

饥饿胁迫对刺参(*Apostichopus japonicus*) 免疫和生长的影响*

田 青^{1,2} 荣小军¹ 李 彬¹ 廖梅杰¹ 姜 燕¹
范瑞用³ 王印庚^{1①} 李 强²

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;

2. 大连海洋大学 大连 116023; 3. 青岛瑞滋海珍品发展有限公司 胶南 266400)

摘要 为了探究饥饿胁迫对刺参免疫和生长的影响,在 11–13℃ 条件下,研究体质量为(20±0.15) g 的刺参在不同时间(0、10、20、30、40、50、60 d),饥饿胁迫对体腔液中酸性磷酸酶(ACP)活性、溶菌酶(LZM)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、呼吸爆发(RB)活性、吞噬活性以及对刺参体质量、脏壁比、存活率的影响。研究表明,随着饥饿时间的延长,刺参体腔液中的 ACP 活性、LZM 活性呈现降低的趋势,饥饿 60 d 后,比初始值分别下降 47.06%、17.57%; SOD 活性、RB 活性和吞噬活性呈现出先上升后下降的趋势,分别在饥饿胁迫第 20、20、10 天时达到最高值依次为 32.88、0.328、1.35 U/ml,其后显著下降,第 60 天时显著低于初始值,分别下降 27.87%、38.08%、53.43%;其体质量在第 60 天时为初始体质量的 68.08%,呈现负生长;脏壁比逐渐增大,第 60 天时为 0.56,显著高于初始值 0.44 ($P<0.05$)。随着存储营养物质的消耗,刺参体质量损失率增加,存活率下降,存活率与体质量损失率之间存在着 $y = -0.0354x^2 + 0.4354x + 99.117$ 的函数关系,呈二次曲线线性负相关。研究结果显示,饥饿时刺参通过消耗体内的营养物质来满足机体需要,长期的饥饿有可能降低刺参的免疫能力,直接影响刺参的健康和生长。

关键词 刺参; 饥饿胁迫; 免疫; 负生长; 存活率; 脏壁比

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2014)04-0071-06

刺参(*Apostichopus japonicus*)属棘皮动物门(Echinodermata)、海参纲(Holothuroidea)、楯手目(Aspidochirota)、刺参科(Stichopodidae)、仿刺参属(*Apostichopus*),具有较高的食用价值和药用价值,备受消费者青睐(廖玉麟,1997)。近年来,随着国民生活水平的提高,其需求量日益增多,刺参养殖业迅猛发展。据 2013 年中国渔业年鉴统计,刺参苗种年产量为 580 多亿头,总产量为 17×10^4 t,已成为我国海水养殖的支柱性产业,取得了良好的经济和社会效益。

随着刺参养殖的深入发展,池塘、工厂化、浅海

网箱等养殖模式成为刺参重要的养殖方式,其高密度、集约化水平大大提高(姜燕等,2012;高菲等,2012)。在养殖过程中常常由于季节更替、食物分布不均以及人工投饵不足等原因,使刺参因食物短缺而引起饥饿胁迫和生长停滞。动物受到饥饿胁迫时,往往通过调节自身的代谢水平、能量分配及能量物质的消耗来维持基本的生理活动,从而影响其生长和免疫机能。仇明等(2011)研究表明,饥饿胁迫瓦氏黄颡鱼幼鱼 50 d 后,幼鱼的消化酶活力降低,并利用肝脏和肌肉中贮存的蛋白质来维持生理需求;郑桂红等

*国家 863 计划(2012AA10A412-4)、山东省自主创新成果转化专项(2013ZHZX2A0801)和青岛市战略性新兴产业培育计划项目(13-4-1-65-hy)共同资助。田 青, E-mail: 758342183@qq.com

通讯作者: 王印庚, 研究员, E-mail: wangyg@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2013-06-28, 收修改稿日期: 2014-04-09

