

# 海月水母水螅体附着选择性研究\*

王彦涛<sup>1,2</sup> 孙松<sup>1,3</sup>① 李超伦<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;  
3. 中国科学院海洋研究所胶州湾生态站 青岛 266071)

**提要** 通过室内实验研究了海月水母(*Aurelia* sp.1)浮浪幼虫在活体牡蛎、牡蛎壳、扇贝壳、波纹板、网衣(200 μm)、PV 管等材料上的附着选择性和水螅体在竹竿和水泥块上的增殖问题。实验表明,浮浪幼虫对人工材料(波纹板、网衣、PV 管)具有偏好性,附着密度较大;水平放置的附着材料底部附着更多的水螅体。水螅体可以通过无性繁殖方式在新的栖息地形成水螅体种群,种群扩张过程中存在密度限制,较低密度时水螅体种群增长较快,高密度时水螅体种群增长较慢。作者认为,日益增加的海洋废弃物(塑料、玻璃、木材),以及海底构造物(海水养殖筏、海洋工程)为水螅体提供了更多的附着表面,这有利于水螅体栖息地的扩张,形成更大的水螅体种群。

**关键词** 海月水母(*Aurelia* sp.1), 水螅体, 附着, 密度限制

**中图分类号** Q178.1

海月水母(*Aurelia aurita*)属刺胞动物门(Cnidaria)钵水母纲(Scyphozoa),广泛分布于 70°N—40°S 的沿岸海域(Kramp, 1961; Russell, 1970)。自上世纪末,全球海洋中的很多区域出现海月水母暴发的现象(Millsce, 2001; Purcell *et al*, 2000)。水母暴发对生态环境和社会经济有着重要影响,从生态系统食物网角度来看,水母与鱼类等其它生物存在食物竞争,甚至能够摄食鱼类的卵和幼体,从而导致鱼类补充群体的减少,对渔业资源造成破坏(Purcell, 1985; Arai, 1988; Bailey *et al*, 1989; Purcell *et al*, 2001; 张芳等, 2009)。另外,大量水母的出现会对沿岸的工业设施造成影响,在水母暴发区的核电站、火力发电厂、化工厂和其它需要大量使用海水作为冷却水的设施会由于冷却系统被水母堵塞而发生事故,每年都有大量这方面的报道(Shimomura, 1959; Uye, 2004)。

海月水母具有浮游阶段的水母体及附着阶段的水螅体两种状态的世代交替,生活史周期中的水螅体的大量存在是释放水母体形成水母大量发生的基础,水螅体的繁殖、生长、碟状体的产生等对水母体

阶段种群大小具有重要影响(Omori *et al*, 1995; Lucas, 2001; Kawahara *et al*, 2006; 董婧等, 2006; 张芳, 2008<sup>1)</sup>)。

已有研究发现,水螅体可附着在木材、玻璃、礁石、牡蛎、扇贝、藻类以及海鞘类的背囊上(Pitt, 2000; Miyake *et al*, 1997, 2002, 2004),在港口、浮码头、浮标和海水养殖竹筏上也发现大量水螅体(Colin, 2002; Purcell *et al*, 2007; Lo *et al*, 2008; Simon *et al*, 2008; Richard *et al*, 2009)。

水螅体种群的建立是通过两方面实现:一是水母体通过有性生殖释放浮浪游虫,浮浪游虫附着形成水螅体;二是水螅体通过出芽、足囊等无性繁殖方式繁殖出新的水螅体。水螅体采取多种生殖策略确保种群的延续,浮浪幼虫在合适的基质上附着是其中的一个重要过程。附着后,水螅体通过出芽脱离母体在基质表面形成新的水螅体,甚至脱离基质并漂流附着在新的基质上(Richard *et al*, 2009)。海月水母有性繁殖和无性繁殖都是生活史过程中的重要策略,产生大量子代水螅体种群而补充了死亡的种群

\* 国家重点基础研究发展计划(973)项目: 2011CB403601 号。王彦涛, E-mail: wangyt2006@gmail.com

1) 张芳, 2008. 黄东海胶质浮游动物水母类研究. 中国科学院海洋研究所博士学位论文, 1—73

通讯作者: 孙松, E-mail: sunsong@qdio.ac.cn

收稿日期: 2011-12-31, 收修改稿日期: 2012-02-28

(Lucas, 2001)。

新的附着基质的引入可能会增加水螅体的栖息地,从而增加水母体的数量。本实验,研究了浮浪幼虫在不同材料和水流环境下的附着选择性,并探讨了水螅体无性繁殖过程中在不同材料上的增殖问题。

