

刺参稚参对蛋白质和脂肪需求量的初步研究

朱伟^{1,3}, 麦康森¹, 张百刚¹, 王福振², 徐桂玉¹

(1.中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 2.六和集团, 山东 青岛 266003; 3.莱阳农学院 生命科学学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 实验设计了粗蛋白水平分别为 12%, 18%, 26%, 32%, 37%, 44%, 粗脂肪水平分别为 3%, 5%, 8%, 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 0.90 g 的刺参(*Stichopus japonicus*)。经过 66 d 的饲养实验, 测定了试验刺参的质量增长率、脏壁比和体成分等指标。结果显示, 饲料中粗蛋白、粗脂肪水平对刺参的生长和脏壁比有明显影响。实验刺参在粗蛋白水平为 18.21%~24.18%、粗脂肪为 5% 时获得最大生长, 同时获得最低的脏壁比。体成分等指标没有受到饲料中粗蛋白和粗脂肪水平的明显影响。因此可以认为, 刺参的最佳蛋白质和脂肪需要量分别为 18.21%~24.18% 和 5%。

关键词: 刺参(*Stichopus japonicus*); 蛋白质; 脂肪; 营养需求

中图分类号: S968.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)03-0054-05

刺参(*Stichopus japonicus*)是棘皮动物门(Echinodermata)、海参纲(Holothurioidea)、刺参科(Stichopodidae)的动物。刺参作为人类食品不但具有很高的营养价值, 而且还具有极高的药用价值。

对于刺参的生物学和营养生理特性, 前人进行了观察和研究。如 Kariya^[1]及 Ito 和 Kitamura^[2]等对刺参的生物学和生态学习性进行了研究。

据华汉峰编译的《Лалъневосгочкий Треланг》(Девин В.С.和 Владивосток 1982)介绍, 刺参以触手摄食, 其肠内含物主要是各种无机微粒, 海洋植物的碎块, 贝壳碎片。用显微镜还能观察到其肠内含物中有各种微小型底栖生物和微生物。刺参昼夜都积极进行摄食。温度对海参消化速度的影响很小。刺参摄入泥土(沙土)中有机物质的消化率约为 15%, 而对有些食物成分的消化率还能高些。体干质量 20 g 的海参对植物性饵料(带淤泥的盐藻)的消化率为 67.5%±7.3%, 幼参(体质量 3 g)对同样饵料的消化率高些, 为 76.4%±6.8%。对动物性的碎屑(蟹肉), 鞭毛藻和硅藻、细菌和菌类的消化吸收率最高, 为 87%。微小底栖生物和微生物作为刺参的饵料来源起着很重要的作用。饵料通过刺参肠道的速

度为 2~3.5 h^[3]。

张宝琳等^[4]通过对灵山岛水域刺参肠道内容物观察证实, 刺参以动植物及其碎屑为食, 在摄食过程中, 将生物和沉积物一并吞入口中, 经消化道进行消化吸收。其食物主要有藻类、小型贝类及有孔虫等微小生物。

Shimizu 等^[5]分别对 <0.004 g, <0.2 g 和 >0.9 g 的刺参的肠道进行了蛋白酶和脂肪酶活性的测定, 指出刺参很小的时候就产生蛋白酶和脂肪酶, 这些酶的产生比肠道绒毛生成还早。

牟绍敦和李元山^[6]认为刺参浮游期不宜投喂培育时间过长和老化的单胞藻。稚参的附着基在投放前最好能在海上富集部分硅藻和海泥以供稚参食用。在稚参附着密度较大(2 头/cm² 以上)的情况下, 及时投入部分活性海泥和少量鼠尾藻粉碎液或干藻粉是必要的。在养成期刺参大多都依靠海水沉积的有

收稿日期: 2004-08-26; 修回日期: 2005-01-18

基金项目: 山东省科技计划项目(2002 第 209 号)

第一作者: 朱伟(1964-), 男, 内蒙古赤峰人, 教授, 博士, 研究方向: 水产动物营养与饲料, 电话: 0532-2031509, E-mail: zhuw001@163.com

机物和自然繁殖的绿、褐、红藻及大叶藻等脱落降解的碎屑以及底泥中的细菌、微小动物等自然饵料。集约化养殖刺参，人工投饵必不可少。研制和研究刺参的养成饵料和科学的投喂技术刻不容缓。

