

紫扇贝与海湾扇贝种间杂交的研究

王春德¹, 刘保忠², 李继强³, 刘升平¹

(1. 青岛农业大学 动物科技学院, 山东 青岛 266109; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 3. 青岛市渔业技术推广站, 山东 青岛 266071)

摘要:为推动中国扇贝养殖业的进一步发展,作者于2008年从秘鲁引进了紫扇贝(*Argopecten purpuratus*), 尝试将紫扇贝与海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)进行杂交,以期培育出具有优势性状的杂交子代。利用引进的紫扇贝与海湾扇贝进行种间杂交,培育出紫扇贝(雌)×海湾扇贝(雄)杂交扇贝。实验证明紫扇贝的卵子与海湾扇贝的精子可正常受精,受精卵发育正常。杂交扇贝的生长速度在幼虫阶段和成体阶段均快于海湾扇贝。至收获时,杂交贝比海湾扇贝平均壳高、壳长和壳宽分别大27.3%、25.2%和19.3%, 体质量增加107.0%,杂种优势明显。

关键词:紫扇贝(*Argopecten purpuratus*); 海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*); 种间杂交; 杂种优势
中图分类号:Q32 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3096(2009)10-0084-04

中国北方的扇贝养殖业目前以海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)为主,产量和养殖面积占扇贝养殖的50%以上。海湾扇贝具有生长较快的特点,可以当年收获,因此自1982年引进以来,深受养殖户的欢迎,引发了中国水产养殖业的一个发展高潮^[1~3]。但海湾扇贝本身个体较小(最大壳长8 cm),加上近年来养殖过程中种质退化等问题的困扰,导致商品贝规格越来越小^[4~6],在国际市场上沦为低端产品,价格比同类产品低,国内现有的海湾扇贝品种不能适应出口的需要。另外,种质退化也导致育苗养殖过程中较高的死亡率^[7,8],例如2007年海湾扇贝亲贝死亡率高达约70%。中国的水产科学家针对这个问题已经从引种复壮和遗传育种的角度开展了大量的工作,取得了一定的成效^[4,9~17],但是仍然没有从根本上解决这个问题。因此,扇贝养殖业迫切需要找到一种能够从根本上解决问题的方法,培养出一种个体大、生长快、适应性强的扇贝品种,来支持中国贝类养殖业的快速持续发展。

紫扇贝(*Argopecten purpuratus*)是原产于南太平洋的一种速生型中型扇贝^[18],在当地生长14~16个月可达商品规格(9 cm)^[19],最大壳长可达15 cm,养殖过程中分泌强大的足丝,有利于笼养。紫扇贝的壳宽较大,闭壳肌肥大,出肉率高,且味道鲜美,壳形优美,因此紫扇贝商品价值高,其加工产品在美国和欧洲深受欢迎,是世界上公认的优良养殖种类,目前在智利和秘鲁已开展大规模的人工养殖,智利在1998年的产量已达到1.6万t^[20]。在农业部引进国际先进农业科学技术项目(948)支持下,作者于2008

年成功地从秘鲁引进了这一品种,希望将紫扇贝培育成未来的重要出口种类。同时,考虑到紫扇贝和海湾扇贝同属于*Argopecten*属,存在互补的性状,如果能进行种间杂交,则有望利用紫扇贝对中国现在养殖的海湾扇贝进行改良,培养出个体大、生长快、适应性广的新品种,因此本文利用引进的紫扇贝成功地培育出了紫扇贝及其与海湾扇贝的杂交扇贝。杂交扇贝具有显著的生长优势,显示出较大的杂种优势。

1 材料与方法

1.1 紫扇贝的引进

本实验所用的紫扇贝亲贝是采自秘鲁近海的野生紫扇贝,个体大小为壳高3.4~6.5 cm,部分已达性成熟。亲贝采集后用聚乙烯网袋包装,放到装有冰袋的泡沫塑料箱内,经约35 h空运到青岛后立即置于低温水中暂养。

1.2 杂交扇贝的培育

杂交用的海湾扇贝为青岛本地培育的海湾扇贝,个体大小为壳高5~6.5 cm。用控温促熟的方法培育海湾扇贝,使其与紫扇贝亲贝同时成熟,用温度刺激的方法使紫扇贝和海湾扇贝同时排放,分别获得