## 1 材料与方 法

为了最大程度模拟自然海域环境,本实验在流水环境中进行,水流由水母培养设备控制,流速控制在成体水母在培养缸内可自由游动的范围内。

### 1.1 实验材料

用于附着实验的海月水母(*Aurelia* sp.1)浮浪幼虫是由实验室培养的成体水母释放,并在释放后立即用于实验。水螅体由室内培养的成体水母繁殖所得,其种群在实验开始前已稳定生长6个月,水螅体附着在水母培养缸(玻璃)壁上,在循环水流下20℃培养,每天投喂卤虫无节幼体。

### 1.2 浮浪幼虫的附着选择性

浮浪幼虫附着实验有两部分组成:(1)选取活体牡蛎、牡蛎壳、扇贝壳、波纹板、网衣(尼龙,200 μm)、PV管等几种中国近海常见的附着材料作为附着基质,将这些材料用海水清洗干净后,随机地放置在一个培养有正在繁殖的成体海月水母的培养缸内,进行浮浪幼虫的附着实验;(2)为研究浮浪幼虫在不同角度放置的附着材料上附着的差异,将波纹板(10 cm×20 cm)按水平、45°倾角和垂直三个角度放置在上述培养缸内。实验进行7天后在Olympus解剖镜下进行水螅体计数,每种材料计数三个样框(1 cm<sup>2</sup>)。

### 1.3 水螅体无性繁殖过程对竹竿和水泥块上的附着选择性

为了研究海月水母水螅体出芽、足囊等无性繁殖过程中在不同材料上的增殖问题,选取海水养殖和海岸带工程中常用的竹竿和水泥块这两种材料。实验用竹竿,直径为5 cm、长30 cm,水泥块为边长10 cm的立方体。将这两种基质置于培养有大量水螅体的培养缸[水螅体附着密度为(9.00±1.73) ind/cm<sup>2</sup>]内,分别于30天和60天后计数单位面积附着的水螅体数量。

## 2 结果

### 2.1 浮浪幼虫对不同基质的选择性

如图1所示,活体牡蛎上未发现有水螅体附着,在死亡牡蛎壳、扇贝壳、波纹板、网衣和PV管上水螅体的附着密度分别为(1.00±0.89) ind/cm<sup>2</sup>、(2.50±

1.22) ind/cm<sup>2</sup>、(2.00±1.73) ind/cm<sup>2</sup>、(2.00±1.73) ind/cm<sup>2</sup>、(3.00±0.00) ind/cm<sup>2</sup>。水螅体在活体牡蛎、死亡牡蛎壳和扇贝壳等天然材料附着的平均密度为(1.40±1.35) ind/cm<sup>2</sup>,在波纹板、网衣和PV管等人工材料上附着的平均密度为(2.50±1.38) ind/cm<sup>2</sup>。水螅体在人工材料的附着密度大于天然材料。

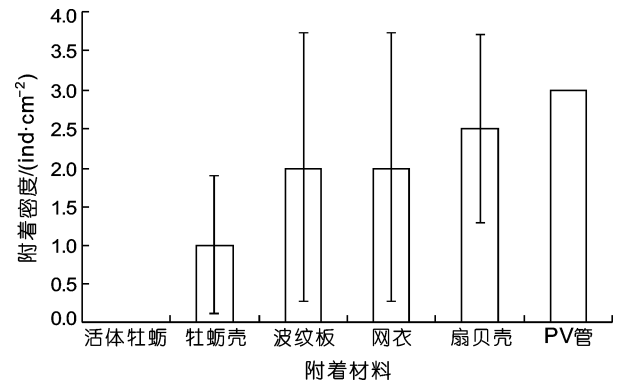


图1 浮浪幼虫在不同附着材料的附着密度

Fig.1 Substrate choice and settlement preference of planula larvae

### 2.2 浮浪幼虫对不同倾角放置的波纹板的附着选择性

如图2所示,45°放置的波纹板迎流面和背流面水螅体的附着密度最小,均为(0.67±0.58) ind/cm<sup>2</sup>。水平放置的波纹板上侧水螅体的附着密度为(1.00±1.00) ind/cm<sup>2</sup>,下侧附着密度为(1.33±0.58) ind/cm<sup>2</sup>。垂直放置的波纹板背流面水螅体的附着密度为(1.33±1.54) ind/cm<sup>2</sup>,迎流面附着密度为(3.00±2.00) ind/cm<sup>2</sup>,迎流面水螅体的附着密度最大。