作者用含有不同水平的蛋白质和脂肪的饲料对刺参进行饲养实验，通过对其生长以及脏壁比和体成分等指标的分析，得出刺参对粗蛋白和粗脂肪等营养指标的最佳需求量，为刺参人工配合饲料的研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 饲料制作

以白鱼粉、酪蛋白、豆粕、面粉、藻粉和精炼鱼油为主要原料，配制了含有 12%，18%，26%，32%，37% 和 45% 6 个粗蛋白水平以及 3%，5% 和 8% 等 3 个粗脂肪水平（实验饲料配方及营养成分实际测定值见表 1）的试验饲料。饲料成分经均匀混合后，超微粉碎至 500 目以上，然后经过微粒化处理，取 200 目筛下部分，装袋备用。

表 1 实验饲料配方及营养成分分析

Tab. 1 Ingredient composition and proximate analysis of the experimental diets

原料	组成 (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
白鱼粉	0	2	4	8	10	12	0	3	8
酪蛋白	0	0	1	3.5	7	10.5	0	0	0
豆粕	1	8	17	18	21	24	1	7	13
面粉	35	42	30	22	14	5	30	40	29
精炼鱼油	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.6	2	2
藻粉	56.2	40	40	40	40	40	58.6	40	40
复合维生素	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
复合矿物质	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
其它	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	7	7
合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
粗蛋白	12.52	18.03	26.43	31.57	36.01	44.12	12.09	18.21	24.18
粗脂肪	3.14	2.91	3.11	2.92	2.95	3.13	4.79	4.69	4.92
水分	8.35	9.46	7.31	9.12	7.55	8.09	9.66	10.52	9.5
能量 (kJ/g)	10.56	11.31	12.51	12.70	13.31	14.8	10.26	11.88	12.45

原料	组成 (%)								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
白鱼粉	12	14	15	0	3	8	12	14	16
酪蛋白	2	6	9	0	0	0	0	3	10
豆粕	16	18	21	1	8	15	23	25	20
面粉	20	12	5	30	37	24	12	5	1
精炼鱼油	2	2	2	5	5	5	5	5	5
藻粉	40	40	40	56	40	40	40	40	40
复合维生素	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
复合矿物质	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
其它	7	7	7	7	7	7	7	7	7
合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
粗蛋白	33.21	37.59	43.75	12.73	18.34	26.16	30.34	38.16	45.13
粗脂肪	5.14	5.07	4.87	7.95	7.80	7.88	7.84	8.14	7.96
水分	8.58	7.84	7.09	9.25	10.31	10.26	7.82	8.76	8.09
能量 (kJ/g)	13.73	14.44	15.32	11.94	12.88	13.75	14.12	15.36	16.49

1.2 饲养实验

饲养实验在山东省烟台市长岛县后沟村育苗厂进行。实验刺参取自该厂2002年7月孵化的参苗。刺参苗的平均初体质量为0.90 g, 每个水槽放入40头参苗作为一个实验单元。

实验设18个处理, 每个处理设4个重复。养殖容器为100 cm × 50 cm × 30 cm的塑料水槽, 槽内放波纹板以供实验参苗栖息。每天9:00和17:00换水2/3, 然后投喂, 采用稍过量投喂, 保持波纹板上有少量剩饵, 每星期彻底清理实验水槽。连续充气。养殖用水为天然海水, 经过沉淀、砂滤。海水盐度为31, 水温为12~16℃。饲养实验时间为66 d。

1.3 样品测定及数据分析

实验结束时, 经过3d停食处理, 收集参苗, 对每个实验单元的参苗进行称量。然后将实验参苗放入-70℃冰箱保存备用。

生长指标用质量增长率(G , %)表示

$$G(\%) = [(W_t - W_0) / W_0] \times 100$$

其中 W_t , W_0 分别代表试验刺参的终体质量和初体质量(g)。

实验刺参的脏壁比(Viscera Body Wall Ratio, R)计算公式如下

$$R = W_v / W_w$$

其中 W_v 和 W_w 分别代表内脏质量和体壁质量(g)。

实验参苗的体成分的测定采用AOAC^[7]的方法。粗蛋白的测定采用凯氏定氮法; 粗脂肪的测定采用索氏抽提法; 粗灰分的测定用马福炉115℃烘干24 h; 总能用PARR1281氧弹仪测定。

实验数据用SPSS10.0统计软件分析, 对所有数据首先进行方差分析, 如有显著差异, 用Duncan方法进行多重比较。

2 结果

2.1 生长

饲料中粗蛋白和粗脂肪水平对实验刺参 G 的影响见表2。结果表明, 刺参的 G 明显受饲料中粗蛋

表2 实验刺参的质量增长率、脏壁比及存活率 (平均值±标准误, $n=4$)

