

文章编号:1000-0615(2007)05-0687-05

· 研究简报 ·

温度、盐度和光照周期对刺参生长及行为的影响

陈 勇, 高 峰, 刘国山, 邵丽萍, 石国锋

(大连水产学院辽宁省海洋牧场工程技术研究中心, 辽宁 大连 116023)

关键词: 刺参; 温度; 盐度; 光照周期; 生长

中图分类号: S 968.3

文献标识码: A

The effects of temperature, salinity and light cycle on the growth and behavior of *Apostichopus japonicus*

CHEN Yong, GAO Feng, LIU Guo-shan, SHAO Li-ping, SHI Guo-feng

(Liaoning Ocean Farm Engineering Research Center, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: *Apostichopus japonicus* was reared under different temperatures, salinities and light cycles so as to analyze the effects of temperature, salinities and light cycle on the growth and behavior of it. *A. japonicus* were sampled from Dakoujing Shrimp Cultural Cage, Lüshun City, which were 1-year-old, and were accustomed to the experimental conditions for two days before each experiment. The average initial body wet weight of the experimental sea cucumber was 36.89 g (25.24–59.11 g), and the average initial body length was 6.68 cm (5.12–8.74 cm). In the temperature experiment, the sea cucumbers were reared in six plastic barrels (the cubage of each was about 60 L and one brick in each barrel) at six temperatures (9, 12, 15, 18, 21 and 24 °C). The results showed that the body wet weight increased under 9–21 °C and 15 °C was the optimum temperature to the growth of *A. japonicus*. When the temperature was beyond 22 °C, *A. japonicus* began to aestivate. As soon as the temperature below 20 °C, aestivation was over. In the salinity experiment, the sea cucumbers were reared in the same plastic barrels under six salinities (23, 26, 29, 32, 35 and 38). The salinity for growth of the *A. japonicus* was 29–33, and the optimum salinity was 32, the reason of which was that the sea cucumbers had been accustomed to the range of salinity in the ocean for a long time. The *A. japonicus* were reared in four plastic barrels for the light cycle experiment, and the conditions of the barrels were fully light (24-hour-light), fully dark (24-hour-dark), half light dark (12-hour-light and 12-hour-dark) and natural light. The growth of the sea cucumbers was best under the half light dark condition, and worst under the fully dark condition. In addition, the correlation analyses were given in each experiment.

Key words: *Apostichopus japonicus*; temperature; salinity; light cycle; growth

收稿日期: 2006-08-01

资助项目: 国家自然科学基金(30471331); 辽宁省科技厅基金项目(20022101); 大连市留学基金项目(大科计发[2000]111号); 大连市科技攻关项目(2005B12NC077)

作者简介: 陈 勇(1956–), 男, 辽宁大连人, 教授, 博士, 主要从事渔业资源与环境方面的研究。Tel: 0411-84763358, E-mail: chen Yong@dlfu.edu.cn

刺参(*Apostichopus japonicus*)产于我国北方海区,是一种名贵的水产品,肉质肥厚,营养丰富,为海参之上品^[1]。长期以来,由于滥捕滥采,自然资源日趋衰减。近年来,随着刺参人工育苗及人工养殖技术的成熟,刺参增养殖业从海区底播增殖、池塘养殖、虾池混养到陆地工厂化养殖,发展很快^[2-6]。一些学者对刺参的生理生态学、行为学等方面进行了研究^[7-9],但关于环境因子对刺参的生长和行为影响的研究报道不多^[10]。笔者观测了不同温度、盐度和光照周期这3个环境因子对刺参生长及行为的影响,旨在确定最适合刺参生长的环境条件,为推动刺参的增养殖业的可持续发展,提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与条件

试验用刺参捕自于大连市旅顺口区大口井虾圈,共200只。试验用养殖容器为60 L白色大塑料桶,直径43 cm。用电子天平测量刺参体重,用控温仪控制所需水温,用海水晶和经过曝气的自来水调节盐度,用白炽灯来控制光照强度。海水溶氧水平为 $(8.4 \pm 0.5) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,盐度为33,pH为8.02。

1.2 试验方法

刺参从虾圈捕回后,放到试验水槽中暂养5 d,从中选取平均体长6.68 cm(5.12~8.74 cm),平均体重36.89 g(25.24~59.11 g)的刺参152只进行水温、盐度和光照周期试验,每组之间的刺参体形、体色无较大差异。试验过程中每隔1天全量换水1次,并用吸管将刺参的粪便和残余的饵料吸净,以保持水质良好。每天下午3点左右投喂饵料1次,投喂量为刺参体重的5%,并根据前一天刺参的摄食情况进行调整,保证刺参处于饱食状态。

