盐度对宽壳全海笋稚贝存活与生长的影响

谢 玺[1] 王庆志[1*] 赵希纯[2] 滕炜鸣[1] 金成海[1] 林杉杉[1] 张 明[1] 周遵春[1]
([1]辽宁省海洋水产科学研究院辽宁省应用海洋生物技术开放实验室, 辽宁大连 116023; [2]锦州市水产技术推广站, 辽宁锦州 121007)

摘 要 在20±1 ℃条件下,研究了盐度(15、20、25、30、35和40)对宽壳全海笋(*Barnea dilatata*)稚贝存活与生长的影响。结果表明:盐度对宽壳全海笋稚贝存活、贝壳生长与软体部有机物积累影响显著;盐度15~40是稚贝的适宜生存盐度,28 d平均存活率为78.7%~91.3%;稚贝的最适生存盐度为20~30,平均存活率高于90.0%;稚贝湿重增长的最适盐度为20~35,平均特定生长率为2.963~3.028 %·d^{-1};不同盐度下稚贝壳长和壳高的特定生长率变化相近,壳长和壳高生长的适宜盐度为25~35;其中盐度30条件下稚贝有机物与无机物比值最高,达4.396,盐度25次之,为3.375,均显著高于其他各组。研究结果可以为宽壳全海笋的资源保护与增养殖提供参考。

关键词 海笋; 盐度; 特定生长率; 稚贝

Effects of salinity on the growth and survival of *Barnea dilatata* juveniles.

XIE Xi[1], WANG Qing-zhi[1*], ZHAO Xi-chun[2], TENG Wei-ming[1], JIN Cheng-hai[1], LIN Shan-shan[1], ZHANG Ming[1], ZHOU Zun-chun[1] ([1] *Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Liaoning Open Laboratory of Applied Marine Biology, Dalian* 116023, *Liaoning, China*; [2] *Jinzhou Aquatic Product Technology Promotion Department, Jinzhou* 121007, *Liaoning, China*).

Abstract: Hatchery-reared *Barnea dilatata* juveniles were maintained under different salinity levels of 15, 20, 25, 30, 35 and 40 psu at 20±1 °C to study the effects of salinity on the survival and growth. The results showed that the survival rate was over 90.0% under salinity of 20, 25, and 30 psu after 28 days, which was significantly higher than that observed under salinity of 15, 35, and 40 psu. The bivalves exhibited the highest increase of wet weight under the salinity of 20 and 35 psu, with the specific growth rate (SGR) at 2.963%·d^{-1} and 3.028%·d^{-1}, respectively. The shell length and height showed similar changes in SGR between 25 and 35 psu. The highest ratio of organic and inorganic materials (OIR) was detected in the edible part of juveniles cultured under the salinity of 30 psu (OIR 4.396). The bivalves grown under 25 psu salinity had the second highest OIR at 3.375. Collectively, data from this study provide valuable information for the selection of suitable sites for *B. dilatata* aquaculture and for maintaining optimal rearing conditions at the *B. dilatata* hatcheries.

Key words: *Barnea dilatata*; salinity; survival; specific growth rate; juvenile.

海笋(Pholadidae)是双壳类海生软体动物海笋科贝类的泛称,目前在我国已记录19种,大多为暖水种,分属于2亚科7属。海笋大都在泥沙滩、黏土、风化的岩石、坚硬的石灰石、木材甚至海底电缆、粗锚链的铅皮等基质上凿穴而居(张玺等,1960)。作为一类滤食性动物,贝类在维持海洋生态系统平衡方面发挥重要作用,一些种类还因具有较高的经济价值而被人类较早地开发利用(Ackerman,1998;王庆志等,2014;梁君等,2015)。近年来,过度捕捞、生境破坏和气候变化等因素导致一些大型海笋的自然种群急剧萎缩甚至灭绝;自20世纪80年代,我国

国家自然科学基金项目(31302186)、辽宁省农业领域青年科技创新人才培养计划(2014013)、辽宁省科学技术计划项目(2015103044)、辽宁省海洋与渔业科学技术计划项目(201209、201516)和现代农业体系建设专项(CARS-48)资助。
收稿日期: 2016-10-24 接受日期: 2017-03-06
*通讯作者 E-mail: wqzlm@126.com

