

文章编号: 1674-7054(2019)01-0022-06

珊瑚的室内循环海水生态养殖模式的构建

黄敏^{1,2}, 王荣霞^{1,2}, 王永波¹, 蒲利云¹, 唐贤明¹

(1. 海南省海洋与渔业科学院, 海口 571126; 2. 海南省热带海水养殖技术重点实验室, 海口 571126)

摘要: 通过人工控制室内珊瑚水族系统中的水温、光照、营养盐、pH、水体钙质和硬度等环境因素, 旨在构建高效稳定的珊瑚循环海水生态系统。试验期间对水温、光照强度、营养盐等环境指标进行定期监测并记录珊瑚的生长状态。结果表明, 水质及光照条件对珊瑚的生长、繁殖有很大的影响。5种珊瑚在水温 24~28 °C, 盐度 25~35, pH 8.0~8.5, 低氨氮浓度 ($<0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 低硝酸盐氮浓度 ($<0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 低亚硝酸盐氮浓度 ($<0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 和较高溶解氧 ($>4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 条件下生长状况良好; 绿纽扣珊瑚可进行自然繁殖; 鹿角珊瑚芽长每月相对增长 2.84%~3.42%, 芽高每月相对增长 2.28%~2.79%, 质量每月相对增长 2.28%~3.02%。光照对珊瑚生长具有促进作用, 不同珊瑚对光照强度的不同敏感程度表明可能存在光饱和点。本研究建立的养殖模式可为我国珊瑚人工养殖繁育工作提供一定参考。

关键词: 珊瑚; 水族缸; 人工养殖; 水温; 光照条件

中图分类号: S 917.4 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.01.004

珊瑚属于腔肠动物门(Coelenterata) 珊瑚虫纲(Anthozoa) , 在热带和亚热带海域中均有分布。珊瑚礁生态系统是海洋的“热带雨林”, 海洋中由珊瑚骨骼堆积而成的珊瑚礁具有保护海岸、维护生物多样性、维持渔业资源等重要功能^[1-2]。因此, 珊瑚礁在海洋生态系统中占据着极其重要的地位。近年来, 受全球气候变化和地区性人类活动的影响, 珊瑚资源正在急剧衰退, 开展珊瑚人工繁育是解决珊瑚资源衰退的主要途径之一^[3-4]。此外, 珊瑚人工繁育还有助于开展珊瑚的基础生物学和珊瑚礁生物活性物质资源开发等科学研究。目前国内外对珊瑚研究多集中在生物学和生态学领域, 对珊瑚的人工养殖报道较少^[5-6]。国内对于珊瑚养殖的报道只限于少数的几个品种, 包括鹿角珊瑚和尖锐轴孔珊瑚^[7-8]。当前, 珊瑚室内人工养殖主要在控温、控光的水族缸中进行, 并对养殖种类的最优养殖条件进行研究, 如: 李泽鹏等^[9]研究了主要环境因子对滨珊瑚的胁迫作用, 认为石珊瑚在 25~28 °C 之间具有一定的抗温机制, 并且当磷酸盐浓度高于 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 石珊瑚会白化而死亡; 李卫东等^[10]探索出一种肉质软珊瑚的人工扩繁方法, 可以实现软珊瑚在水族缸内的快速人工扩繁。笔者通过对珊瑚室内水族缸养殖模式进行试验研究, 以期构建高效稳定的珊瑚循环海水生态系统, 为珊瑚人工繁育、推动海洋生物资源保护与利用等研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 气泡珊瑚(*Plerogyra sinuosa*)、肾形真叶珊瑚(*Euphyllia ancora*)、长须飞盘(*Heliofungia actiniformis*)、绿纽扣珊瑚(*Protopalythoa* sp.) 和鹿角珊瑚(*Acropora cervicornis*) 等试验材料均采自三沙市西沙海域, 经消毒处理后运至海南省海洋与渔业科学院琼海科研基地循环水养殖系统中进行暂养, 待其生长稳定后, 选取气泡珊瑚、肾形真叶珊瑚、长须飞盘和绿纽扣珊瑚骨骼直径在 5~15 cm 的个体, 鹿角珊瑚选择芽高 1~10 cm 的个体开始进行试验。

收稿日期: 2018-12-07

修回日期: 2018-12-30

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(201405020); 海南省科研院所技术研发专项(Q34391)