Tab.2 weight gain (WG) ratio, viscera body wall ratio (VBWR) and survival of the sea cucumber fed with the diets containing graded levels of protein and lipid (Means ± S.E, $n = 4$)

组别	初质量 W_0 (g)	终质量 W_t (g)	G (%)	R	存活率 (%)
1	0.90±0.05	1.20±0.10 ^{bcd}	32.7±4.32 ^{bc}	0.52±0.03 ^{abc}	95.8±1.26
2	0.92±0.05	1.28±0.08 ^{bcd}	40.9±8.07 ^{bc}	0.50±0.01 ^{abc}	95.6±1.88
3	0.92±0.08	1.52±0.15 ^{ab}	71.9±24.7 ^{ab}	0.48±0.02 ^{abc}	96.9±1.57
4	0.85±0.06	1.44±0.05 ^{abc}	72.7±16.2 ^{ab}	0.48±0.02 ^{abc}	97.5±1.77
5	0.91±0.06	1.26±0.08 ^{bcd}	42.1±19.0 ^{bc}	0.50±0.06 ^{abc}	98.1±0.63
6	0.92±0.04	1.21±0.06 ^{bcd}	30.7±3.93 ^{bc}	0.55±0.06 ^{bc}	95.6±1.57
7	0.89±0.06	1.47±0.06 ^{abc}	72.5±15.5 ^{ab}	0.46±0.03 ^{abc}	92.6±2.25
8	0.84±0.04	1.63±0.09 ^a	95.2±11.3 ^a	0.41±0.03 ^{ab}	93.7±3.15
9	0.86±0.06	1.72±0.07 ^a	100±9.85 ^a	0.40±0.03 ^a	90.6±1.88
10	0.96±0.09	1.67±0.10 ^a	77.5±18.5 ^{ab}	0.41±0.04 ^{ab}	98.1±1.20
11	0.91±0.06	1.24±0.06 ^{bcd}	37.3±9.52 ^{bc}	0.53±0.04 ^c	92.5±3.23
12	0.98±0.09	1.24±0.12 ^{bcd}	32.4±25.6 ^{bc}	0.53±0.02 ^c	93.1±2.13
13	0.89±0.06	1.19±0.09 ^{bcd}	20.1±8.05 ^c	0.56±0.03 ^c	96.1±2.07
14	0.85±0.04	1.11±0.07 ^{cd}	32.6±12.9 ^{bc}	0.55±0.02 ^c	97.5±1.44
15	0.94±0.05	1.41±0.21 ^{abc}	47.7±16.7 ^{bc}	0.54±0.05 ^c	96.2±2.17
16	0.91±0.07	1.27±0.12 ^{bcd}	41.4±12.3 ^{bc}	0.52±0.02 ^{abc}	95.6±1.57
17	0.85±0.04	1.18±0.10 ^{bcd}	39.3±7.86 ^{bc}	0.52±0.05 ^{bc}	87.5±6.85
18	0.93±0.06	1.04±0.06 ^d	13.6±9.25 ^c	0.57±0.02 ^c	93.1±3.44
F	0.533	4.023	2.894	2.477	0.829
P	0.900	0.000	0.003	0.011	0.635

注: 同一列中带有相同字母上标的表示数值间没有显著差异($P < 0.05$)。

白和粗脂肪水平的影响。以粗脂肪为 5%，粗蛋白为 18.21%，24.18% 时 G 较高，分别为 95.21%，100%；当粗脂肪为 5%，粗蛋白为 12.09% 和 33.21% 时以及粗脂肪为 3%，粗蛋白为 26.43%，31.57% 时次之， G 分别为 72.5%，77.5%，71.98% 和 72.73%。其它的粗脂肪和粗蛋白组合的 G 都比较低，在 30%~47% 之间。在粗脂肪为 8%，粗蛋白为 44% 时， G 最低，为 13.62%。

2.2 成活率

实验刺参的成活率为 87.5%~98.1%，各处理间没有明显差异（表 2）。

2.3 脏壁比

实验饲料中粗蛋白和粗脂肪水平对实验刺参 R

的影响见表 2。结果显示，实验刺参的脏壁比明显受饲料中粗蛋白和粗脂肪水平的影响。粗脂肪为 5%、粗蛋白为 24.18% 时 R 最低，为 0.40；粗脂肪 5%、粗蛋白为 18.21% 和 33.21% 也较低，都为 0.41；其它的处理都比较高，在 0.48 以上。

