

# 有效群体大小对海湾扇贝 F<sub>1</sub> 生长和存活的影响

张海滨<sup>1,2</sup>, 刘 晓<sup>1</sup>, 张国范<sup>1\*</sup>, 张桂 1

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

关键词: 海湾扇贝; 有效群体大小; 近交衰退; 生长; 存活

中图分类号: Q173 Q32

文献标识码: A

文章编号: 0253-4193(2005)02-0177-04

## 1 引言

有效群体大小( $N_e$ )为群体内所具有的相当于理想群体繁殖个体的数目<sup>[1-3]</sup>,在群体遗传学中占有十分重要的地位,这方面的研究在国外已有很多报道<sup>[4-6]</sup>.当 $N_e$ 较小时,由于瓶颈效应,野生或养殖群体倾向于近交水平的增加<sup>[7]</sup>.早期研究表明,为了避免近交衰退,确保群体短期内的生存能力,最小的 $N_e$ 值应为 50;如果要维持适当的遗传变异,进而确保长期的生存能力, $N_e$ 数量不应小于 500<sup>[8,9]</sup>.

在贝类养殖方面也有一些研究<sup>[10,11]</sup>,如 Hedgecock 等<sup>[10]</sup>(1992)估计了牡蛎(*Crassostrea gigas*及*C. virginica*)和硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)等 16 个人工养殖条件下的贝类群体的有效群体大小,结果显示,所有这些群体的有效群体大小都少于 100,其中 13 个群体少于 50,都存在着不同程度的近交现象.

海湾扇贝为雌雄同体型生物<sup>[12]</sup>,既能自体受精,也能异体受精.自 20 世纪 80 年代引入我国后已成为我国北方海区重要的养殖贝类之一,很多研究者在生理、生态及养殖技术等方面进行了深入的探讨<sup>[13-16]</sup>,但有关有效群体大小等近交生物学方面的研究还较少<sup>[17,18]</sup>.本研究采用不同有效群体大小的

海湾扇贝作为种贝,进行繁殖,跟踪比较其后代的生长和存活等生物性状的差异,以研究海湾扇贝的近交生物学效应.本文报道不同有效群体大小对海湾扇贝 F<sub>1</sub> 的生长和存活的影响.

## 2 材料和方法

### 2.1 材料

本实验所用的海湾扇贝群体选自莱州,在青岛金瀛海洋科技有限公司进行性腺促熟.

### 2.2 实验设计

从促熟的海湾扇贝群体(编号为 LZ)中随机选择个体,实验分成 6 组,按有效群体大小 1, 2, 10, 30, 50 及生产规模(> 1 000) 6 个梯度选出亲贝.

#### 2.2.1 受精

催产方法:于阴凉、通风、湿度较小处静置 20 min,后放入 23 °C 升温海水中催产.

交配方式: $N_e=1$  即自交组,将选出的亲贝单个放入 30 dm<sup>3</sup> 的桶中,使其自身的卵与精子交配,当卵达到一定的密度并已受精后,移出亲贝; $N_e=2$  组,将选出的亲贝两两放入 90 dm<sup>3</sup> 的桶中,仔细观察,两个贝都能产卵、排精且间隔时间很短的为成功; $N_e=10, 30, 50$  三组,为了确保有足够数量的亲贝产卵,一般比所需要的亲贝多选 5~10 个,放入 30 dm<sup>3</sup> 的盆中,仔细观察,一发现产生配子的亲贝

收稿日期: 2004-03-10; 修订日期: 2004-08-26.

基金项目: 中国科学院知识创新工程方向性资助项目(ZKX2-211).

作者简介: 张海滨(1971—),男,河北省永清县人,博士研究生,从事海洋生物遗传学研究. E-mail: zhanghaibin@ms.qdio.ac.cn

\* 通讯作者: 张国范. E-mail: gfzhang@ms.qdio.ac.cn

便将其移入  $1\text{ m}^3$  水体的玻璃钢桶中使其进一步排放,直到选够相应数量的亲贝为止(10, 30 或 50 个). 由于以上各组所采用的亲贝都是经过仔细挑选的,性腺发育成熟,基本都可以在一定时间内排放精卵;生产对照组,与公司的育苗生产工作同时进行,亲贝数量在 1 000 个以上. 需要说明的是,本实验中所指的有效群体大小(即 1, 2, 10, 30, 50)为理想化的数值,因为尽管采取了上述措施,但由于每个亲贝产生子代数量不同等因素,实际的有效群体大小将会有所偏低<sup>[19]</sup>.

