

# 海星棘皮投喂仿刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)的效果\*

吴志宏 孙元芹 刘天红 李 晓 李红艳 王 颖<sup>①</sup>

(山东省海洋生物研究院 青岛 266002)

**摘要** 在饲料中添加海星棘皮,与两组商品饲料分别投喂体重为 5.0–6.7 g 的仿刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka),进行 60 d 养殖试验,研究其对仿刺参平均增重率(AWGR)、特定生长率(SGR)、饲料系数(FCR)、摄食率(FR)和蛋白表观消化率(APD)的影响。结果显示,各组仿刺参生长良好,成活率无显著差异( $P>0.05$ );60 d 时,各组仿刺参的 AWGR 和 SGR 变化趋势相同,由高到低依次为市售 2 组、海星组、市售 1 组;海星饲料组仿刺参的 FCR 最低,与其他两组间差异不显著( $P>0.05$ );海星饲料组与市售 1 组的 FR 间差异不显著( $P>0.05$ ),与市售 2 组 FR 间有显著差异( $P<0.05$ );海星饲料组仿刺参的饲料转化率(FE)明显高于其他两组( $P<0.05$ );海星饲料组仿刺参的 APD 最高,为 67.28%,与市售 1 组的 APD 差异显著( $P<0.05$ )。研究表明,添加海星棘皮可以较好地促进仿刺参的生长和提高饲料的利用,可添加到仿刺参幼参饲料中用作饲料源。

**关键词** 仿刺参;海星棘皮;生长

**中图分类号** S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)05-0095-07

海星 (*Asterias amurensis*) 属棘皮动物门 (Echinodermata)、海星纲 (Asterozoa), 为海洋底栖大型无脊椎动物, 是我国黄海沿岸一种极为普遍的海洋生物资源。海星体内富含蛋白质和脂肪, 氨基酸种类齐全, 棘皮中蛋白质含量为 29.49%, 脂肪含量为 1.54%, 氨基酸种类齐全, 牛磺酸含量较高, 且含有 Ca、Mg 等无机常量元素和丰富的 Zn、Fe、Cu、Mn 等微量元素 (徐均望等, 1995)。不仅富有营养、鲜香可食, 且具有补肾、壮阳、抗衰老、抗脂质硬化等生理功能 (王吉桥等, 2008), 具有较高的食用和药用价值。由于海星喜食牡蛎、文蛤、鲍、贻贝等软体动物, 被视为贝类养殖业的敌害, 同时海星的繁殖能力和再生能力强, 渔民捕捞作业时往往将海星捡出并弃入海中而未加以利用。若有效地进行开发利用, 既能变害为利、变废为宝, 又能保护贝类资源, 还能带来良好的经济效益 (郭文场等, 2013)。

仿刺参 (*Apostichopus japonicus* Selenka) 属于棘皮动物门, 为底栖碎屑食性生物, 其对营养的需求比其他水生动物低。近年来, 对于仿刺参的研究主要集中于仿刺参的养殖技术和饲料的配制。在仿刺参养成阶段, 主要使用大型海藻和人工配合饲料。大型海藻主要为鼠尾藻、马尾藻、石莼等, 由于这些海藻的大量开发及海区污染等因素, 使其天然资源日渐匮乏。目前在实际生产中, 主要使用海藻粉搭配一定比例的海泥作为基础饲料, 有的添加鱼粉、虾粉、淀粉、玉米面、豆饼、酵母等 (常忠岳等, 2003; 杨娟等, 2004; 王吉桥等, 2007)。此外, 根据其他水产动物的营养需求, 配制出多种刺参的人工饲料, 但出现效果良莠不齐、缺乏行业规范与管理、原料受制约等问题, 严重阻碍了刺参养殖业的发展。刺参饲料的开发越来越引起人们的重视, 开发营养丰富和低成本的新型饲料原料更是当务之急。

\* 山东省科技攻关项目 (2012GHY11516) 和海洋公益性行业科研专项经费项目 (201205027-3) 共同资助。吴志宏, E-mail: wuzhihong@aliyun.com

