

饲料中适宜的蛋白质和氨基酸水平对刺参生长的影响

李素红 梁萌青* 孙慧玲 燕敬平

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 利用单因素设计,以初始体重为 4.5~4.8g 的刺参 *Apostichopus japonicus* 为研究对象,分别配制以鱼粉、马尾藻和酒糟等为主要成分的配合饲料(蛋白含量为 14.7%、17.7%、19.1% 及 21.5%) 喂养刺参 70 d。实验表明,实验刺参的增重率和对配合饲料的消化率随着饲料中蛋白含量的增加而增加。配合饲料中粗蛋白的含量为 21.49% 时,试验幼参的增重率及蛋白质消化率达到最大。另一组试验对 5 种含有不同种类和数量的氨基酸配合饲料进行了饲喂对比试验,实验进行了 40 d。结果表明,饲喂富含甘氨酸、蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸饲料的刺参增重率最高。

关键词 幼参 配合饲料 增重率 消化率 蛋白质 氨基酸

中图分类号 S963.16+1 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2012)05-0059-05

Optimum dietary protein and amino acid levels for the growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*

LI Su-hong LIANG Meng-qing* SUN Hui-ling YAN Jing-ping

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Feeding trials were conducted to investigate the effect of dietary protein and amino acid level on the growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* at 4.5~4.8 g. The experiments on juvenile sea cucumbers were conducted over 70 days using an artificial feed, mainly composed of fish meal, *Sargassum thumbergii* and lees (by-products from wine and beer production). The content of protein in artificial feed was 14.7%, 17.7%, 19.1% and 21.5% respectively. The results showed that the weight gain and feed digestibility increased with the protein content in the diet. The optimum protein content was 21.5%, resulting in the highest weight gain and feed digestibility. Based on a second growth experiment over a 40-day period, during which five different feed formulas were tested, it was found that the weight gain was maximal when the diet was rich in the following amino acids: lysine, arginine, glycine and methionine. It suggested that lysine, arginine, glycine and methionine are important amino acids for the growth of sea cucumbers.

KEY WORDS Sea cucumber Formulated feed Weight gain rate Digestibility
Protein Amino acid

刺参 *Apostichopus japonicus* 具有很高的营养保健和药用价值,是我国有记载的 20 余种食用海参中价值

科研院所技术开发研究专项项目(2011EG34219)资助

* 通讯作者。E-mail:liangmq@ysfri.ac.cn, Tel:(0532)85822914

收稿日期:2011-07-18;接受日期:2012-04-09

作者简介:李素红(1979-),女,硕士,主要从事水产养殖与水产饲料营养方面的研究。E-mail:lisuhong1008@163.com

最高、惟一分布于黄、渤海域的温带种。刺参是一种底栖杂食性的海洋生物,主要以底质中的有机质、某些细菌和原生动物为食,以触手摄食。

常亚青等(2004)、隋锡林等(1986)通过性腺解剖法成功培育出刺参幼体后,北方沿海的辽宁、河北、山东三省相继进行了刺参各发育阶段最适饵料的研究,但只是处于探讨阶段,仅局限于直接投喂天然饵料(袁成玉 2005)。徐宗法等(1999)探讨了饵料对稚幼参生长变色的影响。海参饲料的好坏,直接影响海参育苗与养殖生产的成败。蛋白质是动物生命生存的重要物质,是构成机体的细胞、组织、器官的营养物质。动物正常生长需要饲料中有数量足够、容易消化吸收且各种氨基酸配比适宜的蛋白质。摄取蛋白质不足时,生长缓慢,机体免疫力下降,组织更新缓慢,创伤愈合力差,易患病;蛋白质过多,消化而排出体外,降低蛋白质的消化率,也易引起肠道疾病(孙德文等 2003)。目前市场上刺参配合饲料品牌繁杂,营养指标高低不一。作者就海参配合饲料中不同粗蛋白水平对刺参生长的影响做相关研究,以期为刺参配合饲料的配制提供技术依据。

为了研究饲料中蛋白质水平和氨基酸对海参生长的影响,本研究开展了两个试验研究刺参幼参的生长与配合饲料中蛋白质和氨基酸的关系。

1 材料与方法

1.1 饲料中蛋白质水平与刺参幼参生长的关系

实验用2龄仿刺参来自山东蓬莱海龙养殖公司,平均重量4.5~4.8 g,暂养14 d,挑选规格整齐、颜色鲜亮干净和体质健壮的个体,随机放入12个90 cm×80 cm×100 cm的网箱中,每个网箱中30头,投喂4种不同蛋白的饲料,每种饲料3个重复。刺参配合饲料设4个蛋白水平,以研究刺参配合饲料中蛋白质水平与生长的关系,并检验饲料中蛋白质水平对刺参幼参消化率的影响。试验饲料配方见表1。每天投喂1次,投喂量为幼参体重的3%,养殖水温15~20℃,连续充气,每天换水1次,换水量为50%。实验期间盐度24~26,pH 7.8~8.2,溶解氧不低于5 mg/L,氨氮不高于0.5 mg/L,亚硝酸氮不高于1 mg/L,试验自2007年5月1日~7月9日,养殖试验时间为70 d。