作者简介: 黄敏(1978-), 女, 高级工程师。主要研究方向: 海洋生物养殖生态学。E-mail: 47565411@qq.com

通信作者: 唐贤明(1979-), 男, 高级工程师。主要研究方向: 养殖生态与环境。E-mail: 15794004@qq.com

1.2 养殖设施与设备 珊瑚养殖装置包括珊瑚养殖缸、水处理缸和灯光架。养殖缸内设置对流泵。水处理缸内用隔板分隔为过滤室、蛋白除沫室、微生物室和抽水室,其中,过滤室填充过滤材料,蛋白除沫室里设置蛋白除沫器;微生物室里滋生有微生物;抽水室设置功率为 $2\ 000\ \text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ 的抽水泵。海水从珊瑚养殖缸中出来,经过砂滤、棉滤后引入蛋白分离器中进行有机物的分解,再通过微生物系统,最后返回到养殖缸中。海水的循环周期控制在大约6 h循环1次,每天循环4次。经过循环处理的海水,氨氮浓度控制在 $0\sim 0.01\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,硝酸盐氮和亚硝酸盐氮浓度控制在 $0\sim 0.005\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,溶解氧含量在 $4\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上。在养殖缸上方安置灯光架,利用定时器使LED灯上午6:00开,下午18:00关,模拟日出、日落的自然现象,为珊瑚的生长提供光源。

1.3 实验环境 以5种珊瑚为样本,每种珊瑚养殖实验组设置3个平行,每立方水体的养殖密度为15株。培育光照条件:光波长为380~415 nm,色温值25 000~30 000 K。

1.4 养殖管理 在珊瑚养殖期(1年)对养殖水温、盐度、pH、光照强度、氨氮、溶解氧等环境指标进行定期监测,每个月测定3~5次,分别利用温度计、盐度计、pH计和水下照度计定期监测珊瑚养殖缸内水质指标水温、盐度、pH和水下光照强度,同时利用国标方法(GB 17378.4-2007 海洋监测规范 第4部分:海水分析)测定溶解氧和营养盐的浓度(氨氮、亚硝基氮和硝基氮等)。

养殖水温控制在 $24\sim 28\ ^\circ\text{C}$ 。当气温低于 $24\ ^\circ\text{C}$ 时利用加热棒对养殖水体进行加温,当温度高于 $28\ ^\circ\text{C}$ 时则使用空制冷室内温度以降低水温。

养殖盐度控制在 $25\sim 35$ 。由于养殖基地海南省琼海市属于亚热带气候温度较高,因此,珊瑚缸中的水蒸发较快,盐度比较高,通过每天监测水体盐度,及时调节养殖水体盐度。

养殖水体的pH控制在 $8.0\sim 8.5$ 。用KH添加剂(NaHCO_3)控制水体硬度值在 $7\sim 12$ 。用钙添加剂(CaCl_2)调节钙的含量控制在 $0.04\%\sim 0.05\%$ 。钙添加剂不能和KH添加剂一起加入,这两类添加剂的添加时间至少间隔在1 h以上。

1.5 生物学观察及测量

1.5.1 生长状态观察 定期观察气泡珊瑚、肾形真叶珊瑚、长须飞盘和绿纽扣珊瑚水螅体的伸展状态,拍照记录珊瑚的生长状态。

1.5.2 鹿角珊瑚的珊瑚枝生长的测量 选取水族缸中生长状况良好的50株鹿角珊瑚,每月1日测量鹿角珊瑚的芽高、芽长和体质量,计算出鹿角珊瑚的平均生长率。其中,测量珊瑚枝的最高点到珊瑚的底座为珊瑚的芽高;选取珊瑚枝中最长的1枝(做好标记,保证每次选取的为同一枝),测量该枝条的长度为珊瑚的芽长。

2 结果与分析

2.1 水质参数变化 在循环水养殖过程中水温、pH值、硬度和钙含量保持稳定,水温为 $24.3\sim 28.0\ ^\circ\text{C}$,pH为 $8.0\sim 8.3$,钙质浓度维持在 $0.04\%\sim 0.05\%$,硬度KH维持在 $6\sim 8$ (表1)。养殖水体中盐度、氨氮、亚硝基氮和溶解氧等指标的变化易受外界环境影响,但监测发现本实验的这几个环境因子在循环水水族缸培养系统基本保持稳定。

