



Collected Works of
Zhang Fusui

张福绥 © 著



张福绥文集

(下卷)



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

张福绥文集

(下卷)

张福绥 著

中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

张福绥文集 / 张福绥著. — 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015. 9

ISBN 978-7-5670-1007-9

I. ①张… II. ①张… III. ①张福绥—文集 ②贝类养殖—海水养殖—文集 IV. ①S968.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 232759 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
出 版 人 杨立敏
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 dengzhike@sohu.com
订购电话 0532-82032573
责任编辑 由元春 郭少媛 电 话 0532-88334466
印 制 日照日报印务中心
版 次 2016 年 12 月第 1 版
印 次 2016 年 12 月第 1 次印刷
成品尺寸 185 mm × 260 mm
印 张 26.5
字 数 719 千
总 定 价 200.00 元(上、下卷)

序

张福绥院士是国内外著名的海洋生物学家和贝类养殖专家,尤其在海洋贝类增养殖生物学、实验生态学和养殖工程技术方面做出了突出的贡献。为传承先生数十载辛勤耕耘之学术思想硕果,在全面梳理历年发表文献的基础上,结集出版张福绥文集。

张福绥院士 1953 年毕业于山东大学水产系,1956 年考进中国科学院海洋研究所攻读副博士学位,师从我国著名的贝类学家张玺先生,1962 年研究生毕业后留所从事贝类学研究。20 世纪 60 年代研究海洋贝类分类区系;70 年代从事贻贝增养殖生物学和幼体生态学研究,解决了建立自然苗场的关键技术,并率先将贻贝育苗工程化,推动我国贻贝养殖业的发展,也为中国其他海洋贝类人工繁育和增养殖产业发展奠定了基础;80 年代,从美国引种海湾扇贝,创建了一套工程化育苗与养成技术工艺,并致力于向社会推广,在中国形成世界上第一个海湾扇贝养殖产业,产生了显著的经济效益和社会效益;90 年代引进海湾扇贝南方亚种—墨西哥湾扇贝,在我国南海已形成稳定的养殖产业;进入 21 世纪后,他密切关注我国海水养殖业存在的种质、病害和环境三大问题,提出了海水养殖业新的发展目标,倡导实施离岸养殖、生态养殖和设施养殖,在引种基础上成功选育出 2 个海湾扇贝新品种,基本厘清了我国巨蛎属牡蛎的种类和分布,推动了我国贝类适应进化研究进入国际先进行列。他特别注重科研与产业实际紧密结合,立足于产业发展的需求开展持续系统的研究。

本文集收录了张福绥院士历年发表的学术论文,既有早年初涉贝类领域的学术论文,亦有作为领军人物的学术硕果。大部分文章是他亲自撰写,部分文章是他与指导的研究生和同事共同完成。文章发表的时间跨度大,为让读者了解我国贝类研究的历史和发展轨迹,收录的文章均保持了论文发表时的原貌。

文集既是张福绥院士学术造诣的凝炼,也是其严谨勤奋、提携后进之高尚人格的写照。冀读者在观览文集时,既学习他的优秀学术思想,更要体会其为推动产业技术进步上下求索的博大胸怀、执着精神与严谨态度。

是为序。

张国范

2015年12月

目 录

| | |
|--|--|
| 海湾扇贝引种复壮研究·····张福绥 何义朝 亓铃欣 孙鲁宁 /1 | |
| The Genetic Structure and Variation of Five Populations in the Chinese Scallop, <i>Chlamys Farreri</i> ·····ZHANG Guofan and ZHANG Fusui/9 | |
| Chromosome Segregation in Fertilized Eggs From Triploid Pacific Oysters, <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg), Following Inhibition of Polar Body····· | |
| ····· HUAYONG QUE, XIMING GUO, FUSUI ZHANG, AND STANDISH K. ALEN, JR./15 | |
| EFFECT OF SALINITY ON EMBRYO AND LARVAL DEVELOPMENT OF THE SOUTHERN BAY SCALLOP <i>ARGOPECTEN IRRADIANS CONCENTRICUS</i> SAY | |
| ····· HE Yi-chao(何义朝), ZHANG Fu-sui(张福绥) / 24 | |
| 几种神经活性物质对海湾扇贝幼虫变态诱导作用的研究·····刘保忠 张福绥 何义朝 /30 | |
| 温度对墨西哥湾扇贝耗氧率及排泄率的影响····· | |
| ·····杨红生 张涛 王萍 何义朝 张福绥 /37 | |
| EFFECTS OF TEMPERATURE ON OXYGEN CONSUMPTION AND AMMONIA-N EXCRETION OF <i>CHLAMYS FARRERI</i> ····· | |
| ·····YANG Hong-sheng(杨红生), ZHANG Tao(张涛), WANG Ping(王萍), HE Yi-chao(何义朝), ZHANG Fu-sui(张福绥) / 44 | |
| 山东沿岸夏季栉孔扇贝大规模死亡原因分析·····张福绥 杨红生 /51 | |
| 栉孔扇贝大规模死亡问题的对策与应急措施·····张福绥 杨红生 /58 | |
| GROWTH CHARACTERISTICS OF <i>CHLAMYS FARRERI</i> AND ITS RELATION WITH ENVIRONMENTAL FACTORS IN INTENSIVE RAFT-CULTURE AREAS OF SISHILIWAN BAY, YANTAI ····· | |
| ····· HONGSHENG YANG, TAO ZHANG, JIAN WANG, PING WANG, YICHAO HE AND FUSUI ZHANG/65 | |