以刺参体重作为判断生长状况的指标,每隔10天测量1次。测量时,先将刺参取出,放于干净光滑的桌面上静置15 min,使其体腔内的水排出,然后用毛巾将刺参体表的水吸干,再将刺参放于电子天平称上称重,称完后,立即将刺参放入换水后的塑料桶中。

水温试验 将刺参分成6组,每组10只,分别放入6个大塑料桶(约60 L)中饲养,每个塑料桶里放置砖一块,暂养2 d。将各组海水设置为

9、12、15、18、21、24 ℃共6个温度,盐度均为33,光照为自然光。水温调整幅度为 $2 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ 。试验期间连续观察在不同水温下刺参的行为并记录其生长情况。

盐度试验 试验条件和方法同水温试验。在各试验组的水温均为15 ℃、光照为自然光的条件下,将盐度设置为23、26、29、32、35、38共6个梯度。观察在不同的盐度下刺参的行为并记录其生长情况。

光照周期试验 将刺参分成4组,每组8只。第1组为全光照条件,第2组为全黑暗条件,第3组的光照周期为12 L:12 D(12 h光照、12 h黑暗),第4组为自然光照。其中第1组和第3组的光照强度为80 lx。选择80 lx是因为在工厂化养殖的环境下,白天的光照强度通常在80 lx左右。将4组刺参分别放入4个大塑料桶(约60 L)中饲养,每个塑料桶里放置砖头一块,暂养2 d。观察刺参的行为并测量其生长情况。试验期间的水温为15 ℃,盐度为33。

试验结束后,采用SPSS分析软件对所测数据进行显著性分析。

2 结果

2.1 不同水温下刺参的生长和行为

通过观察发现,当水温为15 ℃时,刺参有的聚集在砖头周围,有的栖息在塑料桶底边缘处和桶壁上,活动积极,摄食旺盛,粪便排出量很多,基本上没有残留的饵料。随着水温的降低和升高,各组刺参的活动程度均不如15 ℃时活跃,特别在24 ℃时,基本停止了活动和摄食,投喂的饵料没有多少变化,粪便也无排出。

不同水温下刺参体重变化如图1所示。在水温为9 ℃时,刺参的平均体重为37.04 g,第10天为37.65 g,第20天为38.66 g,第30天为39.98 g,第40天为41.18 g,刺参的体重与时间成正比。在水温为12、15、18、21 ℃的条件下,刺参的平均体重呈现出与水温9 ℃时相同的变化趋势。而在水温24 ℃时,刺参的平均体重由最初的37.27 g减少到第10天的34.99 g,第20天为32.79 g,第30天为31.89 g,第40天为31.18 g,刺参的体重与时间成反比。

图2为水温变化对刺参平均增重的影响。当水温由9 ℃升到15 ℃时,刺参的平均增重随水温

的增加而增加;当水温为 15 ℃ 时,刺参的平均增重达到最大值;当水温高于 15 ℃ 时,刺参的平均增重随水温的增加而减少;在 22 ℃ 左右变为零增长;当水温高于 22 ℃ 时,刺参开始负增长,即刺参体重随温度的增加而减少;刺参生长的最适水温范围为 12 ~ 18 ℃。水温与刺参的平均增重呈多项式关系,拟合方程式为:

$$y = -0.1602x^2 + 4.6655x - 25.835, \text{ 相关系数 } R^2 = 0.9493。$$

经过显著性分析,水温对刺参的增重影响极显著 ($P < 0.01$)。

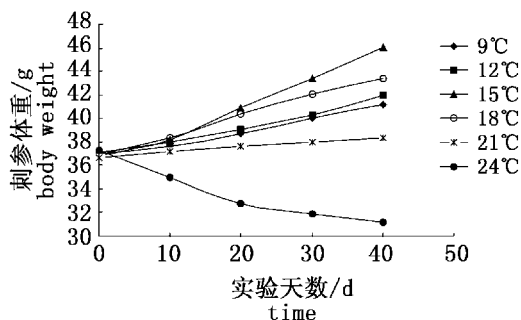


图 1 不同温度刺参的生长状况

Fig. 1 The growth performances of *A. japonicus* of different temperatures

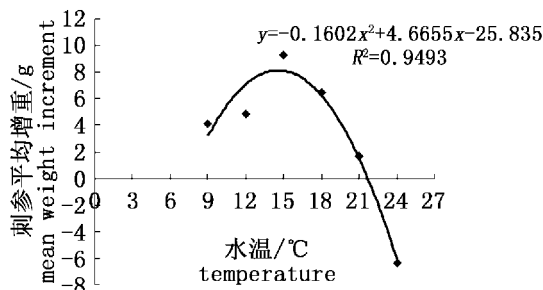


图 2 水温变化与刺参平均增重的相关关系

Fig. 2 The relationship between temperature and mean weight increment

2.2 不同盐度下刺参的生长及行为

盐度为 32 时,刺参活动积极,摄食旺盛,基本无饵料残留,粪便较多;盐度高于或低于 32,各组刺参的活动均不太活跃;盐度为 23 时,刺参几乎不活动。

图 3 表示不同盐度下刺参体重与时间的关系。由图 3 可见,在盐度为 23 时,刺参的平均体重从最初的 35.83 g 增加到第 10 天的 37.88 g,第 20 天为 39.17 g,第 30 天为 41.17 g,第 40 天

为 42.90 g,体重与时间成正比。在盐度为 26、29、32、35、38 的条件下,刺参平均体重的变化与盐度为 23 时刺参体重的变化趋势相同。

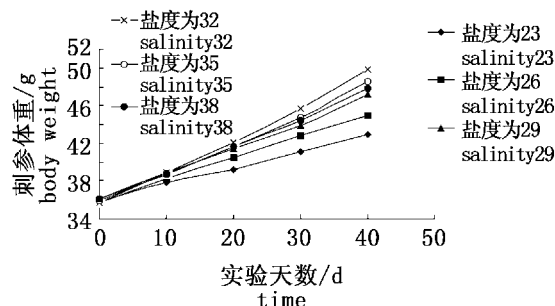


图 3 不同盐度下刺参的生长状况

Fig. 3 The growth performances of *A. japonicus* of different salinities

图 4 表示盐度变化对刺参平均增重的影响。由图 4 可见,当盐度从 23 增至 32 时,刺参的平均增重随盐度的增加而增加;盐度为 32 时,刺参的平均增重达到最大值;当盐度超过 32 时,刺参的平均增重随盐度的增加而减少。盐度与刺参平均增重呈多项式关系,拟合方程式为:

$$y = -0.0562x^2 + 3.7597x - 50.042, \text{ 相关系数 } R^2 = 0.8951。$$

经过显著性分析,盐度对刺参的增重影响极显著 ($P < 0.01$)。

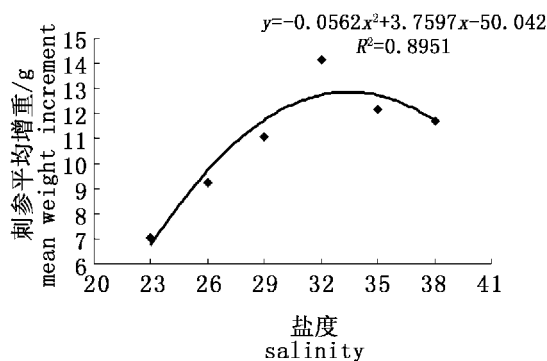


图 4 盐度变化与刺参平均增重的相关关系

Fig. 4 The relationship between salinity and mean weight increment

2.3 不同光照周期下刺参的生长及行为

在半光照半黑暗条件下,刺参活动较活跃,摄食旺盛,剩余饵料很少。而在全光照、全黑暗及自然光照条件下,相对于半光照半黑暗组,刺参的活动不活跃,但差别不是很明显。在全黑暗条件下,出现了一头刺参死亡的情况。

图5表示不同光照周期下刺参体重与时间的关系。由图5可见,在半光照半黑暗条件下,刺参的平均体重为从最初的37.53 g增加到第8天的40.73 g,第16天为46.10 g,第24天为48.48 g,第32天为51.75 g,体重与时间成正比。在全黑暗和自然光照条件下,刺参的平均体重的变化趋势同上。而在全光照条件下,试验的最初8 d刺参体重略有降低(平均体重从37.40 g减少到37.14 g),第16天又增加到38.14 g,第24天为41.73 g,第32天为43.25 g。

