

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 **2012**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 4 期      2012 年 2 月      (半月刊)

## 目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响·····	马长安,徐霖林,田伟,等	(1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价·····	孙才志,杨磊	(1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征·····	侯勇,高志岭,马文奇,等	(1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟·····	高照全,冯社章,张显川,等	(1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应·····	宋春桥,游松财,柯灵红,等	(1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应·····	唐振兴,何志斌,刘鹄	(1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素·····	田风霞,赵传燕,冯兆东,等	(1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应·····	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等	(1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程·····	马井会,顾松强,陈敏,等	(1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系·····	田丰歌,徐兆礼	(1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状·····	张跃环,王昭萍,闫喜武,等	(1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征·····	李慧,王江涛	(1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响·····	魏杰,赵文,杨为东,等	(1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅·····	文世勇,宋琍琍,龙华,等	(1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应·····	陈书军,陈存根,邹伯才,等	(1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局·····	田中平,庄丽,李建贵	(1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较·····	石松利,王迎春,周红兵,等	(1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性·····	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁	(1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响·····	肖逸,王兴祥,王宏伟,等	(1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境·····	张翼飞,王炜,梁存柱,等	(1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系·····	管孝艳,王少丽,高占义,等	(1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性·····	刘春利,胡伟,贾宏福,等	(1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局·····	张春华,王宗明,居为民,等	(1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立·····	王鹏,张春庆,陈化榜,等	(1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较·····	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等	(1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表·····	曹宇,鄧军锐,孔译贤	(1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响·····	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等	(1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别·····	许文雯,孙翔,朱晓东,等	(1264)
珠三角城市绿地 CO <sub>2</sub> 通量的季节特征·····	孙春健,王春林,申双和,等	(1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例·····	吴以中,朱沁园,刘宁,等	(1283)
<b>专论与综述</b>		
湿地退化研究进展·····	韩大勇,杨永兴,杨杨,等	(1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评·····	杨荣,苏永中,王雪峰	(1308)
<b>问题讨论</b>		
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性·····	屠振力,方俐晶,王家刚	(1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响·····	杨永胜,卜崇峰,高国雄	(1327)
<b>研究简报</b>		
祁连山典型灌丛降雨截留特征·····	刘章文,陈仁升,宋耀选,等	(1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法·····	喻梅,周守标,吴晓艳,等	(1347)



**封面图说:** 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新的鸥种,因此得名)。1931年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯的桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

**彩图提供:** 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb2011101020001

张跃环, 王昭萍, 闫喜武, 虞志飞, 霍忠明, 姚托, 刘晓赫, 于瑞海. 香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状. 生态学报, 2012, 32(4): 1105-1114.

Zhang Y H, Wang Z P, Yan X W, Yu Z F, Huo Z M, Yao T, Liu X H, Yu R H. Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1105-1114.

## 香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状

张跃环<sup>1</sup>, 王昭萍<sup>1,\*</sup>, 闫喜武<sup>2</sup>, 虞志飞<sup>2</sup>, 霍忠明<sup>1</sup>, 姚托<sup>1</sup>, 刘晓赫<sup>1</sup>, 于瑞海<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学水产学院 教育部重点实验室, 青岛 266003;

2. 大连海洋大学水产与生命学院 辽宁省贝类良种繁育工程技术研究中心, 大连 116023)

**摘要:**为了评估香港巨牡蛎和长牡蛎在北方沿海的早期表型性状,于2010年7月,以2009年6月在青岛繁育的两种牡蛎为材料,在大连研究了温度(Mt:(22±1.0)℃及Ht:(28±1.0)℃)、盐度(S<sub>20</sub>:20±1.0及S<sub>30</sub>:30±1.0)及中间育成环境(ID:室内及OD:室外)对两种牡蛎幼虫及稚贝表型性状的影响。结果表明:香港巨牡蛎壳宽显著大于长牡蛎( $P<0.05$ ),壳高及怀卵量显著小于长牡蛎( $P<0.05$ ),壳长、鲜重及壳重两者间无显著差异( $P>0.05$ )。在温度和盐度相同情况下,长牡蛎卵径、受精率、孵化率及D形幼虫均大于香港巨牡蛎;香港巨牡蛎幼虫浮游前期生长较慢,而后快于长牡蛎。两种牡蛎幼虫存活能力在15日龄时高温组>中温组;相同温度下,香港巨牡蛎中盐组>高盐组,长牡蛎高盐组>中盐组。幼虫变态期间,较低的温度延迟了变态时间,降低了变态率,使得两种幼虫变态规格大型化。温度是影响幼虫生长、存活、变态的最主要因素,其次为盐度,交互作用几乎尚未起到作用。中间育成阶段,室外比室内培育效果更好,且香港巨牡蛎稚贝壳高在60日龄以后显著大于长牡蛎( $P<0.05$ ),环境是影响稚贝生长的最主要因素;无论室内还是室外两种牡蛎稚贝的存活率均在90%以上,且各实验组间无显著差异( $P>0.05$ )。

**关键词:**香港巨牡蛎;长牡蛎;温度;盐度;表型性状

## Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas*

ZHANG Yuehuan<sup>1</sup>, WANG Zhaoping<sup>1,\*</sup>, YAN Xiwu<sup>2</sup>, YU Zhifei<sup>2</sup>, HUO Zhongming<sup>1</sup>, YAO Tuo<sup>1</sup>, LIU Xiaohu<sup>1</sup>, YU Ruihai<sup>1</sup>

1 Key laboratory of Mariculture Ministry of Education, Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

2 Engineering Research Center of Shellfish Culture and Breeding in Liaoning Province, Fisheries and Life College, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China

**Abstract:** Two cupped oyster species, *Crassostrea hongkongensis* and *Crassostrea gigas* are economically and ecologically important species native to the Northern and Southern coasts of China, respectively. *C. hongkongensis* is one of the most important oyster species currently cultured due to its high market value in Southern China. The species is distributed from Fujian to Guangxi Provinces, with populations centered in Guangdong Province. *C. gigas* is the most commonly species of oyster cultured, owing to its worldwide distribution, rapid growth, and dominant position in commercial oyster cultures. In Northern China, they are farmed primarily farmed in Liaoning and Shandong Province. To determine the possibility of transplantation of *C. hongkongensis* from Southern to Northern China, the early phenotypic traits both larval and juvenile *C. hongkongensis* and *C. gigas* were determined under the identical environments, which include temperature (Mt: (22±

