

长期低温条件对海蜇横裂生殖的影响*

游奎¹, 王绍军^{1, 2}, 马彩华¹, 高天翔¹, 王云中², 杨翠华³

(1. 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 青岛 266003; 2. 山东省渔业捕捞生产管理站, 烟台 264001;
3. 青岛市水族馆, 青岛 266000)

摘要:采用实验生态学手段,研究了长期低温条件对海蜇螅状体保育存活率和横裂生殖效率的影响。结果表明:海蜇横裂生殖后的螅状体经过 1a 的长期低温保育后,其存活率约 33%,显著高于不采用低温条件保育螅状体的成活率。横裂生殖后的螅状体经长期低温保育后仍具有横裂生殖能力,碟状幼体释放率仍然高达 15%,其横裂生殖能力可与正常螅状幼体相比。采用长期低温环境条件,可以有效地提高海蜇螅状体的存活率,并可以恢复促进海蜇的横裂生殖效率,相关结果可以为海蜇苗种生产提供参考和指导。

关键词:低温;海蜇;横裂生殖

中图分类号:S968.9

文献标识码:A

文章编号:1671-6647(2011)02-0215-06

海蜇是东亚、东南亚地区最重要的食用水母之一,具有较高的食用价值和药用价值,市场上供不应求^[1],水母类在西方国家也有作为食物的潜力^[2-3]。海蜇是最主要的水母类^[4],20 世纪 90 年代我国即开始了海蜇增殖放流活动^[5-7],是世界上唯一进行水母类增殖的国家^[1]。在山东省,海蜇 2007 年山东省海蜇增殖放流数量占全部放流海洋经济生物数量的 10%^[8],并已成为山东省渔业资源主要修复对象之一。但相对于鱼、虾、贝、藻等传统的海洋经济生物而言,有关海蜇的研究相对比较滞后。根据海蜇的生活史^[9],海蜇水螅体世代需经历过冬季低温时期,至翌年春季水温上升时再进行横裂生殖。在北方海域,海蜇螅状体甚至可以在冰封的情况下越冬。海蜇横裂生殖的季节规律也得到了较详细的研究^[10],一般认为温度是调节海蜇横裂生殖最重要的环境条件,并发现经历冬季低温环境有助于提高海蜇横裂生殖效率^[11]。但关于延长冬季低温环境条件对海蜇横裂生殖的影响尚未见报道,本研究拟就长期低温条件对海蜇螅状体的存活率及其横裂生殖的影响进行实验研究。

1 材料与方法

1.1 材料来源

海蜇螅状幼体取自青岛宜顺渔业有限公司海蜇苗种培育工厂,为 2005 年秋季人工培育获得。实验前,育苗厂的水质条件为,温度 19 ℃,pH 值为 8.0,盐度 25 左右,海蜇螅状幼体在育苗厂为即将释放碟状幼体的状态。共选取 4 块附着基上的螅状体幼苗,附着基尺寸为 40 cm×35 cm,厚 0.5 mm,由聚乙烯材料制成。螅状幼体在充气状态下运回实验室。

* 收稿日期:2010-05-07

资助项目:国家自然科学基金——海蜇无性繁殖调控机制的研究(30800841);山东省优秀中青年科学家科研奖励基金——海蜇横裂生殖调控机制的研究(BS2010NY030);国家高技术研究发展计划——鱼类洄游种群判别技术(2009AA09Z401);海洋公益性行业科研专项经费项目——基于生态系统的典型海域生物资源综合修复与调控技术研究及示范(200905019-2);海水养殖教育部重点实验室开放基金——浅海筏式养殖对局域海域环境影响的研究(2009009)

作者简介:游奎(1977-),男,河南信阳人,副教授,博士,主要从事渔业资源、海洋资源与环境方面研究。E-mail:ykmc@ouc.edu.cn

(王佳实 编辑)