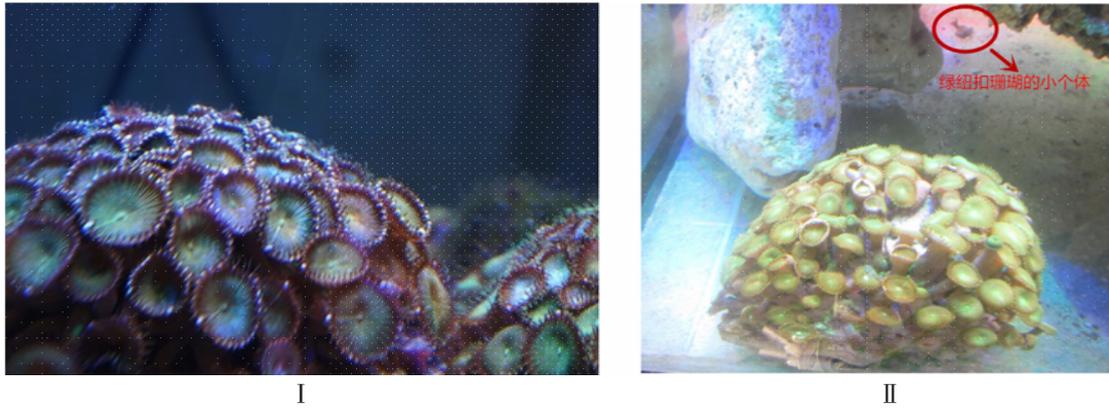
2016-02-05 纽扣珊瑚放入水族缸中,在2016-03-17发现,纽扣珊瑚排放出精子和卵子,进行体外受精后,受精卵随着海水漂浮,经过数天后沉降,固着在水族缸底部。经过半个月左右,在水族缸底看到小个体的纽扣珊瑚(图1)。表2显示的是纽扣珊瑚在整个自然繁育过程中水质的变化情况。在纽扣珊瑚自然繁殖的过程中,珊瑚养殖水体的水质各项指标均表现稳定。

2.2 水下光照条件对珊瑚生长的影响 从图2可见 $20\ 000\sim 30\ 000\ \text{Lx}$ 光照强度下的珊瑚比 $10\ 000\ \text{Lx}$ 左右光强的珊瑚生长旺盛,而 $30\ 000\ \text{Lx}$ 以上的光强对珊瑚生长有一定的抑制,说明较高的光照强度对珊瑚的生长具有一定的促进作用,但过强的光强对珊瑚生长却具有一定的抑制作用。图2结果表明,光照强度对珊瑚生长的促进作用可能存在一个饱和点,例如,气泡珊瑚在超过 $30\ 000\ \text{Lx}$ 的光照条件下珊瑚水螅体只表现为部分伸展。不同珊瑚的光饱和点是不同的,光饱和点的确定还需要进一步的研究。

表 1 珊瑚养殖水质指标监测结果

Tab. 1 Monitoring results of water quality of coral aquaculture

监测时间 Date	水温/°C Water temperature	盐度 Salinity	氨氮 NH ₄ ⁺ / (mg · L ⁻¹)	亚硝基氮 NO ₂ ⁻ / (mg · L ⁻¹)	溶解氧 DO / (mg · L ⁻¹)
2016.01	24.3 ± 2.2	33.2 ± 1.7	0.001 ± 0.000	0.003 ± 0.000	7.05 ± 0.14
2016.02	25.1 ± 1.8	32.4 ± 2.3	0.002 ± 0.000	0.002 ± 0.000	6.84 ± 0.68
2016.03	26.2 ± 1.0	34.1 ± 0.7	0.002 ± 0.000	0.006 ± 0.000	6.96 ± 0.21
2016.04	26.3 ± 0.8	36.0 ± 2.5	0.005 ± 0.000	0.004 ± 0.000	7.37 ± 0.66
2016.05	26.4 ± 2.6	32.3 ± 1.3	0.008 ± 0.001	0.002 ± 0.000	7.53 ± 0.68
2016.06	26.8 ± 1.3	30.1 ± 2.4	0.006 ± 0.001	0.002 ± 0.000	6.82 ± 0.27
2016.07	28.0 ± 2.0	35.9 ± 3.2	0.010 ± 0.001	0.005 ± 0.000	7.45 ± 0.01
2016.08	27.5 ± 0.3	30.2 ± 1.5	0.003 ± 0.000	0.002 ± 0.000	7.84 ± 0.05
2016.09	27.8 ± 0.8	34.5 ± 1.7	0.008 ± 0.001	0.005 ± 0.000	6.58 ± 0.66
2016.10	27.8 ± 1.7	33.3 ± 2.7	0.005 ± 0.000	0.004 ± 0.000	7.27 ± 0.29
2016.11	26.5 ± 1.1	32.0 ± 0.3	0.007 ± 0.000	0.004 ± 0.000	7.68 ± 0.31
2016.12	27.5 ± 2.8	30.8 ± 0.9	0.009 ± 0.000	0.003 ± 0.000	7.49 ± 0.37



