sup>。每种氨基酸饲料分别设5个氨基酸梯度,每种氨基酸梯度均设3个重复组。饲料中5个氨基酸梯度(%)分别为Lys,1.58、1.98、2.38、2.78、3.18;Met,0.50、0.75、1.00、1.25、1.50;Arg,1.39、2.09、2.79、3.49、4.19;用Glu平衡氨基酸混合物的用量。基础饲料配方及氨基酸添加量见表1。

表1 中华绒螯蟹对赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸试验饲料配方

	Tab. 1 Ingredient composition of the experimental diets g/(100 g feed)														
	赖氨酸 Lysine <sup>1</sup>					蛋氨酸 Methionine <sup>2</sup>					精氨酸 Arginine <sup>3</sup>				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
酪蛋白 casein	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
鱼粉 fishmeal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
豆粕 soybean meal	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
糊精 dextrin	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	23	23	23	23	23	22	22	22	22	22
鱼油 fish oil	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
大豆磷脂 soybean lecithin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
微晶纤维素 cellulose	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
氨基酸混合物 amino acids mix	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
磷酸二氢钙 Calcium hydrogen phosphate	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
α-淀粉 α-starch	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
预混料 <sup>4</sup> vitamin and mineral premix	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
赖氨酸 Lysine	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
蛋氨酸 Methionine	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.5	0.75	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
精氨酸 Arginine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	1.40	2.10	2.80
谷氨酸 Glutamic acid	1.60	1.20	0.80	0.40	0.00	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00	2.80	2.10	1.40	0.70	0.00
饲料中总可利用的Lys、Met和Arg的含量(% of dry diet) proximate analysis															
total-Lys	1.58	1.98	2.38	2.78	3.18	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
total-Met	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
total-Arg	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	1.39	2.09	2.79	3.49	4.19

注:混合氨基酸含量(%)为1.赖氨酸0,蛋氨酸0.602,苏氨酸0.577,异亮氨酸0.410,亮氨酸0.723,精氨酸2.220,缬氨酸0.234,组氨酸0.140,苯丙氨酸0.235,色氨酸0.209,谷氨酸0.859;2.赖氨酸1.058,蛋氨酸0,苏氨酸0.577,异亮氨酸0.410,亮氨酸0.723,精氨酸2.220,缬氨酸0.234,组氨酸0.140,苯丙氨酸0.235,色氨酸0.209,谷氨酸0.392;3.赖氨酸1.058,蛋氨酸0.602,苏氨酸0.577,异亮氨酸0.410,亮氨酸0.723,精氨酸0,缬氨酸0.234,组氨酸0.140,苯丙氨酸0.235,色氨酸0.209,谷氨酸2.011;4.多维成分(每kg预混物):维生素A(视黄醇)2 000 000 IU;维生素D<sub>3</sub>(胆钙化固醇)1 000 000 IU;维生素E(生育酚)16 500 IU;维生素B<sub>12</sub>(氰钴素)125 mg/kg;维生素B<sub>2</sub>(核黄素)6 000 mg/kg;维生素B<sub>3</sub>(泛酸)40 000 mg/kg;维生素B<sub>5</sub>(烟酸)16 000 mg/kg;维生素K(凝血维生素)908 mg/kg;叶酸1 000 mg/kg;维生素B<sub>1</sub>(硫胺素)4 587 mg/kg;维生素B<sub>6</sub>(吡哆素)4 115 mg/kg;维生素C(抗坏血酸)150 000 mg/kg;多矿成分(每kg预混物):硒(亚硒酸钠)0.045 4 g/kg;钴(氯化钴)0.147 g/kg;碘(碘化钾)0.76 g/kg;铜(硫酸铜)1.46 g/kg;铁(硫酸亚铁)19.20 g/kg;锰(硫酸锰)22.0 g/kg;锌(硫酸锌)264.0 g/kg。