- 浅海筏式养殖系统贝类养殖容量研究进展·····杨红生 张福绥 /76
- 烟台四十里湾密集养殖海区栉孔扇贝的肥满度及其与主要环境因子的关系·····
·····王 萍 杨红生 王 健 张 涛 何义朝 张福绥 /86
- 墨西哥湾扇贝稚贝对盐度的耐受力·····何义朝 张福绥 王 萍 李宝泉 /93
- 温度对墨西哥湾扇贝胚胎和幼虫发育的影响·····何义朝 张福绥 李宝泉 /99
- 海湾扇贝引种、育苗、养殖研究及其应用·····张福绥 /106
- 海湾扇贝不同种群在磷酸葡萄糖变位酶基因位点的遗传结构与性状·····
·····薛钦昭 Sheila Stiles 张福绥 相建海 /110
- EFFECT OF REDUCED SALINITY ON OXYGEN CONSUMPTION AND AMMONIA-N
EXCRETION OF *CHLAMYS FARRERI*·····
·····YANG Hong-sheng (杨红生), WANG Ping(王萍), ZHANG Tao (张涛),
WANG Jian(王健), HE Yi-chao(何义朝), ZHANG Fu-sui(张福绥) /122
- MOLLUSCAN AQUACULTURE IN CHINA·····
·····XIMING GUO, SUSAN E, FORD, AND FUSUI ZHANG/129
- CHROMOSOME SEGREGATION IN FERTILIZED EGGS FROM ZHIKONG SCALLOP
CHLAMYS FARRERI (JONES & PRESTON) FOLLOWING POLAR BODY 1 INHILITION
WITH CYTOCHALASIN B·····
·····HUIPING YANG, HUAYONG QUE, YICHAO HE, AND FUSUI ZHANG/153
- 海湾扇贝引种工程及其综合效应·····张福绥 何义朝 杨红生 /163
- 21世纪我国的蓝色农业·····张福绥 /172
- 烟台四十里湾海区栉孔扇贝同化率周年变化及其与环境的关系·····
·····张 涛 杨红生 王 萍 何义朝 张福绥 /184
- 烟台浅海区不同养殖系统养殖效果的比较·····
·····杨红生 王 健 周 毅 张 涛 王 萍 何义朝 张福绥 /193
- Triploid and Tetraploid Zhikong Scallop, *Chlamys farreri* Jones et Preston, Produced by
Inhibiting Polar Body 1·····Huiping Yang, Fusui Zhang, and Ximing Guo/201
- 生态工程化养殖——新世纪我国蓝色农业前瞻·····张福绥 杨红生 /216
- 我国贝类染色体工程育种研究的现状与展望·····张国范 阙华勇 张福绥 /222
- 烟台四十里湾栉孔扇贝、海带和刺参负荷力的模拟测定·····
·····杨红生 周 毅 王 健 张 涛 王 萍 何义朝 张福绥 /234
- 烟台四十里湾养殖海区影响栉孔扇贝肥满度和生长因素的研究·····
·····张 涛 杨红生 王 萍 何义朝 张福绥 /243
- 化学物质对海湾扇贝幼虫变态的诱导·····张 涛 阙华勇 杨红生 何义朝 张福绥 /251
- 四十里湾几种双壳贝类及污损动物的氮、磷排泄及其生态效应·····
·····周 毅 杨红生 何义朝 张福绥 /260