收稿日期:2009-08-25;修回日期:2008-08-27

基金项目:农业部“引进国外先进农业技术”(948)项目(2008Z031)

作者简介:王春德(1967-),男,山东青岛人,博士,主要从事贝类生理学和育种研究,电话:0532-86080734, E-mail: chundewang2007@163.com

紫扇贝的卵子和海湾扇贝的精卵。收集的精液在显微镜下立即观察是否混有卵子,收集的卵子放置 20 min 以后在显微镜下观察是否已受精发育。将获得的紫扇贝和海湾扇贝卵子分别用海湾扇贝精子授精,获得紫扇贝(雌)与海湾扇贝(雄)的杂交群体(紫海杂交群体, ZH)和海湾扇贝的自交群体(HH)。授精 1 h 后计数各组的受精率。将获得的受精卵在 23℃ 下发育,观察胚胎的发育情况,并测量 24 h D 型幼虫的大小。

1.3 幼虫培育、中间保苗和养成

幼虫在 23℃ 下按照常规的海湾扇贝幼虫培育方法培养^[19],至大部分幼虫出现眼点后投放附着基。幼虫附着 1 周后,将附着基装到网袋里,转移到岩礁海参养殖池内暂养。稚贝达到 5 mm 以上时,转移到海区扇贝养殖筏架上继续养殖,养成时的密度为 30 个/层。

2 结果

2.1 受精和孵化

实验获得紫扇贝卵子约 12.5 万粒,用海湾扇贝的精子受精 1 h 后观察受精率为 95.9% ± 2.5%,显著高于海湾扇贝自交群体的受精率(87.7% ± 0.8%) ($P < 0.01$, t -检验, $n = 6$)。表 1 比较了紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体的胚胎发育过程,结果表明在实验条件下,紫海杂交群体约经过 19.5 h 达到 D 型幼虫期,略快于海湾扇贝自交群体(21.5 h)。孵化 24 h 后获得 D 型幼虫 9.8 万个,孵化率为 78.5% ± 3.0%,与对照组海湾扇贝自交群体的孵化率(82.1% ± 3.3%)无显著差异($P > 0.05$, t -检验, $n = 6$)。

表 1 杂交组和自交组的胚胎发育时间

Tab. 1 Embryonic development of the purebred and crossbred lines

发育阶段	胚胎发育时间	
	HH	ZH
第一极体	15 min	20 min
2 细胞期	50 min	50 min
4 细胞期	1 h 25 min	1 h 25 min
8 细胞期	2 h 15 min	2 h 55 min
囊胚期	5 h 10 min	5 h 30 min
原肠期	9 h 55 min	9 h 40 min
担轮幼虫	12 h	12 h 35 min
D 形幼虫	21 h 35 min	19 h 25 min

2.2 幼虫的生长

幼虫期紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体的生长曲线如图 1 所示。受精 24 h 后紫海杂交群体的 D 型幼虫壳高为 87.5 mm ± 3.5 mm,显著小于海湾扇贝自交群体的平均壳高(96.0 mm ± 3.9 mm) ($P < 0.01$, t -检验, $n = 40$),但紫海杂交群体的生长速度在幼虫后期明显加快,其平均大小在附着前与海湾扇贝自交群体无显著差异($P > 0.05$, t -检验, $n = 40$)。幼虫期紫海杂交群体的平均生长速度为 5.93 μm/d,而同期海湾扇贝自交群体的平均生长速度为 5.38 μm/d。

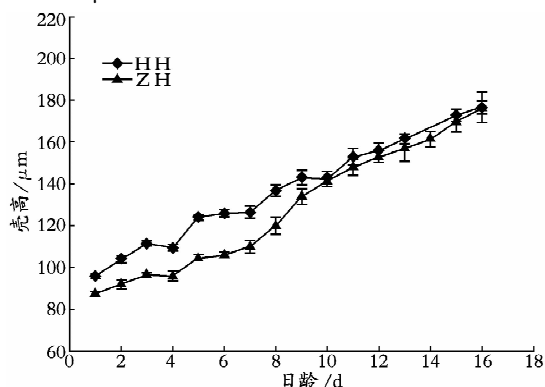


图 1 幼虫阶段紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体壳高的生长曲线

Fig. 1 Growth of the purebred and crossbred lines at the larval stage

2.3 成贝的生长

本实验共获得 0.7 cm 紫海自交群体稚贝 580 粒,海湾扇贝自交群体稚贝 650 粒,除部分移往荣成海区的稚贝丢失外,其余暂养于胶南小口子湾的稚贝全部长成成体。养成阶段紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体的生长曲线如图 2 所示。