Notes:1. Lysine 0, Methionine 0.602, Threonine 0.577, Isoleucine 0.410, Leucine 0.723, Arginine 2.220, Valine 0.234, Histidine 0.140, Phenylalanine 0.235, Tryptophan 0.209, Glutamic acid 0.859;2. Lysine 1.058, Methionine 0, Threonine 0.577, Isoleucine 0.410, Leucine 0.723, Arginine 2.220, Valine 0.234, Histidine 0.140, Phenylalanine 0.235, Tryptophan 0.209, Glutamic acid 0.392;3. Lysine 1.058, Methionine 0.602, Threonine 0.577, Isoleucine 0.410, Leucine 0.723, Arginine 0, Valine 0.234, Histidine 0.140, Phenylalanine 0.235, Tryptophan 0.209, Glutamic acid 2.011;4. premix provided per kg: V<sub>A</sub>2 000 000 IU, V<sub>D3</sub>1 000 000 IU, V<sub>E</sub>16 500 IU, V<sub>B12</sub>125 mg/kg, V<sub>B2</sub>6 000 mg/kg, V<sub>B3</sub>40 000 mg/kg, V<sub>B5</sub>16 000 mg/kg, V<sub>K</sub>908 mg/kg, Folic acid 1 000 mg/kg, V<sub>B1</sub>4 587 mg/kg, V<sub>B6</sub>4 115 mg/kg, V<sub>C</sub>150 000 mg/kg, Se(Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>)0.045 4 g/kg, Co(CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O)0.147 g/kg, I(KI)0.76 g/kg, Cu(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)1.46 g/kg, Fe(FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)19.20 g/kg, Mn(MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O)22.0 g/kg, Zn(ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)264.0 g/kg.

### 1.3 饲养管理

试验周期为 2007 年 6 月 27 日至 2007 年 9 月 3 日结束,其中试验第一周为预备试验,待河蟹能正常摄食后开始试验。投饲时间为每天上午 8:30 和下午 16:30 进行投喂。投饲前后 1 h 采用微流水进行换水,每天换水量约为 1/3,养殖期间水温为 26~33 ℃。

### 1.4 样品采集与分析

试验期间,河蟹因脱壳或相互残杀死亡,则及时捞出,并精确称重,其增重部分不计入试验结果。试验结束后,停食 24 h,捞出全部河蟹,分组称重、烘干后作全蟹样品。全蟹样品的水分、蛋白、脂肪和灰分含量测定依次选用恒温干燥法(105 ℃)、凯氏定氮法、索氏抽提法和灼烧法(550 ℃)。

### 1.5 数据分析与计算公式

试验数据采用 SPSS 11.0 for Windows 进行统计分析。净增重(weight gain, WG)、特定增长率 SGR (special growth rate, SGR)、成活率(survival rate, SR)等计算公式如下:

$$WG = FW - IW$$

$$SGR = (\ln FW - \ln IW) / t \times 100$$

$$SR = N_t / N_0 \times 100$$

式中,FW、IW 分别为试验末蟹体重(final weight, FW)和试验初蟹体重(inial weight, IW),t 为试验周期(d), $N_t$ 为试验结束时的成活蟹数量, $N_0$ 为试验开始时的放蟹量。

## 2 结果与分析

### 2.1 Lys 对中华绒螯蟹生长和成活的影响

饲料赖氨酸水平对中华绒螯蟹生长和成活率的试验结果见表 2。从结果可以看出,投饲日粮 1 (Lys, 1.58%) 的试验组成活率相对较低,但在统计学上投饲不同赖氨酸水平的日粮对中华绒螯蟹成活率没有显著性差异( $P > 0.05$ );净增重和特定增长率以投饲日粮 3 (Lys, 2.38%) 的试验组最高,并显著高于试验组 1 (Lys, 1.58%) 和试验组 5 (Lys, 3.18%),但与试验组 2 (Lys, 1.98%) 和试验组 4 (Lys, 2.78%) 没有显著性差异。

表 2 Lys 对中华绒螯蟹生长和成活率的影响

Tab. 2 Survival rate and growth performance of the crab fed various levels of Lys

日粮(Lys %) diet no.	初始均重(g) initial weight	末均重(g) final weight	净增重(g) weight gain	特定增长率(%/d) specific growth rate	成活率(%) survival rate
1(1.58)	1.98 ± 0.02	9.13 ± 0.79 <sup>b</sup>	9.13 ± 1.47 <sup>b</sup>	2.18 ± 0.07 <sup>b</sup>	55.00 ± 8.66
2(1.98)	2.06 ± 0.01	11.95 ± 0.52 <sup>a</sup>	11.95 ± 1.23 <sup>a</sup>	2.51 ± 0.12 <sup>a</sup>	66.67 ± 10.41
3(2.38)	2.10 ± 0.01	12.23 ± 0.24 <sup>a</sup>	12.23 ± 2.50 <sup>a</sup>	2.52 ± 0.18 <sup>a</sup>	58.33 ± 7.64
4(2.78)	2.08 ± 0.04	11.89 ± 0.33 <sup>a</sup>	11.89 ± 1.45 <sup>a</sup>	2.49 ± 0.17 <sup>a</sup>	61.00 ± 13.23
5(3.18)	2.02 ± 0.01	8.30 ± 0.61 <sup>c</sup>	8.30 ± 1.58 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.21 <sup>b</sup>	58.33 ± 12.58