(2012)在研究斑点叉尾鲴的饥饿胁迫时指出, 饥饿对血液生理生化指标有显著性影响, 血液红细胞数量和红细胞压积随着饥饿时间的延长逐渐减少。另外, 李石磊等(2007)在对虾夷扇贝的研究中发现, 当饥饿超过 20 d 后, 机体的免疫系统受到较为严重的破坏, 血细胞吞噬水平、酸性磷酸酶活性、过氧化物歧化酶活性等均显著下降。

迄今为止, 关于水生动物饥饿胁迫的研究多集中在鱼类、虾蟹类和贝类, 有关饥饿胁迫对刺参免疫和生长的影响尚未见报道。本研究分析了不同时间饥饿胁迫对刺参体腔液中 SOD、ACP、LZM 等免疫活性以及刺参生长的影响, 以期对刺参的健康养殖提供依据, 也为揭示刺参的防御机能和免疫机理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用刺参于 2012 年 11 月 15 日-2013 年 1 月 15 日购自青岛瑞滋海珍品发展有限公司, 实验前暂养 7 d, 暂养期间按照刺参体质量的 3% 投喂饲料(成分: 80% 商品饲料, 20% 海泥), 每天换水 1 次, 换水量为 1/2。暂养 7 d 后, 选取健康、附着力好、规格为 (20±0.15) g 的刺参随机分成 7 个处理组; 分别饥饿 0、10、20、30、40、50、60 d, 每处理组 3 个重复, 每个重复组 15 头刺参。不同饥饿时间的样品采集分别从对应实验组中随机选取, 每次选取 3 头刺参进行免疫活性和生长指标分析。养殖水族箱规格为 40 cm×30 cm×50 cm, 水温为 11–13℃, pH 为 7.5–8.2, 盐度为 28–30, 养殖过程中保持充氧, 溶解氧 5 mg/L。

1.2 实验方法

1.2.1 免疫活性的测定 饥饿胁迫后 0、10、20、30、40、50、60 d, 分别从对应的实验组中随机取 3 头刺参抽取体腔液, 每只抽取 1 ml, 1500 r/min, 离心 10 min, 取上清液测定免疫活性。酸性磷酸酶(ACP)活性、溶菌酶(LZM)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性测定用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒, 呼吸爆发活性的测定参考 Song 等(1994)方法, 吞噬活性测定参考张琴等(2011)方法。

1.2.2 刺参生长指标的测定和计算 不同时间饥饿胁迫后, 测定刺参体质量、存活率、体质量损失率、脏壁比等指标。

体质量、体质量损失率、脏壁比的测定及计算: 把待测刺参在滤纸上放置 10 min 后用电子天平称量

体重(王印庚等, 2012), 并随机解剖 3 头刺参称量体壁和内脏质量。计算体质量损失率和脏壁比, 公式如下:

$$WLR(\%) = (W_0 - W_t) / W_0$$

$$R = W_v / W_w$$

式中, WLR 为体质量损失率, R 为实验刺参的脏壁比, W_0 为刺参的初质量(g), W_t 为取样时刺参质量(g), W_v 为内脏质量(g), W_w 为体壁质量(g)。

存活率的测定及计算: 试验期间, 统计不同饥饿时间死亡刺参的数量, 计算存活率, 公式如下:

$$SR(\%) = (Q_0 - Q_t) / Q_0$$

式中, SR 为存活率, Q_0 为每组刺参的总头数, Q_t 为取样时间内每组死亡刺参的总头数。

1.2.3 数据分析 实验数据用 SPSS 19.0 统计软件进行单因素方差分析, Duncan 氏多重比较分析组间差异显著性, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 饥饿胁迫对刺参免疫活性的影响

2.1.1 对超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响 随着饥饿时间的延长, SOD 活性先升高后逐渐下降, 如图 1 所示。饥饿 20 d 时 SOD 活性最高, 其值为 32.88 U/ml (金氏单位); 30 d 后 SOD 活性下降, 并显著低于第 20 天 ($P < 0.05$); 但与初始值(第 0 天)差异不显著 ($P > 0.05$); 第 40 天与第 50 天时 SOD 活性下降较为缓慢, 与第 30 天差异不显著, 但与初始值差异显著 ($P < 0.05$), 第 60 天时 SOD 活性下降迅速, 显著低于其他组 ($P < 0.05$), 为 20.54 U/ml, 比初始值下降了 27.87%。

