

文章编号: 1000-0615(2016)04-0603-09

DOI: 10.11964/jfc.20151010120

缢蛭选优群体和全同胞家系早期生长性能的比较

杜文俊¹, 王成东², 王杰², 李炼星¹, 牛东红¹, 李家乐¹, 沈和定^{1*}

(1. 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;

2. 三门县东航水产育苗科技有限公司, 浙江台州 317100)

摘要: 为了比较缢蛭早期的生长性能, 以乐清湾的优良群体子四代为亲本材料, 分别建立了群体繁育组(QF)、群体选优组(QX)和27个全同胞家系(F₁、F₂、...F₃₀), 其中F₁₈、F₂₄和F₂₈ 3个家系由于幼虫死亡率过高而淘汰, 全同胞家系建立采用单对配对的方法。对各实验组的受精率、D幼率、变态率、不同阶段的生长速度和规格大小等指标进行了分析。结果发现, 各实验组受精率、D幼率、D形幼虫大小和变态率均无显著差异。不同发育阶段各实验组的个体大小、生长速率不同, 群体选优组(QX)在幼虫发育的各个时期都显著大于群体繁育组(QF)。全同胞家系间存在着生长差异, 其中家系F₂、F₇、F₉、F₁₃、F₁₉壳长显著大于群体繁育组(QF); 家系F₅、F₆、F₁₄、F₂₅、F₂₇壳长显著小于群体繁育组(QF)。通过比较各家系和群体组早期的生长性能, 筛选到优良群体和家系资料, 为今后缢蛭良种的培育提供了理论基础和优良实践材料。

关键词: 缢蛭; 家系; 群体; 选优; 生长发育

中图分类号: S 968.31

文献标志码: A

缢蛭(*Sinonovacula constricta*)俗称蛭子、青子, 隶属于软体动物门(Mollusca), 瓣鳃纲(Lamellibranchia), 帘蛤目(Veneroidea), 竹蛭科(Solenidae), 缢蛭属(*Sinonovacula*)^[1]。我国沿海北至辽宁, 南至广东、广西均已开展缢蛭养殖, 2014年全国的缢蛭产量达786 828 t^[2], 但仍难以满足全国缢蛭的需求。现在缢蛭养殖所用的苗种, 多数仍为野生或未经选育的养殖亲本繁育所得, 养殖过程中容易出现生长速率变缓、抵抗力下降、病害增多、产品质量下降等问题; 同时不同养殖区域对缢蛭种质有着不同要求。因此, 通过人工选育的方法对缢蛭进行遗传改良并培育出抗逆性强、生长快等经济性状的品种是缢蛭养殖业健康可持续发展的必要条件。学者们已经对缢蛭遗传多样性进行了相关研究, 王冬群等^[3]通过分析同工酶的相应基因位点, 了解了象山缢蛭野生和养殖群体的

遗传变异水平; 姜志勇等^[4]、牛东红等^[5]通过比较不同的基因片段, 评价了缢蛭野生和养殖群体的遗传差异; 李成华等^[6]分析了4个不同地方的缢蛭养殖和野生群体的遗传多样性; 这些研究都为缢蛭选育和种质资源改良提供了基础数据。

家系选育是指在相同培育条件下建立若干个家系, 并且以家系作为整体的选择单位来观察和比较性状的平均值, 最终得到遗传结构相同的群体。国内外关于贝类选育的报道已有不少, 如菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)^[7-9]、青蛤(*Cyclina sinensis*)^[10]、硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)^[11]、牡蛎(*Ostrea edulis*, *O. chilensis*, *Crassostrea virginica*)^[12-15]、马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)^[16]、海湾扇贝(*Argopecten irradians*)^[17-19]。通过选育, 我国已获得了不少贝类新品种, 如中国科学院海洋研究所的文蛤(*Meretrix meretrix*)

收稿日期: 2015-10-20 修回日期: 2016-01-17

资助项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划(2012AA10A400-3); 上海高校水产学一流学科建设项目; 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心项目(ZF1206)

