

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20201219001

http://www.yykxjz.cn/

陈吉圣, 席世改, 秦传新, 郭禹, 潘莞倪, 邵广或. 光照强度对紫海胆浮游幼体生长及消化酶活性的影响. 渔业科学进展, 2021, 42(3): 125-131

Chen JS, Xi SG, Qin CX, Guo Y, Pan WN, Shao GY. Effects of light intensity on growth and digestive enzyme activities of sea urchin (*Anthocidaris crassispina*) larvae. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(3): 125-131

## 光照强度对紫海胆浮游幼体生长及消化酶活性的影响\*

陈吉圣<sup>1,2,3</sup> 席世改<sup>1</sup> 秦传新<sup>1,2①</sup> 郭禹<sup>1,2</sup> 潘莞倪<sup>1</sup> 邵广或<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 广东省渔业生态环境重点开放实验室

农业农村部南海渔业资源环境科学观测实验站 中国水产科学研究院海洋牧场技术重点实验室 广州 510300;

2. 国家渔业资源环境大鹏观测实验站 深圳 518121; 3. 江苏海洋大学 连云港 222000)

**摘要** 本研究以紫海胆(*Anthocidaris crassispina*)为研究对象,通过水槽实验方法,模拟分析了自然光周期条件下光照强度对紫海胆浮游幼体生长、存活以及体内消化酶活性的影响,旨在为紫海胆苗种的规模化繁育提供必要的生物学参数。研究发现,在实验设计的光照强度梯度(0、500、1000、2000、3000 lx)内,光照强度对紫海胆浮游幼体的体长、躯干部骨针长度和口后腕骨针长度的影响趋势一致,影响程度由高到低为 500 lx>0 lx>1000 lx>2000 lx>3000 lx。在 500 lx 条件下,紫海胆浮游幼体的体长、躯干部骨针长度和口后腕骨针长度都达到最高,且显著优于其他实验组( $P<0.05$ ),此时脂肪酶和淀粉酶活性最强;在 2000 lx 条件下,紫海胆的胃蛋白酶活性最强;在 3000 lx 条件下,紫海胆浮游幼体发育到 11 d 已全部死亡。研究表明,在 500 lx 光照强度下,紫海胆浮游幼体可保持最佳的生长速度、消化酶活性以及存活率,500 lx 为紫海胆浮游幼体生长发育的最佳光照强度。

**关键词** 紫海胆;光照强度;生长速度;消化酶活性

**中图分类号** S953 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)03-0125-07

紫海胆(*Anthocidaris crassispina*)是一种名贵的海珍品,在浙、闽、台、粤、琼等省的沿海海域均有广泛分布,其性腺味道鲜美,且富含蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸等营养物质(席世改等, 2020),性腺提取物“波利乃宁”(Bonellin)能抑制癌细胞的生长,可作为抗癌药物的材料(廖承义, 1985)。近年来,随着野生紫海胆被过度捕捞,野生资源日渐枯竭,养殖海胆逐渐成为海胆性腺摄取及食用的主要来源,对人工养殖技术需求越来越高。20 世纪以来,许多学者在紫海胆人工育苗、摄食习性及呼吸代谢等方面进行

了系统研究(杨章武等, 2001; 冯雪等, 2012; 聂永康等, 2016; 莫宝霖等, 2017; 席世改等, 2020)。

光照强度(即单位面积上所接受可见光的光通量,单位为 lx)作为水生生物生长的重要环境因子,它直接或间接影响着水生生物的栖息选择、生长发育、摄食、繁殖、昼夜活动节律等生理活动(周显青等, 2000; 孙德文等, 2003; 王想等, 2020)。相关学者在光照强度对水生生物生长及存活、摄食等方面的影响进行了研究。薛素燕等(2007)研究发现,强光照组刺参幼参的生长明显快于暗光照组;郭文学等

\* 国家重点研发计划课题(2018YFD0901605)和中国水产科学研究院中央级科研院所基本科研业务费专项资金(2020SY01)共同资助 [This work was supported by the National Key R&D Program of China (2018YFD0901605), and Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS (2020SY01)]. 陈吉圣, E-mail: 1653580929@qq.com