东南沿海主要靠加拿大进口来满足市场需求;90 年代后,大型海笋的资源保护与增养殖逐渐受到重视并被广泛开展(李生尧,1992;魏利平等,1997;闫喜武等,2007;柴雪良等,2009;许红,2016)。

宽壳全海笋(*Barnea dilatata*)分布于日本、菲律宾及我国沿海,是一种在河口软泥底质中营穴居潜伏生活的大型全海笋,成体壳长 6~8 cm,个体鲜重可达 200 g 以上,其贝壳短高薄脆,水管极为发达而不能缩入壳中,极力伸展时约为壳长的 3 倍,中国北方俗称象鼻子蛤(赵汝翼等,1982;王如才等,1988;蔡亚英等,1995)。宽壳全海笋的软体肥满丰美,含大量乳状汁。据张婷婷等(2016)研究报道,其水管组织具有高蛋白、低脂肪、氨基酸种类丰富且组成合理、微量元素比例均衡等优点,属高营养、低热能的优质食用品。此外,闫喜武等(2007)和柴学良等(2009)先后发现,宽壳全海笋幼虫浮游期较长,超过一般的双壳贝类,但变态后的稚贝生长速度较快,一周年贝壳长达 7 cm 以上,鲜重超过 100 g,具有较好的规模化养殖潜力和市场开发前景。目前有关宽壳全海笋的繁殖生物学已有一些研究报道,包括染色体核型分析(陆荣茂等,2008)、受精及早期胚胎发育(董迎辉等,2009a,2009b)等,促进了该品种人工繁育技术的不断完善(闫喜武等,2007;柴雪良等,2009;许红,2016)。

作为重要的环境生态因子,盐度对双壳类的渗透调节、呼吸代谢、生殖发育、存活与生长、地理分布等具有显著影响(Gosling,2015)。与其他经济贝类相比,在海笋人工繁育过程中,对稚贝适宜生长盐度的把握目前仍处于经验阶段(何义朝等,1999;尤仲杰等,2003;肖国强等,2007;Riisgård *et al.*,2014)。随着宽壳全海笋、大沽全海笋等大型全海笋人工繁育技术的日趋成熟,人工苗种将成为海笋资源保护与增养殖的主要苗种来源,进行海笋苗种环境适应性的研究可为该种贝类的资源保护与人工增养殖提供必要参考。本文在室内控温条件下,研究了盐度对宽壳全海笋稚贝存活及生长的影响,研究结果可以为宽壳全海笋的资源保护、增殖放流、人工繁育提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　材料

供试稚贝来源于锦州市海水苗种繁育中心,初始壳长为 9.50±0.70 mm,初始壳高为 6.02±0.54 mm,初始平均湿重为 0.20±0.06 g;稚贝经辽宁省海洋水产科学研究院海水养殖实验室暂养一周后开始实验,暂养期水温 20±1 ℃,盐度 35。

1.2　实验设计

依据预实验结果和宽壳全海笋的生态分布,设定盐度梯度为 15、20、25、30、35、40,每梯度盐度组设定 5 个重复组,其中 35 为当地自然海水盐度,作为对照组。各组梯度盐度通过向过滤海水中加入曝气淡水和人工海水精配制成。

拣选 900 枚健康有活力的稚贝(0.20±0.05 g),按照上述盐度梯度进行随机区组设计,分放入 30 个 5 L 塑料烧杯中,每个烧杯内盛 5 L 实验海水,杯体 3/4 浸入控温水浴槽中。各梯度组盐度以每小时变化 2 的速率调整到预设盐度梯度,稳定后开始实验。日混合投喂球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)和新月菱形藻(*Nitzschia closterium*)两次,日投饵量为(3.0~4.0)×10^5 cell · mL^{-1}(两种单胞藻类的生物量比 1∶1),投饵时消除比重差,日等盐全量换水 1 次,次日水体盐度提前 12 h 配制并水浴保温,实验水温 20±1 ℃,pH 7.9~8.1,DO>5 mg · L^{-1}。