| | |
|--|--|
| 四十里湾栉孔扇贝清滤率、摄食率和吸收效率的现场研究 | 周 毅 毛玉泽 杨红生 何义朝 张福绥 /269 |
| 四十里湾浅海养殖生物及附着生物的化学组成、有机净生产量及其生态效应 | 周 毅 杨红生 刘石林 何义朝 张福绥 /282 |
| 海湾扇贝幼虫变态过程中体内神经递质含量的变化 | 张 涛 阙华勇 杨红生 刘石林 何义朝 张福绥 /294 |
| 化学物质对不同发育天数海湾扇贝幼虫变态的诱导 | 张 涛 阙华勇 杨红生 何义朝 张福绥 /301 |
| Evidence for the Involvement of Cyclic AMP in the Metamorphosis of the Bay Scallop, <i>Argopecten irradians</i> (Lamarck) Larvae | Tao Zhang Hongsheng Yang Huayong Que Guofan Zhang Shilin Liu Yichao He Fusui Zhang /310 |
| 化学物质对墨西哥湾扇贝幼虫变态的诱导 | 张 涛 阙华勇 盖明礼 杨红生 何义朝 张福绥 /322 |
| 雄性四倍体与雌性二倍体杂交培育全三倍体长牡蛎 (<i>Crassostrea gigas</i>) 的研究 | 阙华勇 张国范 刘 晓 郭希明 张福绥 /333 |
| 栉孔扇贝生理生态学特征的模拟研究 | 周 毅 杨红生 张福绥 /343 |
| 海水双壳贝类的 N、P 排泄及其生态效应 | 周 毅 杨红生 张福绥 /357 |
| 海水双壳贝类的生物沉积及其生态效应 | 周 毅 杨红生 张福绥 /364 |
| 桑沟湾栉孔扇贝生物沉积的现场测定 | 周 毅 杨红生 毛玉泽 袁秀堂 张 涛 刘 鹰 张福绥 /369 |
| 中国近海牡蛎系统分类研究的现状和对策 | 阙华勇 刘 晓 王海艳 张素萍 张国范 张福绥 /376 |
| 栉孔扇贝四倍体幼虫的诱导研究 | 阙华勇 张国范 张丽瑛 张福绥 /383 |
| 硬壳蛤 <i>Mercenaria mercenaria</i> (Linnaeus, 1758) 的染色体核型分析 | 郑小东 张 涛 黄水英 刘旭东 王 清 杨红生 张福绥 /389 |
| 化学物质对硬壳蛤幼虫变态的诱导 | 张 涛 杨红生 周 毅 何义朝 张福绥 /396 |

海湾扇贝引种复壮研究^{*}

张福绥 何义朝 亓铃欣 孙鲁宁
(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提要 海湾扇贝于1982年从美国引进中国,10年后发展成为庞大的海水养殖产业。为解决全人工养殖中育苗和养成生产中出现的病害造成大量死亡、个体小型化趋向、单位产量下降及肉柱得率降低等严重问题,于1991年12月再次从加拿大引进海湾扇贝种贝,通过人工育苗途径,更换了原有养殖群体的种质。在12个海区试养结果表明,再次引进的海湾扇贝,其抗逆性、生长速度、体型、肉柱得率、生活力等性状,均比原养殖群体有显著提高。自1994年起已在山东、河北、辽宁等省市推广养殖了引种复壮的海湾扇贝。

关键词 海湾扇贝 引种 复壮

海湾扇贝是1982年从美国引进(张福绥等,1986)、1986年向沿海各省推广的,养殖发展较快,现已成为黄海与渤海支柱养殖产业之一,1994年产量约达30万吨,累计产量为100万吨以上,形成了世界海水养殖业中的新兴产业。随着全人工养殖年代的延长,在育苗与养殖生产中逐步出现一些越来越明显的问题,如生长速度减缓,商品贝体型变小,肉柱得率下降,尤其是育苗过程发生“幼虫面盘解体”病与养成过程出现“外套膜收缩病”的场地与年代越来越多。产生上述诸问题的原因涉及多方面,如,盲目增大养殖密度与养殖面积,导致养殖负荷超载;海洋环境污染;贝体感染致病生物等。另外,也会与下述事实有关,即我国1993年以前的海湾扇贝养殖群体,是从1982年引进的26个种贝经过连续多代近亲交配培育苗种养殖发展起来的,有可能导致遗传衰退、抗逆性减弱。为解决上述问题,作者首先是重新引进种贝,通过育苗与养成试验,评估其养殖性状,以便更新我国海湾扇贝养殖群体的种质,达到复壮目的。