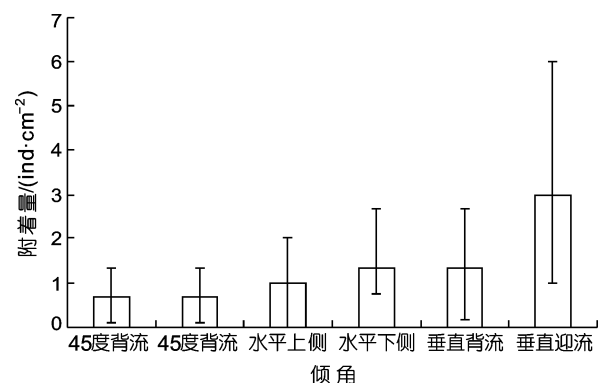


图2 浮浪幼虫在不同倾角的波纹板上的附着密度

Fig.2 Abundance of polyps on floor plates of different obliquity

### 2.3 水螅体无性繁殖过程对竹竿和水泥块上的附着选择性

如图3、图4所示,实验开始时,海月水母水螅体培养缸内水螅体的附着密度为(9.00±1.73) ind/cm<sup>2</sup>,

在 60 天的实验周期内, 密度略有增加, 实验结束时水螅体的附着密度为 $(12.00 \pm 1.73)$  ind/cm<sup>2</sup>, 60 天内水螅体密度平均日增长率为 $0.05$  ind/(cm<sup>2</sup>·d<sup>-1</sup>)。无水螅体附着的竹竿和水泥块放入培养有大量水螅体的培养缸内, 30 天后附着水螅体密度分别为 $(4.67 \pm 1.53)$  ind/cm<sup>2</sup> 和 $(5.00 \pm 1.00)$  ind/cm<sup>2</sup>, 两种材料上水螅体密度的平均日增长率为 $0.11$  ind/(cm<sup>2</sup>·d<sup>-1</sup>); 60 天后附着密度分别为 $(6.33 \pm 1.53)$  ind/cm<sup>2</sup> 和 $(5.67 \pm 1.53)$  ind/cm<sup>2</sup>, 两种材料上水螅体密度的平均增长率为 $0.09$  ind/(cm<sup>2</sup>·d<sup>-1</sup>)。实验开始的前 30 天水螅体密度增长率大于后 30 天。培养缸内水螅体的密度日增长率小于实验材料上水螅体密度的日增长率。

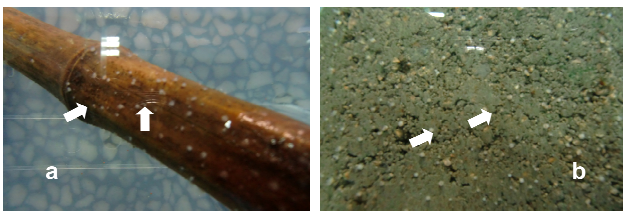


图 3 附着在竹竿(a)和水泥块(b)上的水螅体

Fig.3 Polyps attached to the surfaces of bamboo and cement block

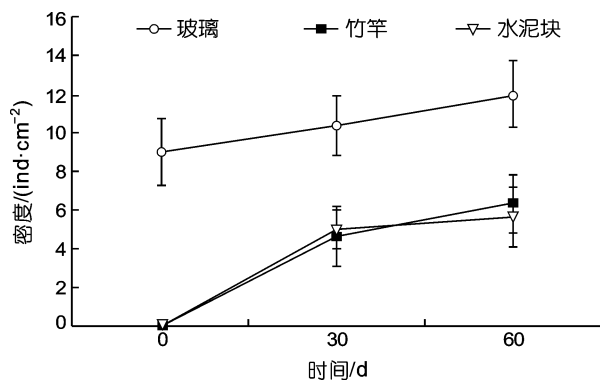


图 4 水螅体无性繁殖过程在竹竿和水泥块上增殖

Fig.4 Proliferation of polyps on the surfaces of bamboo and cement block through asexual reproduction