① 通讯作者: 秦传新, 副研究员, E-mail: qincx@scsfri.ac.cn

收稿日期: 2020-12-19, 收修改稿日期: 2021-01-19

(2014)研究发现,哲罗鱼(*Hucho taimen*)存活率、体长、体质量及特定生长率参数均随光照强度的增加而增加;光照周期对大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)幼鱼和尖吻鲈(*Lates calcarifer*)仔稚鱼的摄食、消化酶活力均有显著影响(周胜杰等, 2018; 李宝山等, 2019); 杨军等(2016)研究发现,光照强度影响光棘球海胆(*Strongylocentrotus nudus*)的聚集率,并验证了光棘球海胆的避光特性。为提高海胆人工养殖技术,对不同光照条件下海胆幼体的生长特性研究至关重要。因此,本研究运用模拟自然光周期的方法,探究不同光照强度对紫海胆浮游幼体不同发育阶段的生长、存活以及体内消化酶活性的影响,不仅可以丰富棘皮动物的生理生态学理论,也可为紫海胆的人工养殖技术的提高提供实践指导和科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 浮游幼体的培育

实验用紫海胆亲体采自福建省厦门附近海域,航空运输至中国水产科学研究院南海水产研究所三亚热带水产研究院。紫海胆亲体经过阴干运输,移入育苗水泥池中,采用流水刺激的方法,使其自然产卵、受精。受精卵经 38 h 发育,于两腕浮游幼体期,用 200 目和 400 目(200 目过滤杂质,400 目收集幼体)筛绢网滤出、清洗,再移至育苗水泥池中培养,培养密度为 0.04 个/ml。

浮游幼体培育期间,每日换水 50%, 08:30 和 17:30 投喂纤细角毛藻(*Chaetoceros gracilis*)和叉鞭金藻(*Dicrateria zhanjiangensis*)的等比例混合藻液。每次投喂  $1 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4$  个/ml 混合藻液 2 L。浮游幼体培育期间水体体积为 450 L,水温( $29.5 \pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、pH  $8.0 \pm 0.1$ 、盐度  $31.4 \pm 0.9$ 。藻类均取自中国水产科学研究院南海水产研究所三亚热带水产研究院藻种室,采用 f/2 培养液自然光照培养。实验全程保持每个实验桶的水温、pH 和盐度的相对恒定。

### 1.2 实验方法

实验设置的光照强度为 0(全黑暗)、500、1000、2000 和 3000 lx,每个梯度设 3 个重复,测定光照强度对紫海胆浮游幼体体长生长和消化酶活性的影响。养殖容器为 760 L 的 PVC 水桶。实验中每组的光照强度通过更换每个水桶上方的灯泡功率及调整光源距离来实现,并用照度计(Lx meter AR813A)于水面上方 3 cm 处测定光照强度。为避免自然光与实验组光源的干扰,每个水桶上方均覆盖黑色遮光布,期间采用

12 L : 12 D(08:00~20:00)光照周期,全黑暗处理每天总计约有 30 min 暴露在光照下进行投喂、换水、吸底等日常操作。

实验自紫海胆两腕浮游幼体期即 2 日龄开始,至 18 日龄变态期结束。根据其发育阶段分别于实验的 8 d(四腕幼体)、11 d(六腕幼体)、16 d(八腕幼体)取样(混匀培育水体,随机多点取样)并保存于 $-80^{\circ}\text{C}$ 冰箱。

光照强度对紫海胆浮游幼体体长的影响实验使用 Toup View 图像分析软件进行拍照并测量大小,具体为各实验组紫海胆浮游幼体样品的体长、躯干部骨针长度和口后腕骨针长度。

光照强度对紫海胆浮游消化酶活性的影响实验采用可见分光光度法,用酶标仪(WD-2012B,北京六一生物科技有限公司)测量各样品消化酶的活性。淀粉酶活性采用北京雷根生物淀粉酶(Amylase)检测试剂盒,胃蛋白酶活性采用北京索莱宝胃蛋白酶(Pepsin)试剂盒,脂肪酶活性用索桥生物脂肪酶(Lipase)测试盒,具体步骤均按试剂盒说明书进行操作。

### 1.3 数据处理

数据使用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 统计软件进行正态性和方差齐性检验,所有数值均采用平均值 $\pm$ 标准差(Mean $\pm$ SD)表示,进行单因素方差分析(One-way ANOVA),以  $P < 0.05$  为差异显著。采用 Origin 8.1 绘制紫海胆浮游幼体体长变化和消化酶活性变化图。