通信作者: 沈和定, E-mail: hdshen@shou.edu.cn

“科浙1号”；厦门大学的杂色鲍(*Haliotis diversicolor*)“东优1号”；汕头大学华贵栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)“南澳1号”等。这些研究表明，通过目标群体的选育达到对优良基因的筛选，可以不同程度地提高贝类的经济性状和存活率。关于缢蛭遗传改良方面的相关研究尚未见报道，本实验通过以自然状态下的群体繁育为对照组，分析了各个家系和群体选优早期的生长性能，为进一步建立缢蛭科学合理的选育方法和策略提供了基础材料及技术指导。

1 材料与方 法

1.1 亲贝来源

于2014年10月，在缢蛭性腺成熟季节，以乐清湾野生群体中经过四代定向选育的子四代成体作为基础群，挑出贝壳无损伤、壳型规整、活力强的处于临产状态的缢蛭作为亲本。

1.2 家系建立

亲贝在水温23℃，盐度13，pH 7.8的条件下进行培育。通过阴干、流水刺激，亲贝开始产卵排精，当发现有配子排放时，将亲贝利用淡水冲洗干净，放置于事先盛满新鲜海水的烧杯中继续产卵排精，分别收集精卵，待30~45 min后进行人工受精。受精前，检查卵子是否被污染，被污染卵子弃掉，利用尚未被污染的卵子建立家系，家系的建立采用1雌对1雄的单对配对原则，共建立了30个(F₁...F₃₀)全同胞家系。F₁₈、F₂₄和F₂₈家系由于幼虫死亡率高而被淘汰。

1.3 群体繁育组和群体选优组的获得

挑选个体大(壳长5 cm以上)、性腺发育良好的缢蛭亲贝20 kg，阴干后置入待产塑料筐，挂放在催产池海水中，亲贝产卵、排精、受精后，用干净烧杯取出与各家系相同数量的受精卵，即获得群体繁育的受精卵样本(QF)。受精后5 d，水池中的幼虫大小差异明显，用200目筛绢网筛选得到发育快速的群体选优样本(QX)。

1.4 幼虫培育

将得到的家系、QF和QX样本转移至80 L的圆柱形塑料桶内培养，保证水温、盐度和pH等条件一致，每天半量换水2次。在受精后约18 h的D形幼虫期时，以球等鞭金藻(*Isochrysis*

galbana)为开口饵料，投喂量视摄食情况而定。培育过程中应避免幼虫相互混杂，实验器具专桶专用，均用清水浸泡，冲洗干净后再用。整个培育过程中每个样本设置2个平行组。在幼虫培育期间，为了防止幼虫密度对实验结果造成影响，定期调整培养密度，消除密度对表型性状的影响。

1.5 稚贝培育

待幼虫长出斧足后，开始铺设底泥，让幼虫附着在桶底。实验过程中定时换水、冲洗水桶和清除杂质；投喂球等鞭金藻、牟氏角毛藻(*Chaeroeros moelleri*)、亚心型扁藻(*Platymonas subcordiformis*)的混合藻液，投喂量视摄食情况而定。稚贝培育期间，为了消除密度对生长、存活的影响，统一调整稚贝密度。

1.6 数据的测定

根据缢蛭幼虫不同发育时期的参考日龄将其分别划分为D形幼虫期(1~4日龄)、匍匐幼虫期(4~8日龄)、变态期即出水管期(8~12日龄)、稚贝期(12~30日龄)和幼苗期(30~90日龄)。用显微镜或游标卡尺测定各样本的1、5、10、15、30、60、90日龄的生长数据，包括壳长和壳高，每组每个样本测量设3个重复，每个重复随机测定30个个体。生长速度为不同阶段个体壳长的日增长量(μm/d)，即绝对生长速度。

受精率为受精卵与参与受精的卵细胞的百分比；D幼率为D形幼虫与受精卵的百分比；变态率为长出水管、斧足的幼虫与D形幼虫的百分比。

1.7 数据处理

利用SPSS 17.0、Excel统计软件对数据进行分析，采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)家系间、家系和群体样本间的数据，利用Turkey HSD进行多重比较，差异显著性设置为 $P < 0.05$ 。各样本实验数据均在幼虫相同培育时间下获得。

2 结果

2.1 受精率、D形幼虫规格、D幼率、附着规格和变态率

QF、QX和全同胞各家系组样本在受精率、

D形幼虫大小、D幼率和变态率均无显著差异 ($P>0.05$, 表1)。因选优样本是从群体繁育样本中获得, 故二者的受精率、D形幼虫大小、D幼率相同。

表1 各比较样本的受精率、D形幼虫大小、D幼率、附着规格及变态率

Tab. 1 Fertilized rate, D larvae size, D larval rate, settling size and metamorphic rate of each *S. constricta* sample