1.3　稚贝的存活与生长

实验共进行 28 d,期间每日观察稚贝存活情况,及时挑拣出死亡个体,计算存活率。以玻璃棒轻触稚贝水管无收缩应激反应或贝壳与软体部发生分离,判作稚贝死亡。实验结束时利用数显式游标卡尺测量所有稚贝的壳长与壳高,精确至 0.01 mm,计算稚贝特定生长率 *SGR*(specific growth rate),公式为:

$$SGR\ (\%\cdot d^{-1}) = 100(\ln SL_2 - \ln SL_1)/t$$

式中,SL_1 和 SL_2 分别为稚贝的初始壳长(壳高)(mm)和实验结束时的壳长(壳高)(mm),t 为稚贝培育天数(d)。

通过分析天平、干燥箱和马弗炉测量稚贝的湿重、干重与灰分。将各组稚贝的软体部与壳分别在 60 ℃下烘干,称量干重,再将烘干样经 550 ℃灼烧 4 h获得相应的灰分,冷却后再称量灰分重。据干重和灰分重计算海笋稚贝有机物与无机物的量及其比值 OIR(organic-inorganic ratio),OIR=(软体部干重-软体部灰分重)/灰分重。

1.4　数据分析

所有数据采用平均值±标准差(Mean±SD)表示,数据统计分析由 SPSS 19.0 软件完成,使用 Excel 2013 作图。方差分析前分别以 Levene's test 和

Kolmogorov-Smirnov test 检验数据的方差齐性和正态性。通过单因素方差分析(ANOVA)检验盐度对海笋稚贝存活与生长的影响,并结合 Tukey test 进行多重比较检验处理组间的存活率,壳长、壳高和湿重的 SGR,及软体部 OIR 差异显著性,显著水平均为 $P<0.05$。

2 结果与分析

2.1 不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝的存活率

实验结果表明(图 1),盐度 15~40 是宽壳全海笋稚贝的适宜生存盐度,28 d 平均存活率为 78.7%~91.3%;稚贝的最适生存盐度为 20~30,平均存活率在 90.0%以上;盐度 20~30 的存活率显著高于盐度 15、35 和 40 的存活率,二者组间差异均不显著。

2.2 不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝的生长

盐度对宽壳全海笋稚贝湿重、壳长和壳高的特定生长率产生显著影响($P<0.05$)(图 2)。其中,海笋稚贝湿重增长的最适盐度为 20~35,平均特定生长率在 2.963~3.028 %·d^{-1},显著高于盐度 15 和 40,组间差异不显著;稚贝壳长和壳高在不同盐度条件下的特定生长率变化相近,说明壳长和壳高的生长具有一定相关性,适宜壳长和壳高生长的盐度为 25~35,当盐度为 35 时,壳长和壳高的特定生长率最高,分别为 0.565 %·d^{-1}和 0.804 %·d^{-1}。

2.3 不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝软体部有机物

实验结果表明,盐度 15~35 范围内海笋稚贝软体部干重随盐度升高而增加,盐度 35 条件下最高为 0.083 g,显著高于盐度 15 和 40($P<0.05$),组间差异不显著;盐度对灰分重影响无明显规律性,盐度 30 条件下最低为 0.018 g(表 1)。如图 3 所示,盐度对宽壳全海笋稚贝软体部有机物与无机物比值 OIR 影响显著,其中盐度 30 条件下稚贝 OIR 最高,达 4.396,显著高于其他各组;盐度 25 时的 OIR 次之,为 3.375,显著高于盐度 15、20、35 和 40,其余各组 OIR 差异不显著。