## 2 结果

### 2.1 不同光照强度下浮游幼体的生长率

紫海胆浮游幼体的生长数据见图 1,光照强度对紫海胆浮游幼体的体长、躯干部骨针长度和口后腕骨针长度的影响表现一致。趋势由高到低为 500 lx > 全黑暗 > 1000 lx > 2000 lx > 3000 lx。在 500 lx 条件下,紫海胆浮游幼体的体长、躯干部骨针长度和口后腕骨针长度都达到最高,生长最快且显著高于其他实验组( $P < 0.05$ )。而在 3000 lx 条件下,紫海胆浮游幼体发育到 11 d 于四腕幼体期停止生长,全部死亡。

### 2.2 不同光照强度下浮游幼体的消化酶活性

紫海胆浮游幼体的脂肪酶活性见图 2,紫海胆四腕幼体阶段的脂肪酶活性随着光照强度的增加呈现先下降后上升的趋势。在光照强度为 1000 lx 时,脂肪酶活性最低。光照强度 500 lx 时,脂肪酶活性最强,但与其他实验组差异不显著( $P > 0.05$ )。紫海胆六腕幼体阶段的脂肪酶活性活性差别较小,光照强度为

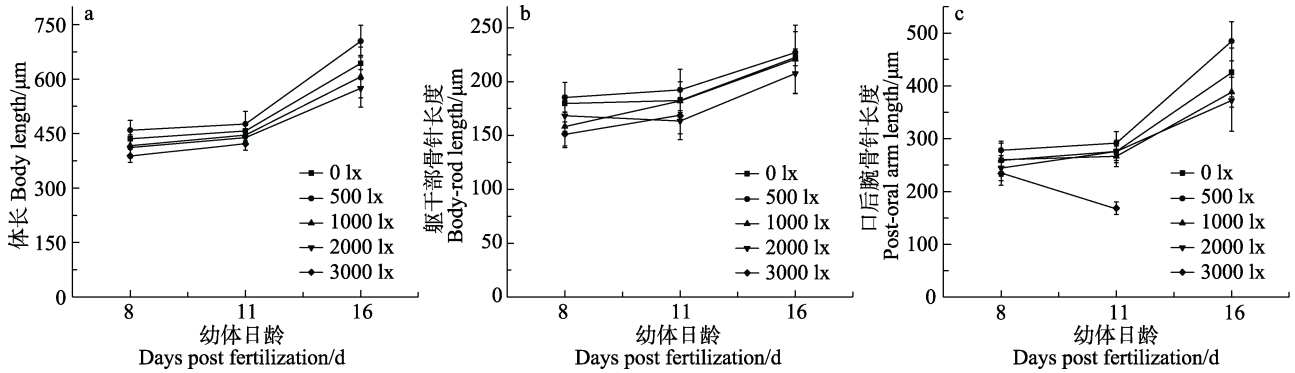


图 1 不同光照强度下浮游幼体体长(a)、躯干部骨针长度(b)和口后腕骨针长度(c)

Fig.1 Effects of light intensity on larval length (a), body-rod length (b), and post-oral arm length (c) of sea urchin larvae

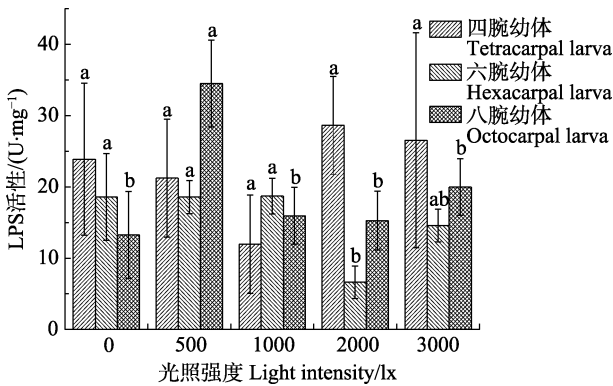


图 2 光照强度对紫海胆浮游幼体脂肪酶活性的影响

Fig.2 Effects of light intensity on lipase activity of sea urchin larvae

上标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 相同或含有相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ )。下同

Different superscripts indicate significant difference ( $P<0.05$ ), the same or containing same letters means no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as below