一、材料与方法

1991年12月本文作者之一(张福绥)赴美与有关单位联系重新引种事宜,得到华盛顿

^{*} 中国科学院重大课题, Ky 85-08-01-13-13。张福绥,男,出生于1927年12月,研究员。

收稿日期:1996年6月28日,接受日期:1996年10月20日。

大学 Chew 教授的支持,他从加拿大联系到一批海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)种贝,并委托大连市水产局引种同志协助带回大连。1993年3月11日承蒙大连市水产局的帮助运来一批种贝,系1992年培育的新引进海湾扇贝F₁代苗种养成的(以下称新引进海湾扇贝)。从群体看壳面颜色黑褐,较原海湾扇贝深浓,个体较大。由于运输途中受低温影响,运来的种贝仅存活42个。置于实验室内1 m³与2 m³的塑料水槽中培育,按原海湾扇贝苗种培育的工艺流程进行性腺促熟、采卵、幼虫培养、采苗等作业(张福绥等,1986; Zhang, et al, 1989^①)。4月29日采卵孵化,幼虫在23℃条件下培养,培养过程中按时测量生长数据。以聚乙烯网片做采苗器。稚贝壳高达300~500 μm时,经抽样计数后按计划分散到12个试点进行中间培育与养成。各试点的稚贝一般先在虾池中培育若干天后再移至海区中继续培育。各试点均以原海湾扇贝(下称原海湾扇贝)的养殖群体做对照。对照组的稚贝一般比试验组者早出池约1个月。各试点培育出池稚贝成商品苗(平均壳高5 mm)的数量按其养成种贝所需要量的1.2倍计算。

二、结果

1. 采卵、孵化与幼虫生长发育

室内水槽中控温培育的42个亲贝,于4月29日成熟排放,获受精卵约 5×10^6 粒,共孵化出D形幼虫 3.5×10^6 粒,孵化率达70%。幼虫在23℃条件下培养,生长发育正常(图1)。5月8日上午(受精后9 d)出现眼点,下午眼点出现率达70%以上,随即投放采苗器。次日见有幼虫附着变态成稚贝,幼虫生长发育的快速与整齐程度为以往罕见。未发现面盘解体现象。幼虫变态率达90.5%。

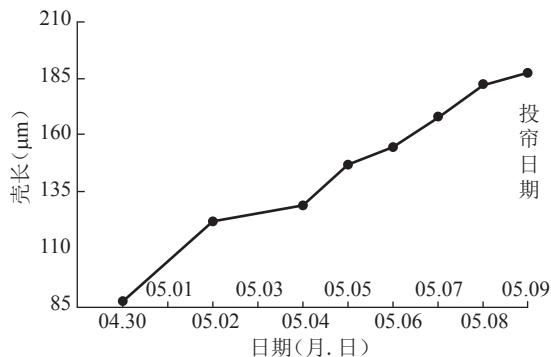


图1 新引进海湾扇贝幼虫的生长(23℃ ±)

Fig. 1 Growth of newly introduced bay scallop (*Argopecten irradians*) larvae (23℃ ±)

2. 苗种中间培育

这批苗种专用于养成亲贝。为避免集中养殖有可能因疏忽或意外灾害造成毁灭性损失,也为评估在不同海区的养殖效果,于5月17~22日将其分散到青岛市的胶南、即墨、黄岛等海区的11个养殖试点。承担各试点管理工作的单位,均具备工厂化育苗与养成的

① Zhang Fusui, et al, 1989, Marine Biotechnology, The Japanese Society for Marine Biotechnology, pp. 307-310.

良好设施与技术。苗种中间培育后,由各单位继续养成亲贝供翌年育苗用。另外又将部分稚贝送至水质肥沃的莱州湾试点。苗种中间培育结果见表 1。可见,有些试点的保苗率相互差异较大。其主要原因可能是各采苗网片大小虽同,但采苗数量差异较大,分配苗种时各单位只能分得 2~4 个网片,而每次网片上的稚贝数量都是按在育苗水槽内抽样计数的平均值计量,由此导致某些试点保苗率差异较大。但按各试验点总体来计算保苗率一般是可信的,即商品苗总数(116.4 万粒)除以出池稚贝总数(289 万粒)得保苗率 40.0%,从整体看保苗效果良好。

3. 养成

各养成试点均以原海湾扇贝做对照,试验组与对照组在养成笼内的扇贝密度相同。

(1) 生长。根据 1993 年 12 月上中旬测量,9 个试点扇贝生长量值示于表 2。可见,壳高、体厚与体重的平均值,新引进海湾扇贝者均比原海湾扇贝者高,分别高出 9%、7%与 34%。应当指出:① 表 2 所示胶南市红石崖镇养殖公司养殖的新引进海湾扇贝,因故分苗日期(8 月 12 日)较其他试点者延迟约 20 d,对生长造成一定的负面影响;② 新引进海湾扇贝与原海湾扇贝的上述生长差距是在前者育苗日期比后者一般迟后 1 个月的情况下取得的,该事实进一步证明新引进海湾扇贝较原海湾扇贝生活力壮旺、生长快速。