2.1.2 对酸性磷酸酶(ACP)活性的影响 随着饥

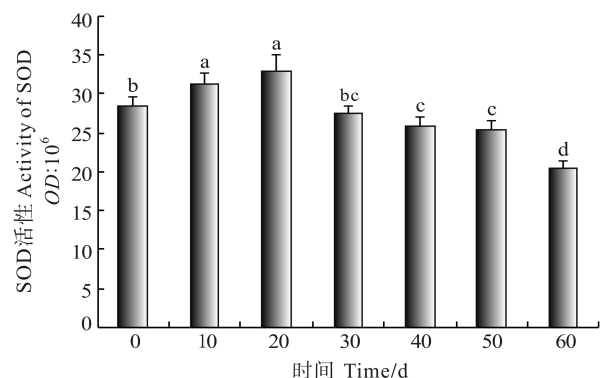


图 1 饥饿胁迫对刺参体腔液中 SOD 活性的影响

Fig.1 Effect of starvation stress on the activity of SOD in coelomic fluid of *A. japonicus*

注: 同一列上方参数字母不相同则有显著差异 ($P < 0.05$) (以下同)
Note: Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

饥饿胁迫时间的延长, 刺参体腔液中的 ACP 活性呈现下降的趋势, 如图 2 所示。饥饿胁迫 10 d 时 ACP 活性下降不显著($P>0.05$); 20 d 后随着时间的延长, 刺参 ACP 活性呈现阶梯状显著下降, 60 d 时刺参的 ACP 活性为 18.18 U/100ml, 显著低于其他组($P<0.05$), 比初始值下降 47.06%。

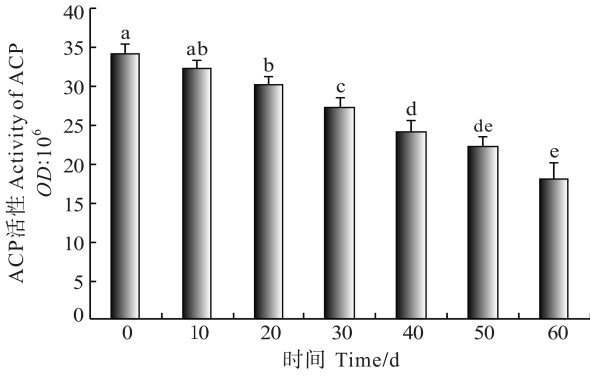


图 2 饥饿胁迫对刺参体腔液中 ACP 活性的影响

Fig.2 Effects of starvation stress on the activity of ACP in coelomic fluid of *A. japonicus*

2.1.3 对溶菌酶(LZM)活性的影响 随着饥饿时间的延长, 刺参体腔液中的 LZM 活性逐渐降低, 如图 3 所示。饥饿胁迫 10 d 时, LZM 活性下降较快, 与初始值差异显著($P<0.05$); 20 d 时, LZM 活性下降较慢, 与第 10 天的值差异不显著($P>0.05$); 20 d 以后, LZM

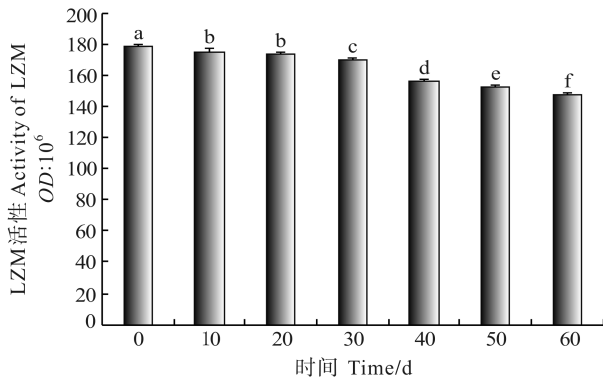


图 3 饥饿胁迫对刺参体腔液中 LZM 活性的影响

Fig.3 Effects of starvation stress on the activity of LZM in coelomic fluid of *A. japonicus*