1000 lx 时, 脂肪酶活性最低, 与其他实验组差异显著( $P<0.05$ )。紫海胆八腕幼体阶段的脂肪酶活性随光照强度增加呈先上升后下降的趋势。光照强度 500 lx 时, 脂肪酶活性最强, 与其他实验组相比差异显著( $P<0.05$ )。

紫海胆浮游幼体的淀粉酶活性见图 3, 该阶段淀粉酶活性随光照强度的增加呈先上升后下降的趋势。在光照强度为 500 lx 时, 淀粉酶活性最强, 与其他实验组差异显著( $P<0.05$ )。光照强度为 3000 lx 时, 淀粉酶活性最低, 与其他实验组相比差异显著( $P<0.05$ )。

紫海胆浮游幼体的胃蛋白酶活性如图 4 所示。紫海胆六腕阶段光照强度对胃蛋白酶活性的影响较大, 随着光照强度的增强呈先下降后上升的趋势。在光照强度为 2000 lx 时, 紫海胆六腕阶段的胃蛋白酶活性最强, 与其他实验组之间差异显著( $P<0.05$ )。在光照强度为 3000 lx 时, 胃蛋白酶活性最低, 与其他实验

组之间差异显著( $P<0.05$ )。

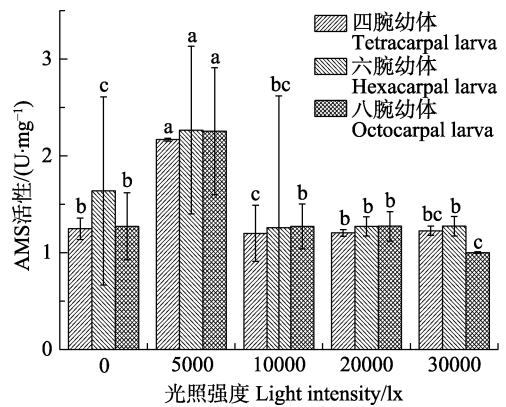


图 3 光照强度对紫海胆浮游幼体淀粉酶活性的影响

Fig.3 Effects of light intensity on amylase activity of sea urchin larvae

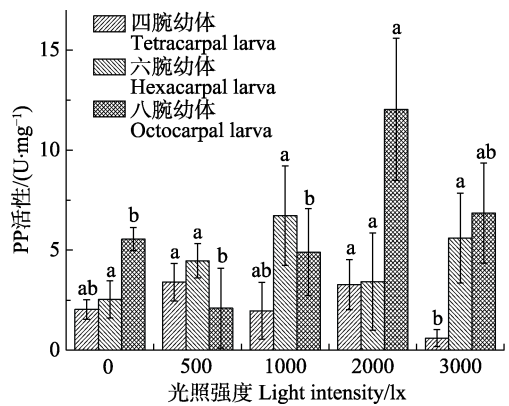


图 4 光照强度对紫海胆浮游幼体胃蛋白酶活性的影响

Fig.4 Effects of light intensity on pepsin activity of sea urchin larvae

### 3 讨论

#### 3.1 光照强度对紫海胆浮游幼体存活的影响

光照强度对水生生物生长的影响因种类不同而存

在显著差异。瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)适合在光照强度为 0~10 lx 的环境下生活(白艳勤等, 2014)。九孔鲍(*Haliotis diversicolor aquatilis*)幼鲍最适宜的光照强度为 700~1000 lx (严正凜等, 2001)。大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)的生长速度在强光下高于在弱光下。北极红点鲑(*Salvelinus alpinus*)幼体生长速度在 50 lx 的光照强度下最快, 死亡率最低(Minagawa, 1994)。刺参(*Apostichopus japonicus*)幼体生长速度随着光照强度的增加而减慢, 在光照强度为 50 lx 的光照环境下, 生长速度最快(张鹏等, 2013)。参考光照强度对刺参行为特性的影响(张硕等, 2006)及海参大多选择光强强度较低的区域栖息(常亚青等, 2004)等信息, 紫海胆浮游幼体通过调整昼夜活动节律来寻找较弱光照强度更适合其生长发育。经此次实验发现, 光照强度对紫海胆浮游幼体的生长发育影响显著, 在 500 lx 光照环境下生长最快且存活率最高, 全黑暗次之; 在 3000 lx 下生长最慢且存活率最低, 在发育至 11 d 时全部死亡。光照可直接或间接影响同为棘皮动物刺参幼参的摄食等生理活动(魏子仲等, 2014), 分析认为, 3000 lx 光照强度代表自然生长环境中阳光辐射过强或过于靠近水体表层, 超过了紫海胆浮游幼体承受的临界值, 使其摄食效率下降, 不能积蓄充足能量继续生长发育, 最终死亡, 导致存活率下降, 而光照强度对紫海胆浮游幼体摄食效率的影响也有待继续探究。