表 1 新引进海湾扇贝 F₂ 代稚贝中间培育的保苗率

Table 1 Retention rate of F₂ spats of newly introduced bay scallop (*Argopecten irradians*) in nursery culture

| 试养单位 | 出池稚贝数(万粒) | 养成亲贝数(万粒) | 折合商品苗数(万粒) | 保苗率(%) |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------|
| 胶南市红石崖镇养殖公司 | 27.0 | 4.0 | 4.8 | 17.7 |
| 胶南市水产研究所 | 24.5 | 4.0 | 4.8 | 19.6 |
| 胶南市水产增殖站 | 25.0 | 11.5 | 13.8 | 55.2 |
| 胶南市泊里养殖场 | 24.0 | 6.0 | 7.2 | 30.0 |
| 胶南市琅琊养殖场 | 18.0 | 6.0 | 7.2 | 40.0 |
| 胶南市大珠山养殖场 | 18.0 | 5.0 | 6.0 | 33.3 |
| 黄岛区水产增殖站 | 42.5 | 25.5 | 27.0 | 64.0 |
| 即墨市养殖公司 | 20.5 | 2.0 | 2.4 | 11.7 |
| 即墨市泊子养殖场 | 26.5 | 12.0 | 14.4 | 54.3 |
| 即墨市田横镇虾场 | 20.0 | 16.0 | 19.2 | 96.0 |
| 即墨市周戈庄养殖场 | 18.0 | 1.0 | 1.2 | 6.7 |
| 莱州市金城浅海开发公司 | 25.0 | 7.0 | 8.4 | 33.6 |
| 共 计 | 289.0 | 97.0 | 116.4 | 40.0 |

表 2 新引进海湾扇贝与原海湾扇贝生长比较

Table 2 Comparison of growth between newly introduced and originally cultured bay scallop (*Argopecten irradians*) in 1993

| 试养单位 | 测量日期 (月·日) | 平均壳高(mm) | | | 平均体厚(mm) | | | 平均体重(g) | | |
|-------------|---------------|-----------------|-----------|------|-----------------|-----------|------|-----------------|-----------|------|
| | | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 |
| 胶南市红石崖镇养殖公司 | 12.07 | 51.8 | 51.8 | 1.00 | 22.9 | 24.8 | 1.08 | 32.0 | 40.0 | 0.8 |
| 胶南市水产研究所 | 12.06 | 58.9 | 53.3 | 1.11 | 24.9 | 22.7 | 1.10 | 40.0 | 37.0 | 1.08 |
| 胶南市水产增殖站 | 12.06 | 58.4 | 49.6 | 1.18 | 24.0 | 20.0 | 1.20 | 37.6 | 20.8 | 1.81 |

续表

| 试养单位 | 测量日期 (月·日) | 平均壳高(mm) | | | 平均体厚(mm) | | | 平均体重(g) | | |
|-------------|---------------|-----------------|-----------|------|-----------------|-----------|------|-----------------|-----------|------|
| | | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 | 新引进 海湾扇 贝 | 原海湾 扇贝 | 新/原 |
| 胶南市泊里养殖场 | 12.06 | 55.4 | — | — | 22.9 | — | — | — | — | — |
| 胶南市琅琊养殖场 | 12.06 | 57.7 | 52.0 | 1.11 | 22.9 | 21.7 | 1.06 | — | — | — |
| 黄岛区水产增殖站 | 12.08 | 52.8 | 46.8 | 1.13 | 23.8 | 20.1 | 1.18 | 28.8 | 17.0 | 1.69 |
| 即墨市泊子养殖场 | 12.16 | 55.9 | 52.9 | 1.06 | 23.1 | 23.1 | 1.00 | 34.0 | 28.0 | 1.21 |
| 即墨市周戈庄养殖场 | 12.16 | 56.9 | 51.5 | 1.11 | 26.1 | 23.1 | 1.13 | 39.0 | 27.0 | 1.44 |
| 莱州市金城浅海开发公司 | 12.17 | 55.4 | 53.0 | 1.05 | 23.9 | 24.8 | 0.96 | 39.6 | 29.0 | 1.38 |
| 平均 | | 55.9 | 54.1 | 1.09 | 23.8 | 22.5 | 1.07 | 35.9 | 28.4 | 1.34 |