注:同列中有相同上表的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

随饲料 Lys 水平的升高,中华绒螯蟹的平均净增重呈先上升后下降的变化,为了估计饲料中最适的 Lys 需要量,以饲料中可利用的 Lys 水平为横坐标,净增重为纵坐标,通过二次曲线拟合,求得回归方程: $y = -6.003 1x^2 + 28.147x - 20.364$  ( $R^2 = 0.974 4$ ,  $P = 0.005 1$ ) (图 1); 估计得到中华绒螯蟹获得最大净增重时的饲料 Lys 水平为 2.34%。

### 2.2 Met 对中华绒螯蟹生长和成活的影响

饲料蛋氨酸水平对中华绒螯蟹生长和成活率的试验结果见表 3。从结果可以看出,试验组 6 的成活率明显比试验组 7~10 要低,但试验组 6 到试验组 10 之间没有显著性差异( $P > 0.05$ );净增重以试验组 8 (Met, 1.00%) 最大,并显著高于

其它蛋氨酸试验组;特定增长率试验组 8 显著高于试验组 6、7、和 10 ( $P < 0.05$ ),与试验组 9 差异不显著( $P > 0.05$ )。

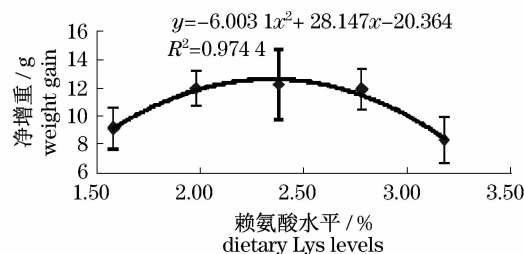


图 1 赖氨酸水平对中华绒螯蟹增重率的影响  
Fig. 1 Effect of dietary Lys level on weight gain of the crab

表 3 Met 对中华绒螯蟹生长和成活率的影响

Tab.3 Survive rate and growth performance of the crab fed various levels of Met

日粮 (Met%) diet no.	初始均重 (g) initial weight	末均重 (g) final weight	净增重 (g) weight gain	特定增长率 (%/d) specific growth rate	成活率 (%) survival rate
6(0.50)	1.96 ± 0.05	7.67 ± 0.34 <sup>c</sup>	7.67 ± 1.42 <sup>b</sup>	1.95 ± 0.21 <sup>b</sup>	53.33 ± 10.41
7(0.75)	2.04 ± 0.03	8.20 ± 0.28 <sup>bc</sup>	8.20 ± 1.58 <sup>b</sup>	1.99 ± 0.11 <sup>b</sup>	65.00 ± 18.03
8(1.00)	2.02 ± 0.04	9.84 ± 0.28 <sup>a</sup>	9.84 ± 1.35 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.09 <sup>a</sup>	68.33 ± 7.64
9(1.25)	2.02 ± 0.02	8.82 ± 0.33 <sup>b</sup>	8.83 ± 1.13 <sup>b</sup>	2.11 ± 0.17 <sup>ab</sup>	55.00 ± 18.03
10(1.50)	2.08 ± 0.02	8.71 ± 0.19 <sup>b</sup>	8.71 ± 1.33 <sup>b</sup>	2.05 ± 0.09 <sup>b</sup>	61.67 ± 16.07

注:同列中有相同上表的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

以饲料中 Met 水平为横坐标,平均净增重为纵坐标,通过二次曲线拟合(图 2),求得回归方程: $y = -4.5171x^2 + 10.121x + 3.6093$  ( $R^2 = 0.707$ ,  $P = 0.0089$ ) 估计得到中华绒螯蟹获得最大净增重时的饲料最适 Met 水平为 1.12%。

### 2.3 Arg 对中华绒螯蟹生长和成活的影响

饲料中精氨酸水平对中华绒螯蟹生长、成活率等影响结果见表 4,从中可知,Arg 对中华绒螯蟹成活率的影响差异不显著( $P > 0.05$ );在 Arg 水平为 1.39% ~ 3.49% 的范围内,其末均重、特定增长率和净增重均呈明显的上升趋势,当 Arg 水平为 4.19% 时,其末均重有显著下降( $P < 0.05$ ),而净增重和特定增长率在数值上有明显下降,但