### 3.2 光照强度对紫海胆浮游幼体消化酶活性的影响

消化酶的主要功能是消化和分解生物从外界摄取的食物, 为个体提供生长发育、繁殖和昼夜活动等所需的能量, 其活力的大小能够反映水产生物消化生理的基本特征, 环境因子的变化会导致身体失去更多的能量, 这在一定程度上就需要消化酶更活跃地消化食物, 以保证能量的正常供应(任晓伟, 2008)。目前, 主要的研究方向为饲料脂肪水平、不同蛋白源、环境因子(温度、pH 等)对消化酶的影响(李俊辉等, 2011; 侯受权等, 2016; 左然涛等, 2017)。

光照是水生物生长的重要的环境因子, 光照强度对水生生物生理活动的影响体现在多方面(周显青等, 2000)。王芳等(2006)研究发现, 完全黑暗下, 中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)稚虾的蛋白酶活力最强。魏子仲等(2014)研究发现, 在 2000 lx 光照强度下, 刺参幼参的消化酶和脂肪酶活性最强; 1000 lx 光照强度下蛋白酶活力最强。本研究结果表明, 在光照强度为 500 lx 时, 紫海胆浮游幼体的脂肪酶和淀粉酶活性最强, 在光照强度为 2000 lx 时, 胃蛋白酶活

性最强, 可见不同消化酶对光照强度的响应存在差异, 且光照强度的增加在一定程度上促进了消化酶活性。光照强度的变化改变了紫海胆浮游幼体的 3 种消化酶活性, 并最终导致其存活率的改变。

### 3.3 光照强度对紫海胆浮游幼体不同阶段的消化酶活性的影响

研究表明, 生物在不同生长发育阶段的消化酶活性也有所不同。随着大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)的发育, 其体内的蛋白酶活性呈逐渐降低趋势, 而脂肪酶和淀粉酶活力呈上升趋势(席峰等, 2003)。随着牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的发育, 其体内的蛋白酶、脂肪酶活性逐渐增强, 而淀粉酶活性呈下降趋势(王宏田等, 2002)。随着刺参从幼体发育到稚参, 体内的蛋白酶和淀粉酶活力呈上升趋势, 而褐藻酸酶的活性呈下降趋势(唐黎等, 2007)。本研究中, 紫海胆不同发育阶段幼体的各种消化酶活性也有所不同, 通过对比发现, 脂肪酶和淀粉酶活性在八腕幼体阶段有所下降, 而胃蛋白酶活性有所上升, 分析认为, 与其生活方式转变和食性变化有关, 这期间由浮游生活转变为底栖附着生活, 食性也由浮游生物逐渐过渡到底栖硅藻及有机碎屑, 食谱中逐渐出现动物性蛋白, 由此表现在其消化酶中胃蛋白酶的活性逐渐优于其他 2 种消化酶。

## 4 结论

本研究表明, 紫海胆浮游幼体在弱光环境的生长发育过程明显优于强光环境, 光照强度为 500 lx 时, 生长率最佳且能保持良好存活率; 光照强度为 3000 lx 时生长最慢且死亡率最高。特定光照强度对紫海胆浮游幼体不同消化酶的影响不同, 光照强度为 500 lx 时, 脂肪酶、淀粉酶活性最强; 光照强度为 2000 lx 时, 胃蛋白酶活性最强; 光照强度为 1000 lx 时, 脂肪酶活性最低; 光照强度为 3000 lx 时, 淀粉酶、胃蛋白酶活性最低。综上可知, 高光照强度降低了紫海胆浮游幼体的生长率、存活率及消化酶的活性, 是紫海胆浮游幼体生长发育的不利因素。在本实验条件下, 500 lx 的光照强度下, 紫海胆浮游幼体有最高生长率且存活率良好, 总消化酶活性最强且各消化酶活性最均衡, 是其生长发育的最佳光照强度, 结合紫海胆浮游幼体的发育阶段, 在日常生产管理中, 或可通过控制光照强度来提高紫海胆的生长发育效果。目前, 光照强度对紫海胆幼体生长发育影响的相关内容尚不完善, 未来可细化弱光照强度梯度探讨最适宜其生长的弱光环境, 对此方面的研究内容做出补充, 既