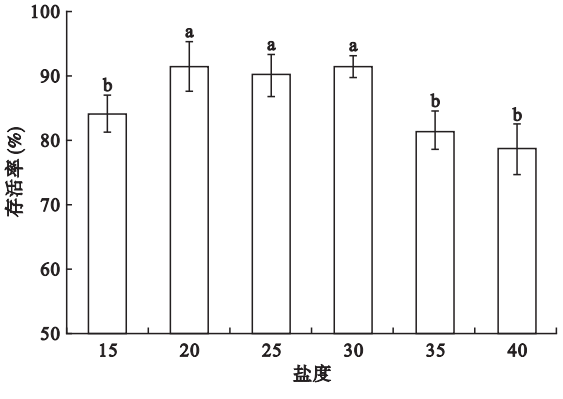


图 1 不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝的存活率

Fig.1 Survival rate of *Barnea dilatata* juvenile under different salinity

不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

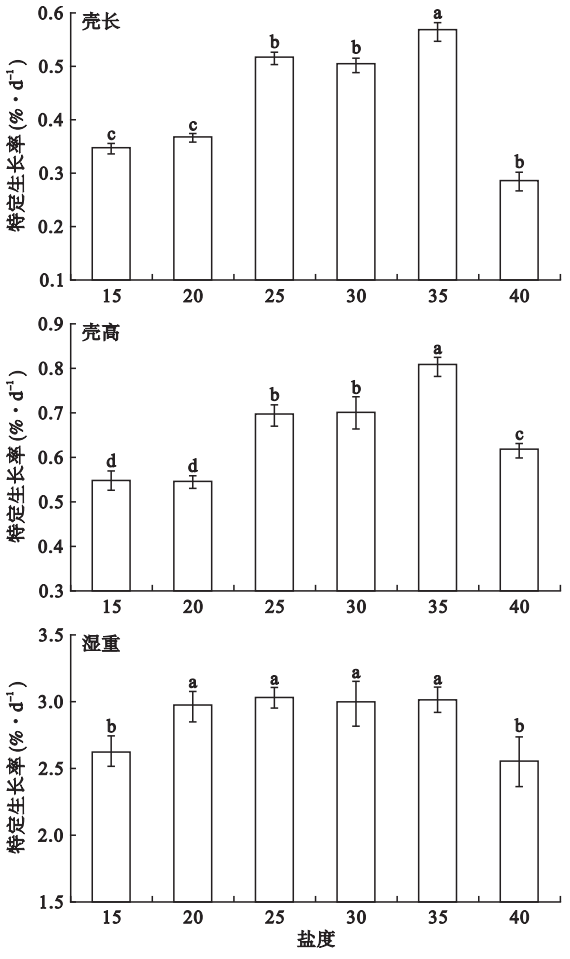


图 2 不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝湿重、壳长与壳高的特定生长率

Fig.2 Specific growth rate (SGR) of wet weight, shell length and shell height in *Barnea dilatata* juveniles under different salinity

表 1 不同盐度条件下海笋软体部干重与灰分

Table 1 Wet weight and ash content of edible part in *Barnea dilatata* juveniles under different salinity

盐度	干重 (g)	灰分 (g)
15	0.061±0.015 b	0.022±0.010 b
20	0.080±0.018 a	0.027±0.004 a
25	0.081±0.016 a	0.024±0.006 b
30	0.081±0.018 a	0.018±0.004 c
35	0.083±0.021 a	0.028±0.006 a
40	0.067±0.018 b	0.023±0.006 b

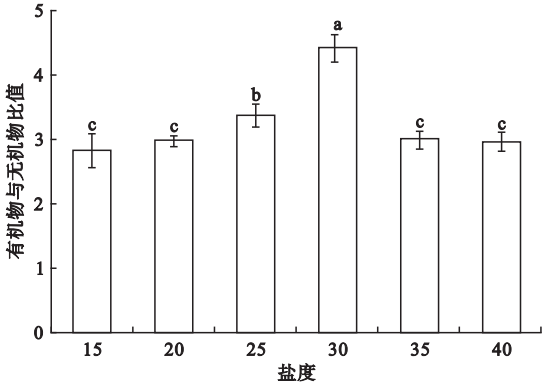


图 3　不同盐度条件下宽壳全海笋稚贝软体部有机物与无机物比值

Fig.3　OIR of edible part in *Barnea dilatata* juveniles under different salinity

3　讨　论

温度和盐度是决定海洋生物自然分布的重要环境因子。在海洋贝类方面,温度和盐度是影响其摄食、繁殖、生长、呼吸和渗透压调节的主要因素;当涉及到贝类在较大尺度的地理分布时,前者一般起主要作用;而当人们只关注沿岸与河口区域固着与埋栖贝类时,盐度往往是最重要的限制因子(Gosling,2015)。在有其他环境因子的配合下,如水深、基质类型、食物可获性、水流、竞争者、捕食者、疾病等,温度与盐度能够表现出明显的协同作用;而当二者之一控制在安全范围时,通过单因素实验亦能反映出生物对温度或盐度的适应性(Castagna,1975)。本文采用单因素实验设计研究盐度对宽壳全海笋稚贝存活与生长的影响也印证了这一结论。