试验组 14 和试验组 15 之间差异不显著( $P > 0.05$ )。

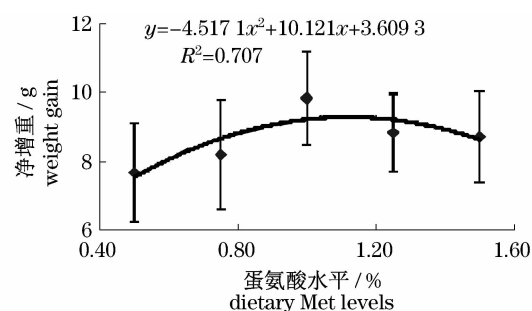


图 2 蛋氨酸水平对中华绒螯蟹增重率的影响

Fig.2 Effect of dietary Met level on weight gain of the crab

表 4 Arg 对中华绒螯蟹生长和成活率的影响

Tab.4 Survival rate and growth performance of the crab fed various levels of Arg

日粮 (Arg %) diets no.	初始均重 (g) initial weight	末均重 (g) final weight	净增重 (g) weight gain	特定增长率 (%/d) specific growth rate	成活率 (%) survival rate
11(1.39)	1.98 ± 0.02	6.25 ± 0.92 <sup>a</sup>	6.25 ± 0.52 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.21 <sup>a</sup>	61.67 ± 5.77
12(2.09)	2.04 ± 0.03	7.04 ± 0.23 <sup>a</sup>	7.04 ± 0.88 <sup>a</sup>	1.77 ± 0.07 <sup>a</sup>	56.67 ± 12.58
13(2.79)	2.06 ± 0.02	7.96 ± 0.19 <sup>b</sup>	7.96 ± 1.08 <sup>b</sup>	1.93 ± 0.08 <sup>b</sup>	56.67 ± 5.77
14(3.49)	2.04 ± 0.03	9.83 ± 0.45 <sup>c</sup>	9.83 ± 1.15 <sup>c</sup>	2.25 ± 0.09 <sup>c</sup>	63.33 ± 2.89
15(4.19)	2.04 ± 0.03	8.19 ± 0.30 <sup>b</sup>	8.19 ± 1.36 <sup>bc</sup>	1.99 ± 0.17 <sup>bc</sup>	56.67 ± 11.55

注:同列中有相同上表的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

为估计中华绒螯蟹对饲料中最适的 Arg 需要量,以饲料中 Arg 水平为横坐标,增重为纵坐标,通过二次曲线拟合(图 3),求得回归方程: $y = -0.5708x^2 + 4.1377x - 1.3127$  ( $R^2 = 0.7627$ ,  $P = 0.0032$ ) 估计得到中华绒螯蟹获得最大净增重时的饲料 Arg 最适水平为 3.62%。

### 2.4 Lys 对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响

饲料 Lys 含量的变化对中华绒螯蟹全蟹粗脂肪和粗灰分没有显著的影响( $P > 0.05$ );试验组 3 (Lys, 2.38%) 全蟹的水分含量显著低于其它 Lys 试验组,而其粗蛋白含量显著高于其它 Lys 试验

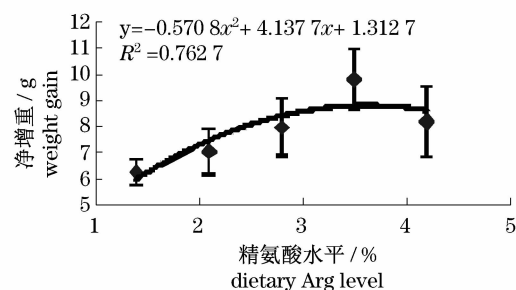


图 3 精氨酸水平对中华绒螯蟹增重率的影响

Fig.3 Effect of dietary Arg level on weight gain of the crab

表 5 饲料 Lys 水平对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响  
Tab. 5 Body composition of crab fed various levels of Lys