2.4 体成分

实验刺参体成分的测定结果见表 3。其中粗蛋白、粗脂肪和粗灰分是以干物质为基础测定的。试验刺参体组织中蛋白质在 37.1%~42.7% 的范围内，粗脂肪在 6.29%~9.65% 的范围内，粗灰分在 38.2%~42.5% 范围内，水分在 91.6%~92.6% 的范围内，各处理间没有明显差异。

表 3 实验刺参的体成分测定结果 [% , (平均值 $\pm$ 标准误, $n=3$)]

Tab.3 Body composition of juvenile sea cucumber, *Stichopus japonicus* fed with the experimental diets (Means $\pm$ S.E, $n=3$).

组别	粗蛋白	粗脂肪	粗灰份	水份
1	40.5 $\pm$ 1.21	7.34 $\pm$ 0.56	40.5 $\pm$ 0.78	91.9 $\pm$ 0.22
2	42.7 $\pm$ 1.36	8.12 $\pm$ 0.45	39.4 $\pm$ 0.67	91.8 $\pm$ 0.30
3	40.3 $\pm$ 1.18	6.45 $\pm$ 0.84	40.2 $\pm$ 0.47	92.4 $\pm$ 0.15
4	40.7 $\pm$ 1.14	6.79 $\pm$ 0.82	41.1 $\pm$ 1.16	92.4 $\pm$ 0.15
5	39.8 $\pm$ 1.87	7.32 $\pm$ 0.53	40.1 $\pm$ 1.06	92.2 $\pm$ 0.15
6	41.2 $\pm$ 2.08	6.83 $\pm$ 0.75	42.6 $\pm$ 2.53	92.3 $\pm$ 0.07
7	40.2 $\pm$ 1.07	7.58 $\pm$ 0.54	41.2 $\pm$ 1.42	92.0 $\pm$ 0.17
8	40.1 $\pm$ 0.93	9.65 $\pm$ 0.59	40.4 $\pm$ 1.03	92.2 $\pm$ 0.60
9	39.1 $\pm$ 1.25	6.49 $\pm$ 0.39	41.6 $\pm$ 1.23	92.4 $\pm$ 0.14
10	40.9 $\pm$ 1.17	7.04 $\pm$ 1.16	42.2 $\pm$ 1.73	92.6 $\pm$ 0.77
11	39.5 $\pm$ 0.70	7.54 $\pm$ 0.30	39.9 $\pm$ 1.06	92.2 $\pm$ 0.17
12	40.5 $\pm$ 0.82	6.56 $\pm$ 0.92	41.1 $\pm$ 1.49	92.4 $\pm$ 0.15
13	38.5 $\pm$ 1.35	8.76 $\pm$ 0.65	41.5 $\pm$ 1.76	92.2 $\pm$ 0.55
14	37.3 $\pm$ 1.62	7.85 $\pm$ 0.78	42.5 $\pm$ 1.92	92.5 $\pm$ 0.17
15	38.3 $\pm$ 1.36	7.43 $\pm$ 0.86	40.4 $\pm$ 1.03	91.6 $\pm$ 0.88
16	37.1 $\pm$ 1.43	6.93 $\pm$ 0.66	38.2 $\pm$ 0.89	92.5 $\pm$ 0.04
17	39.5 $\pm$ 1.48	9.31 $\pm$ 0.87	40.4 $\pm$ 1.03	92.2 $\pm$ 0.11
18	39.9 $\pm$ 1.17	6.29 $\pm$ 1.04	41.4 $\pm$ 0.63	92.2 $\pm$ 0.28
F	1.386	1.460	0.844	0.509
P	0.203	0.169	0.620	0.914

注：粗蛋白、粗脂肪及灰份为干基测定值。

3 讨论

刺参对粗蛋白和粗脂肪等营养物质的需求量, 未见前人进行研究。在实际饲养的过程中, 作者在单纯鼠尾藻等藻类饲料（粗蛋白含量一般在 7%~9%）的基础上, 添加一定数量的动物性蛋白以及其它添

加剂, 能明显提高其生长速度。在本实验结果中, 粗脂肪为 5% 时, 粗蛋白为 18.21%, 24.18% 时 G 最高, 分别为 95% 和 100%；粗蛋白为 12.01% 和 33.21% 时, G 较高；粗脂肪为 3% 时, 粗蛋白为 26.43% 和 31.57% 时 G 也较高, 为 72.5%~77.5%。