### 3 讨论

水螅体通常栖息于水深不超过 25 m 的浅海区海底(Russell, 1970; Lucas, 2001), 针对水螅体的野外研究多集中在浮浪幼虫在浮码头、人工建筑上的附着情况(Miyake *et al.*, 1997, 2002), Justin (2009)认为水螅体几乎可以在所有固体和半固体状态的基质上附着。众多研究发现海月水母水螅体多附着在浮码头等基质的下侧(Brewer, 1978, 1984; Fleck *et al.*, 1999; Watanabe *et al.*, 2001; Miyake *et al.*, 2002; Holst *et al.*, 2007)。

Richard 等(2009)对海月水母(*Aurelia labiata*)浮浪幼虫在 6 种常见的基座建设材料的附着情况研究发现, 浮浪幼虫和水螅体对塑料的偏好要好于橡胶、木材。众多研究发现非自然海域材料如塑料、水泥、木材、玻璃附着更多的水螅体(Brewer, 1978; Holst *et al.*, 2007; Justin, 2009)。本文研究了海月水母浮浪幼虫在活体牡蛎、牡蛎壳、扇贝壳、波纹板、网衣(200 m)、PV 管等几种中国近海常见的基质上的附着选择性, 发现浮浪幼虫偏好附着在人工材料上, 这和人研究结果一致。实验中, 水平放置的波纹板下侧较上侧附着更多的水螅体, 说明浮浪幼虫偏好基质的下侧附着。这种生态习性使水螅体倒立生长, 避免了由于水体中悬浮物的沉积导致水螅体被覆盖而死亡, 更利于水螅体种群的延续。

在本实验中, 向培养有大量水螅体的培养缸内放入竹竿和水泥块, 水螅体通过无性繁殖方式在这两种材料上形成种群, 拓展了栖息地, 说明引入新的适宜附着材料后, 水螅体能够附着形成新的种群。这个过程包括足囊繁殖、出芽生殖、匍匐茎生殖、纵向分裂(Berrill, 1949; Kakimura, 1975)、内繁殖体以及外繁殖体生殖(Vagelli, 2007)等无性繁殖方式。这些繁殖方式, 使水螅体能够从源栖息地, 扩张到新的栖息地, 形成更大的水螅体种群。引入新的附着材料后, 水螅体开始在其上附着, 前 30 天水螅体密度的增长速率大于后 30 天, 随着附着密度的增加, 种群密度增加减慢, 说明在增殖过程中存在密度的限制。

Lo 等(2008)认为, 牡蛎养殖筏对海月水母空间分布特征有重要影响。牡蛎养殖筏广泛使用竹竿作为支架, 本文研究中水螅体在竹竿上附着形成种群。在养殖筏投放的海域, 如果存在海月水母成体或水螅体, 牡蛎养殖筏上就会附着水螅体, 在适宜的条件下, 水螅体通过横裂生殖产生大量的碟状体, 进而形成水母体, 因此本实验结果支持其观点。

日益增加的海洋废弃物(塑料、玻璃、木材), 以及海底构造物(海水养殖筏、海洋工程)为水螅体提供了更多的附着表面, 这样便于栖息地的扩张, 形成更大的水螅体种群。近年来, 水母大量暴发可能与水螅体栖息地的增加有一定关系。

对于一定生境, 海洋无脊椎动物的分布和丰度由 4 个因子决定: 幼体补充(有性繁殖)、无性繁殖、迁移和死亡(Lucas, 2001)。栖息地的增加有利于幼体补充、无性繁殖及迁移, 而水螅体的死亡主要来自其他底栖生物, 如藤壶、海鞘等栖息地的竞争(Colin *et*

al, 2002)。水螅体在自然海域的大量存在是形成大规模水母暴发的必要条件, 因此研究水螅体在自然海域的分布特征及其栖息地的环境特征对于研究大型水母暴发至关重要。目前针对水螅体自然海域的研究方法主要有: 对底拖网捕获物(贝壳、海鞘、硬质材料等)进行镜检, 确定是否有水螅体附着(Msaya, 2011); 根据早期碟状幼体出现的区域寻找水螅体栖息的区域(Van Der Veer *et al*, 1985)。