日粮(Lys %)	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
diet no.	moisture	crude protein	crude lipids	crude ash
1(1.58)	71.79 ± 0.88 <sup>a</sup>	12.39 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.06	9.19 ± 0.10
2(1.98)	72.22 ± 0.51 <sup>a</sup>	12.28 ± 0.08 <sup>a</sup>	3.80 ± 0.11	9.24 ± 0.10
3(2.38)	71.30 ± 0.36 <sup>b</sup>	12.89 ± 0.21 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.08	9.26 ± 0.08
4(2.78)	72.36 ± 0.39 <sup>a</sup>	12.08 ± 0.19 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.12	9.30 ± 0.06
5(3.18)	72.62 ± 0.61 <sup>a</sup>	12.01 ± 0.22 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.05	9.41 ± 0.21

注:同列中有相同上标的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

组( $P < 0.05$ )(表 5)。

### 2.5 Met 对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响

饲料 Met 水平对中华绒螯蟹全蟹体组成的结果见表 6。从表 6 可以发现,饲料 Met 含量变化

对中华绒螯蟹粗脂肪含量没有显著的影响( $P > 0.05$ );试验组 9 全蟹水分含量最低,显著低于于试验组 10( $P < 0.05$ );同时试验组 10 的粗蛋白含量显著低于其它 Met 试验组( $P < 0.05$ )。

表 6 饲料 Met 水平对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响  
Tab. 6 Body composition of crab fed various levels of Met

日粮(Met %)	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
diet no.	moisture	crude protein	crude lipids	crude ash
6(0.50)	70.48 ± 0.19 <sup>a</sup>	12.66 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.92 ± 0.12	9.04 ± 0.25 <sup>a</sup>
7(0.75)	71.25 ± 0.45 <sup>ab</sup>	12.41 ± 0.28 <sup>a</sup>	4.07 ± 0.15	9.54 ± 0.17 <sup>b</sup>
8(1.00)	70.33 ± 0.20 <sup>a</sup>	12.54 ± 0.14 <sup>a</sup>	4.04 ± 0.11	9.36 ± 0.14 <sup>ab</sup>
9(1.25)	70.04 ± 0.46 <sup>a</sup>	12.44 ± 0.08 <sup>a</sup>	3.83 ± 0.06	9.35 ± 0.06 <sup>ab</sup>
10(1.50)	71.94 ± 0.33 <sup>b</sup>	12.14 ± 0.21 <sup>b</sup>	4.09 ± 0.04	9.48 ± 0.22 <sup>ab</sup>

注:同列中有相同上标的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

### 2.6 Arg 对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响

饲料 Arg 水平对中华绒螯蟹全蟹体组成的结果见表 7。从表 7 可知,饲料 Arg 含量变化对中华绒螯蟹全蟹粗脂肪和粗灰分含量没有显著的影

响( $P > 0.05$ );投饲日日粮 12(Arg, 2.09)的试验组 12 粗蛋白含量最低,并显著低于其它 Arg 试验组;试验组 12 的水分含量最高,并显著高于试验组 11(Arg, 1.39)和试验组 13(Arg, 2.79)。

表 7 饲料 Arg 水平对中华绒螯蟹全蟹体组成的影响  
Tab. 7 Body composition of crab fed various levels of Arg

日粮(Arg %)	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
diet no.	moisture	crude protein	crude lipids	crude ash
11(1.39)	70.55 ± 0.50 <sup>a</sup>	12.75 ± 0.14 <sup>b</sup>	3.67 ± 0.13	9.64 ± 0.57
12(2.09)	72.48 ± 1.08 <sup>b</sup>	12.40 ± 0.21 <sup>a</sup>	3.34 ± 0.49	9.22 ± 0.40
13(2.79)	70.48 ± 0.71 <sup>a</sup>	12.88 ± 0.11 <sup>b</sup>	3.78 ± 0.18	9.63 ± 0.07
14(3.49)	70.96 ± 0.88 <sup>ab</sup>	12.76 ± 0.17 <sup>b</sup>	3.56 ± 0.46	9.49 ± 0.10
15(4.19)	70.88 ± 0.95 <sup>ab</sup>	12.75 ± 0.18 <sup>b</sup>	3.34 ± 0.20	9.40 ± 0.15

注:同列中有相同上标的英文字母表示没有显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Means with different superscripts within the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ .

## 3 讨论

对水生动物氨基酸需要量的定量分析模型通常采用二次曲线模型(second-degree polynomial model)和折线模型(broken-line model)两种<sup>[14-22]</sup>,其中 Wang 等<sup>[18]</sup>研究草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)对赖氨酸需要量、Forstera 等<sup>[19]</sup>研究牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)和真鲷(*Pagrus major*)对

赖氨酸需要量、Ahmed 等<sup>[22]</sup>研究印鲷(*Cirrhinus mrigala*)对赖氨酸的需要量均采用了二次曲线模式。从本试验的结果来看,河蟹的生长随饲料赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸的变化均呈现了先升高后下降的趋势,故采用二次曲线模型比折线模型更为合适,由此分别求得河蟹对饲料赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸的需求量分别为 2.34%, 1.12% 和 3.62%。

就甲壳动物而言,在以植物蛋白为蛋白源的配合饲料中,赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸通常成为其主要的限制性氨基酸<sup>[14-15,23]</sup>。陈立侨等<sup>[12]</sup>也认为,在鱼粉用量低于30%时,最易导致河蟹赖氨酸的不足。本文的结果显示,在赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸不足时,河蟹均表现出净增重和特定生长率显著下降,其中以赖氨酸最为明显。试验测得河蟹饲料中赖氨酸需要量为2.34%,占饲料蛋白含量6.15%,需要量高于凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)幼虾(2.10%)<sup>[14]</sup>和斑节对虾(*Penaeus monodon*)(2.08%)<sup>[20]</sup>;与已报道的鱼类相比,河蟹对赖氨酸的需要量(占蛋白%)高于金头鲷(*Sparus aurata*)5.04%<sup>[16]</sup>、条纹鲈(*Sparus aurata*)4.90%<sup>[17]</sup>、草鱼5.44%<sup>[18]</sup>、牙鲆4.6%和真鲷4.4%<sup>[19]</sup>、丝尾鳊(*Mystus numerus*)3.48%<sup>[21]</sup>、印鲮5.75%<sup>[22]</sup>,与虹鳟6.10%<sup>[23]</sup>相近,而略低于喀拉鲃6.20%(*Catla catla*, Hamilton)<sup>[24]</sup>。从这些比较中可以看出,中华绒螯蟹对赖氨酸的需求量相对较高。试验结果还显示,当饲料Lys含量超过2.78 g/(100 g饲料)时,蟹的净增重和特定生长率开始下降,当饲料Lys含量为3.18 g/(100 g饲料)时,蟹的净增重和特定生长率受到显著的抑制( $P < 0.05$ ),这一现象与草鱼<sup>[18]</sup>、印鲮<sup>[22]</sup>等相一致,而与金头鲷<sup>[16]</sup>、条纹鲈<sup>[17]</sup>、牙鲆<sup>[19]</sup>和丝尾鳊<sup>[21]</sup>等有相反的变化。

以豆粕为主要原料的配合饲料中,蛋氨酸通常被认为是虾、蟹饲料中的最主要的限制性氨基酸,蛋氨酸的缺乏易引起虾、蟹生长缓慢<sup>[14,25]</sup>。在本研究中测得,中华绒螯蟹对饲料蛋氨酸的需要量为1.12%,占饲料蛋白质含量的2.95%。与已报道的水产动物相比,要高于红点鲑(*Salvelinus alpinus* L)2.67%<sup>[26]</sup>、点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)2.73%<sup>[27]</sup>、中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)2.48%<sup>[28]</sup>和鲤(*Cyprinus carpio*)2.13%<sup>[29]</sup>,但明显低于斑节对虾3.50%<sup>[30]</sup>和金头鲷4.0%<sup>[16]</sup>。同时,过量添加蛋氨酸对中华绒螯蟹生长并没有明显的抑制作用,表现在试验组9和试验组10的净增重和特定生长率并没有显著的差异( $P > 0.05$ ),这一结果与点带石斑鱼、红点鲑等研究结果相似<sup>[26-27]</sup>。

精氨酸被认为是甲壳动物中容易缺乏的必需氨基酸,而饲料中精氨酸的不足容易引起水产动物生长和蛋白质代谢受到抑制<sup>[30]</sup>。本试验结果表明,中华绒螯蟹对饲料中精氨酸的需要量为3.62%,占饲料粗蛋白9.52%,这一结果明显高

于日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)5.32%<sup>[31]</sup>和银鲈(*Bidyanus bidyanus*)6.8%<sup>[32]</sup>。

试验部分采用了水溶性的晶体氨基酸作为饲料原料来测定中华绒螯蟹的氨基酸需要量,由于中华绒螯蟹摄食时间较长,容易导致部分氨基酸的损失,从而使饲料中的氨基酸实际含量低于试验设计值,因此对河蟹配合饲料中氨基酸添加的方法有待于进一步改进。河蟹是间隙性生长的动物,在脱壳期间易引起相互残杀死亡,在统计试验结果时,死亡蟹未被计入净增重结果。从试验的成活率结果看,各试验组间的成活率没有显著差异,因此,我们在结果分析中把试验期间因河蟹死亡对结果造成的影响视作系统误差。