能丰富该方面的生理生态学知识,也能继续为紫海胆的人工增殖提供科学指导和依据。

## 参 考 文 献

- Bai YQ, Wang X, Liu DF, *et al.* The preferable light intensity and color for darkbarbel catfish and silver carp. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(2): 216–221 [白艳勤, 王雪, 刘德富, 等. 瓦氏黄颡鱼和鲢对光照强度和颜色的选择. *水生生物学报*, 2014, 38(2): 216–221]
- Chang YQ, Ding J, Song J, *et al.* Biological research and breeding of sea cucumber and sea urchin. Beijing: China Ocean Press, 2004, 245–269 [常亚青, 丁君, 宋坚, 等. 海参、海胆生物学研究与养殖. 北京: 海洋出版社, 2004, 245–269]
- Feng X, Chen PM, Qin CX, *et al.* Effects of temperature and weight on respiratory metabolism of wildlife *Anthocidaris crassispina* in South China Sea. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(23): 123–125, 131 [冯雪, 陈丕茂, 秦传新, 等. 温度和体重对南海野生紫海胆呼吸代谢的影响. *广东农业科学*, 2012, 39(23): 123–125, 131]
- Guo WX, Yin JS, Tong GX, *et al.* Effects of water flow and lighting on juvenile *Hucho taimen*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 45(2): 265–273 [郭文学, 尹家胜, 佟广香, 等. 养殖方式、光照强度对哲罗鱼稚鱼生长与存活的影响. *海洋与湖沼*, 2014, 45(2): 265–273]
- Hou SQ, Zuo RT, Chang YQ, *et al.* Effects of dietary lipid level on growth performance, digestive enzyme activity and antioxidative capacity after heat stress in juvenile sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. *Journal of Dalian Ocean University*, 2016, 31(5): 538–543 [侯受权, 左然涛, 常亚青, 等. 饲料脂肪水平对中间球海胆幼胆生长、消化酶和热胁迫后抗氧化酶活力的影响. *大连海洋大学学报*, 2016, 31(5): 538–543]
- Li BS, Sun YZ, Wang SX, *et al.* Effects of daily photoperiod on feed consumption, digestive enzyme activities and blood hormone of turbot *Scophthalmus maximus* L. juveniles. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, 43(1): 69–77 [李宝山, 孙永智, 王世信, 等. 日光照周期对大菱鲆幼鱼摄食、消化酶活力与血清激素含量的影响. *水生生物学报*, 2019, 43(1): 69–77]
- Li JH, Wang QH, Du XD, *et al.* Effects of temperature and pH on digestive enzyme activities in hepatopancreas of pearl oyster *Pinctada martensii*. *Fisheries Science*, 2011, 30(2): 115–117 [李俊辉, 王庆恒, 杜晓东, 等. 温度和 pH 对马氏珠母贝肝胰脏消化酶活力的影响. *水产科学*, 2011, 30(2): 115–117]
- Liao CY. A preliminary study on the artificial rearing of the larver and juveniles of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Journal of Shandong College of Oceanology*, 1985, 15(4): 71–81 [廖承义. 马粪海胆人工育苗的初步研究. *山东海洋学院学报*, 1985, 15(4): 71–81]
- Minagawa M. Effects of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina*. *Aquaculture*, 1994, 120(1–2): 105–114
- Mo BL, Qin CX, Chen PM, *et al.* Feeding habits of the purple sea urchin *Heliocidaris crassispina* based on stable carbon and nitrogen isotope analysis. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(3): 566–575 [莫宝霖, 秦传新, 陈丕茂, 等. 基于碳、氮稳定同位素技术的大亚湾紫海胆食性分析. *中国水产科学*, 2017, 24(3): 566–575]
- Nie YK, Chen PM, Zhou YB, *et al.* Preliminary study on feeding habits of *Anthocidaris crassispina*. *South China Fisheries Science*, 2016, 12(3): 1–8 [聂永康, 陈丕茂, 周艳波, 等. 南方紫海胆摄食习性的初步研究. *南方水产科学*, 2016, 12(3): 1–8]
- Ren XW. Effects of environmental and nutritional factors on the activities of digestive enzymes in juvenile tongue-sole *Cynoglossus semilaevis*. Master's Thesis of Ocean University of China, 2008 [任晓伟. 环境因子和营养水平对半滑舌鳎消化酶活性的影响. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2008]
- Sun DW, Zhan Y, Xu ZR. Study on technique of large-scaled culture of the clone of laminarian gametocyte. *Shandong Fisheries*, 2003, 20(5): 35–37 [孙德文, 詹勇, 许梓荣. 光照在水产动物养殖业的作用研究. *齐鲁渔业*, 2003, 20(5): 35–37]
- Tang L, Wang JQ, Xu C, *et al.* Activities of four digestive enzymes in various developmental larvae and in alimentary canals at various sizes of *Apostichopus japonicus*. *Fisheries Science*, 2007, 26(5): 275–277 [唐黎, 王吉桥, 许重, 等. 不同发育期的幼体和不同规格刺参消化道中四种消化酶的活性. *水产科学*, 2007, 26(5): 275–277]
- Wang F, Song CM, Ding S, *et al.* Effects of light on specific activities of three digestive enzymes in juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(6): 1028–1032 [王芳, 宋传民, 丁森, 等. 光照对中国对虾稚虾 3 种消化酶活力的影响. *中国水产科学*, 2006, 13(6): 1028–1032]
- Wang HT, Zhang PJ. Activities of digestive enzyme in different tissues of *Paralichthys olivaceus*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2002, 33(5): 472–476 [王宏田, 张培军. 牙鲆体内消化酶活性的研究. *海洋与湖沼*, 2002, 33(5): 472–476]
- Wang X, Ren XY, Sheng XZ, *et al.* Effects of different photoperiods on growth, molting and glucose metabolism of *Marsupenaeus japonicus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(6): 66–73 [王想, 任宪云, 绳秀珍, 等. 不同光照周期对日本囊对虾生长、蜕皮和糖代谢的影响. *渔业科学进展*, 2020, 41(6): 66–73]
- Wei ZZ, Zhao W. Effect of light intensity on the growth and digestive enzyme activity of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* under two kinds of culture methods. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(1): 237–242 [魏子仲, 赵文. 光照强度对不同养殖方式下刺参幼参生长和消化酶活性的影响. *应用生态学报*, 2014, 25(1):