I

II

图 1 纽扣珊瑚的自然繁殖

I:正在排放精卵团的纽扣珊瑚; II:发育完成的小个体纽扣珊瑚

Fig. 1 Natural reproduction of *Protospalythoa* sp.

I: *Protospalythoa* sp. releasing their sperms and eggs; II: Tiny fully-developed individuals of *Protospalythoa* sp.

表 2 纽扣珊瑚繁育过程中水质指标监测结果

Tab. 2 Water quality monitoring during the reproduction period of *Protospalythoa* sp.

监测日期 Date	温度 Temperature/°C	盐度 Salinity	pH	氨氮 NH ₄ ⁺ / (mg · L ⁻¹)	硝酸盐 NO ₃ ⁻ / (mg · L ⁻¹)	亚硝酸盐 NO ₂ ⁻ / (mg · L ⁻¹)	水螅体状态 Polyp state
2016.02.05	25.16 ± 0.50	32.3 ± 0.3	8.0 ± 0.1	0.003 ± 0.000	0.001 ± 0.000	25.16 ± 0.50	完全伸展
2016.03.17	24.51 ± 1.72	32.5 ± 0.5	8.2 ± 0.1	0.001 ± 0.000	0.001 ± 0.000	24.51 ± 1.72	完全伸展
2016.04.02	26.34 ± 2.37	37.2 ± 0.4	8.1 ± 0.1	0.002 ± 0.000	0.002 ± 0.000	26.34 ± 2.37	完全伸展

2.3 鹿角珊瑚的生长变化 鹿角珊瑚属于造礁珊瑚中的一种,其生长变化的研究对海洋生态环境修复起着重要的作用。由表 3 可知,从 2016 年 4 ~ 10 月,鹿角珊瑚的相对生长保持在一个稳定的数据范围内,珊瑚芽长的相对增长率为 2.84% ~ 3.42%,芽高的相对增长率为 2.28% ~ 2.79%,而质量的相对增长率为 2.28% ~ 3.02%。从养殖成活率来看,鹿角珊瑚在实验过程中没有出现死亡,成活率为 100%。而且在实验过程中鹿角珊瑚没有出现白化现象。

表 3 鹿角珊瑚的生长指标变化
Tab.3 The change of growth indicators of *Acropora cervicornis*

时间 Month , Year	芽长 Bud length			芽高 Shoot height			质量 Weight		
	芽长 / mm Bud length	增长量 / mm Increment	相对增 长率 / % Increment rate	芽高 / mm Bud height	增长量 / mm Increment	相对增 长率 / % Increment rate	质量 / g Weight	增长量 / g Increment	相对增 长率 / % Increment rate
2016.04	38.00 ± 0.21			34.29 ± 3.43			36.55 ± 2.92		
2016.05	38.20 ± 3.80	0.972 ± 0.058	3.42	34.39 ± 2.06	1.458 ± 0.117	2.79	41.55 ± 4.16	0.921 ± 0.028	2.8
2016.06	38.41 ± 1.90	0.904 ± 0.009	2.99	34.72 ± 1.74	1.111 ± 0.011	2.64	43.05 ± 1.72	0.971 ± 0.019	2.28
2016.07	38.62 ± 3.50	0.953 ± 0.095	3.07	35.53 ± 0.02	1.258 ± 0.05	2.74	45.05 ± 2.25	0.894 ± 0.036	2.53
2016.08	39.41 ± 3.20	1.074 ± 0.064	3.56	37.08 ± 3.34	1.084 ± 0.098	2.28	46.55 ± 2.79	0.953 ± 0.019	2.77
2016.09	40.59 ± 2.80	0.854 ± 0.077	2.84	38.53 ± 3.08	1.248 ± 0.075	2.57	48.05 ± 1.44	0.974 ± 0.097	2.86
2016.10	41.90 ± 0.40	0.938 ± 0.094	2.93	40.02 ± 0.80	1.185 ± 0.095	2.34	50.05 ± 1.50	1.063 ± 0.000	3.02