**基金项目:**国家重点基础研究发展规划项目(2010CB126400);国家自然科学基金项目(33712)

**收稿日期:**2011-01-02; **修订日期:**2011-06-07

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zpwang@ouc.edu.cn

1.0) and Ht: ( $28 \pm 1.0$ ) $^{\circ}\text{C}$ ), and salinity ( $S_{20}$ : ( $20 \pm 1.0$ ) and  $S_{30}$ : ( $30 \pm 1.0$ )) for larvae, and culture conditions (ID: In door condition and OD: Out door condition) for juveniles, at in Dalian, Liaoning Province in July, 2007. The results showed that the shell width of *C. hongkongensis* was significantly larger than that of *C. gigas* ( $P < 0.05$ ), but the shell height of *C. hongkongensis* was significantly smaller than that of *C. gigas* ( $P < 0.05$ ). No significant differences in terms of shell length and fecundity ( $P > 0.05$ ) were found between the species. The egg-diameter, fertilization rate, hatchery successes, and the D larval size of *C. gigas* were all larger than those of *C. hongkongensis*. The larval growth of *C. hongkongensis* was smaller than that of *C. gigas* in during the early planktonic stage, but it was larger during the later planktonic stage under the same temperature and salinity. The order of two larval survival ability was: high temperature group > middle temperature group. The middle salinity group of *C. hongkongensis* larval size was larger than that of the high salinity group, and the high salinity group of *C. gigas* larval size was larger than that of the middle salinity group with at the same temperature. Larval metamorphosis was not only delayed, but it also larval metamorphosis was declined with decreasing temperature, the larval metamorphic size increased during the larval metamorphic stage under the same condition. Larval phenotypic characteristics were mainly affected by temperature, and the secondary factor was salinity, but mutual effects showed no positive action. The environment was the major factor for growth spurts during the juvenile stage and the phenotypic characteristics of spurts outdoors were better than those of indoors. The shell height of *C. hongkongensis* was significantly larger than that of *C. gigas* later on Day 60 ( $P < 0.05$ ). The survival rates of the two species of oyster species were over 90% during the juvenile stage, and there were no significant difference between the experimental groups ( $P > 0.05$ ) was found. Our analysis explicitly demonstrates that seeds of *C. hongkongensis* were successfully achieved, and their transplantation to Northern China may yield considerable benefits. It is propitious to supply the resource of *C. hongkongensis*, and also provide the scientific base on the interspecific hybridization between two oyster species in China.

**Key Words:** *Crassostrea hongkongensis*; *C. gigas*; temperature; salinity; phenotypic character

我国是牡蛎生产大国,有着 2000 多年的养殖历史。如今牡蛎的年产量在 300 多万吨,居贝类产量之首,占贝类产量的 40%,海水养殖总量的 30%,世界总产量的 70%<sup>[1]</sup>。其中,香港巨牡蛎(*Crassostrea hongkongensis*)喜欢生活在近河口或附近有淡水注入的地方,是暖温性近岸生长的一个经济价值极高的牡蛎类群,是我国南方养殖的主要经济种,主要分布在浙江、福建、广东、广西、海南,年产量 100 多万吨。该牡蛎与其它牡蛎种类相比较,其价值主要体现在体大肉肥、味道鲜美,另外其市场价值远高于其它种类牡蛎<sup>[2]</sup>。而长牡蛎(*C. gigas*)为世界性养殖品种,主要集中在我国北方的辽宁、山东等地,年产量 80 万吨左右。由于长牡蛎生长速度快、环境适应性强、肉味鲜美,深受广大消费者青睐<sup>[3]</sup>。作为我国最重要的两种牡蛎经济种,长牡蛎的表型性状研究相对比较成功,而香港巨牡蛎表型性状的研究在南方已有一些报道<sup>[2]</sup>,但能否在北方沿海研究成功是一个新的契机和挑战。

表型性状指生物体个别或少数性状以至全部性状的表现,它是基因型和环境条件共同作用的结果<sup>[4]</sup>。有关贝类这方面的研究,主要集中在鲍鱼<sup>[5]</sup>、扇贝<sup>[6-7]</sup>、贻贝<sup>[8]</sup>、珍珠贝<sup>[9]</sup>、蛤类<sup>[10]</sup>上。至于牡蛎方面的研究相对较多,由于牡蛎的贝壳形态随着生活环境变化万千,在成体阶段,多用鲜重及出肉率来反映牡蛎的经济性状;而在其幼虫及其稚贝阶段,可以用壳高有效地反映生长情况。对于长牡蛎而言,山东省海洋水产研究所研究了水温、盐度及饵料浓度等环境因子对长牡蛎生长的影响<sup>[11]</sup>;大连海洋大学和中国海洋大学分别研究了温度、盐度对不同倍性长牡蛎表型性状的影响<sup>[12-13]</sup>;南佛罗里达州州立大学研究了养成期间长牡蛎的基因型与环境互作关系<sup>[14]</sup>;至于香港巨牡蛎,中国科学院海洋研究所与新泽西州立大学联合首次将香港巨牡蛎从近江牡蛎中区分出来<sup>[15]</sup>,中国科学院南海研究所首次研究了香港巨牡蛎早期的表型性状,并且研究了温度、盐度及其基因与环境互作的关系<sup>[2]</sup>。本文以在北方繁育的香港巨牡蛎和长牡蛎为亲本,将长牡蛎作为对照组,在北方沿海在不同温度、盐度及其育成条件下首次评估了香港巨牡蛎的早期表型性状,为其移植、驯化及其南贝

北繁,北苗南养及其资源恢复和维护其生物多样性提供了科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 亲贝来源及性腺促熟

长牡蛎原始亲本来自于山东烟台,香港巨牡蛎来自于广东深圳。在自然条件下,两种牡蛎在分布及其繁育表型性状上存在一定的差异(表 1)。本文使用的亲贝为 2009 年 6 月在青岛崂山海珍品有限公司繁育的苗种,在大连海量水产食品有限公司生态池中养成的 1 龄香港巨牡蛎和长牡蛎。促熟期间,水温 7.5—29.6 °C,盐度 25—30,pH 值 7.80—8.84。

表 1 香港巨牡蛎及长牡蛎繁殖性状比较<sup>[16]</sup>

Table 1 Comparison of breeding traits both *C. hongkongensis* and *C. gigas*<sup>[16]</sup>

类别 Items	香港巨牡蛎 <i>C. hongkongensis</i>	长牡蛎 <i>C. gigas</i>
繁殖季节 Breeding reseason *	6—8 月	5—7 月
繁殖水温 Breeding temperature *	22—30 °C	>20 °C
繁殖盐度 Breeding salinity *	10—20	20—32

### 1.2 实验设计

为了进一步查明温度、盐度对 2 种牡蛎早期性状的影响。考虑到香港巨牡蛎本产于南方沿海,属于高温种类;同时配合北方夏季最高自然水温,设计 2 个温度梯度,即中温组 Mt:(22±1.0)°C;高温组 Ht:(28±1.0)°C。同时,设计 2 个盐度梯度,即中盐组 S<sub>20</sub>:20±1.0;高盐组 S<sub>30</sub>:30±1.0。这样,对于 2 种牡蛎的孵化,幼虫生长、存活及变态就设计了 8 个实验组:分别为香港巨牡蛎高温高盐组 H<sub>H30</sub>、高温中盐组 H<sub>H20</sub>,长牡蛎高温高盐组 G<sub>H30</sub>、高温中盐组 G<sub>H20</sub>;香港巨牡蛎中温组高盐组 H<sub>M30</sub>、中温中盐组 H<sub>M20</sub>,长牡蛎中温高盐组 G<sub>M30</sub>、中温中盐组 G<sub>M20</sub>,每个实验组设置 3 个重复(表 2)。