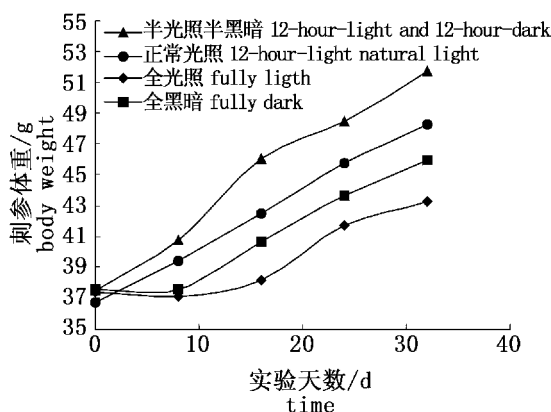


图5 不同光照周期刺参的生长状况

Fig. 5 The growth performances of *A. japonicus* of different light cycles

图6表示不同的光照周期对刺参平均增重的影响。由图6可见,半光照半黑暗条件下刺参的平均增重明显高于其他3种条件。

经过显著性分析,光照周期对刺参的增重影响显著($P=0.012 < 0.05$)。

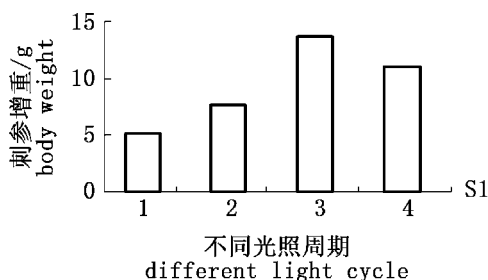


图6 不同光照周期下刺参的增重对比

Fig. 6 The comparisons of weight increment of different light cycles

1. 全光照条件; 2. 全黑暗条件;
3. 半光照半黑暗条件; 4. 自然光照条件
1. 24-hour-light; 2. 24-hour-dark;
3. 12-hour-light and 12-hour-dark; 4. natural light

3 讨论

3.1 水温的影响

于东祥等^[11]认为,刺参生长的适宜水温范围为5~17℃,最适水温为10~15℃;孙毅等^[12]则认为,刺参最适生长水温为12~18℃,超过20℃则进入夏眠状态;而陈远等^[13]认为,14℃是刺参幼参生长的最适温度;董云伟等^[8]认为,温度对刺参幼参(1龄刺参)的生长有显著影响,在水温10~15℃,特定生长率逐渐升高,在水温15~25℃,特定生长率逐渐降低,最适生长温度为15.15℃。

本试验的结果表明:在9~21℃时,刺参的平均体重都有不同程度的增加。在6个实验组中,水温为15℃时,刺参代谢旺盛,排除的粪便较多,体重增长的最快,平均每天增长0.28 g;在水温为9、12℃时,温度偏低,刺参摄食不积极,生长较缓慢;水温为18、21℃时,刺参的能量有一部分为适应水温变化而被消耗,因此生长减缓;当水温24℃时,刺参不再摄食和排泄,体重逐渐下降,仅仅能够维持生命。刺参进入了休眠状态,也就是所说的“夏眠”。

本试验得到的刺参生长的最适水温范围与董云伟等^[8]、于东祥等^[11]、陈远等^[13]的结论相近,而最适温度值则略有不同,原因是刺参不同的生长阶段,如稚参、幼参及成参的最适温度均有区别,适温范围存在差异;另外,不同地域的刺参,也会对结果造成一定的差异。

李宝全等^[9]研究认为,刺参(体重为52.1~149.9 g)的夏眠水温应在20℃以上。本试验结果表明,22℃水温是刺参(体重为25.24~59.11 g)“夏眠”的起始温度(图2),刺参生长的不同阶段,其“夏眠”的起始时间有所差异,有待于进一步研究。

3.2 盐度的影响

在本试验中,盐度为32时刺参生长最快,这主要是由于本试验所用的刺参原生活的海水盐度变化幅度很小(29~33),刺参对这样的盐度范围已经适应,超出了该盐度范围,生长就会受到影响。盐度是反映水中无机离子含量的指标,水生动物对环境的适应一般围绕其等渗点进行渗透压调节,而渗透压调节是一需要耗费能量的生理过程。就本试验而言,盐度在32左右时,可能处在刺参等渗点的附近,刺参用于渗透压调节的能量

较少,故生长得快;而盐度低于 32 或高于 32 时,刺参身体内外存在渗透压差,刺参为维持自身的渗透平衡,需要耗费能量,因而会在一定程度上影响其生长。袁秀堂等^[7]认为,盐度为 31.5 时,刺参的单位体重耗氧率最低,而盐度高于或低于 31.5 时耗氧率均上升。这与本试验得出的刺参生长最适盐度为 32,且当盐度高于或低于 32 时其生长速度均降低的结果几乎一致。