本文可以为深入了解水螅体的附着习性、自然种群的扩张过程、在自然海域寻找水螅体、揭示水母暴发机制以及科学合理地开发利用海洋提供基础指导。

### 参 考 文 献

- 张 芳, 孙 松, 李超伦, 2009. 海洋水母类生态学研究进展. 自然科学进展, 19(2): 121—130
- 董 婧, 刘春洋, 王燕青等, 2006. 白色霞水母生活史的实验室观察. 动物学报, 52(2): 389—395
- Arai M N, 1988. Interactions of fish and pelagic coelenterates. Canadian Journal Zoology, 66: 1913—1927
- Bailey K M, Houde E D, 1989. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. Advances in Marine Biology, 25: 1—83
- Berrill N J, 1949. Developmental analysis of Scyphomedusae. Biol Rev, 24(4): 393—410
- Brewer R H, 1984. The influence of the orientation, roughness, and wettability of solid surfaces on the behavior and attachment of planulae of *Cyanea* (Cnidaria: Scyphozoa). Biol Bull 166: 11—21
- Brewer R H, 1978. Larval settlement behavior in the jellyfish *Aurelia aurita* (Linnaeus) (Scyphozoa: Semeostomeae). Estuaries, 1: 120—122
- Colin Kremer, 2002. Population Maintenance of the Scyphozoan *Cyanea* sp. Settled Planulae and the Distribution of Medusae in the Niantic River, Connecticut, USA. Estuaries, 25(1): 70—75
- Fleck J, Fitt W K, 1999. Degrading mangrove leaves of *Rhizophora mangle* Linne provide a natural cue for settlement and metamorphosis of the upside down jellyfish *Cassiopea xamachana bigelow*. J Exp Mar Biol Ecol, 234: 83—94
- Holst S, Jarms G, 2007. Substrate choice and settlement preferences of planula larvae of five Scyphozoa (Cnidaria) from German Bight, North Sea. Mar Biol, 151: 863—871
- Justin Pierce, 2009. Prediction, Location, Collection and Transport of Jellyfish (Cnidaria) and Their Polyps. Zoo Biology, 28: 163—176
- Kakimura Y, 1975. An experimental study of the life cycle and organ differentiation of *Aurelia aurita* Lamarck. Bulletin of the Marine Biological Station of Asamushi, 15: 101—113, pla3—6
- Kawahara M, Uye S, Kohzoh O *et al*, 2006. Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian waters. Marine Ecology Progress Series, 307: 161—173
- Kramp P L, 1961. Synopsis of the Medusae of the World. London, United Kingdom: Cambridge University, 1—469
- Lo W-T, Purcell J E, Hung J-J *et al*, 2008. Enhancement of jellyfish (*Aurelia aurita*) populations by extensive aquaculture rafts in a coastal lagoon in Taiwan. ICES Journal of Marine Science, 65: 453—461
- Lucas C H, 2001. Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. Hydrobiologia, 451: 229—246
- Michael N Dawson, William M Hamner, 2009. A character-based analysis of the evolution of jellyfish blooms: adaptation and exaptation. Hydrobiologia, 616: 193—215
- Millsce H, 2001. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions. Hydrobiologia, 451: 55—68
- Miyake H, Terazaki M, Kakinuma Y, 2002. On the polyps of the common jellyfish *Aurelia aurita* in Kagoshima Bay. Journal of Oceanography, 58: 451—459
- Miyake H, J Hashimoto, M Chikuchishin *et al*, 2004. Scyphopolyps of *Sanderia malayensis* and *Aurelia aurita* attached to the tubes of vestimentiferan tube worm, *Lamellibrachia satsuma*, at submarine fumaroles in Kagoshima Bay. Marine Biotechnology, 6: S174—S178
- Miyake H, Iwao K, Kakinuma Y, 1997. Life history and environment of *Aurelia aurita*. South Pacific Studies, 17: 273—285
- Msaya Toyokawa, 2011. First record of wild polyps of *Chrysaora pacifica* (Goette, 1886) (Scyphozoa, Cnidaria). Plankton Benthos Res, 6(3): 175—177
- Omori M, Ishii H, Fujinaga A, 1995. A Life history strategy of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphomedusae) and its impact on the zooplankton community of Tokyo Bay. ICES Journal of Marine Science, 52: 597—603
- Pitt K A, 2000. Life history and settlement preferences of the edible jellyfish *Catostylus mosaicus* (Scyphozoa: Rhizostomeae). Marine Biology, 136: 269—279
- Purcell J E, S Uye, W-T Lo, 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. Marine Ecology Progress Series, 350: 153—174
- Purcell J E, Graham W M, Dumont H J, 2000. Jellyfish blooms: ecological and societal importance. Hingham: Kluwer Academic Publishers, 1—333
- Purcell J E, Arai M N, 2001. Interaction of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. Hydrobiologia, 451: 27—44
- Purcell J E, 1985. Predation on fish eggs and larvae by pelagic cnidarians and ctenophores. Bulletin of Marine Science, 37: 739—755
- Purcell J E, 2005. Climate effects on formation of jellyfish and