从本试验结果发现,饲料中Lys、Met、Arg水平的变化对中华绒螯蟹全蟹粗脂肪和粗灰分含量没有显著的影响,但适宜的氨基酸水平能明显提高蟹体粗蛋白含量。由此说明,这3种氨基酸在蛋白质的代谢和合成中具有重要的作用,由于没有对河蟹肌肉样品的氨基酸组成进行测定,所以未能从饲料氨基酸模式变化的角度对河蟹肌肉氨基酸造成的影响进行比较和分析。

#### 参考文献:

- [1] 陈立侨,江洪波,周忠良,等.  $\omega$ -3HUFA对中华绒螯蟹幼体存活率及体脂肪酸组成的影响[J]. 水产学报,2000,24(5):448-452.
- [2] 钱国英,朱秋华. 饲料中的钙磷含量与河蟹生长的关系[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),1999,18(3):209-214.
- [3] 汪留全,李海洋,胡王,等. 饲料中胆固醇水平对幼蟹生长和饲料利用率影响的研究[J]. 淡水渔业,2004,34(1):13-15.
- [4] 汪留全,胡王,李海洋,等. 饲料中脂肪水平对幼蟹生长和饲料利用率的影响[J]. 上海水产大学学报,2003,12(1):19-23.
- [5] 陈立侨,堵南山,赖伟. 中华绒螯蟹配饵中适宜蛋白比的研究[C]//首届全国水产学术研讨会论文集. 上海:同济大学出版社,1995:8-14.
- [6] 林任梅,罗莉,叶元土. 中华绒螯蟹的营养需求[J]. 科学养鱼,2001(4):41-42.
- [7] 钱国英,朱秋华. 中华绒螯蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量[J]. 中国水产科学,1999,6(3):61-65.
- [8] 陈立侨,艾春香,温小波,等. 中华绒螯蟹幼蟹维生素C营养需求研究[J]. 海洋学报,2005,27(1):130-136.

- [9] 徐新章,何珍秀. 幼蟹配饵适宜能量蛋白比的研究[J]. 江西水产科技,1998,2:18-20.
- [10] 林仕梅,罗莉,叶元土,等. 饵料蛋白能量比、非植酸磷水平对中华绒螯蟹氮、磷排泄和转氨酶活力的影响[J]. 中国水产科学,2001,8(4):62-66.
- [11] 江洪波. 中华绒螯蟹蛋白质营养生理研究[D]. 上海:华东师范大学,2003:67-72.
- [12] 陈立侨,堵南山,赖伟. 中华绒螯蟹种配饵中豆饼替代部分鱼粉的适宜含量[J]. 水产学报,1994,18(1):24-31.
- [13] 张璐,陈立侨,洪美玲,等. 中华绒螯蟹对 11 种饲料原料蛋白质和氨基酸的表观消化率[J]. 水产学报,2007,31(增刊):116-121.
- [14] Fox J M, Lawrence A L, Li-Chan E. Dietary requirement for lysine by juvenile *Penaeus vannamei* using intact and free amino acid sources [J]. Aquaculture,1995,131(2):279-290.
- [15] Murillo-Gurreal D P, Coloso R M, Borlongan I G, et al. Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass (*Lates calcarifer*) [J]. J Appl Ichthyol,2001,17(1):49-53.
- [16] Marcouli P A, Alexis M N, Andriopoulou A. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. [J]. Aquaculture Nutrition,2006,12:25-33.
- [17] Small B C, Soares J H. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis* [J]. Aquaculture Nutrition,2000,6:207-212.
- [18] Wang S, Liu Y J, Tian L X, et al. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella* [J]. Aquaculture,2005,249(2):419-429.
- [19] Forstera I, Ogata H Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major* [J]. Aquaculture,1998,161(1):131-142.
- [20] Millamena O M, Bautista-Teruela M N, Reyes O S, et al. Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon fabricius* for lysine and arginine [J]. Aquaculture,1998,164(1):95-104.
- [21] Tantikitti C, Chimsung N. Dietary lysine requirement of freshwater catfish (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.) [J]. Aquaculture Research,2001,32(Suppl. 1):135-141.
- [22] Ahmed I, Khan M A. Dietary lysine requirement of fingerling Indianmajor carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) [J]. Aquaculture,2004,235(3):499-511.
- [23] Ketola H G. Requirement for dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout [J]. Anim Sci,1983,56:101-107.
- [24] Ravi J, Devaraj K V. Quantitative essential amino acid requirements for growth of catla, *Catla catla*. (Hamilton) [J]. Aquaculture,1991,96(2):281-291.
- [25] Akiyama D M, Dominy W G, Lawrence A L. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry-revised [M]. Am Soybean Assoc,1991:32-35.
- [26] Simmons L, Moccia R D, Bureau D P, et al. Dietary methionine requirement of juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) [J]. Aquaculture Nutrition,1999,5:93-100.
- [27] Luo Z, Liu Y J, Mai K S, et al. Dietary l-methionine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level [J]. Aquaculture 2005,249(2):409-418.
- [28] Huang C H, Lin W Y. Estimation of optimal dietary methionine requirement for softshell turtle, *Pelodiscus sinensis* [J]. Aquaculture,2002,207(2):281-287.
- [29] Frieder J. Schwarz, Manfred Kirchgessner, Ute Deuringer. Studies on the methionine requirement of carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Aquaculture,1998,161(1):121-129.
- [30] Alam M S, Teshima S I, Ishikawa M. Dietary arginine requirement of juvenile kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) [J]. Aquaculture Research,2004,35(5):842-849.
- [31] Ngamsnae P, Desilva S S, Gunasekera R M. Arginine and phenylalanine requirement of juvenilesilver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating individual amino acid requirements [J]. Aquaculture Nutrition 1999,5:173-180.
- [32] Berge G E, Sveier H, Lied E. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); the requirement and metabolic effect of lysine [J]. Comparative Biochemistry and Physiology (Part A),1998,120(2):477-485.