肖国强等(2007)曾报道了壳长为 1.91±0.35 mm 的宽壳全海笋稚贝对盐度(0、5、10、15、20、25、30、35 和 40)96 h 的适应性结果,发现稚贝在盐度 5~30范围内,96 h 后的存活率大于 70%,盐度 5、10 和 30 的稚贝摄食情况一般,爬行不活跃,而盐度 15~25的稚贝摄食较好,爬行痕迹明显,无不良现象,因此认为宽壳全海笋稚贝适宜盐度范围为 15~25。与此相比,本文研究的宽壳全海笋稚贝(初始壳长为 9.50±0.70 mm,壳高为 6.02±0.54 mm,湿重为0.20±0.06 g,对盐度的适应力较强。在水温 20±1 ℃下,稚贝 28 d 平均存活率为 78.7%~91.3%,盐度 15~40 是宽壳全海笋稚贝的适宜生存盐度;稚贝最适生存盐度为 20~30,28 d 平均存活率高于 90%。表明在存活力方面,宽壳全海笋大规格稚贝较小规格稚贝具有更强的盐度适应性,其适盐范围与大沽全海笋的适盐范围(20.22~30.74)相吻合(魏利平等,1997)。此外,不同盐度显著影响了海笋稚贝壳长、壳高及湿重的特定生长率,盐度 15、20 和 40 明显抑制海笋稚贝的贝壳生长,而对稚贝软体部有机物含量积累的影响不大,但盐度 30 条件下软体部有机物含量及其与无机物比值均最高,盐度 25 次之,其余各盐度组无显著差异,提示盐度 15 和 40 可能已接近水温 20±1 ℃下稚贝生长的耐受性阈值,最适生长盐度应为 30。

本实验得出海笋稚贝最适生长盐度 30 低于标准海水盐度,以最适生长盐度为参照点,降盐组比升盐组的稚贝生长速度更快。海笋稚贝对低盐的适应能力强于高盐,低盐组生长速度快于高盐组,与泥蚶(*Tegillarca granosa*)(尤仲杰等,2001)、青蛤(*Cyclina sinensis*)(王丹丽等,2005)、文蛤(*Meretrix meretrix*)(曹伏君等,2009)、毛蚶(*Scapharca subcrenata*)(王庆志等,2015)等广盐性双壳类基本一致,表明在对河口与潮间带滩涂类生境长期适应性进化过程中,埋栖型贝类有可能形成了在变盐环境下调节生长的生态对策。Gosling(1992)认为,贝类在河口生长良好很可能与群落交错区的食源丰度有关。但是,Riisgård 等(2012)通过室内实验证明,附着性双壳类贻贝(*Mytilus edulis*)在降盐时(自 30 至 10)的生长速率低于升盐(自 10 至 30);不过在盐度接近贻贝耐受极限的波罗的海(Baltic Sea)北部,降盐(自 6.5 至 3.0)则严重制约其生长(Westerbom *et al.*, 2002; Riisgård *et al.*, 2014), Tedengren 等(1986)曾推测贻贝在低渗环境下将增强排氨作用,提高游离氨基酸代谢水平,导致有机体持续耗能所致。

何义朝等(1999)、栗志民等(2010)、Thivakaran 等(1990)研究认为,贝类对盐度的适应力与种类的遗传性和个体的生理状态有关,同种类的所有个体以相似的方式对盐度变化做出反应。作为变渗透压动物应对外界盐度变化时,贝类能够通过闭合壳瓣,调节细胞内的离子、氨基酸和其他小分子的浓度改变渗透压进而维持相对恒定的细胞体积,以利于其摄食和生长;在达到新渗透平衡的过程中,摄食率与呼吸率将逐渐回复直至完全适应环境,该过程持续的时间取决于初始盐度变化的程度(Berger *et al.*, 1997)。生物抗环境胁迫的能力又取决于个体的生理可塑性,作用因素的量变平缓则有利于生物逐步