当牡蛎幼虫完成变态以后,为了进一步查明中间育成环境对两种稚贝生长、存活的影响。设计了室内(ID:60 m<sup>3</sup>育苗场内水泥池)和室外(OD:133400 m<sup>2</sup>生态虾池,平均水深在 1.8 m)两种中间育成条件,共设置 4 个实验组(室内香港巨牡蛎组 H<sub>1</sub>、室内长牡蛎组 G<sub>1</sub>,室外香港巨牡蛎组 H<sub>0</sub>、室外长牡蛎组 G<sub>0</sub>),每个实验组设有 3 个重复(表 2)。

表 2 实验设计方案

Table 2 The design of experiments

种类 Species	孵化及幼虫阶段 Hatching and larval stages			稚贝阶段 Juvenile stage	
		Ht	Mt	ID	OD
香港巨牡蛎 <i>C. hongkongensis</i>	S <sub>30</sub>	H <sub>H30</sub>	H <sub>M30</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>
	S <sub>20</sub>	H <sub>H20</sub>	H <sub>M20</sub>		
长牡蛎 <i>C. gigas</i>	S <sub>30</sub>	G <sub>H30</sub>	G <sub>M30</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>
	S <sub>20</sub>	G <sub>H20</sub>	G <sub>M20</sub>		

Ht: 高温组;Mt: 中温组;ID: 室内水泥池;OD: 室外生态虾池

### 1.3 精卵获得及孵化

至 2010 年 7 月初,2 种牡蛎子一代性腺同步成熟。随机选取香港巨牡蛎及长牡蛎亲贝各 25 个,按照 Xu 等<sup>[17]</sup>解剖牡蛎的方法,获得精卵。选取 2 种牡蛎精卵质量高的雌雄各 16 个个体,进行自交,获得 2 种牡蛎的自繁系。孵化期间,受精卵的孵化密度控制在 40—50 个/mL。

### 1.4 幼虫培育

幼虫培育在 80 L 的白色塑料桶中进行,密度为 5—6 个/mL。每个实验组设置 3 个重复。每天换水 1 次,每次换水量 100%。每天投喂 2 次,6 日龄以前饵料为湛江等边金藻(*Isochrysis galbana*),而后为湛江等边金藻和小球藻(*Chlorella vulgaris*)(体积 1:1)混合投喂,投饵量根据幼虫摄食情况而定。当幼虫出现眼点时,用扇贝串作为附着基进行采苗。为防止不同实验组幼虫间混杂,换水网箱单独使用。幼虫培育期间,定期对幼虫密度进行调整,使各实验组密度保持一致。

### 1.5 稚贝育成

当幼虫变态后,稚贝固着在附着基上。室内培养在 60 m<sup>3</sup> 水泥池中进行,将一串串扇贝壳附着基置于池中,每种牡蛎随机选取 30 串。室外培养在生态虾池中进行,每种牡蛎 30 串,每串上约有扇贝壳 60 片,每片上有苗 10—15 个。在此期间,室内用水在砂滤的基础上,用 400 目筛绢网过滤,防止外来牡蛎幼虫污染;室外采用空白扇贝串的方法,检测是否有外来牡蛎幼虫污染。室内外中间育成期间,其水温 18.4—24.8 °C,盐度 24—27,pH 值 7.60—8.92。

### 1.6 指标测定

测定指标包括:两种牡蛎亲本壳高、壳长、壳宽、鲜重、壳重及怀卵量,胚胎及子代幼虫 3,9,15 日龄的壳高及存活率,18—30 日龄幼虫的变态率、变态时间及变态规格,45,60 和 90 日龄稚贝壳高及存活率。

重量采用电子天平测量,精确至 0.001 g;怀卵量为每个雌体牡蛎收集到卵子的平均值;卵径在显微镜下用目微尺(100×)测量,受精率为受精卵数量与受精前总卵量的百分比;孵化率为 D 形幼虫数量与受精卵数量的百分比。

变态规格为初生壳与次生壳交界处壳缘的最小壳高值。壳高 ≤ 400 μm 的幼虫在显微镜下用目微尺(100×)测量;壳高 ≥ 3000 μm 的稚贝采用电子游标卡尺测量。每次测量时,每个重复随机测量 30 个个体。

幼虫存活率为不同日龄幼虫数量与初孵 D 形幼虫数量的百分比;变态率为出现鳃原基、足、次生壳稚贝数与足面盘幼虫数量的百分率;变态时间为从幼虫培育开始至 50% 幼虫完成变态的时间;稚贝存活率为不同日龄稚贝数量与刚刚完成变态稚贝数量的百分率。

### 1.7 数据分析

为了减小方差齐性,所有的卵径、壳高、变态时间均转化对数 LOG10,所有的受精率、存活率、变态率均转化为反正弦函数 Asin。用 SPSS16.0 统计软件对数据进行分析处理,不同试验组间数据的比较采用单因素方差分析方法(One-way ANOVA),用 Turkey 法进行组间多重比较,差异显著性设置为  $P < 0.05$ 。

参照 Cruz and Ibarra<sup>[18]</sup>、Zhang 等<sup>[19]</sup>等利用双因子分析模型检测温度及盐度对两种牡蛎幼虫生长与存活的影响:

$$Y_{ijk} = u + T_i + S_j + (T \times S)_{ij} + e_{ijk}$$

式中, $Y_{ijk}$  为  $k$  个重复  $i$  个温度  $j$  个盐度方式下的平均壳高(存活率); $u$  为常数; $T_i$  为壳高(存活率)温度效应( $i=1, 2$ ); $S_j$  为壳高(存活率)盐度效应( $j=1, 2$ ); $(T \times S)_{ij}$  为温度与盐度交互作用; $e_{ijk}$  为随机误差( $k=1, 2, 3$ )。

同时,利用双因子分析模型检测中间育成环境及种类对牡蛎稚贝生长与存活的影响:

$$Y_{ijk} = u + E_i + S_j + (E \times S)_{ij} + e_{ijk}$$

式中, $Y_{ijk}$  为  $k$  个重复  $i$  个环境  $j$  个种类方式下的壳高(存活率); $u$  为常数; $E_i$  为壳高(存活率)环境效应( $i=1, 2$ ); $S_j$  为壳高(存活率)品种效应( $j=1, 2$ ); $(E \times S)_{ij}$  为环境与品种交互作用; $e_{ijk}$  为随机误差( $k=1, 2, 3$ )。