① 通讯作者: 王 颖, 研究员, E-mail: food-rc@sina.com

收稿日期: 2014-09-17, 收修改稿日期: 2015-01-12

本实验旨在研究海星棘皮作为仿刺参饲料新来源的可行性与投喂效果,为开发新的刺参人工配合饲料的配料成分提供理论依据,进一步开发海星的饲料应用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验用仿刺参购于山东省即墨市鳌山卫育苗场,选取健康无病、体长为 3.9–5.5 cm、体重为 5.0–6.7 g 的幼参;海星采自山东省青岛市栈桥附近海域,采集后低温烘干并脱毒处理,将海星棘皮粉碎后过 200 目筛,制成干粉备用;海泥取自山东省即墨市鳌山卫镇附近海域表层浮泥,在 65℃ 下烘干,并过 40 目筛,低温保存备用;实验用海星饲料以浒苔、马尾藻、鱼粉为主要原料,添加 20% 海星棘皮干粉和海泥所配成,另选择两种市售商品饲料,饲料配方及营养成分如表 1 所示。

### 1.2 实验方法

本实验设 3 个处理组,每个处理组设 3 个重复,每个重复放养 20 头仿刺参,各实验组情况如表 1 所示。将仿刺参放入 70 L 聚乙烯养殖水箱中暂养 5 d,

期间不投喂饲料,待仿刺参体内残饵排空后,进行随机分组。饲养时间为 60 d。每天按各实验组仿刺参体重的 3% 进行投喂,早晚各投喂 1 次(09:00 和 17:00),每天早晨吸出水箱底部的残饵和粪便,视水质和残饵情况更换 1/3–1/2 的海水,每隔 10 d 彻底清洗仿刺参养殖水箱,并更换全部海水。实验期间水温控制在 (18.6±2.8)℃,盐度为 30–31,溶解氧 ≥ 6 mg/L, pH 为 8.2–8.4。

### 1.3 指标测定

每隔 10 d 更换全部海水时,对各组仿刺参称重,用捞网沥净水分,每组的沥水时间一致,以减少误差,用精密度为 0.01 g 的天平称重。

平均增重率  $AWGR(\%) = 100 \times (W_t/N_t - W_0/N_0) / (W_0/N_0)$

特定生长率  $SGR(\%/d) = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100\%$

饲料系数  $FCR = C / (W_t - W_0)$

摄食率  $FR(g/g \cdot d) = 100 \times C / [t(W_t + W_0)/2]$

饲料转化率  $FE(\%) = 100(W_t - W_0) / C$

蛋白表观消化率  $APD(\%) = 1 - (F/D \times f)$

式中,  $W_0$  为初始刺参总重;  $W_t$  为  $t$  天时刺参总重;  $N_0$  为初始刺参总头数;  $N_t$  为  $t$  天时刺参总头数;  $C$  为总饲料干重,  $t$  为实验时间;  $F$  为粪便中蛋白质百分含量;  $D$  为饲料中蛋白质百分含量;  $f$  为水产饲

表 1 实验饲料配方及营养成分

Tab.1 The ingredient and proximate composition of experimental diets

	海星饲料组 <i>Asterias echino-skin feed</i>	市售饲料 1 组 Commercial feed 1	市售饲料 2 组 Commercial feed 2
仿刺参总重 Total body weight(g/ind.)	130.5/20 137.3/20 125.2/20	128.0/20 125.6/20 120.8/20	104.4/20 102.6/20 97.8/20
饲料组成 Ingredients	海星 <i>A. japonicus</i> (20%)、浒苔粉 <i>E. prolifera</i> meal、马尾藻粉 <i>Sargassum</i> meal、鱼粉 Fish meal、多肽 Peptide、天然酵母 Natural yeast、复合维生素 Vitamin premix、复合矿物质 Mineral premix	天然海藻粉 Natural seaweed meal、生态活菌酶 Ecological living bacterium enzymes、鱼粉 Fish meal、微量元素 Trace elements、维生素 Vitamin、螺旋藻粉 <i>Spirulina</i> meal	天然活性物质 Natural active substance、天然褐藻粉 Natural <i>phaeophyta</i> meal、红藻粉 Floridean meal、绿藻粉 <i>Chlorophyta</i> meal、复合维生素 Vitamin premix、鱼粉 Fish meal
营养成分 Nutrient composition(%)			
粗蛋白 Crude protein	22.70	18.10	23.30
粗脂肪 Crude fat	2.50	2.20	2.30
粗纤维 Crude fiber	3.80	3.10	3.10
钙 Calcium	5.29	6.66	9.77
总磷 Total phosphorus	0.21	0.54	0.15
水分 Moisture	7.30	7.70	6.50
粗灰分 Crude ash	25.50	48.00	35.40
赖氨酸 Lys	0.70	0.49	0.49