### 2.2.2 幼虫培养

受精后 24 h, 当受精卵发育到 D 形幼虫后开始选幼,用 300 目筛绢网将幼虫收集到新鲜的经紫外线消毒的过滤海水中培养,密度控制在  $10\text{ 个}/\text{cm}^3$ . 所用饵料为金藻和硅藻,根据实际情况调整投饵量,保证每组之间的饵料密度相当.

### 2.2.3 稚贝暂养及养成管理

海湾扇贝幼虫附着后 20 d, 放入网袋中,挂到海上暂养. 定期更换网袋,网眼从小到大为 60, 40, 30, 18 目,幼虫附着后 60 d 进入暂养笼,每笼 10 层,每层 100 个. 20 d 后转入养成笼,开始海上养成,每笼 10 层,每层 30 个.

### 2.2.4 取样

在幼虫期间,第 1, 3, 5, 7, 9, 11 天及附着前各取样一次,每次每个重复组测量 30 个个体的壳长. 第 1, 5, 9, 11 天测一次密度,每个重复组取样 3 次,算出幼虫的实际数量.

养成期间,每隔 2 个月随机取样一次,每个重复组测量 50 个个体的壳长、壳高、壳宽和总湿重. 越冬期间,测量一次存活率.

## 2.3 数据分析

各实验组的数据比较用 One-Way ANOVA 方差分析,采用统计分析软件 SPSS 11.5, 差异显著性设为  $P < 0.05$ .

## 3 结果

### 3.1 幼虫期间的生长及存活

从 D 形幼虫开始,每 2 d 测量一次生长(壳长),所绘出的生长曲线如图 1 所示. 由图可以看出,各实验组间,第 1 天的 D 形幼虫壳长没有显著差别,随着幼虫的不断生长,差别越来越明显,表现为自交组的生长低于其他各组,附着变态前(第 11 天),差异极显著( $P < 0.01$ ),而  $N_e = 2, 10, 30, 50$  及对对照组之

间的差异并不显著( $P > 0.05$ )(表 1).

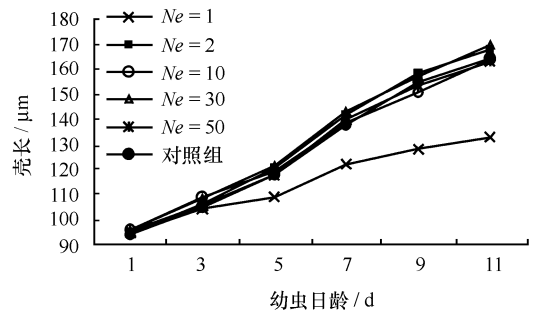


图 1 海湾扇贝 6 个实验组幼虫阶段生长曲线

表 1 6 个实验组在第 1 和 11 天幼虫壳长方差分析

时间	方差来源	平方和	自由度	均方	F	P
第 1 天	组间	82.045	5	16.409	1.202	0.309
	组内	3 509.408	257	13.655		
	总计	3 591.452	262			
第 11 天	组间	65 675.880	5	13 135.176	60.336	0.000
	组内	57 472.639	264	217.699		
	总计	123 148.519	269			

表 2 列出了实验各组在第 5, 9, 11 天的存活率,可以看出自交组的存活率明显低于其他各组( $P < 0.05$ ),这种差别在幼虫附着变态前(第 11 天)尤为显著,自交组的存活率(19.15%)仅为其他各组的 1/3,而其他组的存活率, $N_e = 2$ (61.67%), $N_e = 10$ (65.08%), $N_e = 30$ (62.22%), $N_e = 50$ (64.65%),生产对照组(64.21%),差异不显著( $P > 0.05$ ).