## Lysine, methionine and arginine requirements of juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

YE Jin-yun<sup>1,2\*</sup>, WANG You-hui<sup>2</sup>, GUO Jian-lin<sup>2</sup>, CHEN Jian-ming<sup>2</sup>, PAN Qian<sup>2</sup>, SHEN Bin-qian<sup>2</sup>

(1. School of Life Science, Huzhou Normal University, Huzhou 313000, China;

2. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

**Abstract:** Three experiments were conducted to determine the lysine, methionine and arginine requirements of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*. The juvenile crab [average initial weight: Lys experiment ( $2.050 \pm 0.027$ ) g; Methionine experiment ( $2.027 \pm 0.033$ ) g; Arginine experiment ( $2.05 \pm 0.032$ ) g] were fed amino acids test diets for 56 days with the protein source containing casein, white fishmeal, soybean meal and crystalline amino acids. The test diets contained 5 graded levels of lysine (1.58%, 1.98%, 2.38%, 2.78% and 3.18%), methionine (0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.25% and 1.50%) and arginine (1.39%, 2.09%, 2.79%, 3.49% and 4.19%) respectively. The triplicate feeding trials were conducted in fiberglass tanks indoor. Water temperature and pH were kept at ( $28 \pm 3.0$ ) °C and 7.4, respectively. The results of the lysine experiment showed crab fed diet 3 containing 2.38% lysine had the best weight gain (WG) and specific growth ratio (SGR), but no significant difference was found between the levels of 1.98% (diet 2) to 2.78% (diet 4); the whole crab fed diet 3 had significantly low moisture and significantly high protein content ( $P < 0.05$ ). The results of methionine experiment showed crab fed diet 8 containing 1.00% methionine had significantly high WG and SGR ( $P < 0.05$ ), no significant difference was found in other test groups; the crab fed diet 10 (1.5% methionine) had significant high moisture content and low protein content of whole body ( $P < 0.05$ ); no significant difference was found among the other test diets (diet 6 to diet 9). The results of arginine experiment showed crab fed diet 14 containing 3.49% arginine had significant high WG and SGR ( $P < 0.05$ ); but no significant difference for the body composition of crab was found. Based on the growth response and quadratic model regression analysis of the relationship of WG with dietary Lys, Met or Arg levels, the Lys, Met and Arg requirements of juvenile Chinese mitten crab were estimated to be 2.34%, 1.12% and 3.62% respectively.

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; lysine; methionine; arginine; requirement

**Corresponding author:** YE Jin-yun. E-mail: ziff2006@163.com