其余的饲料粗蛋白和粗脂肪比例的组合时, G 明显低于以上各种饲料。说明满足刺参最大生长需要的粗蛋白和粗脂肪水平分别为 18.21% 和 5%。

作为标志内脏质量占体壁质量比例的指标, R 低表示刺参的有效生长部分——体壁所占的比例高。在实验中, 当实验饲料中粗脂肪为 5% 时, 粗蛋白为 18.21%, 24.18%, 33.21% 时, 脏壁比分别为 0.41、0.40、和 0.41, 明显低于其余各个处理。这说明此阶段刺参生长以体壁增长为主, 试验饲料促进了体壁的生长。因此可以认为, 刺参饲料中粗蛋白和粗脂肪的最佳水平是: 粗脂肪为 5%, 粗蛋白为 18.21% ~ 24.18%。

综上所述, 刺参幼参饲料中粗蛋白和粗脂肪的最佳水平是: 粗蛋白为 18.21% ~ 24.18%, 粗脂肪 5%。本研究在实验基础上得出刺参对粗蛋白和粗脂肪的需求量。对于刺参对原料中营养物质的利用率以及其它营养物质的需求量还应做进一步研究, 以便对人工配合饲料的研制提供更加可靠的依据。

参考文献:

[1] Kariya Y, Watabe S, Kyogashima M. Structure of

fucose branches in the glycosaminoglycan from the body wall of the sea cucumber *Stichopus japonicus* [J]. *Carbohydrate Research*, 1997, 297: 273-279.

[2] Ito S, Kitamura H. Induction of larval metamorphosis in the sea cucumber *Stichopus japonicus* by periphytic diatoms [J]. *Oceanographic Literature Review*, 1998, 45(9): 1 685.

[3] 华汉峰. 刺参的生态习性[J]. 国外水产, 1989, 2: 5-8.

[4] 张宝琳, 孙道元, 吴耀泉. 灵山岛浅海岩礁区刺参食性初步分析[J]. 海洋科学, 1995, 3: 11-13.

[5] Shimizu M, Mikami I, Takahashi K. On accelerating maturity of sea cucumber with controlled temperature and its artificial seed-rearing, histochemical detection on the ontogenic development of digestive enzymes in the intestine of a juvenile sea cucumber *Stichopus japonicus*[J]. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ*, 1994, 45(1): 1-8.

[6] 牟绍敦, 李元山, 刘岗. 山东省刺参增养殖技术发展现状[J]. 海洋湖沼通报, 2000, 2: 63-65.

[7] AOAC (Association of Official Analytical Chemists) Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International [M]. 1995.

Study on dietary protein and lipid requirement for sea cucumber, *Stichopus japonicus*

ZHU Wei^{1,3}, MAI Kang-sen¹, ZHANG Bai-gang¹, WANG Fu-zhen², XU Gui-yu²

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Liuhe Group Limited Company, Qingdao 266003, China; 3. Biology Science Department, Laiyang Agriculture College, Qingdao 266109, China)

Received: Jan., 18, 2004

Key words: sea cucumber; *Stichopus japonicus*; protein; lipid; nutritional requirement

Abstract: An experiment was conducted to determine crude protein and lipid requirement of sea cucumber *Stichopus japonicus*. Juvenile *Stichopus japonicus*, of initial weight 0.90g, were fed with graded crude protein levels at 12%, 18%, 26%, 32%, 36%, and 44%, and graded crude lipid levels at 3%, 5%, and 8% for 66 days. The main materials of the feed consisted of algal meal, casein, white fish meal, soy bean meal and others. All the ingredients formulated were crushed to 500 mesh and then collected and bagged those passing 200 mesh. Weight gain (WG) ratio, viscera body wall ratio (VBWR), and body composition of the sea cucumber were measured. The results showed that the growth was affected significantly by the level of dietary protein and lipid. The WG was up to 95% and 100% at the treatment of 18.21% and 24.18% protein, when the lipid level was 5%. VBWR was lowest to 0.40 in the treatment of 24.18% protein, 5% lipid. In the treatments of 18.21% and 33.21% protein, 5% lipid, VBWR were 0.41, significantly lower than that in other treatments. The level of dietary crude protein and lipid did not significantly affect the values of body composition. Therefore, the optimum dietary protein and lipid requirement of juvenile *Stichopus japonicus* was suggested to be 18.21~24.18%, and 5% respectively.

(本文编辑: 谭雪静)