1.2 刺参幼参生长与饲料中氨基酸组成的关系

采用体重约2.1 g的刺参幼参,本研究设置5个处理组,每个处理组设置两个平行,每个平行组养殖试验刺参幼参50只,用5种配合饲料饲喂幼参,5种饲料的氨基酸组成见表2。幼参养殖在室内水泥池中,养殖海水水温维持在8~12℃,气石充气,试验时间为40 d,每天换水1次,换水量为100%。

1.3 样品收集及分析计算

试验进行30 d后,采用虹吸法进行粪便收集,用离心机离心,粪便冻干后小心保存,以备分析。粗蛋白采用凯氏定氮法(VELP, UDK142),幼参配合饲料中的氨基酸测定采用日立自动分析仪器分析(日立835-50,日本)。

$$\text{成活率}(\%) = \text{实验结束时鱼的尾数} / \text{实验开始时鱼的尾数} \times 100$$

$$\text{增重率} = (W_2 - W_1) / W_1; \text{式中}, W_1 \text{为初始体重}, W_2 \text{为终末体重};$$

$$\text{蛋白质的表观消化率}(\%) = [1 - (\text{饲料中 } Cr_2O_3\% \times \text{粪便中粗蛋白}\%) / (\text{粪便中 } Cr_2O_3\% \times \text{饲料中粗蛋白}\%)] \times 100$$

粗蛋白采用凯氏定氮法;饲料和粪便样品中的 Cr_2O_3 通过ICP原子吸收光谱法测定。

1.4 统计分析

结果表示为平均值±标准误差。采用SPSS 11.5统计软件进行分析,实验结果经单因素方差分析(One-way ANOVA)后,若差异显著进行邓肯多重比较(Duncan's multiple range tests),显著水平为 $P < 0.05$ 。

表 1 幼参配合饲料中的配方和蛋白含量

Table 1 Composition and protein content in diets of the juvenile sea cucumber

成分 Components	各成分的含量 Composition of diet (%)			
	饲料 1 Diet 1	饲料 2 Diet 2	饲料 3 Diet 3	饲料 4 Diet 4
马尾藻粉 <i>Sargassum thumbergii</i>	45	39	30	23
鱼粉 Fish meal	0	6	15	22
酒糟 Lees	20	20	20	20
海泥 Mud	15.5	15.5	15.5	15.5
海带粉 Kelp powder	7	7	7	7
酵母 Yeast	3	3	3	3
维生素混合物 Vitamin mix ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
矿物质混合物 Mineral mix ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
豆粕 Soybean meal	5	5	5	5
麸皮 Bran	3	3	3	3
三氧化二铬 Chromium oxide (Cr ₂ O ₃)	0.5	0.5	0.5	0.5
总蛋白 Protein content	14.7	17.7	19.1	21.5

注:1) 维生素混合物(mg/kg or g/kg 饲料): 硫胺素, 25mg; 核黄素, 45mg; 盐酸吡哆醇, 20mg; 维生素 B₁₂, 0.1mg; 维生素 K₃, 10mg; 肌醇, 800mg; 泛酸, 60mg; 烟酸, 200mg; 叶酸, 20mg; 生物素, 1.20mg; 维生素 A, 32mg; 维生素 D, 5mg; 维生素 E, 120mg; 次粉 18.67g

2) 无机盐混合物(mg/kg or g/kg 饲料): 氟化钠, 2mg; 碘化钾, 0.8mg; 氯化钴, 50mg; 硫酸铜, 10mg; 硫酸铁, 80mg; 硫酸锌, 50mg; 硫酸镁, 1200mg; 磷酸二氢钙, 3000mg; 氯化钠, 100mg; 沸石粉, 15.51g

Notes:1) Vitamin premix (mg/kg or g/kg diet): Thiamine, 25mg; Riboflavin, 45mg; Pyridoxine, 20mg; Vitamin B₁₂, 0.1mg; Menadione, 10mg; Inositol, 800mg; Pantothenate, 60mg; Ocopherol acetate, 200mg; Folic acid, 20mg; Biotin, 1.2mg; Vitamin A, 32mg; Vitamin D, 5mg; Vitamin E, 120 mg; Wheat flour, 18.67g