## 2 结果

### 2.1 亲贝形态、重量及怀卵量

如表 3 所示,香港巨牡蛎的壳宽显著大于长牡蛎( $P < 0.05$ ),但壳高和怀卵量显著小于长牡蛎( $P < 0.05$ );壳长、鲜重及壳重二者间无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 3 香港巨牡蛎及长牡蛎亲贝形态、鲜重、壳重及怀卵量

Table 3 Shell shape, fresh weight, shell weight, fecundity both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

种类 Species	壳高/mm Shell length	壳长/mm Shell length	壳宽/mm Shell width	鲜重/g Fresh weight	壳重/g Shell weight	怀卵量 Fecundity (/10 <sup>4</sup> /个)
香港巨牡蛎 <i>C. hongkongensis</i>	69.52 ± 4.17 b	34.97 ± 3.45 a	30.33 ± 2.71 a	72.30 ± 3.46 a	30.25 ± 2.07 a	65.00 ± 7.60 b
长牡蛎 <i>C. gigas</i>	82.21 ± 5.89 a	38.14 ± 3.85 a	21.36 ± 2.93 b	78.30 ± 4.72 a	31.90 ± 2.59 a	471.00 ± 50.80 a

表中小写字母表示组间差异性;每列字母相同表示差异不显著

## 2.2 卵径、受精率、孵化率及 D 形幼虫大小

香港巨牡蛎的卵径、D 形幼虫规格显著小于长牡蛎 ( $P>0.05$ ) (表 4)。在高温条件下,长牡蛎的受精率及孵化率大于香港巨牡蛎。在盐度 30 情况下,长牡蛎的受精率和孵化率显著大于香港巨牡蛎 ( $P<0.05$ );在盐度 20 情况下,长牡蛎与香港巨牡蛎的受精率及孵化率彼此间无显著差异 ( $P>0.05$ )。在中温条件下,长牡蛎的受精率显著大于香港巨牡蛎 ( $P<0.05$ ),盐度对香港巨牡蛎孵化率影响显著 ( $P<0.05$ ),对长牡蛎几乎没有影响 ( $P>0.05$ ) (表 4)。从总体水平上来看,温度是影响香港巨牡蛎和长牡蛎受精率和孵化率的最主要因素,盐度对香港巨牡蛎受精及其孵化有一定的影响;而盐度是影响这两种牡蛎 D 形幼虫规格的主要因素 (表 5)。

表 4 香港巨牡蛎及长牡蛎卵径、受精率、孵化率及 D 形幼虫大小

Table 4 Egg diameter, fertilized rate, hatching rate, and size of D larvae both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

实验组 Experimental groups	卵径 Egg diameter/ $\mu\text{m}$	受精率 Fertilized rate/%	孵化率 Hatching rate/%	D 形幼虫规格 D larval size/ $\mu\text{m}$	
Ht 组	H <sub>H30</sub>	48.75 $\pm$ 0.83 B	91.08 $\pm$ 3.18 C	86.09 $\pm$ 5.23 B	69.41 $\pm$ 0.63 C
Ht group	H <sub>H20</sub>		94.88 $\pm$ 3.82 BC	90.48 $\pm$ 4.30 AB	70.17 $\pm$ 0.67 C
	G <sub>H30</sub>	52.28 $\pm$ 0.92 A	99.30 $\pm$ 0.92 A	95.46 $\pm$ 4.44 A	75.17 $\pm$ 0.90 B
	G <sub>H20</sub>		97.73 $\pm$ 1.53 AB	91.53 $\pm$ 3.33 AB	76.78 $\pm$ 0.87 A
	Mt 组	H <sub>M30</sub>	48.75 $\pm$ 0.83 b	75.77 $\pm$ 6.60 b	54.83 $\pm$ 3.04 c
Mt group	H <sub>M20</sub>		81.16 $\pm$ 3.53 b	69.42 $\pm$ 4.89 b	70.84 $\pm$ 0.73 c
	G <sub>M30</sub>	52.28 $\pm$ 0.92 a	96.00 $\pm$ 3.27 a	91.89 $\pm$ 2.72 a	76.22 $\pm$ 0.86 b
	G <sub>M20</sub>		94.40 $\pm$ 3.48 a	89.32 $\pm$ 2.45 a	77.90 $\pm$ 0.89 a

大写字母表示高温组中的幼虫壳高差异显著性,小写字母表示中温组里的幼虫壳高差异性;字母相同表示差异不显著

表 5 温度、盐度对两种牡蛎受精率、孵化率及 D 形幼虫大小影响差异分析

Table 5 Analyses of variance showing temperature and salinity effects for fertilized rate, hatching rate, and size of D larvae both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

来源 Source	df	受精率 Fertilized rate		孵化率 Hatching rate		D 形幼虫规格 D larval size		
		MS	P	MS	P	MS	P	
香港巨牡蛎	T	1	0.371	0.000 **	0.688	0.000 **	4.567	0.113
<i>C. hongkongensis</i>	S	1	0.042	0.065	0.080	0.001 **	0.000	0.020 *
	T×S	1	0.001	0.722	0.008	0.200	1.726	0.745
长牡蛎	T	1	0.070	0.047 *	0.036	0.037 *	0.000	0.025 *
<i>C. gigas</i>	S	1	0.036	0.139	0.030	0.052	0.000	0.002 **
	T×S	1	0.001	0.756	0.004	0.442	9.494	0.949
香港巨牡蛎×长牡蛎	T	1	0.382	0.005 **	0.503	0.002 **	0.000	0.521
<i>C. hongkongensis</i> × <i>C. gigas</i>	S	1	0.000	0.960	0.004	0.747	0.000	0.326
	T×S	1	8.777	0.996	0.012	0.594	1.322	0.956

*C. hongkongensis*×*C. gigas* 表示香港巨牡蛎与长牡蛎种间的交互作用;MS 表示均方; \* 表示差异显著 ( $P<0.05$ ), \*\* 表示差异极显著 ( $P<0.01$ )

## 2.3 幼虫生长、存活及变态

在幼虫培育过程中,香港巨牡蛎幼虫生长前期慢于长牡蛎,而后快于长牡蛎。2 种牡蛎高温组幼虫规格明显大于中温组;2 种盐度下,香港巨牡蛎盐度 20 组幼虫显著大于盐度 30 组 ( $P<0.05$ ),而长牡蛎盐度 20 组幼虫显著小于盐度 30 组。3 日龄时,高温组中 G<sub>H30</sub> 壳高显著大于其它实验组 ( $P<0.05$ ),低温组中 G<sub>M30</sub> 壳高最大,且各实验组间壳高差异显著 ( $P<0.05$ );9 日龄时,高温组中 G<sub>H30</sub> 壳高仍最大,与 H<sub>H20</sub> 无显著差异 ( $P>0.05$ ),中温组中各实验组幼虫壳高彼此间差异显著 ( $P<0.05$ );15 日龄时,高温组中 H<sub>H20</sub> 壳高最大,显著大于其它实验组 ( $P<0.05$ ),中温组中 H<sub>M20</sub> 壳高最大,显著大于其它实验组 (表 6)。从总体水平上看,2 种牡蛎的幼虫大小主要受温度影响,其次为盐度,温盐度交互作用未起到作用。对于香港巨牡蛎而言,温度、盐度是影响幼虫生长的主要因素;对于长牡蛎而言,除温度、盐度起到主要的影响作用外,交互作用也表现出相对显著