适应变化的环境,扩大耐受范围,并在临界条件下存活。反之,因素量变幅度过大,生物的生长、繁育受阻或停止,甚至死亡(何义朝等,1999)。本实验发现,虽然盐度不适明显阻滞了宽壳全海笋稚贝的生长与有机物积累,但稚贝的死亡率并未达到100%,导致稚贝死亡的主要原因可能是:海水渗透压的改变超出了有机体自身调节能力导致渗透压休克(osmotic shock),表现为心跳减慢,足部伸缩缓慢,水管僵硬,对外界刺激反应迟钝,软体部与贝壳分离等现象(Christophersen *et al.*,2003);渗透压的改变降低了动物的代谢速率,影响其正常的摄食与活动,长时间处于这种不适的环境条件下影响其存活及生长(Berger *et al.*,1997)。

盐度的剧烈波动易对人工增养殖的贝类苗种造成大批量死亡,因此贝类的耐盐能力,特别是对盐度急变的适应力,是考察人工育苗和增殖放流场址选择的关键因素。大洋海水的表层盐度为32~37,平均为35,近岸、河口或海湾经常受到潮汐变化、短时降雨、大陆径流和蒸发作用的影响而引起盐度的大幅度变动,因此自然分布于此的贝类多为广盐性种,如最适盐度为14~28美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)的生存盐度为5~40(Kennedy *et al.*,1996)。本研究表明,宽壳全海笋稚贝的最适生长盐度为25~30,因此在室内或水池中间育成时可适量加注淡水调至最适盐度以促进稚贝的生长发育,稚贝的增殖放流场址可选择河口或近岸等盐度略低海域以增加稚贝成活率和有效生长时间,以获得更好的生态效益。本研究通过对宽壳全海笋稚贝在不同盐度下的存活与生长比较,查明了宽壳全海笋稚贝盐度的适应性,可以为海笋的人工繁育、增殖放流与资源保护提供科学依据。

参考文献

蔡亚英, 张 英, 魏若飞. 1995. 贝类学概论. 上海: 上海科学技术出版社.

曹伏君, 刘志刚, 罗正杰. 2009. 海水盐度、温度对文蛤稚贝生长及存活的影响. 应用生态学报, **20**(10): 2545-2550.

柴雪良, 方 军, 张炯明, 等. 2009. 宽壳全海笋人工繁育技术. 水产学报, **33**(2): 259-264.

董迎辉, 柴雪良, 陆荣茂, 等. 2009a. 宽壳全海笋受精和早期胚胎发育过程的细胞学观察. 海洋学报, **31**(1): 125-131.

董迎辉, 林志华, 柴雪良, 等. 2009b. 宽壳全海笋受精及早期卵裂的细胞学研究. 海洋科学, **33**(10): 68-72.

何义朝, 张福绥, 王 萍, 等. 1999. 墨西哥湾扇贝稚贝对盐度的耐受力. 海洋学报, **21**(4): 87-91.

李生尧. 1992. 大沽全海笋 *Barnca davidi* Deshayes 人工繁殖的初步研究. 浙江水产学院学报, **11**(1): 48-52.

栗志民, 刘志刚, 姚 茹, 等. 2010. 温度和盐度对皱肋文蛤幼贝存活与生长的影响. 生态学报, **30**(13): 3406-3413.

梁 君, 虞宝存, 毕远新, 等. 2015. 中街山列岛海域厚壳贻贝生物学特征及生长规律. 生态学杂志, **34**(2): 471-476.

陆荣茂, 柴雪良, 董迎辉, 等. 2008. 宽壳全海笋的染色体核型分析. 台湾海峡, **27**(1): 43-46.

王丹丽, 徐善良, 尤仲杰, 等. 2005. 温度和盐度对青蛤孵化及幼虫、稚贝存活与生长变态的影响. 水生生物学报, **29**(5): 495-501.