2) Mineral premix (mg/kg or g/kg) diet: NaF, 2mg; KI, 0.8mg; CoCl₂ · 6H₂O, 50mg; CuSO₄ · 5H₂O, 10mg; FeSO₄ · 7H₂O, 80g; ZnSO₄ · 7H₂O, 50mg; MnSO₄ · 4H₂O, 1200mg; Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O, 3000mg; NaCl, 100g; Mordenzeo, 15.51g

表 2 幼参生长与氨基酸关系的试验饲料组成

Table 2 Composition of amino acid in 5 experimental diets on relationship between growth and amino acid

氨基酸 Amino acid	成分含量(%/100g 配合饲料) Composition (%/100 g of formulated feed)				
	饲料 1 Diet 1	饲料 2 Diet 2	饲料 3 Diet 3	饲料 4 Diet 4	饲料 5 Diet 5
天冬氨酸 Asp	1.40	1.34	1.22	1.68	1.45
苏氨酸 Thr	0.63	0.62	0.55	0.55	0.62
丝氨酸 Ser	0.59	0.61	0.54	0.54	0.61
谷氨酸 Glu	2.88	3.06	2.32	2.24	3.23
甘氨酸 Gly	0.78	0.75	0.7	0.69	0.77
丙氨酸 Ala	0.89	1.02	0.8	0.74	1.02
缬氨酸 Val	0.91	0.94	0.85	0.76	1.00
蛋氨酸 Met	0.14	0.10	0.13	0.31	0.13
异亮氨酸 Ile	0.63	0.65	0.59	0.56	0.67
亮氨酸 Leu	1.11	1.38	1.04	0.92	1.35
酪氨酸 Tyr	0.19	0.21	0.00	0.00	0.15
苯丙氨酸 Phe	0.63	0.72	0.54	0.60	0.66
赖氨酸 Lys	0.92	0.77	0.79	0.73	0.83
组氨酸 His	0.18	0.20	0.18	0.15	0.19
精氨酸 Arg	0.75	0.69	0.63	0.71	0.71
总蛋白质含量 Protein content (%)	16.64	17.74	14.77	15.38	17.14

2 结果与讨论

2.1 饲料中蛋白质含量对刺参幼参生长的影响

在 70 d 的养殖试验结束后,投喂不同蛋白含量配合饲料的海参生长情况见表 3。各组成活率较高,为 90%~98.3%,各组无显著性差异($P>0.01$);各组刺参增重率分别为 105.8%、113.8%、122.7%及 145.6%,刺参的增重率随着饲料中蛋白质含量的增加而升高,而且各个试验组之间差异极显著($P<0.01$)。朱伟等(2005)的初步研究中,以藻粉、白鱼粉和酪蛋白等为主要原料的刺参实验饲料,用以饲喂平均体质量为 0.90g 的刺参,经过 66d 的饲养实验,表明刺参在粗蛋白水平为 18.21%~24.18%时,获得最大生长。Seo 等(2009)分别以 20%、30%及 40%的蛋白含量的饲料喂养幼参 84 d,发现当饲料中蛋白含量为 20%时,增重率达到最大。以上两试验与本研究结果基本一致。本研究设计饲料蛋白含量分别为 14.7%、17.7%、19.1%及 21.5%,在本研究条件下,刺参的增重率随着饲料中蛋白质含量的增加而升高,饲料中蛋白质的含量在 21.5%时海参的增重率最大,这与鲜海参中蛋白质含量一致,然而,海参的增重率是否会随着饲料中的蛋白质含量继续增加而升高,还有待于进一步研究。

表 3 饲料中蛋白含量对刺参生长及消化率的影响

Table 3 Effect of protein content on food digestibility and growth of juvenile sea cucumbers

参数 Parameters	饲料 Diet			
	1	2	3	4
蛋白质含量 Protein content (%)	14.7	17.7	19.1	21.5
蛋白质消化率 Protein digestibility rate (%)	40.6±1.2 ^a	48.2±2.1 ^b	55.8±2.7 ^c	63.9±2.3 ^d
增重率 Weight gain rate (%)	105.8±4.5 ^a	113.8±5.1 ^b	122.7±3.2 ^c	145.6±2.8 ^d
存活率 Survival rate (%)	93.3±2.5	98.3±1.2	90.0±1.8	93.3±3.3

注:同一列数据右上角不同字母代表有显著差异($P<0.05$)

Note: Values in the same column without a same superscript are significantly different ($P<0.05$)

由表 3 可见,蛋白含量为 14.7%、17.7%、19.1%及 21.5%的 4 种试验饲料的消化率分别为 40.6%、48.2%、55.8%及 63.9%,刺参蛋白质消化率低于鱼类(Tibbetts *et al.* 2004、2007),随着蛋白含量的升高,蛋白质的消化率显著升高($P<0.01$)。饲料中蛋白质的含量在 21.5%时,刺参的蛋白质的消化率达到最大,但刺参蛋白质消化率是否会随着饲料中的蛋白质含量继续增加而升高,还有待于进一步研究。