活性均显著下降($P<0.05$); 60 d 时刺参的 LZM 活性为 147.66 U/100ml, 比初始值 179.13 U/100ml 下降 17.57%。

2.1.4 对刺参体腔液中呼吸爆发活性影响 随着饥饿时间的延长, 刺参体腔液中呼吸爆发活性呈现先升高后下降的趋势, 如图 4 所示。饥饿胁迫 10 d 时, 呼吸爆发活性上升不显著; 第 20 天时显著上升, 并达

到最高值, 其值为 0.238, 与初始值差异显著($P<0.05$); 30 d 后呼吸爆发活性显著下降, 与初始值差异不显著; 60 d 时其值为 0.126, 显著低于其他组($P<0.05$), 比初始值下降 38.08%。

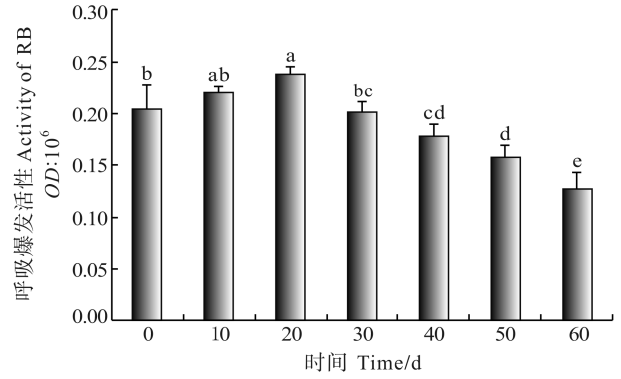


图 4 饥饿胁迫对刺参体腔液中呼吸爆发活性的影响

Fig.4 Effects of starvation stress on the activity of RB in coelomic fluid of *A. japonicus*

2.1.5 对刺参体腔液中吞噬活性的影响 随着饥饿胁迫时间的延长, 刺参体腔液中吞噬活性先升高后下降, 如图 5 所示。饥饿胁迫 10 d 时, 吞噬活性显著升高, 并达到最高值, 其值为 1.35; 10 d 后, 随着饥饿时间的延长, 刺参吞噬活性呈现阶梯状显著降低; 第 20 天时, 下降幅度较大, 并低于初始值, 但与初始值差异不显著($P>0.05$), 与第 10 天差异显著($P<0.05$); 60 d 时显著低于其他组($P<0.05$), 其值为 0.57, 比初始值 1.23 下降 53.43%。

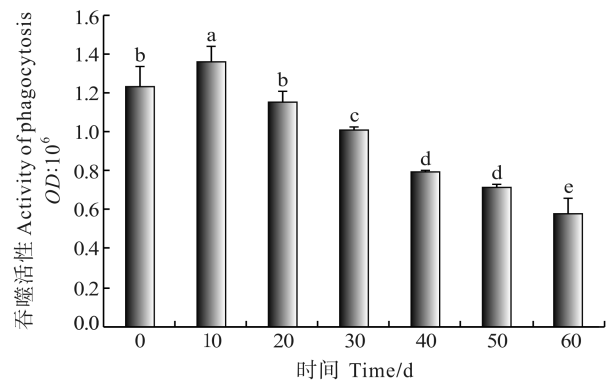


图 5 饥饿胁迫对刺参体腔液中吞噬活性的影响

Fig.5 Effects of starvation stress on the phagocytosis activity of coelomic fluid of *A. japonicus*

2.2 刺参的生长指标

2.2.1 饥饿胁迫对刺参脏壁比的影响 由表 1 可知, 随着饥饿胁迫时间的延长, 脏壁比逐渐增大。饥饿胁迫前 30 d, 脏壁比下降显著 ($P<0.05$); 30 d 后脏壁比

表1 饥饿胁迫对刺参生长指标的影响
Tab.1 Effects of starvation stress on the growth parameter of *A. japonicus*