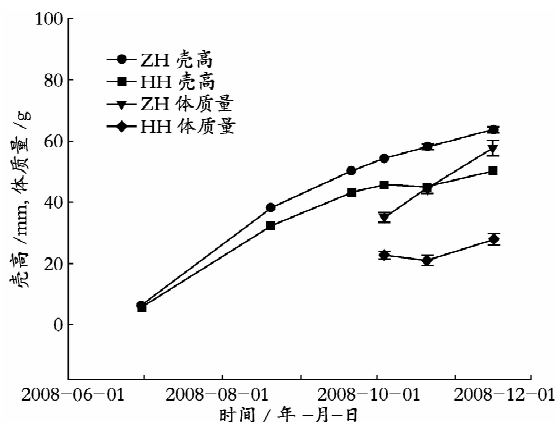


图 2 养成阶段紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体壳高和体质量的生长曲线

Fig. 2 Growth in shell height and body weight of the purebred and crossbred lines at the adult stage

就壳高增长而言,紫海杂交群体的生长速度明显快于海湾扇贝自交群体。两者的壳高在养成的初期无显著差异($P>0.05$, t -检验, $n=60$),但在养殖2个月后,两组间的差异在所有测量日期均极显著($P<0.001$, t -检验, $n=60$),紫海杂交群体在以后的3个月内一直保持较高的生长速度,但海湾扇贝自交群体的生长速度明显减缓,10月份后壳高的增长几乎停止。养成期紫海杂交群体的壳高平均生长速度为 $416.6 \mu\text{m/d}$,而海湾扇贝自交群体的壳高平均生长速度 $319.9 \mu\text{m/d}$,前者比后者的壳高生长速度快 30.2% 。

在养成后期(10月初~11月中旬),两种扇贝体质量增长的差别比壳高增长的差别更为明显。在这个阶段,紫海杂交群体的平均体质量增加了 64.9% ,平均增长速度为 0.54 g/d ,而海湾扇贝自交群体的平均体质量仅增加了 22.4% ,平均增长速度为 0.12 g/d ,紫海杂交群体的体质量平均增长速度比海湾扇贝自交群体大 345.7% 。

图3比较了实验结束时紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体的主要生长指标。至11月中旬,紫海杂交群体的平均壳高、壳长和壳宽分别为 $63.7 \text{ mm} \pm 5.5 \text{ mm}$, $68.1 \text{ mm} \pm 6.8 \text{ mm}$ 和 $29.5 \text{ mm} \pm 2.44 \text{ mm}$,体质量达到 $57.7 \text{ g} \pm 14.1 \text{ g}$ ($n=30$),最大个体体质量为 87.4 g ;而海湾扇贝的壳高、壳长和壳宽分别为 $50.1 \text{ mm} \pm 4.6 \text{ mm}$, $54.4 \text{ mm} \pm 4.0 \text{ mm}$ 和 $24.7 \text{ mm} \pm 2.4 \text{ mm}$,体质量达到 $27.9 \text{ g} \pm 6.9 \text{ g}$ ($n=30$),最大个体体质量为 39.6 g 。 t -检验表明,紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体的所有指标均差异极显著($P<0.001$, $n=60$),相比之下,紫海杂交群体比海湾扇贝自交群体平均壳高、壳长和壳宽分别大 27.3% , 25.2% 和 19.3% ,体质量增加 107.0% ,显示出极大的生长优势。