2.2 饲料中氨基酸含量对刺参幼参增重率的影响

如表 4 所示,在 5 组试验饲料中,饲料 1 组获得最大的生长率,而饲料 1 组中的蛋白质含量(16.64%)低于饲料 2 组的 17.74%和饲料 5 组中的 17.14%。上述蛋白质需要量实验的结果显示,随着饲料中蛋白含量的增加,刺参幼参的增重率和消化率也随之增加,但在本研究中却并没有出现这种结果,其原因可能是由于各处理组之间的蛋白质水平差异不大,各处理组之间的氨基酸含量的差异对刺参幼参生长的影响抵消了微量蛋白质水平差异对刺参幼参生长的影响,因此对刺参幼参投喂 5 种不同氨基酸含量的饲料,经过 40 d 的养殖试验,饲料 1 组刺参幼参的增重率最高,而其蛋白质含量并不是最高的;饲料 2 和饲料 5 蛋白质水平基本持平,而饲喂两种饲料的幼参,经过 40 d 的养殖试验,增重率却相差很大,前者(增重率为 119.2%)远小于后者(增重率 159.2%)。

对比分析获得最大增重率的饲料 1 组和蛋白水平含量较高并基本持平的饲料 2 组及饲料 5 组的氨基酸组成和含量,饲料 1 组中的蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸含量最高,同时饲料 5 组中这 3 种氨基酸含量也高于饲料 2 组,因此蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸含量高可能是饲料 1 组获得最大增重率的原因;饲料 5 组中的这 3 种氨基酸

含量也高于饲料2组,这有可能是造成饲料5组的增重率大于饲料2组的原因。因此蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸可能是刺参幼参生长的必需氨基酸,蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸同时也是虾和鱼的必需氨基酸。

饲喂饲料2组和饲料3组的刺参幼参体重增长率较低,试验结果可能表明饲料中缺少蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸或者含量过低可能影响刺参幼参的生长。在饲料3组和饲料4组中没有检测到含有的酪氨酸,而饲料4组与饲料5组的增重率差别不大,分别为157.6%、159.2%,这可能说明酪氨酸的存在与否对刺参幼参的生长影响不大。

表4 饲料氨基酸组成对海参生长的影响

Table 4 Effect of amino acid in diet on the growth of sea cucumber

参数 Parameters	试验饲料 Experimental diet				
	1	2	3	4	5
增重率 Weight gain rate (%)	174.1	119.2	149.3	157.6	159.2
存活率 Survival rate (%)	100	99.6	98.5	100	98.0

3 小结

在本研究条件下,刺参的增重率和蛋白质消化率随着粗蛋白质含量的增加而增高,当饲料中蛋白含量为21.5%时,刺参的增重率和蛋白质消化率均达到最大。通过调配饲料原料使海参配合饲料含有各种不同含量的氨基酸,对刺参幼参进行40 d的饲喂试验,结果显示甘氨酸、蛋氨酸、赖氨酸和精氨酸可能对刺参幼参生长具有重要作用。

参 考 文 献

- 朱 伟,麦康森,张百刚,王福振,徐桂玉. 2005. 刺参稚参对蛋白质和脂肪需求量的初步研究. 海洋科学, 29(3): 54~58
- 孙德文,詹 勇,许梓荣. 2003. 日粮营养素对水产动物免疫机能的影响. 广东饲料, 12(2): 31~32
- 袁成玉. 2005. 海参饲料研究的现状与发展方向. 水产科学, (12): 54~56
- 徐宗法, 毕庶万, 王际英, 王在卿, 吴凤珍. 1999. 饵料对稚幼参生长变色的影响. 齐鲁渔业, (1): 30~33
- 常亚青, 丁 君, 宋 坚, 扬 威. 2004. 海参、海胆生物学研究与养殖. 北京: 海洋出版社, 113, 148~151
- 隋锡林, 胡庆明. 1986. 幼参人工配合饵料的研究. 水产科学, 5(3): 22~25
- Seo, J. Y., and Lee, S. M. 2009. Lee Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Aquaculture Nutrition, 17(2): 56~61
- Tibbetts, S. M., Lall, S. P., and Milley, J. E. 2004. Apparent digestibility of common feed ingredients by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. Aquaculture Research, 35(7): 643~651
- Tibbetts, S. M., Milley, J. E., and Lall, S. P. 2006. Protein digestibility of common and alternative feed ingredients by juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua*. XII International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, 8 May-1 June, Biarritz, France, 245