的影响(表7)。

表6 香港巨牡蛎及长牡蛎浮游期幼虫的生长/( $X \pm SD$ )  $\mu\text{m}$ )

Table 6 Larval growth both *C. hongkongensis* and *C. gigas* in the planktonic period

实验组 Experimental groups		幼虫日龄 Age of larvae /d		
		3	9	15
Ht 组 Ht group	HH <sub>30</sub>	97.00 $\pm$ 3.62 C	167.35 $\pm$ 9.08 B	306.00 $\pm$ 14.04 B
	HH <sub>20</sub>	102.50 $\pm$ 3.41 B	177.70 $\pm$ 12.64 A	317.18 $\pm$ 10.81 A
	GH <sub>30</sub>	113.50 $\pm$ 4.76 A	192.85 $\pm$ 8.17 A	302.50 $\pm$ 16.44 B
	GH <sub>20</sub>	103.00 $\pm$ 3.82 B	161.55 $\pm$ 9.00 B	279.00 $\pm$ 19.61 C
Mt 组 Mt group	HM <sub>30</sub>	79.23 $\pm$ 2.54 d	116.69 $\pm$ 6.21 d	253.18 $\pm$ 22.30 c
	HM <sub>20</sub>	85.97 $\pm$ 2.93 c	127.35 $\pm$ 5.68 c	284.50 $\pm$ 17.92 a
	GM <sub>30</sub>	96.70 $\pm$ 3.06 a	179.16 $\pm$ 10.34 a	264.33 $\pm$ 15.91 b
	GM <sub>20</sub>	90.70 $\pm$ 3.33 b	163.00 $\pm$ 6.51 b	245.00 $\pm$ 20.96 d

表7 温度、盐度对2种牡蛎幼虫生长与存活影响的差异分析

Table 7 Analyses of variance showing temperature and salinity effects for larval growth and survival both *C. hongkongensis* and *C. gigas*.

来源 Source	df	壳高 Shell height		存活 Survival rate			
		MS	P	MS	P		
3 日龄 Day3	香港巨牡蛎 <i>C. hongkongensis</i>	T	1	0.202	0.000 **	0.211	0.000 **
		S	1	0.026	0.000 **	0.130	0.001 **
		T×S	1	0.001	0.040 *	0.002	0.602
	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	T	1	0.116	0.000 **	0.165	0.000 **
		S	1	0.037	0.000 **	0.215	0.000 **
		T×S	1	0.002	0.015 *	0.180	0.000 **
9 日龄 Day9	香港巨牡蛎×长牡蛎 <i>C. hongkongensis</i> × <i>C. gigas</i>	T	1	0.313	0.000 **	0.426	0.000 **
		S	1	0.002	0.125	0.001	0.805
		T×S	1	0.000	0.535	0.072	0.047 *
	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	T	1	0.670	0.000 **	0.168	0.006 **
		S	1	0.029	0.000 **	0.085	0.036 *
		T×S	1	0.002	0.117	0.001	0.787
15 日龄 Day15	香港巨牡蛎×长牡蛎 <i>C. hongkongensis</i> × <i>C. gigas</i>	T	1	0.397	0.000 **	0.162	0.021 *
		S	1	0.011	0.084	0.002	0.786
		T×S	1	0.009	0.117	0.047	0.199
	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	T	1	0.130	0.000 **	0.110	0.001 **
		S	1	0.034	0.000 **	0.098	0.001 **
		T×S	1	0.009	0.000 **	0.002	0.541
香港巨牡蛎×长牡蛎 <i>C. hongkongensis</i> × <i>C. gigas</i>	T	1	0.099	0.000 **	0.018	0.388	
	S	1	0.035	0.000 **	0.415	0.001 **	
	T×S	1	4.271	0.044 *	0.164	0.019 *	

从存活性状上,高温组幼虫平均存活率高于中温组;在高温条件下,长牡蛎存活率与香港巨牡蛎差异很小,在中温条件下,长牡蛎存活率略高于香港巨牡蛎。3—15 日龄期间,高温组中 G<sub>H30</sub> 最高,与 H<sub>H20</sub> 无显著差



异( $P>0.05$ ),显著大于另外2个实验组( $P<0.05$ );中温组中  $H_{M30}$  最小,3日龄时显著小于其它实验组( $P<0.05$ ),9—15日龄期间与  $G_{M20}$  无显著差异( $P>0.05$ ),显著小于另外2个实验组( $P<0.05$ )(表8)。从总体水平上看,3日龄时,2种牡蛎幼虫存活率受温度和温盐度交互作用影响;9日龄时,存活率主要受温度影响;15日龄时,存活率主要受温度影响,但是影响作用不显著。对于香港巨牡蛎而言,存活率受到温度影响,其次为盐度,温盐度的交互作用未起到显著作用。对于长牡蛎而言,3—9日龄,存活率受到盐度、温度及其交互作用的共同影响,15日龄时,以盐度的影响为主,交互作用为辅,温度几乎未起到影响作用(表7)。

表8 香港巨牡蛎及长牡蛎浮游期幼虫的存活/(( $X\pm SD$ )%)Table 8 Larval survival both *C. hongkongensis* and *C. gigas* in the planktonic period

实验组 Experimental groups		幼虫日龄 Age of larvae/d		
		3	9	15
Ht 组 Ht group	$H_{H30}$	94.17 ± 3.82 B	84.67 ± 7.25 B	81.65 ± 9.25 B
	$H_{H20}$	97.79 ± 2.55 AB	93.09 ± 8.78 AB	90.20 ± 6.42 A
	$G_{H30}$	99.83 ± 0.30 A	96.81 ± 4.06 A	92.73 ± 7.78 A
	$G_{H20}$	91.63 ± 2.92 C	80.06 ± 8.78 C	75.47 ± 9.91 B
Mt 组 Mt group	$H_{M30}$	83.20 ± 5.88 b	77.44 ± 5.35 b	72.58 ± 5.83 b
	$H_{M20}$	92.63 ± 4.03 a	87.90 ± 5.10 a	81.15 ± 7.95 a
	$G_{M30}$	90.53 ± 2.89 a	85.62 ± 5.83 a	82.18 ± 9.62 a
	$G_{M20}$	88.85 ± 4.42 a	82.31 ± 4.98 ab	75.18 ± 6.42 ab