时间 Time(d)	0	10	20	30	40	50	60
脏壁比 Ratio of viscera to body wall	0.44±0.01 ^e	0.41±0.01 ^f	0.48±0.01 ^d	0.51±0.01 ^c	0.53±0.01 ^{bc}	0.54±0.02 ^{ab}	0.56±0.02 ^a

注：不同字母表示具有显著差异($P<0.05$)

Note: Different superscripts indicate significant difference ($P<0.05$)

下降缓慢；60 d 时脏壁比为 0.56，比初始值 0.44 提高 27.27%，显著高于其他各组($P<0.05$)。

2.2.2 饥饿胁迫对刺参存活率和体质量损失率的影响 研究期间，刺参体质量损失率随着饥饿胁迫时间的延长，呈现增高的趋势，如图 6 所示。第 20 天时体质量损失率上升，显著高于第 10 天($P<0.05$)；第 30 天时上升缓慢；第 40、50 天时体质量损失率又呈现显著上升趋势；60 d 时，刺参体重为 13.69 g，体质量损失率为 32.48%。随着刺参体质量损失率的增加，存活率逐渐降低，存活率与体质量损失率之间存在着 $y = -0.0354x^2 + 0.4354x + 99.117$ 的函数关系，如图 7 所示，二次曲线线性负相关， $R^2=0.9913$ 。

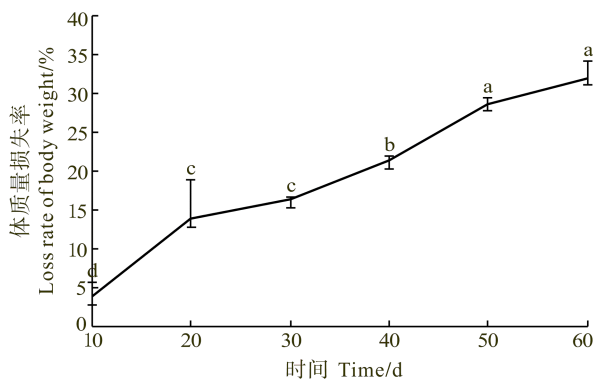


图6 饥饿胁迫对体质量损失率的影响

Fig.6 Effects of starvation stress on the WLR of *A. japonicus*

注：不同字母表示具有显著差异($P<0.05$)

Note: Different superscripts indicate significant difference ($P<0.05$)

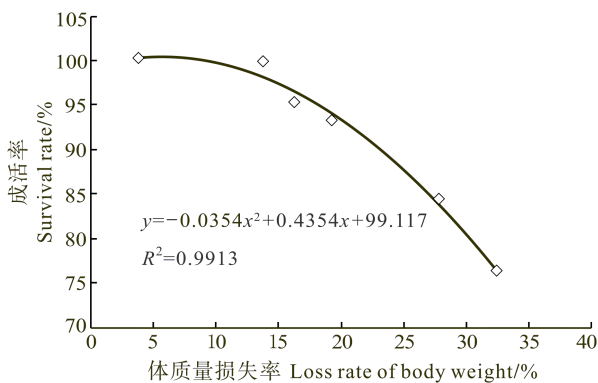


图7 存活率与体质量损失率之间存在二次负相关性

Fig.7 Negative quadric linear correlation between loss rate of body weight and survival rate of *A. japonicus*