1.2 饲养条件和实验设计

螭状幼体附着基于 2006 年 5 月份运回实验室后,切割为 13 cm×32 cm 及 13 cm×13 cm 两种形状,一端带有缝隙,并组合成“#”形状饲养于 15 cm×15 cm×35 cm 的玻璃缸中(水体积约 6 L)。共设有 3 个玻璃缸的实验重复,每个实验玻璃缸中均有 1 组“#”形状的海蜇螭状体附着基,3 个玻璃缸置于同一个控温培养箱中饲养,间歇性温和地充气增氧。每 2d 全部换水 1 次,以保持良好的水质条件。实验所用海水为青岛近岸海水,经沉淀、过滤后使用,水质条件如下:盐度 28~32,pH 值为 8.0 左右,铵氮低于 0.20 mg/L,溶解氧含量高于 5.0 mg/L。

饵料为鲜活的卤虫无节幼体,每天早上 8:30 和晚上 18:30 左右过量投喂。各处理先在实验条件下暂养 7d,水温为自然室内海水温度,11.0 °C 左右。开启控温培养箱的控温设施,每天降低温度 0.3 °C 或 0.4 °C,最终温度维持在(6.0±0.5) °C~(7.0±0.5) °C。保持上述培养条件,将螭状体苗种保育至 2007 年 5 月份,每天升温 0.5~1.0 °C,最终升温至 20.0 °C,以诱发横裂生殖。2006 年实验开始同时期,以部分螭状幼体饲养在自然水温下,作为对照组。

1.3 海蜇幼体的收集与饲养

2006 年取用的螭状幼体处于即将释放碟状幼体的横裂生殖状态,运回实验室后驯养期间进行了横裂生殖。采用如下方法收集碟状幼体,每个实验缸的海水全部经 60 目的筛绢过滤,碟状幼体会滞留在筛绢上。将筛绢翻转,用新鲜的海水将碟状幼体冲洗至 1 个空的玻璃缸中,对每个实验缸的碟状幼体进行计数,必要时在显微镜下确认计数。最后,所有的碟状幼体收集到 1 个玻璃缸中进行饲养,所用海水、饵料及投喂方式与螭状幼体饲养情况相同。但碟状幼体的饲养水温为自然室内水温,随季节变化在 11~20 °C 之间。2007 年长期低温保存的螭状幼体升温至 20 °C 后,其开始进行横裂生殖后,每 3 d 换水 1 次,按上述同样的方法收集碟状幼体并进行饲养培育。

2 结 果

2.1 螭状幼体保存成活率

从 2006—2007 年,经过 1a 多的长期低温保育,各处理组螭状幼体成活率为 15.35%~45.71%,平均为(33.09±9.13)%。在 1a 多的长期低温保育条件下,海蜇螭状幼体约有 33% 成活下来,而自然水温的对照组螭状体经过横裂生殖后逐渐死亡,其成活率为 0%,具体情况见图 1 所示。

2.2 碟状幼体释放率

本研究以碟状体释放率衡量海蜇的横裂生殖效率,碟状体释放率为每个实验缸每次所收集的碟状体数量与其螭状体数量的比值^[12]。本研究中的同一批螭状体在 2006 年与 2007 年均发生了横裂生殖。2006 年碟状体释放率为 1.07%~9.48%,平均值为(4.23

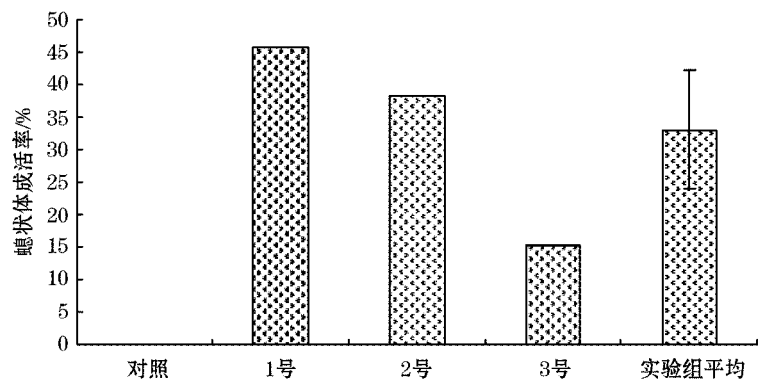


图 1 长期低温下海蜇螭状幼体保存成活率
Fig. 1 Scyphistomae survival rate under long-term low-temperature conditions