- 237–242]
- Xi F, Lin LM, Wang ZY. Activities of digestive enzymes during development period in *Pseudosciaena crocea*. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(4): 301–304 [席峰, 林利民, 王志勇. 大黄鱼发育进程中消化酶的活力变化. 中国水产科学, 2003, 10(4): 301–304]
- Xi SG, Qin CX, Ma ZH, *et al.* Effects of dietary microalgae on growth and survival of larval development of sea urchin (*Anthocidaris crassispina*). South China Fisheries Science, 2020, 16(2): 115–120 [席世改, 秦传新, 马振华, 等. 微藻饵料对紫海胆浮游幼体生长及存活影响的研究. 南方水产科学, 2020, 16(2): 115–120]
- Xue SY, Fang JG, Mao YZ, *et al.* The influence of different light intensity on growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Marine Fisheries Research, 2007, 28(6): 13–18 [薛素燕, 方建光, 毛玉泽, 等. 不同光照强度对刺参幼参生长的影响. 海洋水产研究, 2007, 28(6): 13–18]
- Yan ZL, Chen JH, Wu PR, *et al.* The influence of light intensity of the larvae and juvenile abalone on the growth and survival of *Haliotis diversicolor aquatilis*. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(4): 336–341 [严正凇, 陈建华, 吴萍茹, 等. 光照强度对九孔鲍幼虫及幼鲍生长存活的影响. 水产学报, 2001, 25(4): 336–341]
- Yang J, Liu YH, Tian T, *et al.* Behavior and aggregation of sea urchin *Strongylocentrotus nudus* to reefs under the simulated water current and illumination at seafloor. Journal of Dalian Ocean University, 2016, 31(2): 219–224 [杨军, 刘永虎, 田涛, 等. 模拟海底水流和光照条件下光棘球海胆行为特征及其聚礁效果的初步研究. 大连海洋大学学报, 2016, 31(2): 219–224]
- Yang ZW, Li ZL, Zheng YY, *et al.* A study on artificial rearing of larvae and juveniles of *Anthocidaris crassispina*. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2001, 20(1): 32–36 [杨章武, 李正良, 郑雅友, 等. 紫海胆人工育苗技术的研究. 台湾海峡, 2001, 20(1): 32–36]
- Zhang P, Dong SL. Effect of light intensity on the growth and energy allocation of green and red variants of *Apostichopus japonicus* Selenka. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(4): 778–784 [张鹏, 董双林. 光照强度对青色系与红色系仿刺参生长与能量分配的影响. 中国水产科学, 2013, 20(4): 778–784]
- Zhang S, Chen Y, Sun MC. Behavior characteristics of *Apostichopus japonicus* and attractive effects of artificial reef models under different light intensities. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(1): 20–27 [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. 中国水产科学, 2006, 13(1): 20–27]
- Zhou SJ, Hu J, Yu G, *et al.* Effects of photoperiod on digestive enzyme activity in larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). Marine Sciences, 2018, 42(6): 63–69 [周胜杰, 胡静, 于刚, 等. 光周期对尖吻鲈仔稚鱼消化酶活性的影响. 海洋科学, 2018, 42(6): 63–69]
- Zhou XQ, Niu CJ, Li QF, *et al.* Effects of light on feeding behavior, growth and survival of aquatic animals. Acta Hydrobiologica Sinica, 2000, 24(2): 178–181 [周显青, 牛翠娟, 李庆芬. 光照对水生动物摄食、生长和存活的影响. 水生生物学报, 2000, 24(2): 178–181]
- Zuo RT, Li G, Wu FX, *et al.* Effects of different protein sources on the growth performance, digestive enzyme activities, gonadosomatic index and amino acid profile in juvenile sea urchin (*Strongylocentrotus intermedius*). Feed Industry Magazine, 2017, 38(22): 17–21 [左然涛, 李广, 吴反修, 等. 饲料中不同蛋白源对中间球海胆生长、消化酶活力、性腺指数及氨基酸组成的影响. 饲料工业, 2017, 38(22): 17–21]