样本代码 group code	组别 group				
	受精率/% fertilized rate	D形大小/ μm D larvae size	D幼率/% D larval rate	附着规格/ μm settling size	变态率/% metamorphic rate
QF	99.73 ^a	125.67 \pm 4.91 ^a	82.01 ^a	179.93 \pm 16.01 ^c	38.33 ^a
QX	99.73 ^a	125.67 \pm 4.91	82.01 ^a	241.10 \pm 8.72 ⁿ	43.35 ^a
F ₁	99.92 ^a	124.43 \pm 4.53 ^a	82.08 ^a	188.70 \pm 7.97 ^{de}	41.32 ^a
F ₂	99.87 ^a	124.20 \pm 4.61 ^a	84.67 ^a	216.17 \pm 5.01 ^{lm}	44.00 ^a
F ₃	99.74 ^a	125.10 \pm 4.77 ^a	84.67 ^a	201.37 \pm 7.21 ^{gh}	47.65 ^a
F ₄	99.88 ^a	125.87 \pm 4.64 ^a	82.33 ^a	160.57 \pm 6.22 ^a	48.64 ^a
F ₅	99.87 ^a	124.47 \pm 5.43 ^a	87.67 ^a	168.23 \pm 6.19 ^b	50.32 ^a
F ₆	99.94 ^a	126.23 \pm 4.65 ^a	82.67 ^a	157.50 \pm 6.67 ^a	42.56 ^a
F ₇	99.95 ^a	126.20 \pm 4.87 ^a	82.09 ^a	218.97 \pm 5.88 ^m	44.65 ^a
F ₈	99.81 ^a	124.93 \pm 4.85 ^a	81.67 ^a	207.13 \pm 8.02 ^{hij}	42.12 ^a
F ₉	99.83 ^a	124.27 \pm 5.19 ^a	82.33 ^a	213.00 \pm 7.10 ^{ijklm}	44.68 ^a
F ₁₀	99.74 ^a	125.53 \pm 4.98 ^a	84.00 ^a	198.90 \pm 5.23 ^{fg}	44.32 ^a
F ₁₁	99.73 ^a	125.83 \pm 5.23 ^a	80.67 ^a	191.77 \pm 9.39 ^{ef}	40.43 ^a
F ₁₂	99.84 ^a	125.30 \pm 5.17 ^a	82.67 ^a	178.57 \pm 6.60 ^c	46.87 ^a
F ₁₃	99.53 ^a	125.07 \pm 5.97 ^a	83.00 ^a	209.00 \pm 5.36 ^{ijl}	47.52 ^a
F ₁₄	99.92 ^a	125.77 \pm 3.84 ^a	82.00 ^a	158.67 \pm 7.58 ^a	48.34 ^a
F ₁₅	99.81 ^a	125.07 \pm 5.21 ^a	82.33 ^a	180.53 \pm 6.15 ^c	42.00 ^a
F ₁₆	99.78 ^a	125.27 \pm 4.73 ^a	83.44 ^a	155.63 \pm 8.10 ^a	43.65 ^a
F ₁₇	99.73 ^a	126.33 \pm 4.27 ^a	81.67 ^a	180.53 \pm 7.23 ^c	46.58 ^a
F ₁₉	99.67 ^a	125.93 \pm 4.34 ^a	81.56 ^a	216.80 \pm 6.79 ^m	45.64 ^a
F ₂₀	99.62 ^a	126.57 \pm 4.77 ^a	85.33 ^a	180.33 \pm 7.86 ^c	48.39 ^a
F ₂₁	99.60 ^a	126.57 \pm 3.93 ^a	83.67 ^a	183.13 \pm 9.03 ^{cd}	47.64 ^a
F ₂₂	99.50 ^a	127.60 \pm 4.11 ^a	85.00 ^a	207.70 \pm 6.69 ^{hij}	41.65 ^a
F ₂₃	99.58 ^a	126.83 \pm 4.60 ^a	84.01 ^a	208.67 \pm 6.92 ^{ij}	40.13 ^a
F ₂₅	99.77 ^a	126.67 \pm 4.27 ^a	82.46 ^a	169.50 \pm 5.84 ^b	36.65 ^a
F ₂₆	99.43 ^a	126.60 \pm 4.25 ^a	81.35 ^a	170.37 \pm 5.10 ^b	41.01 ^a
F ₂₇	99.73 ^a	125.43 \pm 4.67 ^a	80.38 ^a	156.57 \pm 7.71 ^a	41.34 ^a
F ₂₉	99.70 ^a	126.13 \pm 4.80 ^a	81.34 ^a	179.53 \pm 7.54 ^c	38.13 ^a
F ₃₀	99.78 ^a	125.03 \pm 4.22 ^a	86.63 ^a	202.33 \pm 6.39 ^{ghi}	37.56 ^a