±2.50)%。2007 年碟状体释放率的变化如图 2 所示,在近 1 个月的实验期间,低温保育 1a 后螵状幼体的碟状体释放率变化在 1.82%~35.00%之间,平均值为(15.19±1.59)%。经 SPSS16.0 软件统计检验,与 2006 年相比该批海蜇 2007 年螵状体的碟状体释放率显著提高($P<0.01$)。2007 年共收集到 319 个碟状幼体。至实验结束时,约 20%的碟状幼体已经发育成为幼海蜇,具有半球形伞部和完整口腕器官,剩余部分的碟状幼体未继续培养。

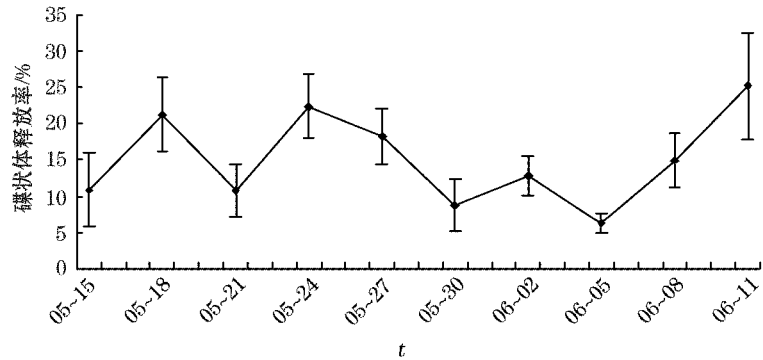


图 2 长期低温对海蜇螵状体碟状体释放率的影响(均值±标准误)

Fig. 2 The effects of long term low temperature on scyphistomae ephyrae release rate of *R. esculentum* (means±S. D.)

3 讨 论

3.1 低温保育有助于螵状幼体的存活

海蜇是刺胞动物的典型代表,据海蜇的生活史^[9],海蜇螵状体世代的寿命约 8 个月^[1]。首先,不同刺胞动物螵状体世代的寿命存在争议。不同种类的刺胞动物其水螅体世代寿命可能存在较大的差异,例如淡水的桃花水母在一些水域在不同的年份时有出现^[13-14],则淡水桃花水母的水螅体世代可能具有不止 1a 的较长寿命。其次,刺胞动物螵状体的存活情况与其是否进行横裂生殖有关。关于海蜇水螅体横裂生殖后的存活率缺乏详细的研究,有些报道认为成活率约 20%^[10, 16]。不同种类钵水母其螵状体横裂生殖后的存活率也存在较大差异,如海月水母螵状体横裂生殖后可 100%成活^[15-16]。有研究认为未横裂生殖的某些种类钵水母螵状体成活率为 100%^[16],甚至有新闻类报道介绍某些种类的水母能够返老还童长生不老^[17]。长生不老的物种固然不会存在,是对刺胞动物水螅体、水母体世代交替生活史的一种误解。此外,某些种类刺胞动物螵状体 100%的成活率也值得商榷,因为螵状体成活率定然与培育条件有关,未经横裂生殖的螵状体 100%会存活有些过于绝对。特别是,刺胞动物水螅体世代通常具有无性繁殖的种群扩增能力,例如海蜇螵状体即具有足囊生殖的能力,即使未横裂生殖螵状体种群数量没有减少,也不能保证这些螵状体不是通过无性繁殖而来的。