3 讨论

3.1 紫扇贝种质利用的途径

紫扇贝和海湾扇贝都是 *Argopecten* 属的优良养殖品种,两者均生长快。与海湾扇贝相比,紫扇贝具有个体大、壳色鲜艳等优点,市场前景更广阔,但由于其原产地的温度变化范围较窄,尚不能确定紫扇贝在中国海域能否直接养殖,安全渡夏越冬。作者已于2009年培育出纯种的紫扇贝苗种,正在对这个问题进行研究(王春德等,未发表)。在尚未确定能否直接养殖紫扇贝的情况下,利用海湾扇贝与紫扇贝在个体大小和温度适应范围等性状互补且二者同属的特点,通过种间杂交技术培育生长速度快、个体大且温度适应范围广的扇贝,是有效利用紫扇贝种质资源的最佳途径。本研究的结果表明,紫扇贝的卵子能够与海湾扇贝的精子正常受精,受精率高;受精卵能够正常发育,孵化率不低于海湾扇贝自交群体;所获得的紫海杂交群体在幼虫期和养成期的生长速度均显著高于海湾扇贝自交群体,作为重要产量性状的体质量更是比海湾扇贝自交群体提高了1倍以上。实际上,个体最大的杂交贝到11月中旬已达到 87.4 g ,约相当于虾夷扇贝2a的生长量。

3.2 紫海杂交扇贝的寿命和养殖周期

海湾扇贝的预期寿命一般少于2a^[18],中国北方海域的养殖周期一般为春季育苗,经2~3个月中间暂养后入养成笼,至11月中旬收获,成贝的养殖时间约为5~6个月,收获时的壳高约为 $5.5\sim 6.5 \text{ cm}$ 。紫扇贝的寿命通常认为是7~10a甚至更长^[20~22],在智利和秘鲁的养殖周期约为14~16个月,商品贝的壳高在9cm左右^[19]。在实验中,10月份以后海湾扇贝的壳高增长曲线已经趋于平稳,说明海湾扇贝属一年生扇贝,其壳高增长已近饱和,而紫海杂交群体的壳高仍呈直线上升趋势,体质量增长的幅度更大,表明其仍有较大的生长潜力,紫海杂交群体的寿命可能介于海湾扇贝和紫扇贝之间,为多年生扇贝。实际上,作者在2009年春季已经利用2008年培育的紫海杂交扇贝作为亲贝培育出了回交子二代,与海湾扇贝亲贝产卵后即大批死亡的情况不同,这些杂交扇贝产卵后并没有出现大批死亡的现象,相反,移到海上后其壳高继续增长,充分说明作者所培育的杂交扇贝可以多年培养,大幅度提高商品贝的规格和价值。

3.3 紫海杂交扇贝的温度适应范围

海湾扇贝的温度适应范围为 $-1\sim 31^\circ\text{C}$,因而适合于在中国大部分北方海域养殖,而紫扇贝的生境

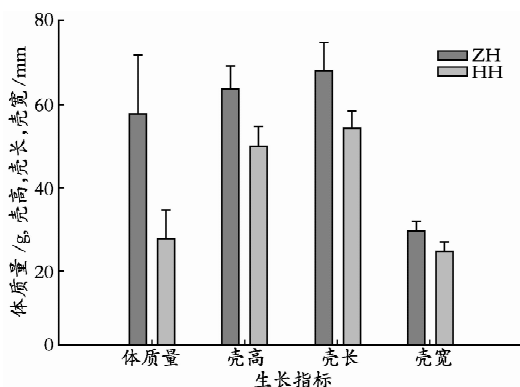


图3 养成结束时紫海杂交群体和海湾扇贝自交群体主要生长指标的比较

Fig. 3 Comparison of the sizes of the purebred and cross-bred lines at harvest

由于受来自南极的上升流的影响,温度变化范围为 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$ ^[23],大大小于海湾扇贝的温度范围。紫海杂交扇贝的温度适应范围有可能介于二者之间,因而有可能适合于在中国北方的大部分海域养殖。实际上,2008年培育的紫海杂交扇贝已经在青岛海域安全越冬渡夏,说明其温度适应范围至少在 $2\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间。利用2009年春季大规模培育的杂交扇贝,作者将在实验室里测定杂交扇贝的最低和最高温度耐受极限,确定其存活温度范围和最适温度,通过与中国北方沿海的年度温度变化范围相比较,来确定杂交扇贝的适养范围。

致谢:作者感谢张永举、柳楠、徐汶对本研究的帮助;感谢孙绍青、王绍海、殷增来、杜厚宽、丁金强、赵广学、王玲格等的技术支持。

参考文献:

- [1] 张福绥,何义朝,刘祥生,等. 海湾扇贝(*Argopecten irradians*)引种、育苗及试养 [J]. 海洋与湖沼, 1986, **17**(5): 367-374.
- [2] 张福绥,何义朝. 墨西哥湾扇贝的引种和子一代苗种培育 [J]. 中国工程科学, 1994, **25**(4): 372-377.
- [3] 张福绥,何义朝,杨红生. 海湾扇贝引种工程及其综合效应 [J]. 中国工程科学, 2000, **2**(2): 30-35.
- [4] 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.
- [5] Zheng Huaiping, Zhang Guofan, Liu Xiao, *et al.* Inbreeding depression for various traits in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. **Aquaculture**, 2006, 272S: S320-S321.
- [6] Zheng Huaiping, Zhang Guofan, Liu Xiao, *et al.* Inbreeding depression for various traits in two cultured populations of the American bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) introduced into China [J]. **J Exp Mar Biol Ecol**, 2008, 364: 42-47.
- [7] 张国范,李霞,薛真福. 中国贝类大规模死亡的现状 [J]. 中国水产, 1999, 9: 34-39.
- [8] 张维翥,吴信忠,李登峰,等. 海湾扇贝养殖过程中的流行病学调查研究 [J]. 海洋学报, 2005, **27**(5): 137-144.
- [9] 秦艳杰,刘晓,张海滨,等. 海湾扇贝杂交后代的微卫星鉴定 [J]. 中国水产科学, 2007, **14**(4): 672-677.
- [10] 张福绥, 1997. 海湾扇贝引种复壮研究 [J]. 海洋与湖沼, 1997, **28**(2): 146-152.
- [11] 郑怀平,张国范,刘晓,等. 不同贝壳颜色海湾扇贝(*Argopecten irradians*)家系的建立及生长发育研究 [J]. 海洋与湖沼, 2003, **34**(6): 632-638.
- [12] 郑怀平,张国范,刘晓,等. 海湾扇贝杂交家系与自交家系生长和存活的比较 [J]. 水产学报, 2004, **28**(3): 267-272.
- [13] Zhan Aibin, Bao Zhenmin, Wang Xiaolong, *et al.* Microsatellite markers derived from bay scallop *Argopecten irradians* expressed sequence tags [J]. **Fisheries Sci**, 2005, 71: 1 339-1 344.
- [14] Zhang Guofan, Zheng Huaiping, Liu Xiao, *et al.* Divergent selection for growth within one self-fertilized line of bay scallop *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. **Aquaculture**, 2007, 272S: S320.
- [15] Zhang Haibin, Liu Xiao, Zhang Guofan, *et al.* Growth and survival of reciprocal crosses between two bay scallops, *Argopecten irradians concentricus* Say and *A. irradians irradians* Lamarck [J]. **Aquaculture**, 2007, 272S: S88-S93.
- [16] Zheng Huaiping, Zhang Guofan, Liu Xiao, *et al.* Different responses to selection in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. **J Exp Mar Biol Ecol**, 2004, 313: 213-223.
- [17] Zheng Huaiping, Zhang Guofan, Liu Xiao. Sustained response to selection in an introduced population of the hermaphroditic bay scallop *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. **Aquaculture**, 2006, 255: 579-585.
- [18] Dall W H. The mollusca and branchiopoda. Report of the dredging operation, Albatros' 1891 [J]. **Bulletin Mollusca Comparative Zoology**, 1909, 37: 147-294.
- [19] Illanes J. Cultivo del ostión del Norte [A]. Hernández R A. Cultivo de Moluscos en América Latina [C]. Bogotá; Editura Guadalupe, Bogotá, CO, 1990. 211-230.
- [20] Gonzalez M L, Perez M C, Lopez D A. Breeding cycle of the northern scallop, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in southern Chile [J]. **Aquaculture Res**, 2002, 33: 847-852.
- [21] DiSalvo LH, Alarcon E, Martinez E, *et al.* Progress in mass culture of *Chlamys (Argopecten) purpurata* (Lamarck, 1819) with notes on its history [J]. **Revista Chilena de Historia Natural**, 1984, 57: 35-45.
- [22] Estabrooks S L. The possible role of the telomeres in the short life span of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck 1819) [J]. **J Shellfish Res**, 2007, **26**(2): 307-313.
- [23] Moragat D, Avendaño M, Peña J, *et al.* Genetic and morphological differentiation between two pectinid populations of *Argopecten purpuratus* from the northern Chilean coast [J]. **Estud Oceanol**, 2001, 20: 51-60.

(下转第 91 页)