表 2 海湾扇贝 6 个实验组幼虫在第 5, 9, 11 天的存活率(%)比较

$N_e$	第 5 天	第 9 天	第 11 天
1	64.16 ± 8.58	32.04 ± 12.06	19.15 ± 4.68
2	79.53 ± 0.67	76.55 ± 2.19	61.67 ± 7.07
10	84.92 ± 1.37	77.77 ± 5.99	65.08 ± 1.37
30	78.33 ± 2.89	70.56 ± 4.19	62.22 ± 3.85
50	80.02 ± 2.93	78.17 ± 0.68	64.65 ± 3.10
对照组	84.59 ± 5.05	76.82 ± 4.24	64.21 ± 4.02

### 3.2 养成期间的生长

图 2 列出了实验各组在养成期间的壳长、壳高、壳宽及总湿重的平均日生长速度,从图中可以看出,自交组在壳长、壳高、壳宽及总湿重的生长均显著低

于其他各组( $P < 0.05$ )。

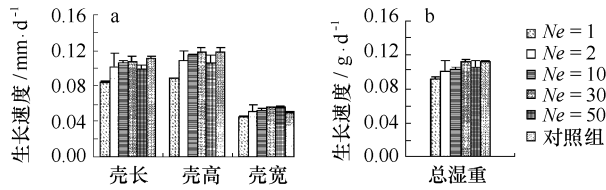


图2 海湾扇贝6个实验组子代在养成阶段的日生长速度比较

### 3.3 越冬期间的存活

2002年12月至2003年2月,海湾扇贝处于越冬期,在这一期间几乎不生长,其存活情况如图3所示,可以看出自交组的存活率明显低于其他各组。

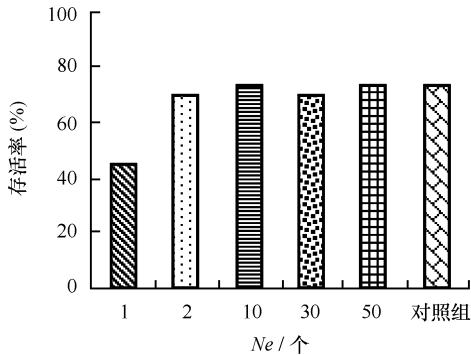


图3 6个实验组子代在越冬期间的存活率

## 4 讨论

近亲交配可以产生一系列的遗传学效应,其最明显的结果是,那些与繁殖能力或生理机能相关的性状所表现的表型平均值降低,这种现象被称为近

交衰退<sup>[19]</sup>。严格说来,近交可以有多种方式,自交是最为极端的一种,其他的还有如全同胞交配、半同胞交配、亲子交配等。本实验仅包括自交一种,因为实验亲贝是从大量亲贝中所选择出来的,可以认为彼此之间并不存在亲缘关系。

从实验结果来看,自交的确能对海湾扇贝的生长和存活带来明显不利的影响,表现为自交组的生长速度和存活率明显小于其他各组,而且这种影响从幼虫到成贝阶段一直存在。这与张国范等<sup>[17]</sup>和Ibarra等<sup>[20]</sup>所做的实验结果非常一致。在其他各组中,无论亲贝的数量是2,10,30,50中的哪一个,其子代的表现同对照组均无显著差异( $P > 0.05$ ),至少对 $F_1$ 是这样的。在越冬阶段,自交组的存活率明显低于其他各组,这说明自交可以使海湾扇贝对环境的适应能力降低,这与Shikano等<sup>[7]</sup>所做的近交对*Pecilia reticulata*的盐度耐受性影响的实验一致。

由于每个扇贝都能产生很多数量的配子,因而用少量的亲贝就可以生产出大量的苗种<sup>[10, 21, 22]</sup>,而过少的有效群体大小将不可避免地导致子代群体近交系数的增加,产生近交衰退。本实验结果显示,除去自交组外的其余各组,有效群体大小的增加对 $F_1$ 的生长和存活没有显著影响。值得指出的是,这种影响虽然在短期内( $F_1$ )的表型方面并不存在,但由于部分组参加繁殖的个体较少,其后代群体内个体的亲缘关系较近,群体遗传多样性较低,因而对所产生的长期影响( $F_2$ 及以后)也不容忽视,这将在今后的研究中加以探讨。