注: 显示相同字母的同一列表明无显著差异($P>0.05$), 下同

Notes: The same letter in each line means no significant difference ($P>0.05$), the same below

幼虫开始附着时,各样本之间的附着个体规格开始出现差异。其中群体选优组(QX)附着幼虫壳长为 $(241.10 \pm 8.73) \mu\text{m}$,显著大于群体繁育组(QF) $[(179.93 \pm 16.0) \mu\text{m}]$ 和全同胞家系($P < 0.05$)。在全同胞家系中, F_7 家系幼虫壳长为 $(218.97 \pm 5.88) \mu\text{m}$,大于群体繁育组(QF)幼虫壳长($P > 0.05$),为家系中壳长最大者,但与 F_2 、 F_9 、 F_{19} 家系幼虫壳长无显著差异($P > 0.05$)。 F_{16} 家系的壳长为 $(155.63 \pm 8.10) \mu\text{m}$,小于群体繁育组(QF)的幼虫壳长($P > 0.05$),为家系中壳长最小者,与 F_4 、 F_6 、 F_{14} 和 F_{27} 无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 不同发育时期生长速率比较

在幼虫培育过程中,分析比较了各实验组在不同发育阶段的生长速率(表2)。通过对实验样本多重比较发现,各实验组样本之间存在较大的差异,在浮游期(1 d),家系 F_{19} 在所有实验组中生长速率最大 $[(17.73 \pm 0.94) \mu\text{m}/\text{d}]$,显著大于群体繁育组(QF) $[(13.34 \pm 1.03) \mu\text{m}/\text{d}]$ ($P < 0.05$),与家系 F_2 、 F_7 、 F_9 、 F_{13} 和群体选优组(QX)无显著差异($P > 0.05$)。家系 F_5 在所有实验组中生长速率最小 $[(13.20 \pm 0.81) \mu\text{m}/\text{d}]$,小于群体繁育组(QF)($P > 0.05$)。与家系 F_4 、 F_6 、 F_{14} 、 F_{17} 、 F_{20} 、 F_{25} 、 F_{26} 、 F_{27} 、 F_{29} 的生长速率无显著差异($P > 0.05$)。

匍匐幼虫期时(5 d),群体选优组(QX)的生长速率最大 $[(17.10 \pm 1.18) \mu\text{m}/\text{d}]$,显著大于群体繁育组(QF) $[(9.03 \pm 2.17) \mu\text{m}/\text{d}]$ 和各全同胞家系($P < 0.05$)。家系中 F_{19} 家系生长速率最大,大于群体繁育组(QF)且与家系 F_2 、 F_7 、 F_9 、 F_{13} 、 F_{22} 、 F_{23} 无显著差异($P > 0.05$)。 F_4 家系在所有实验组中生长速率最小,为 $(7.01 \pm 1.84) \mu\text{m}/\text{d}$,小于群体繁育组(QF)且与家系 F_5 、 F_6 、 F_{14} 、 F_{16} 、 F_{26} 无显著差异($P > 0.05$)。

变态期(10 d)即出水管期时,群体选优组(QX)的幼虫生长速率最大 $[(61.83 \pm 1.26) \mu\text{m}/\text{d}]$,显著大于群体繁育组(QF) $[(52.07 \pm 0.87) \mu\text{m}/\text{d}]$ 和全同胞家系($P < 0.05$),在所有家系中 F_{19} 家系生长速率最大,大于群体繁育组(QF)且与家系 F_7 无显著差异($P > 0.05$)。家系 F_{16} 生长速率最小 $[(45.50 \pm 1.07) \mu\text{m}/\text{d}]$,小于群体繁育组(QF)且与 F_5 、 F_6 、 F_{14} 家系无显著差异($P > 0.05$)。