料蛋白质消化系数。

### 1.4 数据处理

实验数据经 Excel 2007 初步整理后, 采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),  $P < 0.05$  时, 采用 Tukey 检验进行多重比较, 数据表示为平均值±标准误(Mean±SE)。

## 2 结果

### 2.1 对仿刺参体重和成活率的影响

由图 1 可以看出, 0–60 d, 投喂 3 组饲料的仿刺参长势较好。投喂添加海星棘皮饲料组刺参, 20 d 时体重为(183.85±7.79) g, 40 d 时体重为(211.18±8.42) g, 在 60 d 时, 添加海星棘皮饲料组刺参体重达到最大值, 为 262.13 g, 实验期间体重始终大于投喂市售饲料 1 组和饲料 2 组的刺参。在 50 d 和 60 d 时, 海星棘皮饲料组刺参与市售饲料 2 组刺参体重间有显著差异( $P < 0.05$ ), 与市售饲料 1 组刺参体重间差异不显著( $P > 0.05$ )。

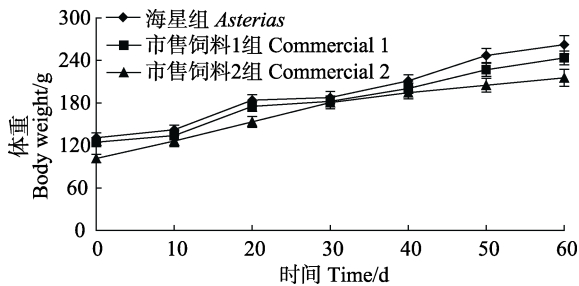


图 1 投喂不同饲料下仿刺参体重的变化

Fig.1 Body weight variations of *A. japonicus* fed with different feeds (Mean±SD)

由图 2 可知, 在相同环境条件下, 经过 30 d 投喂, 3 种不同饲料下仿刺参的成活率均为 100%, 在 40 d 时, 投喂市售 2 组饲料的仿刺参成活率为 95%。

### 2.2 对仿刺参 AWGR 和 SGR 的影响

由图 3 可以看出, 随着投喂时间的增长, 三组仿刺参的 AWGR 也逐渐增大。在 10–40 d, 投喂市售饲料 2 组仿刺参的 AWGR 显著高于添加海星棘皮饲料组和市售饲料 1 组( $P < 0.05$ )。在实验投喂期间, 添加海星棘皮饲料组与市售饲料 1 组仿刺参的 AWGR 差异不显著( $P > 0.05$ )。50–60 d, 添加海星棘皮饲料组仿刺参的 AWGR 高于市售饲料 1 组, 但仍低于市售饲料 2 组仿刺参的 AWGR。