本研究表明,海蜇螵状体经横裂生殖的螵状体,如果采取低温条件的培育措施,即使培育年限长达 2a,仍有 33.01%的螵状体存活,而同期未采取低温保育措施的螵状体全部死亡。与前人报道海蜇横裂生殖后螵状体 20%的成活率相比较^[10, 16],表明中长期低温条件下海蜇螵状体存活率有明显提高。且前人的报道中并未指明这 20%存活的螵状体具体能存活多长时间,而本研究表明,低温条件下,海蜇螵状体横裂生殖后至少可以再存活 1a 以上。此外,从逻辑上分析,前人报道中 20%存活的螵状体之中,是否有,或者是有多少螵状体是通过足囊生殖等无性繁殖方式而来的,尚不得而知。研究表明,温度 10℃以下,海蜇螵状体是不进行足囊生殖的^[18],而本研究中横裂生殖后的螵状体长期保育在 6~7℃的环境中,是不会进行足囊生殖的,故本研究中横裂生殖后海蜇螵状体存活率是真实的存活率,排除了足囊生殖可能的干扰因素。因此,本研究表明,长期的低温条件可以显著地提高海蜇螵状体的保育存活率。

较高的海蜇螵状体保育存活率具有较大的现实意义,在海蜇苗种培育中螵状体可以得到充分地再利用。传统的海蜇苗种生产过程一般是根据海蜇的生活史,秋天抓捕亲蜇进行有性生殖培育螵状幼体,翌年春季螵状体横裂生殖培育商品海蜇幼苗,而后秋季再次重复上述过程。通常,前一年的螵状体横裂生殖完毕后即会

弃掉,将附苗的波纹板清洗干净待秋季生产时再使用。少许厂家或会保留部分横裂生殖后的波纹板待来年使用,但据前人的报道^[10,16],使用过的波纹板仅仅剩余约 20%的螅状体,是否值得保留尚是一个问题。本研究发现,低温保育条件可将横裂生殖后螅状体存活率提高至 33%,则使用过的附有螅状体波纹板保留价值将大大增加。诚然,长期低温保育条件的基建及运行费用等成本投资也是一个必须考虑的问题,本研究仅仅是一个水平处理的初步研究,发现低温环境条件有助于提高海蜇螅状体的保育存活率。海蜇螅状体具体的最佳保育条件尚需进一步研究,以期降低海蜇螅状体长期保育成本并提高保育存活率。

3.2 低温培育条件有利于恢复海蜇横裂生殖能力

如前所述,海蜇螅状体经历低温条件保育后存活率即使有显著提高,其横裂生殖能力将受到何种影响是一个更值得关注的问题。如果长期低温保育后,海蜇螅状体失去了横裂生殖能力,则长期低温保育海蜇螅状体是得不偿失的。本研究表明,海蜇螅状体横裂生殖后经过长期低温保育后,并没有失去横裂生殖的能力,其再次横裂生殖的碟状体释放率为 15%左右。虽然本研究中同一批螅状体两年的碟状体释放率相比较,经过低温保育后的碟状体释放率大有提高,但本研究中前一年的横裂生殖是在较低环境温度下进行的,这样的比较或有失偏颇。海蜇螅状体碟状体释放率缺乏更多的数据报道,仅 You^[12]等报道降温条件下海蜇的碟状体释放率为 4.3%,远低于本研究结果。据陈介康^[10]报道数据推算,海蜇螅状体碟状体释放率为 10%~67%,本研究的碟状体释放率为 1.82%~35.00%,与其具有可比性。最新的研究报道^[19]认为短期低温条件下海蜇螅状体横裂生殖碟状体释放率亦不是很高,虽然其总体碟状体释放率高达 48.45%,但其平均碟状体释放率也仅为 8.07%,也低于本研究中 15%的平均碟状体释放率。因缺乏更多的对比数据,虽不能完全确认长期低温培育可以显著提高海蜇螅状体的碟状体释放率,但低温培育有利于提高海蜇横裂生殖能力的观点早已有之。陈介康^[10]研究发现,未经冬季低温条件培育海蜇螅状体的横裂生殖效率明显低于经历过冬季低温培育的螅状体。李晓东^[20]曾申请过海蜇反季节苗种培育技术的专利,其中亦有低温保存螅状体而后升温进行横裂生殖的观点,但缺乏低温保育期限及螅状体存活率和碟状体释放率的相关实验数据。刘春洋^[21]提出辽东湾天然海蜇资源捕捞后可再次进行海蜇苗种放流增殖活动,并提出了低温保存海蜇螅状体再升温进行横裂生殖的技术方向,也没有横裂生殖能力相关的具体数据。简言之,前人的经验和报道均表明,经历低温环境条件将有利于提升海蜇螅状体的横裂生殖能力。本研究首次发现,海蜇横裂生殖后的螅状体经 1a 之久的长期低温保育,仍然具有横裂生殖能力,其碟状体释放率高达 15%,与正常进行春季横裂生殖海蜇螅状体的横裂生殖能力具有可比性。