3 讨论

3.1 饥饿胁迫对刺参超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

SOD 是一种重要的抗氧化酶，它的主要功能是清除体内产生的超氧化阴离子自由基，其活性随超氧化阴离子自由基浓度的变化而变化(牟海津等，1999)。健康的生物机体内，SOD 处于较为稳定的水平，机体内自由基的产生与消除处于动态平衡状态。机体处于饥饿胁迫状态下，生物体的抗氧化能力会随着外界环境和机体免疫能力的变化而变化。如饥饿 25 d 方斑东方螺机体 SOD 活性增强，40 d 却会导致 SOD 活性下降(薛明等，2010)；饥饿胁迫褐牙鲆也出现同样的规律，短期(2 d)饥饿胁迫促使褐牙鲆肝脏的 SOD 活性显著增加，长期饥饿(20 d)胁迫却导致它的 SOD 活性显著下降(夏华等，2012)。本研究结果表明，短期饥饿胁迫可以刺激刺参 SOD 活性的增加，饥饿胁迫 30 d 后 SOD 活性下降，其结果与薛明等(2010)、夏华等(2012)研究结果一致。推测可能是由于刺参处于营养不足状态时，机体应对饥饿胁迫产生积极的免疫防御机制，促使体内超氧化阴离子含量增加，为了保持体内氧化系统的平衡，SOD 活性增强，在氧化系统的调节过程中需要耗费大量能量，长时间饥饿，机体会因能量的消耗而处于不利的状态，SOD 活性也随之降低。

3.2 饥饿胁迫对刺参酸性磷酸酶(ACP)活性的影响

ACP 是溶酶体酶的标志酶，在体内直接参与磷酸基团的转移和代谢(王鑫等，1995)，而且对细菌等异物在溶酶体内的消化降解起重要作用，可改变异物表面结构，增强其异己性，加快对异物的识别、吞噬和清除(Cheng *et al*, 1992)，对机体的免疫有重要作用。饥饿胁迫后由于体内能量的消耗，机体免疫力降低，对体内 ACP 活性有重要的影响，李石磊等(2011)研究表明，饥饿胁迫可降低虾夷扇贝 ACP 活性。本研究中，饥饿胁迫刺参后，刺参机体内 ACP 活性随着饥饿时间的延长逐渐下降，其结果与李石磊等(2011)研究结果一致。

3.3 饥饿胁迫对刺参溶菌酶(LZM)活性的影响

LZM 是一种专门作用于微生物细胞壁的水解酶,它广泛存在于水产动物的各种组织、体液和分泌物中,通过水解革兰氏阳性细菌细胞壁中粘肽的乙酰氨基多糖,破坏和消除侵入体内的细菌,达到机体防御的功能(陈竞春等;1996)。由于动物溶菌酶的化学本质是蛋白质,当体内的蛋白质摄入不足时容易降低 LZM 活性, Kiron 等(1995)研究表明,当虹鳟鱼摄食的蛋白质不充足时,体内 LZM 活性降低。本研究中,刺参饥饿胁迫后 LZM 活性降低,由此推测刺参饥饿胁迫后 LZM 活性降低和蛋白的摄入不足密切相关。

3.4 饥饿胁迫对刺参呼吸爆发活性和吞噬活性的影响

吞噬细胞受到外源微生物刺激或进行吞噬作用后,会产生呼吸爆发现象,产生大量的 O_2^- 、 OH^- 和 H_2O_2 等具有杀菌作用的活性氧自由基(Bellavite *et al.*, 1988),从而发挥机体免疫。饥饿胁迫下,机体内的呼吸爆发和吞噬活性变化较大。有研究报道,短期饥饿时间内,可以刺激虾夷扇贝细胞吞噬能力的增强,而随着饥饿时间的延长则抑制细胞的吞噬能力(李石磊等,2011)。本研究饥饿胁迫刺参试验中,短时间的饥饿胁迫能够刺激增强刺参体内细胞吞噬能力,而产生的免疫防御机制。饥饿 20 d 时刺参细胞吞噬活性显著升高,由于吞噬活性的增强需要消耗大量的能量,长时间饥饿,机体会因能量的消耗而使体内的吞噬活性降低,饥饿胁迫 30 d 后,刺参体内的吞噬活性显著降低。呼吸爆发活力是吞噬细胞杀灭吞噬微生物的重要机制之一,一般伴随吞噬活性而产生作用(Neumann *et al.*, 2001)。本研究中,饥饿胁迫后刺参机体内的呼吸爆发活性与吞噬活性的变化规律一致,呈现出了先升高后降低的趋势。