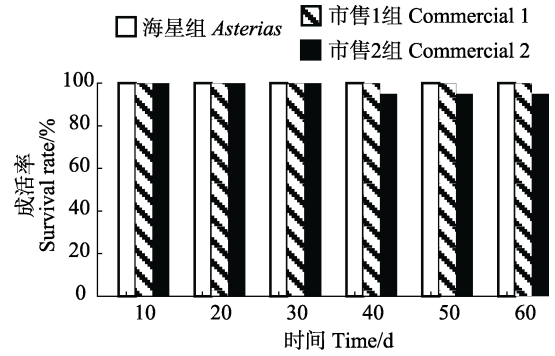


图 2 不同饲料对仿刺参成活率的影响

Fig.2 The survival rate of *A. japonicus* fed with different feeds

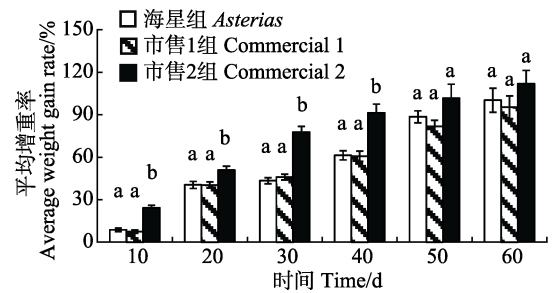


图 3 不同饲料对仿刺参平均增重率的影响

Fig.3 The average weight gain rate of *A. japonicus* fed with different feeds

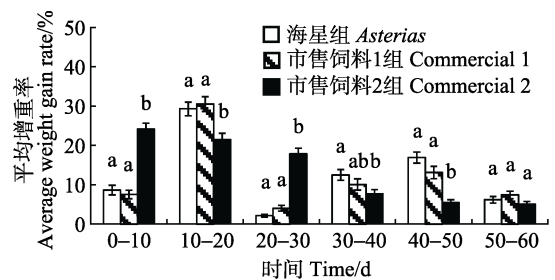


图 4 不同时间段和不同饲料对仿刺参平均增重率的影响

Fig.4 The average weight gain rate of *A. japonicus* fed with different feeds during different periods

由图 4 可以看出, 0–10 d, 添加海星棘皮饲料组仿刺参的 AWGR 显著低于市售饲料 2 组( $P < 0.05$ ), 略高于市售饲料 1 组( $P > 0.05$ ); 10–20 d 各组仿刺参的 AWGR 达到最大值, 分别为 29.29%、30.54%、21.47%, 海星棘皮饲料组仿刺参的 AWGR 略低于市售饲料 1 组( $P > 0.05$ ), 与市售饲料 2 组仿刺参 AWGR 差异显著( $P < 0.05$ ); 20–30 d, 海星棘皮饲料组的仿刺参 AWGR 显著低于市售饲料 1 组和市售饲料 2 组( $P < 0.05$ ); 30–50 d 海星棘皮饲料组的仿刺参 AWGR 均高于市售饲料 1 组和市售饲料 2 组, 与市售饲料 2 组间差异显著( $P < 0.05$ ); 50–60 d, 海星棘皮饲料组的仿刺参 AWGR 与市售饲料 1 组和市售饲料 2 组差异不显著( $P > 0.05$ )。

不同饲料对仿刺参体重和 SGR 的影响见表 2。投

喂实验进行 60 d 后,各实验组仿刺参的体重均得到了增长,实验结束时,平均体重均显著大于初始平均体重( $P<0.05$ );各实验组仿刺参 *AWGR* 大小依次为:市售饲料 2 组>海星组>市售饲料 1 组;不同饲料对仿刺参的 *SGR* 大小依次为:市售饲料 2 组>海星组>市售饲料 1 组。

由表 3 可以看出,0–10 d 投喂海星棘皮饲料组的仿刺参 *SGR* 低于市售饲料 2 组( $P<0.05$ ),高于市售饲料 1 组;而在 10–20 d 时间段,添加海星棘皮饲料组 *SGR* 略低于市售饲料 1 组( $P>0.05$ ),高于市售饲料 2 组( $P<0.05$ );20–30 d,添加海星棘皮饲料组 *SGR* 较低,明显低于其他两组( $P<0.05$ );30–40 d、40–50 d 添加海星棘皮饲料组的仿刺参 *SGR* 高于其他两组;50–60 d 添加海星棘皮饲料组仿刺参 *SGR* 低于市售饲料 1 组( $P>0.05$ ),高于市售饲料 2 组( $P<0.05$ )。