莱州湾试点的生长对比变化见图 2。莱州湾试养的新引进海湾扇贝稚贝为 1993 年 5 月 26 日出池,原海湾扇贝稚贝为 4 月 24 日出池,前后相差 32 d。7 月 17 日第一次测量时,如图 2 所示,前者壳高与体重均比后者小得多,至 8 月下旬便赶上后者,并进而超过后者。至 12 月 7 日,前者壳高与体重分别达到 55.4 mm 与 39 g,而后者为 53.0 mm 与 29 g,即新引进海湾扇贝的平均壳高与平均体重分别比原海湾扇贝者大 4.5% 与 34.5%。

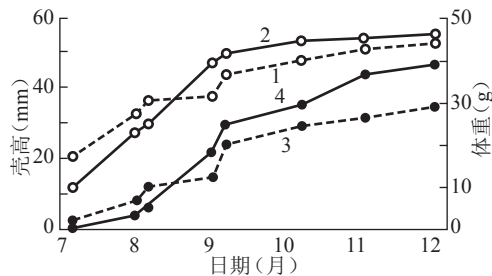


图 2 莱州湾原海湾扇贝与新引进海湾扇贝生长比较

Fig. 2 Comparison of body weight and shell height between originally cultured and newly introduced bay scallop (*Argopecten irradians*) in Laizhou Bay

1. 原海湾扇贝壳高; 2. 新引进海湾扇贝壳高; 3. 原海湾扇贝体重; 4. 新引进海湾扇贝体重

(2) 肉柱得率。1993 年 12 月 7 日从莱州湾石虎嘴沿岸有关养殖海区内及即墨市太平港沿岸养殖海区两试点取样,其肉柱得率见表 3。莱州湾石虎嘴沿岸是有名的海湾扇贝养殖肥区,即墨市太平港沿岸是养殖海湾扇贝的一般海区,扇贝的肉柱得率前者高于后者是正常的。但将新引进海湾扇贝与原海湾扇贝做比较时,不管在表 1 的哪一海区养殖,前者的肉柱得率均高于后者。这表明新引进海湾扇贝的肉柱得率高于原海湾扇贝。

表 3 新引进海湾扇贝与原海湾扇贝肉柱得率比较

Table 3 Comparison of gain rate of adductor muscle between newly introduced and originally cultured bay scallop (*Argopecten irradians*)

| 养殖试点 | 肉柱得率(%) | |
|-------------|---------|-------|
| | 新引进海湾扇贝 | 原海湾扇贝 |
| 莱州市金城浅海开发公司 | 11.4 | 9.7 |
| 即墨市的养殖场 | 8.2 | 8.0 |

4. 抗逆性

1993年青岛沿岸养殖的扇贝在某些海区出现不同程度的死亡,特别是以8月份高温期最为严重。据作者调查,即墨市泊子养殖场的原海湾扇贝至8月15日几乎大部死亡,同海区养殖的栉孔扇贝死亡率也达30%~40%。同时期胶南市大珠山养殖场的原海湾扇贝死亡率达30%~50%,死亡个体为3~4 cm;该海区的栉孔扇贝也有一定数量的死亡。但是上述两海区试养的新引进海湾扇贝却未发现死亡。

20世纪90年代以来青岛沿岸海区保留的原海湾扇贝种贝,越冬后至翌年3月便会大批死亡,以致不能达到保留亲贝的目的,特别保留在内湾者死亡尤为严重。1993年胶南市水产增殖站在唐岛湾养成的新引进海湾扇贝,秋后继续保留在该湾越冬供翌年春做亲贝用。越冬后虽然也发现有死亡,但远不像原海湾扇贝那样严重。值得指出的是,1994年春遗漏海中的一笼新引进海湾扇贝亲贝,迟至6月发现时,仍然生活良好(据徐龙党副站长介绍)。对原海湾扇贝来说,6月份仍保持如此良好的生活状况只是在其引进后的早些年方能见到。1994年青岛市崂山区前海西部海域养殖的栉孔扇贝,8月份死亡达70%左右,而在同海区养殖的新引进海湾扇贝(F_3 代)于同期内则未见异常死亡。