事实上,经历低温环境条件并不是海蜇螅状体进行横裂生殖的必要条件。陈介康^[10]早已研究表明,即使不经历冬季低温的培育时期,海蜇螅状体仍然可以进行横裂生殖。如果秋季海蜇有性繁殖培育螅状体苗种期间,水温维持 20℃以上超过 1 个月,新生的螅状体当年秋季亦可以进行横裂生殖产生碟状体幼体^[22]。相反的是,海蜇正常横裂生殖是春季发生,商品海蜇苗种培育时通常需要将水温提升至 20℃以上^[10, 22-23]。对于某些物种来说,低温环境条件是进行繁殖行为的必要条件,但这些种类通常在自然状况下即是在秋季进行繁殖的。例如,欧洲河鲈的性腺成熟必须经过 1 个低温培育期^[24]。海蜇横裂生殖是一种无性繁殖方式,无需这种必须的低温培育阶段以促进性腺成熟。

然则,为何诸多的报道和经验表明,低温培育作为一种非必要的环境条件,反而能在一定的程度上促进海蜇的横裂生殖?有观点认为,低温时期可促进海蜇螅状体的营养积累。该观点看似能够解释上述问题,但在逻辑上有欠妥当之处,生物的摄食代谢通常与温度成正比,如果说营养积累是低温培育促进海蜇横裂生殖的原因,则高温培育期应该能使海蜇螅状体积累更多的营养,更有助于提升螅状体的横裂生殖能力。事实上,一直维持较高的温度条件下,不经冬季低温条件培育,海蜇螅状体虽然可以发生横裂生殖,但其横裂生殖的效率并不是很高^[10, 22]。因此,低温培育有利于提高海蜇横裂生殖能力不宜仅仅以“营养积累”进行解释,其可能与海蜇独特的世代交替生活史的生物学特性有关。本研究赞同已有文献^[19]的观点,无论是长期低温条件还是短期低温条件,均可视作为对海蜇自然生活史的一种重演,因而可以诱发海蜇的横裂生殖,对生物

自然生活史的模拟可以有效地诱导其繁殖行为的发生。本研究实验可视作为海蜇自然生活史中冬季低温阶段的一种人为地延长和模拟,从而有助于恢复海蜇螅状体的横裂生殖。海蜇横裂生殖的内部生物学调控机制尚有待于进一步研究,以期发现一些生物化学或分子生物学方面的证据。

4 结 论

研究发现,采用低温的环境条件可以长期保育海蜇螅状体苗种,并具有较高的成活率。因此,低温应该是长期保育海蜇螅状体的一种有效手段,但海蜇螅状体最佳的低温保育条件尚有待于进一步研究,以期降低螅状体苗种保育成本,便于推广应用。经研究认为,长期低温条件是对海蜇自然生活史冬季阶段的一种模拟和延长,可以有效地保持和恢复海蜇的横裂生殖能力。长期低温保育的海蜇螅状体至少具有不低于正常螅状体的横裂生殖效率,虽然低温培育有利于提高海蜇螅状体横裂生殖能力已得到较多的共识,但其具体内部机制尚需更多的研究。

参考文献(References):