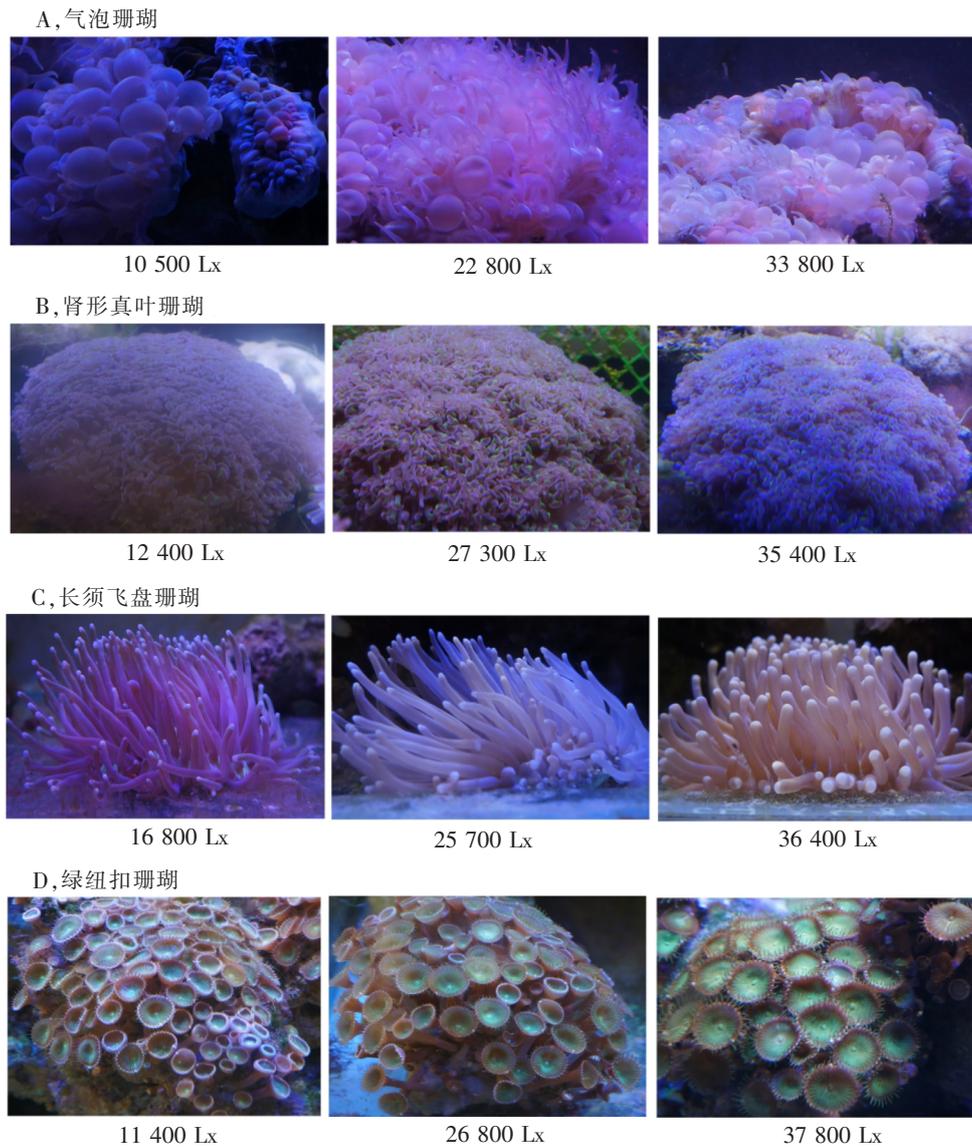


图 2 珊瑚在不同光照强度条件下的形态
A. 气泡珊瑚; B. 肾形真叶珊瑚; C. 长须飞盘珊瑚; D. 绿纽扣珊瑚
Fig.2. The state of corals under different light intensity conditions
A. *Plerogyra sinuosa*; B. *Euphyllia ancora*; C. *Heliofungia actiniformis*; D. *Protopalycha* sp.