王庆志, 张 明, 滕炜鸣, 等. 2014. 不同饵料对魁蚶稚贝生长和存活的影响. 应用生态学报, **25**(8): 2405-2410.

王庆志, 张 明, 滕炜鸣, 等. 2015. 毛蚶养殖生物学研究进展. 大连海洋大学学报, **30**(4): 437-443.

王如才, 张乐群, 曲学乐. 1988. 中国水生贝类原色图鉴. 浙江: 浙江科学技术出版社.

魏利平, 马明正, 唐 芳, 等. 1997. 大沽全海笋生物学习性及人工育苗技术. 水产学报, **21**(3): 296-302.

肖国强, 柴雪良, 张炯明, 等. 2007. 宽壳全海笋稚贝呼吸代谢及其对若干环境因子适应性的研究. 海洋科学, **31**(9): 24-29.

许 红. 2016. 宽壳全海笋育苗技术要点. 河北渔业, (2): 42-43.

闫喜武, 张跃环, 左江鹏, 等. 2007. 宽壳全海笋人工育苗技术的初步研究. 渔业现代化, **34**(2): 18-21.

尤仲杰, 陆彤霞, 马 斌, 等. 2003. 盐度对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响. 动物学杂志, **38**(3): 58-60.

尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等. 2001. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和稚贝生长及存活的影响. 海洋学报, **23**(6): 108-113.

张 玺, 齐锺彦, 李洁民. 1960. 中国的海笋及其新种. 动物学报, **12**(1): 63-87.

张婷婷, 李 莉, 李 琪, 等. 2016. 脆壳全海笋和宽壳全海笋的营养成分分析与评价. 广西科学院学报, **32**(2): 1-4.

赵汝翼, 程济民, 赵大东. 1982. 大连海产软体动物志. 北京: 海洋出版社.

Ackerman JD. 1998. Ecology of marine bivalves: An ecosystem approach. *Ecology*, **79**: 353-355.

Berger VJ, Kharazova AD. 1997. Mechanisms of salinity adaptations in marine mollusks. *Hydrobiologia*, **355**: 115-126.

Castagna M. 1975. Culture of the bay scallop, *Argopecten irradinans* Lamark, in Virginia. *Marine Fisheries Review*, **37**: 19-24.

Christophersen G, Strand Ø. 2003. Effect of reduced salinity on the great scallop (*Pecten maximus*) spat at two rearing temperatures. *Aquaculture*, **215**: 79-92.

Gosling E. 1992. The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Ge-

netics and Culture. Amsterdam: Elsevier: 87-169.

Gosling E. 2015. Marine Bivalve Molluscs. Chichester: John Wiley & Sons.

Kennedy VS, Newell RI, Eble AF. 1996. Natural environmental factors// The eastern oyster *Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant: College Park: 467-513.

Riisgård HU, Bottiger L, Pleissner D. 2012. Effect of salinity on growth of mussels, *Mytilus edulis*, with special reference to Great Belt (Denmark). *Open Journal of Marine Science*, **2**: 167-176.

Riisgård HU, Larsen PS, Turja R, *et al*. 2014. Dwarfism of blue mussels in the low saline Baltic Sea: Growth to the lower salinity limit. *Marine Ecology Progress Series*, **517**: 181-192.

Tedengren M, Kautsky N. 1986. Comparative studies of the physiology and its probable effect on size in blue mussels (*Mytilus edulis*) from the North Sea and Northern Baltic proper. *Ophelia*, **25**: 147-155.

Thivakaran GA, Kasinathan R. 1990. Salinity, temperature and desiccation tolerance of intertidal gastropods *Littorina quadricentus* and *Nodilittorina pyramidalis*. *Indian Journal of Marine Sciences*, **19**: 57-60.

Westerbom W, Kilpi M, Mustonen O. 2002. Blue mussels, *Mytilus edulis*, at the edge of the range: Population structure, growth and biomass along a salinity gradient in the northeastern Baltic Sea. *Marine Biology*, **140**: 991-999.

作者简介　谢　玺,男,1983 年生,博士,助理研究员,主要从事海水养殖生态学研究。E-mail: xiexim@163.com

责任编辑　李凤芹