### 参考文献:

- [1] WRIGHT S. Evolution in mendelian populations[J]. Genetics, 1931, 16: 97—159.
- [2] CROW J F. Breeding structure of population[A]. KEMPTHORNE O, BANCROFT T A, GOWEN J W, et al. Statistics and Mathematics in Biology[C]. Iowa: The Iowa State College, 1954. 543—556.
- [3] NEI M. Molecular population genetics and evolution[M]. Amsterdam and New York: North-Holland, 1975. 88—89.
- [4] SBORDONT S, MATTHAEIS E D, SBORDONT M C, et al. Bottleneck effects and the dipression of genetic variability in hatchery stocks of *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda)[J]. Aquaculture, 1986, 57: 239—251.
- [5] SU Gou-sheng, LILJEDAHL L E, GALL G A E. Effects of inbreeding on growth and reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Aquaculture, 1996, 142: 139—148.
- [6] EKNATH A E, DOYLE R W. Effective population size and rate of inbreeding in aquaculture of indian major carps[J]. Aquaculture, 1990, 85: 293—305.
- [7] SHIKANO T, CHIYOKUBO T, TANIGUCHI N. Effect of inbreeding on salinity tolerance in the guppy (*Poecilia reticulata*)[J]. Aquaculture, 2001, 202: 45—55.
- [8] FRANKLIN I R. Evolutionary changes in small populations[A]. SOULE M E, WILCOX B A. Conservation Biology: an Evolutionary-Ecological Perspective[C]. Sunderland: Sinauer Associates, 1980. 135—150.

- [ 9 ] SOULE E. Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential[ A ]. SOULE M E, WILCOX B A. Conservation Biology: an Evolutionary- Ecological Perspective[ C ]. Sunderland: Sinauer Associates, 1980. 151—169.
- [ 10 ] HEDGECOCK D, CHOW V, WAPLES R S. Effective population numbers of shellfish broodstocks estimated from temporal variance in allelic frequencies[ J ]. Aquaculture, 1992, 108: 215—232.
- [ 11 ] HEDGECOCK D, SLY F. Genetic drift and effective population sizes of hatchery-propagated stocks of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*[ J ]. Aquaculture, 1990, 88: 21—38.
- [ 12 ] SASTRY A N. Reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamark: influence of temperature on maturation and spawning [ J ]. Biol Bull, 1963, 125: 146—153.
- [ 13 ] 张福绥, 何义朝, 亓铃欣, 等. 海湾扇贝引种复壮研究[ J ]. 海洋与湖沼, 1997, 28( 2 ): 146—152.
- [ 14 ] 董双林, 王 芳, 王 俊, 等. 海湾扇贝对海水池塘浮游生物和水质的影响[ J ]. 海洋学报, 1999, 21( 6 ): 138—144.
- [ 15 ] 刘保忠, 张福绥, 何义朝. 几种神经活性物质对海湾扇贝幼虫变态诱导作用的研究[ J ]. 海洋学报, 1998, 20( 5 ): 55—60.
- [ 16 ] 张喜昌, 梁玉波, 刘仁沿, 等. 海湾扇贝养殖群体遗传多样性的研究[ J ]. 海洋学报, 2002, 24( 2 ): 107—113.
- [ 17 ] 张国范, 刘述锡, 刘 晓, 等. 海湾扇贝自交家系的建立和自交效应[ J ]. 中国水产科学, 2003, 10( 6 ): 441—445.
- [ 18 ] 郑怀平, 刘 晓, 张国范, 等. 海湾扇贝杂交家系与自交家系生长和存活比较. 水产学报, 2004, 28( 3 ): 267—272.
- [ 19 ] FALCONER D S. Introduction to Quantitative Genetics[ M ]. New York: Longman, 1981. 63—69.
- [ 20 ] IBARRA A M, CRUZ P, ROMERO B A. Effects of inbreeding on growth and survival of self-fertilized catarina scallop larvae, *Argopecten circularis*[ J ]. Aquaculture, 1995, 134: 37—47.
- [ 21 ] LANNAN J E. Broodstock mangement of *Crassostrea gigas*. I. Genetic variation in survival in the larval rearing system[ J ]. Aquaculture, 1980, 21: 323—336.
- [ 22 ] PANTE M J R, GJERDE B, McMILLAN I. Inbreeding levels in selected populations of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*[ J ]. Aquaculture, 2001, 192: 213—224.

## Effects of effective population size on the F<sub>1</sub> growth and survival of bay scallop *Argopecten irradians*

ZHANG Hai-bin<sup>1,2</sup>, LIU Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Guo-fan<sup>1</sup>, ZHANG Gu-zhen<sup>1</sup>

( 1 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2 Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Key words:** *Argopecten irradians*; effective population size; inbreeding depression; growth; survival