有研究报道,ACP 能够改变异物表面结构,增强其异己性,与其吞噬活性密切相关(Pipe, 1990)。本实验条件下,饥饿胁迫对刺参吞噬活性、ACP 活性的影响规律不同,刺参吞噬活性呈现先增大后逐渐降低的趋势,而 ACP 活性则呈现逐渐下降的趋势。因此,刺参机体内 ACP 活性与吞噬活性的相关性有待研究。

3.5 饥饿胁迫对刺参生长的影响

动物机体需要不断从外界获得食物完成生长和代谢,当机体因食物短缺造成饥饿胁迫时,会通过消耗体内储存的蛋白质、脂肪等物质,维持机体的生长、代谢,从而使机体生长缓滞、消瘦等现象,如果长时间的饥饿胁迫,会因体内缺少代谢物质的更新和能量,引起生物死亡(王美琴等,2009)。王吉桥等(1993)

报道了水温为 18–23℃ 时,鲤、鲢、鳙、草鱼鱼苗的 50% 饥饿致死时间为 7–12 d。本研究结果表明,随着饥饿时间的延长,刺参体质量损失率逐渐增加,体质量出现负增长现象,主要是由于刺参饥饿后,需要消耗体内储存的营养物质维持机体营养代谢和能量供给。同时,刺参的存活率呈现显著下降的趋势,并且存活率与体质量损失率密切相关,呈二次曲线线性负相关。

脏壁比是衡量刺参机体可食部分生长速度的指标(王际英等,2009)。本研究中,随着饥饿胁迫时间的延长,脏壁比不断增加,说明长期饥饿的过程中,刺参内存储物质损失率增大,消耗的物质大部分来自于体壁。

综上所述,刺参在养殖过程中常常因季节更替、缺乏饵料投喂等问题,造成食物供给不足使刺参产生饥饿胁迫,由此刺参通过消耗体内的营养物质维持机体的生长和免疫,长期的饵料不足容易造成免疫力减弱、负生长、出皮率低、死亡率高等现象。因此,在刺参养殖过程中,应密切关注刺参的活动与摄食情况,提供充足的饵料,防止长时间饥饿现象的发生,从而提高刺参的生长速度和养殖效益。

参 考 文 献

- 王美琴, 李勇, 车向荣, 等. 蛋白质与饱食度对工厂化养殖半滑舌鳎生长与免疫的影响. 渔业科学进展, 2009, 30(4): 27–37
- 王吉桥, 毛连菊, 姜静颖, 等. 鲤、鲢、鳙、草鱼苗和鱼种饥饿致死时间的研究. 大连水产学院学报, 1993, 8(2/3): 58–65
- 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): 229–231
- 王鑫, 马桂荣, 郑宝灿, 等. SL—益生素对小白鼠体重及其单核吞噬细胞功能的影响. 微生物学报, 1995, 35(6): 455–459
- 王印庚, 廖梅杰, 郝志凯, 等. 刺参体腔液穿刺抽取后细胞恢复过程的初步研究. 渔业科学进展, 2010, 33(5): 52–58
- 仇明, 王爱民, 吕林兰, 等. 饥饿胁迫对瓦氏黄颡鱼幼鱼存活率、体成分及消化酶活性的影响. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(6): 11–16
- 李石磊, 李文姬, 付成东, 等. 饥饿胁迫对虾夷扇贝几种免疫因子的影响. 水产学报, 2011, 30(8): 441–444
- 牟海洋, 江晓路, 刘树青, 等. 免疫多糖对栉孔扇贝酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和超氧化物歧化酶活性的影响. 中国海大学学报, 1999, 29(3): 463–468
- 张琴, 麦康森, 张文兵, 等. 饲料中添加硒酵母和维生素 E 对刺参生长免疫力及抗病力的影响. 动物营养学报, 2011, 23(10): 1745–1755
- 陈竞春, 石安静, 贝类免疫生物学研究概况. 水生生物学报, 1996, 20(1): 74–78
- 郑桂红, 朱丰城, 孙建梅, 等. 饥饿胁迫对斑点叉尾鮰血液生理生化指标的影响. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 199–201
- 夏华, 陈阿琴, 徐国成, 等. 饥饿胁迫对褐牙鲈皮质醇激素和