3 讨论

珊瑚室内水族缸养殖是珊瑚人工繁育最常用的方式之一。水族缸系统通过人工控制为珊瑚生长繁育提供了一个适宜的环境,水温、光照、营养盐、pH、水体钙质、硬度等主要因素是珊瑚养殖与繁育的关键所在。维持养殖水体的水质稳定是珊瑚封闭循环水养殖的关键环节之一。传统室内水族饲养系统维持难度大,含氮营养盐处理能力较弱,难以维持饲养珊瑚所需的较苛刻的贫营养盐环境。李琰等^[11]研究了“柏林系统”中活石对氨氮和硝基氮的去除效率,发现活石能够有效去除氨氮,然而对 NO_3^- 去除效果较差。周智等^[12]通过在珊瑚养殖水体中添加乙醇作为碳源,能显著降低珊瑚养殖水体中无机氮盐的含量,并维持其钙镁离子含量和碱度,从而改善珊瑚养殖系统的水质状况。笔者利用砂滤、棉滤辅助微生物过滤的方法可以有效地去除水体中的含氮营养盐,而且整个水族缸养殖系统易于维持,简洁高效。

珊瑚对环境有机物营养盐的变化很敏感,虫黄藻需要利用营养盐充分进行光合作用产生足够的能量供给珊瑚^[13];然而高浓度的营养盐(尤其是有机物营养盐)会造成藻类爆发从而影响珊瑚的生长和繁殖。笔者采用的蛋白分离器产生的气泡表面张力可以吸附水中的有机物,因而有效的减少水体中有机物的含量。通过有效地控制水族缸内水质条件,5种珊瑚的生长状况均良好,鹿角珊瑚的芽高、芽长和质量的相对增长也很稳定,而且成活率高,没有发生白化现象。易于养殖的纽扣珊瑚在适宜条件下也自然繁殖产生了幼体。

珊瑚的生长与其体内寄生的虫黄藻的光合作用效率和珊瑚本身的代谢速率密切相关,而温度是影响光合作用和新陈代谢的最重要因子之一。研究表明,寒潮或高温均会导致珊瑚白化、抗病力下降等问题,而且成为珊瑚礁迅速退化的主要原因^[14-15]。因此,在进行珊瑚人工繁育时要注意不同种类珊瑚的最适宜温度及耐受温度。适宜的水质条件有利于珊瑚的自然繁殖,本实验将水温控制在 $24 \sim 28\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下,5种珊瑚的生长状况均良好,且纽扣珊瑚繁殖产生了小珊瑚。

光照是影响珊瑚生长的重要环境因子,光照对虫黄藻的光合作用是必不可少的,而造礁珊瑚的骨骼生长主要依靠光来促进钙化作用^[16]。SCHUTTER等研究了4种光照条件对丛生盔形珊瑚(*Galaxea fascicularis*)骨骼生长和净光合作用的长期影响,结果表明,珊瑚断枝的生长随光照强度增加而增加,净光合作用也随光照强度增加而增加^[17]。通常认为,多数造礁石珊瑚对光照强度要求较高,而软珊瑚对光照强度的要求更低。ROCHE等^[16]在对软珊瑚(*Simularia flexibilis*)在不同光照条件下的培养研究中发现,低光强度下生长的珊瑚虫黄藻密度显著增加,而高光强度下光合色素浓度反而降低。

综上所述,珊瑚的水族缸养殖模式在可控条件下是完全可行的,关键在于建立稳定的海水生态系统。生物多样性丰富的众多珊瑚品种,对温度、光照和营养盐等理化条件有不同的需求,因此,珊瑚人工繁殖研究应以构建室内珊瑚培养海水生态系统为切入点,根据不同珊瑚品种的环境需求和养殖特点,探索不同珊瑚的养殖模式。

参考文献:

- [1] WILKINSON C. Status of coral reefs of the world (1) [M]. Townsville: Australian Institute of Marine Science Press, 2004: 316.
- [2] WILKINSON C. Status of coral reefs of the world: Global coral reef monitoring network [R]. Australian Institute of Marine Science, Cape Ferguson, Queensland, 2000.
- [3] GEOFFREY PJ, MARK I M, MAYA S, et al. Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 2004, 101: 8251 - 8253.
- [4] 吴瑞,王道儒. 海南珊瑚礁生物多样性的保护现状与研究展望 [J]. 海洋开发与管理, 2014(1): 84 - 87.
- [5] OSINGA R, SCHUTTER M, GRIFFIOEN B, et al. The biology and economics of coral growth [J]. Mar Biotechnol, 2011, 13: 658 - 671.
- [6] LEEWIS R J, JANSE M. Advances in coral husbandry in public aquariums [J]. Public Aquarium Husbandry Series, 2008

- (2): 167–171.
- [7] 鲍鹰,周学家,黄美霞,等. 鹿角珊瑚人工养殖的初步研究[J]. 海洋科学,2012,36(1): 69–72.
- [8] 牟奕林,刘亚军. 尖锐轴孔珊瑚的人工养殖[J]. 中国水产,2009(3): 27–30.
- [9] 李泽鹏. 主要环境因子对滨珊瑚的胁迫作用研究[D]. 湛江: 广东海洋大学,2012.
- [10] 李卫东,王荣霞,黄敏,等. 肉质软珊瑚快速扩繁技术研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(17):152–154.
- [11] 李琰,郑新庆,杨小舟,等. 活石(live rock)在珊瑚养殖体系中对 NH_4^+ 、 NO_3^- 的去除作用[J]. 海洋学报(中文版),2017,36(12):87–94.
- [12] 周智,刘洁若,王林桂,等. 外加碳源对珊瑚养殖系统水质的影响[J]. 热带生物学报,2017(4):399–403.
- [13] SZMANT A M. Nutrient enrichment on coral reefs: Is it a major cause of coral reef decline[J].Stuaries,2002,25: 743–766.
- [14] 李淑,余克服,施祺,等. 造礁石珊瑚对低温的耐受能力及响应模式[J]. 应用生态学报,2009,20(9): 2289–2295.
- [15] 余克服,蒋明星,程志强,等. 涠洲岛42年来海面温度变化及其对珊瑚礁的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(3):506–510.
- [16] MUTTI M, HALLOCK P. Carbonate systems along nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constraints[J]. Int J Earth Sci,2003,92: 465–474.
- [17] SCHUTTER M, Van Velthover B, JANSE M, et al. The effect of irradiance on long-term skeletal growth and net photo-synthesis in *Galaxea fascicularis* under four light conditions[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,2008,367:75–80.
- [18] ROCHA R J M, SERODIA J, LEAL M C, et al. Effect of light intensity on post-fragmentation photobiological performance of the soft coral *Sinularia Flexibilis*[J]. Aquaculture,2013,388: 24–29.

Construction of Coral Recycling Aquarium Model and Analysis of Main Environmental Factors Affecting the Coral Growth

HUANG Min^{1,2}, WANG Rongxia^{1,2}, WANG Yongbo¹, PU Liyun¹, TANG Xianming¹

(1. Hainan Academy of Ocean and Fishery Sciences, Haikou, Hainan 571126;

2. Hainan Key Laboratory for Tropical Seawater Aquaculture, Haikou, Hainan 571126, China)

Abstract: An efficient and stable circulating water system was constructed for coral culture, and five coral species were cultured in an Aquarium. Water temperature, light intensity, nutrient and other environmental indicators of the coral culture were regularly monitored in the aquarium, and the growth status of corals was recorded. The results showed that the water quality and illumination intensity had an important effect on the growth and reproduction of corals. The five species of corals all grew well under the conditions of water temperature at 24–28 °C, salinity 25–35, pH 8.0–8.5, low ammonia concentration ($<0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), low nitrate concentration ($<0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), low nitrite nitrogen concentration ($<0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) and higher dissolved oxygen ($>4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Green button corals (*Protopalythoa sp.*) were reproduced naturally. The coral budsof *Acropora cervicornis* increased their length growth by 2.84%–3.42% per month, their height growth by 2.28%–2.79% per month, and their weight growth by 2.28%–3.02% per month. Illumination intensity in a range of 10 000 to 20 000 Lx promoted coral growth; different species of corals had different degrees of sensitivity to light intensity, which indicates that the corals have different saturation points in their response to illuminationight intensity.

Keywords: Coral; aquarium; aquaculture; water temperature; light conditions

(责任编辑: 叶 静)