- [1] YOU K, MA C H, GAO H W, et al. Research on the jellyfish (*Rhopilema esculentum* Kishinouye) and associated aquaculture techniques in China; current status [J]. *Aquaculture International*, 2007, 15(6): 479-488.
- [2] HSIEH Y-H P, RUDLOE J. Potential of utilizing jellyfish as food in western countries [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1994, 5(7): 225-229.
- [3] HSIEH Y-H P, LEONG F M, RUDLOE J. Jellyfish as food [J]. *Hydrobiologia*, 2001, 451: 11-17.
- [4] LIU C Y, WANG W B, DONG J, et al. The life history of *Rhopilema hispidum* and comparison of morphological characteristics among some scyphistomae [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(4): 102-107. 刘春洋,王文波,董婧,等. 黄斑海蜇的生活史及几种钵水母类螅状体形态特征的比较 [J]. *渔业科学进展*, 2009, 30(4): 102-107.
- [5] CHEN J K, LU N, LIU C Y, et al. Resource enhancement experiments in the edible medusa *Rhopilema esculenta* Kishinouye in the coastal waters of northern Yellow Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 1994, 15: 103-113. 陈介康,鲁男,刘春洋,等. 黄海北部近岸水域海蜇放流增殖的实验研究 [J]. *海洋水产研究*, 1994, 15: 103-113.
- [6] HUANG M X, WANG Y S, ZHOU Y D. Jellyfish enhancement research in Zhejiang offshore area [J]. *Marine Fisheries Research*, 1994, 15: 97-102. 黄鸣夏,王永顺,周永东. 浙江近海海蜇增殖研究 [J]. *海洋水产研究*, 1994, 15: 97-102.
- [7] WANG X E, SONG S J, ZHANG Y S, et al. Discussion on effect of jellyfish, *Rhopilema esculenta* Kishinouye, release for enhancement in Laizhou Bay [J]. *Modern Fisheries Information*, 1994, 9(4): 26-28. 王绪峨,宋向军,张云尚,等. 莱州湾海蜇放流增殖效果的探讨 [J]. *现代渔业信息*, 1994, 9(4): 26-28.
- [8] LIU L L, WAN R, DUAN Y Y, et al. Status and effect of enhancement release of marine fisheries resource in Shandong [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2008, 4: 91-98. 刘莉莉,万荣,段媛媛,等. 山东省海洋渔业资源增殖放流及其渔业效益 [J]. *海洋湖沼通报*, 2008, (4): 91-98.
- [9] DING G W, CHEN J K. The life history of *Rhopilema esculenta* Kishinouye [J]. *Journal of fisheries of China*, 1981, 5(2): 90-102. 丁耕芜,陈介康. 海蜇生活史 [J]. *水产学报*, 1981, 5(2): 90-102.
- [10] CHEN J K, DING G W. On the seasonal regularity of strobilation of edible medusa [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1984, 8(1): 55-67. 陈介康,丁耕芜. 海蜇横裂生殖季节规律 [J]. *水产学报*, 1984, 8(1): 55-67.
- [11] CHEN J K, DING G W. Effect of temperature on the strobilation of jellyfish (*Rhopilema esculenta* Kishinouye - Scyphozoa, Rhizostomeae) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1983, 29(3): 195-206. 陈介康,丁耕芜. 温度对海蜇横裂生殖的影响 [J]. *动物学报*, 1983, 29(3): 195-206.
- [12] YOU K, MA C H, GAO H W, et al. The effects of temperature decrease on the Scyphistomae Strobilation of Jellyfish, *Rhopilema esculentum* Kishinouye [J]. *The Journal of World Aquaculture Society*, 2008, 39(5): 706-711.
- [13] SONG D Y, ZHANG C, WU M. The peachblossom medusa [J]. *Bulletin of Biology*, 2002, 37(10): 1-3. 宋大祥,张超,吴岷,桃花水母 [J]. *生物学通报*, 2002, 37(10): 1-3.
- [14] HU Y B. Studies on the biology and genetic analysis of *Craspedacusta sowerbyi* of Zhejiang [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005. 胡义波. 浙江索氏桃花水母的生物学及遗传分析 [D]. 杭州:浙江大学, 2005.