### 2.3 对 *FCR*、*FR*、*FE* 和 *APD* 的影响

从表 4 可以看出,投喂添加海星棘皮饲料组的

*FCR* 最低,为 0.99,其次为市售饲料 1 组,最大为市售饲料 2 组,但三组间 *FCR* 差异不显著( $P>0.05$ )。各饲料组间,投喂海星棘皮饲料组与市售饲料 1 组的 *FR* 间差异不显著( $P>0.05$ ),低于市售饲料 2 组的 *FR*( $P<0.05$ )。仿刺参对 3 种饲料的 *FE* 由高到低依次为:海星棘皮饲料组>市售饲料 1 组>市售饲料 2 组,海星棘皮饲料组的 *FE* 显著高于其他两组( $P<0.05$ )。从 *APD* 来看,投喂海星棘皮饲料组仿刺参的 *APD* 最高为 67.28%,与市售饲料 1 组的 *APD* 差异显著( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 海星棘皮营养成分与仿刺参营养需求的分析

蛋白质是构成动物体的主要物质,是维持生物体正常生命活动所必需的营养物质,同时也是能量的来源。因此,饲料中蛋白质的含量,对动物的生长发育起着极其重要的作用,可影响动物的摄食、生长、营养

表 2 不同饲料对仿刺参体重和特定生长率的影响

Tab.2 The initial and final body weight and specific growth rate of *A. japonicus* treated with three diets (Mean±SD)

指标 Index	海星棘皮饲料组 <i>Asterias echino-skin</i> feed	市售饲料 1 组 Commercial feed 1	市售饲料 2 组 Commercial feed 2
初始平均重量 Initial average body weight(g)	6.55±0.15	6.24±0.12	5.08±0.07
结束平均重量 Final average body weight(g)	13.11±0.82 <sup>a</sup>	12.18±0.74 <sup>a</sup>	10.77±0.52 <sup>b</sup>
平均增重率 <i>AWGR</i> (%)	100.25±16.55 <sup>a</sup>	95.32±7.84 <sup>a</sup>	111.91±11.26 <sup>a</sup>
特定生长率 <i>SGR</i> (%)	1.16±0.17 <sup>a</sup>	1.12±0.11 <sup>a</sup>	1.25±0.12 <sup>a</sup>

注:同一指标数据的上标小写英文字母不同表示相互之间存在显著差异( $P<0.05$ )

Note: Values in the same line with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ )

表 3 不同时间段和不同饲料对仿刺参特定生长率的影响

Tab.3 The specific growth rate of *A. japonicus* fed with different feeds during different periods

时间 Time (d)	海星棘皮饲料组 <i>Asterias echino-skin</i> feed	市售饲料 1 组 Commercial feed 1	市售饲料 2 组 Commercial feed 2
0–10	0.83±0.04 <sup>a</sup>	0.73±0.03 <sup>a</sup>	2.16±0.18 <sup>b</sup>
10–20	2.57±0.13 <sup>a</sup>	2.66±0.11 <sup>a</sup>	1.95±0.12 <sup>b</sup>
0–20	1.70±0.09 <sup>a</sup>	1.70±0.10 <sup>a</sup>	2.05±0.11 <sup>b</sup>
20–30	0.21±0.01 <sup>a</sup>	0.39±0.04 <sup>b</sup>	1.64±0.09 <sup>c</sup>
0–30	1.20±0.05 <sup>a</sup>	1.26±0.06 <sup>a</sup>	1.92±0.08 <sup>b</sup>
30–40	1.18±0.10 <sup>a</sup>	0.96±0.08 <sup>ab</sup>	0.74±0.03 <sup>b</sup>
0–40	1.20±0.08 <sup>a</sup>	1.19±0.09 <sup>a</sup>	1.62±0.07 <sup>b</sup>
40–50	1.56±0.03 <sup>a</sup>	1.23±0.08 <sup>b</sup>	0.53±0.06 <sup>c</sup>
0–50	1.27±0.14 <sup>a</sup>	1.20±0.03 <sup>a</sup>	1.40±0.17 <sup>a</sup>
50–60	0.60±0.02 <sup>a</sup>	0.72±0.01 <sup>a</sup>	0.49±0.03 <sup>b</sup>
0–60	1.16±0.14 <sup>a</sup>	1.12±0.09 <sup>a</sup>	1.25±0.12 <sup>a</sup>

注:同一指标数据的上标小写英文字母不同表示相互之间存在显著差异( $P<0.05$ )

Note: Values in the same line with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ )

表 4 不同饲料对饲料系数、摄食率、饲料转化率和蛋白表观消化率的影响

Tab.4 Feed conversion ratio, feeding rate, feed efficiency and apparent protein digestibility of *A. japonicus* fed with different feeds

指标 Index	海星饲料组 <i>Asterias echino-skin</i> feed	市售饲料 1 组 Commercial feed 1	市售饲料 2 组 Commercial feed 2
饲料系数 <i>FCR</i>	0.99±0.08 <sup>a</sup>	1.08±0.10 <sup>a</sup>	1.19±0.11 <sup>a</sup>
摄食率 <i>FR</i> (g/g·d)	0.080±0.003 <sup>a</sup>	0.085±0.004 <sup>a</sup>	0.102±0.005 <sup>b</sup>
饲料转化率 <i>FE</i> (%)	15.36±0.41 <sup>a</sup>	13.83±0.64 <sup>b</sup>	12.93±0.55 <sup>b</sup>
蛋白表观消化率 <i>APD</i> (%)	67.28±4.56 <sup>a</sup>	58.42±3.25 <sup>b</sup>	62.92±4.12 <sup>ab</sup>

注: 同一指标数据的上标小写英文字母不同表示相互之间存在显著差异( $P<0.05$ )

Note: Values in the same line with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ )

物质的消化与吸收等多种生理活动(李旭, 2013)<sup>1)</sup>。宋志东等(2009)研究表明, 刺参从幼体发育到成体的过程中, 不断摄食藻类导致体内蛋白质含量增加, 饲料蛋白含量已是影响刺参生长的关键因素。

冯丹等(2014)研究表明, 刺参在投喂蛋白含量为 23%的饲料时, 表现出最大 *SGR*。由刺参的生长、食物贡献率和消化酶活力综合分析可知, 蛋白含量为 18%–23%时, 利于刺参生长。吴永恒等(2012)研究表明, 刺参在饲料粗蛋白含量为 16%时, 即达到最大的生长速度; 在饲料粗蛋白含量为 16%–24%时, 其 *FCR* 最低, 蛋白质效率最高。Sun 等(2004)认为, 刺参摄食蛋白含量为 21.5%饲料时, 获得最大的 *SGR*, 显著优于其他不同蛋白水平饲料组的生长效果。同样, 朱伟等(2005)研究发现, 刺参在摄食粗蛋白水平为 18.21%–24.18%和粗脂肪水平为 5%的饲料时, 获得最大生长率和最低脏壁比。王际英等(2009)研究发现, 当饲料脂肪水平为 3%时, 刺参稚参、幼参、成参对蛋白的需求量不同, 分别达到 28.79%、32.30%和 35.49%, 远高于上述研究, 其原因可能与脂肪含量有关。本研究中, 海星棘皮中蛋白含量为 29.49%, 添加 20%海星棘皮干粉的饲料中蛋白含量为 22.70%时, 对仿刺参进行投喂, 仿刺参长势较好, 体重始终大于投喂市售饲料 1 组和市售饲料 2 组的仿刺参; 在 50 d 和 60 d 时, 明显高于市售饲料 2 组刺参体重, 说明添加海星棘皮蛋白质和脂肪含量均达到仿刺参的营养需求范围。同时, Sun 等(2004)发现, 苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸等在刺参的生长中起着极为重要的作用, 刺参在摄食这些氨基酸较高的饲料后体重增长较快。海星所含氨基酸组成中的天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸、精氨酸含量较高, 种类齐全, 因此对刺参的生长具有积极的作用, 应该也是添加海星棘皮饲料组刺参的

*SGR* 较高的原因。同时, 添加海星棘皮饲料组仿刺参的 *FCR* 最低, *FE* 和 *APD* 高于市售饲料 1 组和市售饲料 2 组, 说明海星棘皮干粉中所含蛋白质适宜仿刺参对蛋白的吸收, 可作为动物性蛋白源添加到仿刺参饲料中。仿刺参平均增长率的最大值出现在蛋白含量最高的市售饲料 2 组, 其原因可能是市售饲料 2 组饲料中蛋白质含量最高。