- 非特异免疫的影响. 广东农业科学, 2012, 24: 134-137
- 盖春蕾, 叶海斌, 许拉, 等. 鲍鱼常见病害初诊速查检索表. 渔业科学进展, 2012, 33(1): 177-180
- 廖玉麟. 中国动物志: 棘皮动物门, 棘皮动物纲. 北京: 科学出版社, 1997, 148-150
- 蔡林婷, 李思源, 葛明峰, 等. 3 种致病弧菌感染对大黄鱼血液生化指标的影响. 渔业科学进展, 2012, 33(2): 65-72
- 薛明, 柯才焕, 王德祥, 等. 饥饿及恢复生长对方斑东风螺抗氧化体系的影响. 中国水产科学, 2010, 17(2): 281-288
- Bellavite P. The superoxide forming enzymatic system of phagocytes. Free Radic Biol Med, 1988(4): 225
- Cheng T C. Selective induction of release of hydrolases from *Crassostrea virginica* hemocytes by certain bacteria. Invertebr Pathol, 1992, 59(2): 197-200
- Kiron V, Fukuda H, Takeuchi T, *et al.* Essential fatty acid nutrition and defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Comp Biochem Physiol, 1995, 111(3): 361-367
- Song YL, Hsieh YT. Immunostimulation of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) hemocytes for generation of microbicidal substances: analysis of reactive oxygen species. Dev Comp Immunol, 1994, 18(3): 201-209
- Neumann NF, Stafford JL, Barreda D, *et al.* Antimicrobial mechanisms of fish phagocytes and their role in host defense. Developmental and Comparative Immunology, 2001, 25: 807-825
- Pipe RK. Hydrolytic enzymes associated with the granular haemocytes of the marine mussel *Mytilus edulis*. Histochem, 1990, 22(11): 595-603

(编辑 陈严)

Starvation Stress Effect on the Immunity and Growth of Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*

TIAN Qing^{1,2}, RONG Xiaojun¹, LI Bin¹, LIAO Meijie¹, JIANG Yan¹,
FAN Ruiyong³, WANG Yingeng¹, LI Qiang²

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Dalian Ocean University, Dalian 116023;
3. Qingdao Ruizi Seafood Development Co., Ltd, Jiaonan 266400)

Abstract In this study we investigated the effects of starvation on the growth and immunity of sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Sea cucumber seedlings with the initial weight of (20±0.15) g were exposed to starvation stress for different periods (0, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 d). Non-specific immunity including activities of acidic phosphatase (ACP), lysozyme (LZM), superoxide dismutase (SOD), respiratory burst (RB), and phagocytic activity of coelomic fluid were examined to determine the effects of starvation on the immune responses. The body weight, the ratio of viscera to body wall (VBWR), and the survival rate were measured to determine the effects on the growth. The ACP and LZM activities decreased along with the starvation time: after a 60-day starvation the ACP and LZM activities decreased by 47.06% and 17.57% respectively. The activities of SOD, RB and phagocytosis first increased and then decreased during the 60-day starvation, and they reached their highest values on the 20th, 20th and 10th day respectively. On the 60th day the activities of SOD, RB, and phagocytosis were significantly lower and reached 27.87%, 38.08%, 53.43% of their initial values respectively. The body weights of the sea cucumbers constantly decreased along with the starvation time and reached 68.08% of the initial value on the 60th day. The VBWR increased gradually during the experiment and reached 0.56 on the 60th day which was significantly higher than the initial value 0.44 ($P < 0.05$). The loss rate of the body weight increased and the survival rate decreased along with the starvation time. There was a negative quadric linear correlation between the loss rate of the body weight and the survival rate. These results indicated that sea cucumbers could consume the nutrients in the body wall to meet their needs of energy during starvation. Long-term starvation might cause suppression of immune activities thus affect the health and growth of sea cucumbers.

Key words Sea cucumber; Starvation stress; Immunity; Negative growth; Survival rate; Ratio of viscera to body wall