从其幼虫变态的各项指标上看,温度降低延迟了变态时间,降低了变态率,使得幼虫的变态规格大型化。从变态时间上,香港巨牡蛎幼虫在高温条件下的平均变态时间少于长牡蛎,而在中温条件下则多于长牡蛎;从变态率上看,香港巨牡蛎的变态率低于长牡蛎;从变态规格上看,香港巨牡蛎的平均变态规格小于长牡蛎(表9)。从总体水平上分析,温度是影响两种牡蛎幼虫变态的最主要因素。对于香港巨牡蛎和长牡蛎而言,幼虫变态受温度影响为主,盐度为辅(表10)。

表9 香港巨牡蛎及长牡蛎幼虫变态指标

Table 9 Metamorphic index both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

实验组 Experimental groups		变态时间	变态率	变态规格
		Metamorphic time/d	Metamorphosis /%	Metamorphic size / $\mu\text{m}$
Ht 组 Ht group	$H_{H30}$	22.33 ± 0.58 AB	85.45 ± 3.98 B	331.33 ± 4.84 D
	$H_{H20}$	20.00 ± 1.00 C	94.83 ± 3.39 AB	340.69 ± 4.32 C
	$G_{H30}$	21.67 ± 1.53 BC	98.13 ± 1.86 A	350.99 ± 5.57 A
	$G_{H20}$	24.33 ± 1.15 A	96.57 ± 3.09 A	340.94 ± 4.64 BC
Mt 组 Mt group	$H_{M30}$	31.67 ± 1.53 a	33.75 ± 5.49 b	361.33 ± 3.62 b
	$H_{M20}$	29.00 ± 1.00 b	45.40 ± 8.98 b	374.72 ± 4.28 a
	$G_{M30}$	25.00 ± 1.00 c	95.24 ± 3.72 a	380.50 ± 3.90 a
	$G_{M20}$	27.33 ± 1.53 b	92.98 ± 2.49 a	365.95 ± 3.47 b

表10 温度、盐度对两种牡蛎幼虫变态参数的差异分析

Table 10 Analyses of variance showing temperature and salinity effects for larval metamorphosis both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

来源 Source	df	变态时间		变态率		变态规格		
		Metamorphic time		Metamorphosis		Metamorphic size		
		MS	P	MS	P	MS	P	
香港巨牡蛎 <i>C. hongkongensis</i>	T	1	0.098	0.000 **	2.175	0.000 **	0.006	0.000 **
	S	1	0.007	0.000 **	0.133	0.002 **	0.001	0.000 **
	T×S	1	0.000	0.503	0.012	0.265	1.335	0.458
长牡蛎 <i>C. gigas</i>	T	1	0.013	0.000 **	0.067	0.056	0.004	0.000 **
	S	1	0.008	0.001 **	0.026	0.209	0.001	0.000 **
	T×S	1	0.000	0.546	0.000	0.910	1.849	0.334
香港巨牡蛎×长牡蛎 <i>C. hongkongensis</i> × <i>C. gigas</i>	T	1	0.091	0.000 **	1.502	0.002 **	0.010	0.000 **
	S	1	4.734	0.957	0.020	0.685	1.302	0.912
	T×S	1	2.121	0.971	0.007	0.807	2.047	0.965

## 2.4 稚贝生长及存活

对于生长性状而言,香港巨牡蛎稚贝的壳高在 45 日龄时与长牡蛎无显著差异( $P>0.05$ ),而后显著大于长牡蛎( $P<0.05$ )。45 日龄时,室内外培育的香港巨牡蛎壳高与长牡蛎无显著差异( $P>0.05$ );60—90 日龄期间,室内外育成的香港巨牡蛎稚贝均显著与长牡蛎( $P<0.05$ ),且两种牡蛎稚贝在室内外的大小存在显著差异( $P<0.05$ )(表 11)。育成环境与种类对稚贝生长差异方差分析表明:环境是影响稚贝生长的最主要因素,其次为育成种类,至于交互作用几乎尚未起到任何作用(表 12)。

对于存活性状而言,各实验组稚贝在中间育成阶段存活率均在 90% 以上,无论是室内外还是种类之间均无显著差异( $P>0.05$ )(表 13)。在此期间,存活率主要受种类影响,但是影响效果不显著(表 12)。

表 11 香港巨牡蛎及长牡蛎稚贝生长比较/( $\bar{X}\pm SD$ )mm)

Table 11 Juvenile growth both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

实验组 Experimental groups		稚贝日龄 Age of juvenile/d		
		45	60	90
室内 Indoor stage	H <sub>1</sub>	6.01 ± 0.86 bc	9.66 ± 1.38 c	14.52 ± 2.70 c
	G <sub>1</sub>	5.77 ± 0.84 c	8.54 ± 1.76 d	12.77 ± 2.47 d
室外 Outdoor stage	H <sub>0</sub>	6.74 ± 1.28 a	12.22 ± 2.89 a	18.94 ± 3.21 a
	G <sub>0</sub>	6.35 ± 0.61 ab	11.08 ± 2.10 b	17.46 ± 3.75 b

H<sub>1</sub>、G<sub>1</sub>、H<sub>0</sub>、G<sub>0</sub> 分别表示香港巨牡蛎和长牡蛎稚贝在室内与室外中间育成实验组;每一列字母相同表示差异不显著

表 12 环境、种类对牡蛎稚贝生长与存活影响的差异分析

Table 12 Analyses of variance showing environment and species effects for juvenile growth and survival both *C. hongkongensis* and *C. gigas*.

来源 Source	df	壳高 Shell height		存活 Survival rate		
		M. S.	P	M. S.	P	
45 日龄 Day45	E	1	0.062	0.000 **	0.001	0.624
	S	1	0.011	0.012	0.004	0.658
	E×S	1	2.431	0.938	0.002	0.768
60 日龄 Day60	E	1	0.356	0.000 **	7.444	0.957
	S	1	0.067	0.000 **	0.003	0.743
	E×S	1	0.000	0.643	2.481	0.975
90 日龄 Day90	E	1	0.480	0.000 **	0.008	0.385
	S	1	0.063	0.000 **	0.016	0.226
	E×S	1	0.003	0.218	0.001	0.723

表 13 香港巨牡蛎及长牡蛎稚贝存活比较/( $\bar{X}\pm SD$ )%)

Table 13 Juvenile survival both *C. hongkongensis* and *C. gigas*

实验组 Experimental groups		稚贝日龄 Age of juvenile/d		
		45	60	90
室内 Indoor stage	H <sub>1</sub>	98.24 ± 2.71 a	95.18 ± 4.64 a	92.43 ± 2.56 a
	G <sub>1</sub>	97.67 ± 3.94 a	93.97 ± 5.21 a	90.34 ± 5.80 a
室外 Outdoor stage	H <sub>0</sub>	98.08 ± 2.51 a	95.76 ± 2.84 a	94.06 ± 5.33 a
	G <sub>0</sub>	97.14 ± 2.44 a	94.16 ± 5.01 a	91.65 ± 3.52 a