- [15] CHEN J K. The artificial breeding of *Aurelia aurita* [J]. Fisheries Science, 1986, 5(1): 37. 陈介康. 海月水母培育初报 [J]. 水产科学, 1986, 5(1): 37.
- [16] LIU C Y, WANG W B, ZHOU H, et al. Relationship between differentiation in strobilation and population fluctuation in four macro-jellyfish species [J]. Fisheries Science, 2008, 27(11): 592-595. 刘春洋, 王文波, 周泓, 等. 四种大型水母横裂生殖的差异与其种群数量变动的初探 [J]. 水产科学, 2008, 27(11): 592-595.
- [17] XU N. Peculiar immortal jellyfish [N]. Public Technology Newspaper, 2009-4-28(A04). 徐娜. 奇特水母长生不老 [N]. 大众科技报, 2009-04-28(A04).
- [18] LU N, JIANG S, CHEN J K. Effect of temperature, salinity and light on the podocyst generation of *Rhopilema esculenta* Kishinouye [J]. Fisheries Science, 1997, 16(1): 3-8. 鲁男, 蒋双, 陈介康. 温度, 盐度和光照对海蜇足囊繁殖的影响 [J]. 水产科学, 1997, 16(1): 3-8.
- [19] YOU K, MA C H, WANG S J, et al. The effect of short term low temperature on strobilation of jellyfish, *Rhopilema esculentum* Kishinouye [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(6): 1223-1227. 游奎, 马彩华, 王绍军, 等. 短期低温条件对海蜇横裂生殖的影响 [J]. 水生生物学报, 2010, 34(6): 1223-1227.
- [20] LI X D, GUO M. The off-season seeding breeding of jellyfish, *Rhopilema esculenta* Kishinouye, China, 200410020827. 5 [P]. 2005-03-16. 李晓东, 郭敏. 海蜇反季节苗种培育技术: 中国, 2004100208275 [P]. 2005-03-16.
- [21] LIU C Y, BI Y P. A method of recapture rate in jellyfish ranching [J]. Fisheries Science, 2006, 25(3): 150-151. 刘春洋, 毕远溥. 一种验证海蜇增殖放流回捕率方法的探讨 [J]. 水产科学, 2006, 25(3): 150-151.
- [22] WANG Y S, HUANG M X, SUN Z, et al. Artificial breeding of edible medusa [J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 322-327. 王永顺, 黄鸣夏, 孙忠, 等. 海蜇的人工工厂化育苗 [J]. 水产学报, 1991, 15(4): 322-327.
- [23] CHEN S Q, ZHANG Y, WANG Y G, et al. Breeding of jellyfish (*Rhopilema esculenta* Kishinouye) [J]. Marine Science, 2004, 28(5): 4-7. 陈四清, 张岩, 王印庚, 等. 海蜇苗种培育技术的研究 [J]. 海洋科学, 2004, 28(5): 4-7.
- [24] MIGAUD H, FONTAINE P, SULISTYO I, et al. Induction of out-of-season spawning in Eurasian perch *Perca fluviatilis*: effects of rates of cooling and cooling durations on female gametogenesis and spawning [J]. Aquaculture, 2002, 205: 253-267.

Long-term Low Temperature Effect on Jellyfish Strobilation

YOU Kui¹, WANG Shao-jun^{1,2}, MA Cai-hua¹, GAO Tian-xiang¹, WANG Yun-zhong², YANG Cui-hua³

(1. Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Shandong Marine Fishing and Production Management Station, Yantai 264001, China; 3. Qingdao Quarium, Qingdao 266003, China)

Abstract: By means of methods in experimental ecology, the survival rate of jellyfish scyphistomae bred under long-term low temperature conditions, and the effects of these conditions on the jellyfish strobilation are studied. It is shown in the study results that after scyphistomae reproduced from jellyfish strobilation has been bred under one-year long low temperature conditions, its survival rate is about 33%, significantly higher than that of scyphistomae without low temperature breeding conditions. Although those survivors have been bred under low temperature conditions for a long time, they still have their strobilation ability, and the ephyrae release rate is as high as 15%. Those ephyrae larvae will have their strobilation ability comparable with the ability of scyphistomae larvae bred under normal conditions. Therefore the long-term low temperature conditions are favourable to effectively raise the survival rate of jellyfish scyphistomae larvae and to improve jellyfish strobilation efficiency. These relevand results might be used as reference and guidance for jellyfish lava production.

Key words: low temperature; *Rhopilema esculentum* Kishinouye; strobilation

Received: May 7, 2010