水产动物配合饲料中脂类的营养作用仅次于蛋白质, 饲料脂肪水平过高或不足均会对其生长造成不良影响。Seo 等(2011)研究发现, 刺参生长所需的最佳饲料脂肪含量为 2%。朱伟等(2005)的研究表明, 适宜的粗脂肪水平为 5%, 低于王吉桥等(2009)的研究结果(5.35%–7.05%)。从饲料研究的角度考虑, 刺参配合饲料中需要的脂肪含量不高, 但从刺参棘皮脂肪酸的比例来看, 其对不饱和脂肪酸的含量要求较高(王际英等, 2009; 李丹彤等, 2006)。本研究中, 海星棘皮干粉中脂肪含量为 1.54%, 多不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的 50.00%。其中, 高不饱和脂肪酸 EPA、DHA 的含量也较高, 具有非常高的营养价值, 添加 20%海星棘皮干粉的饲料中脂肪含量为 2.50%, 达到了 Seo 等(2011)对刺参脂肪研究的需求量。

### 3.2 海星棘皮作为仿刺参饲料添加成分的应用价值

海星棘皮作为水产养殖饲料源对鲍鱼、牙鲆的投喂研究表明, 将脱毒处理后的海星棘皮烘干粉碎成粉末掺入鲍鱼和牙鲆饲料中, 可显著提高其生长率、增重率及成活率(徐均望等, 1999、2002)。本研究将海星棘皮干粉添加到仿刺参幼参饲料中, 结果显示, 在 0–40 d, 投喂添加海星饲料组刺参的 *AWGR* 与市售饲料 1 组差异不明显, 40 d 后投喂海星饲料组刺参的 *AWGR* 高于市售饲料 1 组, 说明刺参在逐步适应添加海星饲料后, 对刺参促生长效果明显。实验 60 d 后,

1) 李旭. 刺参幼参饲料原料选择与蛋白质营养需求的研究. 扬州大学硕士研究生学位论文, 2013

各实验组刺参 *AWGR* 大小依次为: 市售饲料 2 组>海星组>市售饲料 1 组; 不同饲料对刺参的 *SGR* 大小依次为: 市售饲料 2 组>海星组>市售饲料 1 组。*FE* 是反应动物所摄食饲料中用于增重的部分, *FE* 越高, 说明该饲料营养用于生长的比例越高, 使用效果也就越好。本研究表明, 海星饲料组的 *FE* 高于市售饲料 1 组和市售饲料 2 组, 说明该饲料中的营养物质应用于刺参生长的比例最大。

海星棘皮中蛋白质和脂肪含量丰富, 氨基酸含量均衡, 多不饱和脂肪酸占脂肪酸含量的比例高, 还含有多种维生素及必需微量元素。As、Cd、Pb、Cu、Hg 等重金属的生物质量指数均符合环境质量评价标准, 是一种营养丰富、安全的饲料源; 添加海星棘皮饲料用于仿刺参幼参养殖试验, 使幼参体重得到显著增加, 喂养 60 d 后效果优于市售饲料 1 组, 具有较好的促仿刺参生长作用。因此, 海星棘皮可以添加到幼参饲料中用作饲料原料。