上述大批死亡现象也可能与水文气象、病害等有关,目前尚不能得出肯定结论,但以上对照事例皆可以说明,新引进海湾扇贝的抗逆性强于原海湾扇贝以及栉孔扇贝。

5. 附着力与活力

在几个试点养殖过程中的观察表明,新引进海湾扇贝分苗后(分苗时壳高约3 cm),苗体能够较均匀地附着在养成笼的底盘上,到12月份长成商品贝时,尽管该时水温较低,仍能以足丝附着,而该时期的原海湾扇贝一般便脱离底盘,不再分泌足丝。1994年春室内控温促熟期间,仍能见到新引进海湾扇贝亲贝分泌足丝附着,甚至见到贝壳周缘生长出一环明显的新壳。在养成过程中如将养成笼提离水面,新引进海湾扇贝的双壳便强有力地不断扇动,显得十分活跃,尤其在10月前水温较高时。上述事实说明,新引进海湾扇贝的附着力与活力均比较强。

三、小结与讨论

前面列述的各项实验与观察结果表明,与全人工养殖11代的原海湾扇贝比较,新引进海湾扇贝受精卵的孵化率、幼虫变态率、中间培育过程的保苗率,以及商品贝的肉柱得率等均比较高;养成过程中,贝体生长较快、抗逆性强、活力与附着力较大。这些优化的养殖性状说明,通过重新引进海湾扇贝种贝的途径,已经达到使养殖群体复壮的预期目的。至1993年,本实验培育的新引进海湾扇贝苗种所养成的种贝,数量上不仅能满足1994年青岛市各育苗场的需要,并且能向山东省其他地区提供部分种贝。1994年青岛市各养殖海区全部更换为养殖新引进的海湾扇贝。

本实验的结果表明,1991年12月从加拿大引进的海湾扇贝与1982年12月从美国引进的海湾扇贝在养殖性状上有一定程度的差别。这种差别是否是海湾扇贝模式亚种 *Argopecten irradians irradians* 内的不同品系所致,暂不考虑,但作者认为,这主要是由于后

者引进中国连续 11 代近亲交配育苗导致种质下降引起的。生化遗传学的研究表明,美国海湾扇贝自然群体的杂合度为 0.116 (Wall et al, 1976), 而我国第 9 代海湾扇贝养殖群体的杂合度仅为 0.091 (张国范, 1994, 内部交流的初步研究结果), 有一定程度降低。这一结果与一些学者意识到的“在我国全人工养殖多年的海湾扇贝有可能会出遗传衰退和种质下降”的设想是符合的。1993 年美国的研究结果表明, 我国第 11 代海湾扇贝养殖群体的 mtDNA 基因型与美国自然群体者确实有不同, 有些基因来中国后遗失了 (Blake, 1994, 个人通信)。原海湾扇贝引进中国后的前些年(1983~1988 年), 作者未曾发现青岛沿岸水域养殖的种贝于越冬后的翌年春季出现过大批死亡, 并且 1983~1985 年在胶州湾的养成试验中, 少数个体的寿命竟达到 32 个月之久。原海湾扇贝 20 世纪 80 年代的养殖性状与新引进者的相似, 但自 20 世纪 90 年代起出现大批死亡, 这应当看做是连续多代人工育苗导致种质下降的结果。诚然, 近些年扇贝养殖数量与面积不断增加, 相应地出现的病害也会增多, 但也应意识到在养殖群体种质下降与活力降低的情况下也会容易感染疾病。基于上述认识, 借助于重新引种的做法来解决养殖群体遗传衰退问题是必要的, 但这只能是应急对策, 可以得到短期奏效。10 年左右以后, 二次引进的海湾扇贝大约还会出现种质下降的现象。为此从长远计, 应注意遗传育种学研究, 创建良种培育的科学技术, 从根本上解决提高种质质量问题。

为了充分发挥新引进海湾扇贝生长快速的优势, 所赖以养殖的水体中必须保证充分或较充分饵料的供应才能产出较大个体。近些年我国各海区养殖扇贝一般密度过大, 饵料不足, 生产的扇贝偏小, 商品价格低。在这种情况下, 即便养殖新引进的海湾扇贝恐怕也难取得理想效益, 因此必须合理降低养殖密度。从有关因素综合考虑, 我们认为能使海湾扇贝当年长成平均壳高 5.5 cm, 平均体重 35~40 g 或平均肉柱鲜重 5~6 g 的养殖密度为宜。合理的养殖密度应主要根据海区养殖容量确定, 为了扇贝养殖业的持续发展, 海区扇贝养殖容量研究刻不容缓。

当前我国有些县市的扇贝养殖已发展到水深 20~30 m 的海区, 包括青岛市在内的有些县市目前尚主要集中在 10 m 以内的海区养殖。为了在不减少养殖数量的前提下降低养殖密度, 势必要向 10~20 m 或更深海域发展。深水区有可能因流速急而增大扇贝养成笼的摆动角度, 影响海湾扇贝生长, 但新引进的海湾扇贝因附着力强、营附着生活的时间较长, 有助于其适应急流的环境。

参考文献

- [1] 张福绥, 等. 海洋与湖沼, 1986, 17(5): 367-374.
- [2] Wall J K, et al. Genetics, Supply, 1976, 83(3): 81.