- ctenophore blooms: a review. *Mar Biol Ass UK*, 85: 461—476
- Richard A Hoover, Jennifer E Purcell, 2009. Substrate preferences of scyphozoan *Aurelia labiata* polyps among common dock-building materials. *Hydrobiologia*, 616: 259—267
- Russell F S, 1970. The medusae of the British Isles. II Pelagic Scyphozoa with a supplement to the first volume on Hydromedusae. London :Cambridge University Press, 1—284
- Sabine Holst, Gerhard Jarms, 2007. Substrate choice and settlement preferences of planula larvae of five Scyphozoa (Cnidaria) from German Bight, North Sea. *Mar Biol* 151: 863—871
- Shimomura T, 1959. On the unprecedented flourishing of 'Echizenkurage' *Stomolophus nomurai* (kishinouye), in the Tsushima Warm Current regions in autumn, 1958. *Bulletin of Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory*, 7: 85—107
- Simon Willcox, Natalie A Moltschaniwskyj, Christine M Crawford, 2008. Population dynamics of natural colonies of *Aurelia* sp. scyphistomae in Tasmania, Australia. *Mar Biol*, 154: 661—670
- Uye Y Ueta, 2004. Recent increase of jellyfish populations and their nuisance to fisheries in the Inland Sea of Japan. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 68: 9—19
- Vagelli A A, 2007. New observations on the asexual reproduction of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa) with comments on the life cycle and adaptive significance. *Invertebrate Zoology*, 4(2): 111—127
- Van Der Veer H W, Oorthuysen W, 1985. Abundance, growth and food demand of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in the western Wadden Sea. *Neth J Sea Res*, 19:38—44
- Lo W T, Chen I L, 2008. Population succession and feeding of scyphomedusae, *Aurelia aurita*, in a eutrophic tropical lagoon in Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 227—238
- Watanabe T, Ishii H, 2001. In situ estimation of ephyrae liberated from polyps of *Aurelia aurita* using settling plates in Tokyo Bay, Japan. *Hydrobiologia*, 451:247—258

## STUDY ON SUBSTRATE CHOICE AND SETTLEMENT PREFERENCES OF PLANULA LARVAE OF *AURELIA* SP.1

WANG Yan-Tao<sup>1,2</sup>, SUN Song<sup>1,3</sup>, LI Chao-Lun<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; 2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049; 3. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Chinese Ecosystem Research Network, Qingdao, 266071)

**Abstract** During ocean exploitation habitat for polyps might increase, thus increase jellyfish polyps populations, and then enhance jellyfish population. In this study, we examined planula of *Aurelia* sp.1 settlement on living-oyster, oyster shell, scallop shell, floor plates, netting and PV-pipe, proliferation of polyps on the surfaces of bamboo and cement block. The planula and polyps preferred man-made materials(floor plates,netting and PV-pipe). The underside of floor plates was strongly favorable for settlement. Polyps can form new polyps population through asexual reproduction on new habitat, the expanding process was limited by polyps population density. When the density was relatively low, polyps population increased rapidly, and this increase was slower when density was relatively high. Increasing litter (plastics,glassand wood) pollution and submarine constructions (maricultureand ocean engineering) providemore attachment surfaceand thus enlarge the areas of polyps distributionand form larger number of polyps populations.

**Key words** *Aurelia* sp.1, Polyps, Settlement, Density-limit