## 3 讨论

亲本间遗传差异无疑会影响子代的表现型,尤其是不同的物种间,在不同环境下表达会有所差异。从遗传距离上看,长牡蛎与香港巨牡蛎是巨蛎属中遗传距离较大的二者<sup>[15, 20]</sup>。除此之外,这两种牡蛎在分布区域上也存在着较大差异。香港巨牡蛎主要生活在浙江以南;而长牡蛎自北向南(大连至三亚),均有分布。但二者之间几乎不存在生活重叠区,不存在中间过渡类型<sup>[21]</sup>。本研究中,在相同育成条件下,亲本壳长与鲜重二

者间不存在显著差异,但怀卵量上看香港巨牡蛎远不如长牡蛎,这一点与在繁殖期时采捕的野生长牡蛎和香港巨牡蛎表现一致,说明香港巨牡蛎受其自身遗传影响仍然保存着怀卵量小的特点。在相同实验条件下,可以排除环境因子对表型性状的影响,其子代表现型主要来自与亲本间遗传差异。

从本研究的结果上看,温度是影响幼虫生长、存活及变态的最主要因素,其次为盐度,而交互作用的影响不大。首先,温度是水环境中极为重要的因素。一方面它直接影响着机体的代谢强度,从而控制个体的生长、发育、数量消长和分布等;另一方面温度又影响着水中物理、化学因素动态,又间接地支配着生物的生活及其生存。其次,盐度也是水环境中较为重要的环境因子。水生生物适应于不同的盐度环境中,经常存在着与外界间的水盐代谢,而且在进化的过程中,形成了各自不同的水盐代谢机制,保持机体渗透压的稳定,防止体内过分的脱水或者充水<sup>[22]</sup>。香港巨牡蛎在南方主要分布在有河口注入的海湾,适应于中低盐环境,尤其是盐度在 15—20 区间内<sup>[2]</sup>;而长牡蛎适应于中高盐环境,尤其是盐度 30 左右是长牡蛎生存的最适宜盐度。从本文结果上看,香港巨牡蛎喜欢高温中盐,而长牡蛎则是喜欢中温高盐环境,这与二者在其自然分布是一致的。最后,相互作用对两种牡蛎表型性状的影响作用不大。分析其主要原因:是由于长牡蛎与香港巨牡蛎本身具有着一定程度的耐受温度、盐度变化的能力导致的。

几乎所有贝类重要的经济性状不仅受基因和环境的影响,而且大多受这两者互作的影响。这往往是由于控制这些经济性状的基因,其表达程度与生长环境存在一定的依赖关系所致<sup>[23]</sup>。本研究中,室内外稚贝生长差异可能是由于养殖生境大小产生的瓶颈效应引起的,因为室内环境完全是人工培养模式,容积仅仅为 60 m<sup>3</sup> 水泥池;而室外在生态虾池中暂养,其容积约为 240000 m<sup>3</sup>,几乎接近天然环境。再有,室内条件下使用的饵料种类相对单一,仅仅为小球藻和金藻,而室外暂养条件下的饵料相对丰富。通过双因子分析模型发现,品种间交互作用对两种牡蛎稚贝表型性状有显著影响,但室内外培育环境是表型差异主要影响因子,至于二者间交互作用几乎尚未起到影响作用。这充分说明:贝类表型性状评估与环境是密不可分的,在有利于贝类生长的环境下,可能会获得更大的遗传改良效果;而在不利于贝类生长的环境中,则可能会导致基因型无法充分表达。这与学者们先后研究的基因型与环境互作对皱纹盘鲍<sup>[5]</sup>、长牡蛎<sup>[14]</sup>、珠母贝<sup>[24]</sup>等生长性状影响结果一致。总之,本研究首次在北方相同的环境下开展了长牡蛎、香港巨牡蛎早期表型性状研究,发现香港巨牡蛎苗种在北方是可以育成的,在适宜的条件下,会获得较好的经济效益;这为其南贝北繁,北苗南养及其与长牡蛎的种间杂交提供了科学依据

#### References:

- [ 1 ] Chinese Fisheries Association. Chinese 2008 Fisheries Annals. Beijing: Agriculture Press, 2008: 321-321.
- [ 2 ] Xiao S. Studies on Quantitative Genetics and Selective Breeding of the Hongkong Oyster *Crasstrea Hongkongensis*. Guangzhou: South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2010: 28-29.
- [ 3 ] Yu R H, Li Q, Wang Z P, Kong L F. A review of artificial breeding and culture on Pacific oyster *Crasstrea gigas* in Northern. China Scientific Fish, 2008, 23(6): 3-5.
- [ 4 ] Yan X W, Zhang Y H, Huo Z M, Sun H Q, Yang F, Zhang G F. Studies on phenotypic traits of different shell color strains F<sub>2</sub> of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(6): 701-709.
- [ 5 ] Deng Y W. Studies on Quantitative Genetics and Breeding of Pacific Abalone. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2005: 89.
- [ 6 ] Liu X, Sun B, Zhang G F, Wang C D, Zhang Y R, Gu Z, Zhang F S. Morphology and genetic differentiation in offsprings of four transplanted bay scallop populations. Oceanologia et limnologia Sinica, 2006, 37(1): 61-68.
- [ 7 ] Zheng H P, Zhang G F, Liu X. Comparison of growth and survival of larvae among different shell color stocks of bay scallop *Argopecten irradians* (Lamarck 1819). Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2005, 23(2): 183-188.
- [ 8 ] Zhang Y H, Zhao S L. Mussel species and growth developing investigation around Shengshan archipelago. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science, 2003, 22(1): 67-73.
- [ 9 ] Wang Q H, Deng Y W, Du X D, Fu S. Growth comparison of F<sub>1</sub> larvae between four shell color lines of pearl oyster *Pinctada martensii*. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(3): 488-492.