## 参 考 文 献

- 王吉桥, 赵丽娟, 苏久旺, 等. 饲料中脂肪及乳化剂含量对仿刺参幼参生长和体组分的影响. 大连水产学院学报, 2009, 24(1): 17-23
- 王吉桥, 隋晓楠, 顾公明, 等. 不同饲料搭配及投喂量对仿刺参稚、幼参生长和成活的影响. 水产科学, 2008, 27(2): 55-58
- 王吉桥, 蒋湘辉, 赵丽娟, 等. 不同饲料蛋白源对仿刺参幼参生长的影响. 饲料博览(技术版), 2007(17): 9-13
- 王际英, 宋志东, 王世信, 等. 刺参不同发育阶段对蛋白质需求量的研究. 水产科技情报, 2009, 36(5): 229-232
- 王际英, 宋志东, 王世信, 等. 刺参体壁的营养成分分析. 中国水产, 2009(5): 60-61
- 冯丹, 高勤峰, 董双林. 不同蛋白水平饲料对刺参生长和消化酶活性的影响. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2014, 44(2): 35-40
- 朱伟, 麦康森, 张百刚, 等. 刺参稚参对蛋白质和脂肪需求量的初步研究. 海洋科学, 2005, 29(3): 53-58
- 李丹彤, 常亚青, 陈炜, 等. 獐子岛野生刺参体壁营养成分的分析. 大连水产学院学报, 2006, 21(3): 278-282
- 李红艳, 李晓, 孙元芹, 等. 多棘海盘车营养成分分析及评价. 食品科学, 2014, 35(21): 207-211
- 杨娟, 于凯先, 郭相平, 等. 刺参池塘养殖技术. 齐鲁渔业, 2004, 21(11): 6-9
- 吴永恒, 王秋月, 冯政夫, 等. 饲料粗蛋白含量对刺参消化酶及消化道结构的影响. 海洋科学, 2012, 36(1): 36-41
- 宋志东, 王际英, 王世信, 等. 不同生长发育阶段刺参体壁营养成分及氨基酸组成比较分析. 水产科技情报, 2009, 36(1): 11-13
- 徐均望, 张天民, 郭占明, 等. 海星综合利用的研究. 齐鲁渔业, 1995, 12(1): 38-41
- 徐均望, 周少燕, 张天民, 等. 用海星棘皮作养鲍饵料添加成分的研究. 大连水产学院学报, 1999, 14(4): 24-28
- 徐均望, 路璧和, 宋志乐, 等. 海星棘皮用作饵料添加成分养牙鲆的研究. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2002, 15(3): 211-215
- 郭文场, 丁向清, 刘佳贺, 等. 中国海星资源的种类、分类与综合利用. 特种经济动植物, 2013(12): 9-13
- 常忠岳, 衣吉龙, 慕康庆. 影响刺参生长及成活的因素. 河北渔业, 2003, 128(2): 32-36
- Seo JY, Lee SM. Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Aquacult Nutr, 2011, 17(2): 56-61
- Sun HL, Liang MQ, Yan JP, et al. Nutrient requirements and growth of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management, 2004, 15: 327-331

(编辑 陈辉)

## The Effects of *Asterias* Echino-Skin as Additive Component of the Feed on *Apostichopus japonicus*

WU Zhihong, SUN Yuanqin, LIU Tianhong, LI Xiao, LI Hongyan, WANG Ying<sup>①</sup>

(Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

**Abstract** To investigate the effects of different brands of commercial diets on the weight gain rate, specific growth rate, feed conversion ratio, feeding rate, and apparent protein digestibility of the juvenile sea cucumber, the juvenile sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) (initial wet weight 5.0–6.7 g) were fed with the diets containing various particle diameters of *Asterias* echino-skin powder (two commercial feeds as control) for 60 days. The results showed that the survival rate of *A. japonicus* is not impacted by diets ( $P>0.05$ ). The trend of the average weight gain rate was same with the specific growth rate of sea cucumber, which was higher in commercial feed 2 group and lower in commercial feed 1 group. The feed conversion ratios (*FCR*) of sea cucumber fed with *Asterias* echino-skin was the lowest (0.993) but no significant difference with the other two groups ( $P<0.05$ ). The feeding rate (*FR*) of sea cucumber was similar between *Asterias* echino-skin group and commercial feed 1 group ( $P>0.05$ ), but it was significantly lower than that of the commercial feed 2 group ( $P<0.05$ ). The feed efficiency of sea cucumber fed with *Asterias* echino-skin group was significantly higher than those of other two groups that have no significant difference ( $P>0.05$ ). The highest apparent protein digestibility of sea cucumber was in *Asterias* echino-skin group (67.28%), which was significantly higher compared with commercial feed 1 group but without significant difference compared with the commercial feed 2 group ( $P>0.05$ ). These findings indicate that supplementation of *Asterias* echino-skin in diets could improve the growth performance and feed utilization of *A. japonicus*, and the *Asterias* echino-skin powder can be used as a feed additive.

**Key words** Juvenile *Apostichopus japonicus*; *Asterias* echino-skin; Growth performance

① Corresponding author: WANG Ying, E-mail: food-rc@sina.com