STUDIES ON THE RESTORATION OF CULTURED BAY SCALLOP (*ARGOPECTEN IRRADIANS*) THROUGH REINTRODUCTION OF BROODSTOCK

Zhang Fusui, He Yichao, Qi Lingxin, Sun Luning
(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Abstract The successful culture of the bay scallop, *Argopecten irradians* introduced from the U S to China in 1982 eventually gave rise to a huge mariculture industry in 10 years. After years of continuous artificial culture and with increased scale of its mass culture, many problems such as high mortality caused by diseases, a tendency towards smaller size growth, decrease in yield per unit production and lower yield rate of adductor muscles, etc, prompted out causing great concern among mariculturists. As weakening of germ plasm due to continuous inbreeding for over 11 generations could possibly have led to the above deplorable situation reintroduction of new bay scallop broodstock was resorted to. A batch of parent bay scallop *Argopecten irradians* introduced from Canada in December 1991 and artificially cultured by the Liaoning Province Fisheries Institute successfully produced the F₁ generation in 1992. From the Liaoning Province Fisheries Institute we obtained (in 1993) 42 parent broodstock which spawned and produced fertilized eggs amounting to 5×10^6 in April 29th , with hatching rate of 70%, and eyed larvae metamorphosis rate of 90.5%. Subsequent rearing gave rise to 2 890 000 F₂ generation spats with shell height attaining 3.0 ~ 5.0 mm. On the 17th ~ 22nd of May, the spats were used by 12 pilot culture sites distributed along the Shandong coastal regions for intermediate rearing and growing experiments. A total of 1 164 000 commercial size seed scallops (with average shell height of 5.9 mm) was harvested with retention rate of 40%. Culture results from the 12 pilot culture sites show that the newly introduced bay scallops show far more superior culture qualities than the original bay scallop population. For example,

in terms of growth increment, the newly introduced scallops at harvest time had an averaged respectively 9%, 7% and 34% increase in shell height, body thickness, and body weight over those of the original population. Experiments on growth increment carried out in Laizhou Bay showed that on July 17, the average shell height and body weight of the newly introduced bay scallop were at first less than those of the original population, but by the later half of August, the former caught up with latter, and by September, had greater shell height and body weight than the latter (Fig. 2), and higher (by 11%) adductor muscle yield rate than the former. All the above indices of improvement add up to show that the goal of broodstock restoration was achieved by the process of reintroduction of new broodstocks. In 1994 all over Qingdao the original population was replaced by scallops bred from the newly introduced broodstock. The following year seedlings from the Qingdao newly bred population were introduced for culture in other districts of Shandong Province and subsequently in Hebei Province and Liaoning Province. Thus it is clear that the decline in productiveness of the original bay scallop population was caused by continuous inbreeding over many years leading to loss of vigor of the broodstock germ plasm.

Key words Bay scallop Reintroduction Restoration

The Genetic Structure and Variation of Five Populations in the Chinese Scallop, *Chlamys farreri**

ZHANG Guofan^① and ZHANG Fusui^②

(^① Department of Aquaculture, Dalian Fisheries College, Dalian 116023, PRC

^② Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071, PRC)

Abstract

The genetic population structure and genetic variation of *Chlamys farreri* stocking in Chinese coastal waters of northern Yellow Sea have been investigated based on the starch gel electrophoresis of 23 loci of eight allozymes and one soluble protein. Twenty-two of 23 loci studied are polymorphic, only Mdh-1 is homogeneous in the populations. Most of the loci depart from the Hardy-Weinberg Equilibrium in frequencies or the allele and genotype. The observed average heterozygosity is in the equilibrium for each population. However, heterozygote deficiencies have been observed in most loci according to the deviation index of Hardy-Weinberg equilibrium (D). The comprehensive indexes for assessing the genetic variation (CIGV), constructed upon H_o , N_e and D_x , are 0.73 (HY), 0.54 (DL), 0.66 (CD), 0.66 (RC) and 0.13 (QD), respectively. The HY population is isolated from other populations in genetics.

Introduction

Part of the motivation for genetic population structure studies in the scallop has come from the relative success that similar studies have been done in other species of marine bivalves. Initially there was the possibility of using genetic techniques for solving problems of taxonomic relationship among species and for understanding the dynamics of population structure within

* This project was financially supported by National Natural Science Foundation of China.