本试验结果表明,刺参适应高盐度环境的能力要比适应低盐度环境的能力强(图 3 和图 4)。另外,不同海域的刺参,对其栖息水域的盐度具有适应性,所以刺参的最适盐度和适盐范围可能因水域不同而不同,需要进一步验证。

3.3 光照周期的影响

光能够对水生动物的昼夜活动节律、迁移和集群行为产生影响^[14]。Annie 等^[15]报道,糙海参(*Holothuria scabra*)在五触手幼体发育阶段,就表现出负趋光性,长时间栖息在底层物体的阴影中。张硕等^[16]在研究光强对刺参行为特性和人工礁模型集参效果影响时发现:刺参在黑暗或光照强度较低条件下活动频繁,在人工礁模型上聚集数量相对较少;而光照强度较高时,刺参选择光强较低的人工礁模型阴影区栖息或附着在礁上。

从本试验结果看,在半光照半黑暗(12L:12D)条件下,刺参的生长最快;自然光照条件下,次之;全光照条件下,刺参的生长最慢。全光照条件破坏了刺参昼伏夜出的生活习性,影响了刺参的摄食,导致其生长缓慢;而黑暗条件则完全忽略了光照,这对刺参的生长也有一定的影响;在半光照半黑暗(12L:12D)条件下,刺参可以黑暗时摄食、光照时活动,并且光照强度比较稳定,所以生长旺盛;自然光照条件下,光照一直处于不断的变化中,这种不稳定性也影响了刺参的生长,因此,没有半光照半黑暗条件下生长的快。

综上分析可以得出结论:刺参最适合的生长温度为 15 ℃,在此温度下,刺参可以保持体重的较快增长。刺参生长的最适宜盐度为 32,超过或低于这一盐度,刺参的生长都要受到影响。另外,刺参适应高盐度的能力要比适应低盐度的能力强。在光照强度稳定,且半光照半黑暗条件下,刺

参的生长状况最好,但最适宜的光照强度值应为多少,还需要进一步研究探讨。

参考文献:

- [1] 常亚青,丁 君,宋 坚,等. 海参、海胆生物学研究与养殖[M]. 北京:海洋出版社,2004.
- [2] 刘锡胤. 刺身池塘养殖技术[J]. 渔业现代化,2002(4):16-17.
- [3] 宋春华,王祖杰. 刺参的人工养殖[J]. 生物学通报,2005,40(2):26-27.
- [4] 李华琳,李文姬,陈 冲,等. 刺参虾池养殖技术[J]. 水产科学,2004,23(1):22-23.
- [5] 吴湛辉. 北方地区刺参育苗生产的几项实用技术[J]. 河北渔业,2006,(6):24-33.
- [6] 王秀菊,王丽敏,杨美桂,等. 人工控温工厂化养殖刺参技术[J]. 2004,25(4):20-22.
- [7] 袁秀堂,杨红生,周 毅,等. 盐度对刺参(*Apostichopus japonicus*)呼吸和排泄的影响[J]. 海洋与湖沼,2006,37(4):348-354.
- [8] 董云伟,董双林,田相利,等. 不同水温对刺参幼参生长、呼吸及体组成的影响[J]. 中国水产科学,2005,12(1):33-37.
- [9] 李宝泉,杨红生,张 涛,等. 温度和体重对刺参呼吸和排泄的影响[J]. 海洋与湖沼,2002,33(2):182-187.
- [10] 陈万光. 几种环境因子对水生动物的影响研究[J]. 洛阳师范学院学报,2002,(5):133-135.
- [11] 于东祥,宋本祥. 池塘养殖刺参幼参的成活率变化和生长特点[J]. 中国水产科学,1999,6(3):109-110.
- [12] 孙 毅,唐日峰. 虾池养殖刺参实用技术[J]. 中国水产,2002,(6):52-53.
- [13] 陈 远,陈 冲. 刺参幼参冬季陆上养殖试验[J]. 水产科学,1992,11(4):1-3.
- [14] 周显青,牛翠娟,李庆芬. 光照对水生动物行为的影响[J]. 动物学杂志,1999,34:45-48.
- [15] Annie M, Stephen C, Jean-Francois H. Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra* [J]. J Exp Mar Bio Ecol,2000,249:89-110.
- [16] 张 硕,陈 勇,孙满昌. 光强对刺参行为特性和人工礁模型集参效果的影响[J]. 中国水产科学,2006,13(1):20-26.