- [10] Zhang Y H, Yan X W, Yang F, Zhang G F. Comparison of growth and development of two shell-shape lines of Dalian population Manila clam. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4246-4252.
- [11] Zhou G Z, Mu S D. Effects of environmental conditions on the growth of *Crassostrea gigas* in culture. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 1998, 19(2): 44-48.
- [12] Zhou Y B, Song J, Li Y Y, Li H T, Zhang G F. Comparison of bioenergetics between triploid *Crassostrea gigas* and sibling diploid. *Journal of Fisheries of China*, 2000, 24(6): 504-509.
- [13] Wang F, Wang Z P, Dong S L, Dong S S, Lu B Q. Effects of salinity on respiration and excretion of diploid and triploid oysters *Crassostrea gigas*. *Marine Science*, 2003, 27(6): 73-76.
- [14] Evans S, Langdon C. Effects of genotype environment interactions on the selection of broad adapted pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture*, 2006, 261(2): 522-534.
- [15] Wang H Y, Guo X M, Zhang G F, Zhang F S. Classification of Jinjiang oysters *Crassostrea rivularis* (Gould, 1861) from China based on morphology and phylogenetic analysis. *Aquaculture*, 2004, 242(1/4): 137-155.
- [16] Wang R C, Wang Z P. *Marine Shellfish Aquaculture*. Qingdao: Ocean University of China Press, 2008: 132-136.
- [17] Xu F, Zhang G F, Liu X, Zhang S D, Shi B, Guo X M. Laboratory hybridization between *Crassostrea ariakensis* and *C. sikamea*. *Journal of Shellfish Research*, 2009, 28(3): 453-458.
- [18] Ibarra A M, Cruz P, Romero B A. Effects of inbreeding on growth and survival of self-fertilized catarina scallop larvae, *Argopecten circularis*. *Aquaculture*, 1995, 134(1/2): 37-47.
- [19] Zhang H B, Liu X, Zhang G F, Wang C D. Growth and survival of reciprocal crosses between two bay scallops, *Argopecten irradians concentricus* Say and *A. irradians irradians* Lamarck. *Aquaculture*, 2007, 272(S1): 88-93.
- [20] Wang Y P, Guo X M. ITS length polymorphism in oysters and its use in species identification. *Journal of Shellfish Research*, 2008, 27(3): 489-493.
- [21] Wang H Y. *Studies on the Molecular Phylogeny and Taxonomy of Common Oyster in China Seas* [D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2004: 108-109.
- [22] Dong S L, Zhao W. *Aquaculture Water Area Ecology*. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 21-30.
- [23] Delacy I H, Eisemann R L, Cooper M. The importance of genotype-by-environment in regional variety trials // Kang M S, ed. *Genotype-by-Environment Interaction and Plant Breeding*. Baton Rouge: Louisiana State University, 1990: 108-117.
- [24] Kvingedal R, Evans B S, Lind C E, Taylor J J U, Dupont-Nivet M, Jerry D R. Population and family growth response to different rearing location, heritability estimates and genotype environment interaction in the silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*). *Aquaculture*, 2010, 304(1/4): 1-6.

#### 参考文献:

- [1] 中国渔业协会. 中国渔业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2008: 321-321.
- [2] 肖述. 香港巨牡蛎 (*Crassostrea hongkongensis*) 数量遗传学与选择育种研究. 广州: 中国科学院南海水产研究所, 2010: 28-29.
- [3] 于瑞海, 李琪, 王昭萍, 孔令峰. 我国北方太平洋牡蛎育苗及养殖现状. *科学养鱼*, 2008, 23(6): 3-5.
- [4] 闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 孙焕强, 杨凤, 张国范. 不同壳色菲律宾蛤仔品系 F<sub>2</sub> 表型性状研究. *水产学报*, 2010, 34(6): 701-709.
- [5] 邓岳文. 皱纹盘鲍数量遗传与育种研究. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2005: 89-89.
- [6] 刘晓, 孙博, 张国范, 王春德, 章又荣, 谷震, 张福绥. 海湾扇贝 4 次引种后代的表型特征和遗传分化. *海洋与湖沼*, 2006, 37(1): 61-68.
- [8] 张义浩, 赵盛龙. 嵎山列岛贻贝养殖种类生长发育调查. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*. 2003, 22(1): 67-73.
- [9] 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东, 符韶. 马氏珠母贝 4 个壳色选系 F<sub>1</sub> 幼虫的生长比较. *中国水产科学*, 2008, 15(3): 488-492.
- [10] 张跃环, 闫喜武, 杨凤, 张国范. 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinrum*) 大连群体两种壳型家系生长发育比较. *生态学报*, 2008, 28(9): 4246-4252.
- [11] 周光正, 牟绍敦. 环境因子对太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 生长的影响. *海洋湖沼通报*, 1998, 19(2): 44-48.
- [12] 周一兵, 宋坚, 李艳艳, 李海涛, 张国范. 不同温度下太平洋牡蛎三倍体与二倍体生物学能量比较. *水产学报*, 2000, 24(6): 504-509.
- [13] 王芳, 王昭萍, 董双林, 董少帅, 吕宝强. 盐度对二倍体和三倍体长牡蛎呼吸和排泄的影响. *海洋科学*, 2003, 27(6): 73-76.
- [16] 王如才, 王昭萍. *海水贝类养殖学*. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008: 132-136.
- [21] 王海燕. *中国近海常见牡蛎分子系统演化和分类的研究* [D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2004: 108-109.
- [22] 董双林, 赵文. *养殖水域生态学*. 北京: 中国农业出版社, 2004: 21-30.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)  
CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat ..... MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)

Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique ..... SUN Caizhi, YANG Lei (1016)

Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing ..... HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)

The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy ..... GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)

Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes ..... SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)

Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors ..... TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)

Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains ..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)

Response of tree-ring width of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate change in Hulunbuir sand land, China ..... SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)

Analysis of a dust case using lidar in Shanghai ..... MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)

Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses ..... TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)

Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas* ..... ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)

Inter-specific competition between *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* ..... LI Hui, WANG Jiangtao (1115)

Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species ..... WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)

On the ecological amplitude of nitrate of *Alexandrium tamarense* at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures ..... WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)

Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary *Pinus tabulaeformis* on precipitation in the Qinling Mountains, China ..... CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)

The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern ..... TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguo (1151)

Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim. .... SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)

Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress ..... SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)

The effects of the addition of *Ceratobasidium stevensii* B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (*Citrullus lanatus*) site in China ..... XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)

Suitable habitat for the *Achnatherum splendens* community in typical steppe region of Inner Mongolia ..... ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)

Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district ..... GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)

Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau ..... LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)

Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt ..... ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)

The evaluation system of strength of winteriness in wheat ..... WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)

A comparison of summer habitats selected by sympatric *Apodemus chevrieri* and *Apodemus draco* in Tiangjiahe Nature Reserve, China ..... LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)

Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants ..... CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)

Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach ..... ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)

Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing ..... XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)

Seasonal characteristics of CO<sub>2</sub> fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China ..... SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)

Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County ..... WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)

**Review and Monograph**

Recent advances in wetland degradation research ..... HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)

A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis ..... YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)

**Discussion**

The diversity of the radio-resistant bacteria *Deinococcus radiodurans* ..... TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)

Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii* ..... YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)

**Scientific Note**

Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain ..... LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)

Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica* ..... YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 4 2012

<b>编 辑</b>	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	<b>Edited by</b>	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
<b>主 编</b>	冯宗炜	<b>Editor-in-chief</b>	FENG Zong-Wei
<b>主 管</b>	中国科学技术协会	<b>Supervised by</b>	China Association for Science and Technology
<b>主 办</b>	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	<b>Sponsored by</b>	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
<b>出 版</b>	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	<b>Published by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
<b>印 刷</b>	北京北林印刷厂	<b>Printed by</b>	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
<b>发 行</b>	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	<b>Distributed by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
<b>订 购</b>	全国各地邮局	<b>Domestic</b>	All Local Post Offices in China
<b>国外发行</b>	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	<b>Foreign</b>	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
<b>广告经营 许 可 证</b>	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元