(编辑 冯小花)

## Effects of Light Intensity on Growth and Digestive Enzyme Activities of Sea Urchin (*Anthocardis crassispina*) Larvae

CHEN Jishen<sup>1,2,3</sup>, XI Shigai<sup>1</sup>, QIN Chuanxin<sup>1,2</sup>①, GUO Yu<sup>1,2</sup>, PAN Wann<sup>1</sup>, SHAO Guangyu<sup>1</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Scientific Observing and Experimental Station of South China Sea Fishery Resources and Environment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300; 2. National Fishery Resources and Environment Dapeng Observation and Experimental Station, Shenzhen 518121; 3. Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222000)

**Abstract** In this study, the effects of light intensities on the growth rate (GR) and digestive enzyme activity of purple sea urchin (*Anthocardis crassispina*) larvae were studied by simulating and analyzing the natural light cycle through the flume experiment method, aiming to provide necessary biological parameters for the large-scale breeding of juvenile sea urchins. The sea urchin larvae were exposed to different light intensities (0 lx, 500 lx, 1000 lx, 2000 lx, and 3000 lx) for 18 days (12 h light:12 h dark, 08:00~20:00) and samples were taken on days 8, 11, and 16). The GR was examined to identify the size (larval length, body-rod length, and post-oral arm length). The activities of digestive enzymes (amylase, lipase, and protease) were examined to elucidate their response to light intensities. At the end of the experiment, the GR under different light intensities decreased as follows: 500 lx > 0 lx > 1000 lx > 2000 lx > 3000 lx. The larval length, body-rod length, and post-oral arm length of sea urchin larvae in the 500 lx treatment were the highest among all light intensity treatments ( $P < 0.05$ ), and the activities of lipase and amylase were the strongest. The maximum activity of protease was observed in the 2000 lx treatment ( $P < 0.05$ ). By day 11, all sea urchin larvae died in the 3000 lx treatment. The results showed that the sea urchin larvae could maintain the best GR, digestive enzyme activity, and survival rate under 500 lx light intensity, which was the best light intensity for the growth and development of the sea urchin larvae.

**Key words** *Anthocardis crassispina*; Light intensity; Growth rate; Digestive enzyme activity

① Corresponding author: QIN Chuanxin, E-mail: qincx@scsfri.ac.cn