稚贝期(15 d)时,群体选优组(QX)的幼虫在所有实验组中生长速率最大 $[(75.80 \pm 1.69) \mu\text{m}/\text{d}]$,

显著大于群体繁育组(QF) $[(61.27 \pm 0.74) \mu\text{m}/\text{d}]$ 和全同胞家系($P < 0.05$)。各家系中, F_{19} 家系生长速率最大,大于群体繁育组(QF)且与 F_2 、 F_7 、 F_9 、 F_{13} 、 F_{22} 、 F_{23} 无显著差异($P > 0.05$)。 F_{27} 家系生长速率最小 $[(56.83 \pm 3.27) \mu\text{m}/\text{d}]$,小于群体繁育组(QF)且与 F_6 家系无显著差异($P > 0.05$)。

2.3 稚贝期生长比较

相同日龄的实验组稚贝规格不同(图1);30日龄时,群体选优组(QX)在所有实验组稚贝中的壳长最大,显著大于群体繁育组(QF)($P < 0.05$)。在所有家系中, F_{19} 家系稚贝壳长最大且与 F_2 、 F_7 、 F_9 、 F_{13} 、 F_{22} 家系无显著差异($P > 0.05$)。 F_{27} 家系壳长最小,小于群体繁育组(QF)且与 F_6 、 F_{14} 、 F_{16} 、 F_{25} 家系无显著差异($P > 0.05$)。60日龄时,群体选优组(QX)在所有实验组中稚贝的壳长最大,显著大于群体繁育组(QF)($P < 0.05$)。在所有家系中, F_7 家系壳长最长且与 F_2 、 F_9 、 F_{13} 、 F_{19} 、 F_{23} 家系无显著差异($P > 0.05$)。 F_{27} 家系壳长最小,小于群体繁育组(QF)且与 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_{14} 、 F_{25} 家系无显著差异($P > 0.05$)。90日龄时,群体选优组(QX)在所有实验组中的稚贝壳长最大,显著大于群体繁育组(QF)($P < 0.05$)。在所有家系中, F_7 家系壳长最长且与 F_9 、 F_{13} 、 F_{19} 、 F_{23} 家系无显著差异($P > 0.05$)。 F_4 家系壳长最小,小于群体繁育组(QF)且与 F_6 、 F_{14} 、 F_{25} 、 F_{27} 、 F_{30} 家系无显著差异($P > 0.05$)。

对各实验组稚贝的壳长、壳高Pearson相关分析发现,在30、60、90日龄时,缢蛏稚贝的壳长与壳高性状间呈正相关且相关系数分别为0.878、0.923、0.934,达到极显著水平($P < 0.01$,表3)。

3 讨论

实验中各实验组的胚胎受精率都达到了99%以上,除了实验环境较适合缢蛏幼虫培育外,主要是因为所用亲本都是来自于相同地理环境条件下的缢蛏群体,在同一环境下其生长发育条件相同,性腺发育程度和精卵的成熟度比较同步,所以不存在受精率和变态率的差异。其次,是在建立各实验组的方法步骤上保持高度一致性,全同胞家系组的建立都是在亲本产出精卵细胞后,精卵成熟度高,从而保证了较高的受精率。综合以上两点,各实验组表

表 2 在不同时期各样本的生长速率

Tab. 2 The growth rate of each sample of *S. constricta* at different stages

样本代码 group code	生长速率/($\mu\text{m}/\text{d}$) growth rate			
	浮游期 pelagic period	匍匐期 reptant period	变态期 metamorphic period	稚贝期 juvenile period
QF	13.34±1.03 ^a	9.03±2.17 ^{cdef}	52.07±0.87 ^{ghi}	61.27±0.74 ^{cdef}
QX	17.27±1.20 ^f	17.10±1.18 ⁱ	61.83±1.26 ^m	75.80±1.69 ^m
F ₁	14.57±0.94 ^{cde}	10.20±1.81 ^{efgh}	51.63±0.89 ^{fgh}	64.01±1.66 ^{hi}
F ₂	17.03±1.13 ^f	11.61±0.97 ^h	53.57±1.04 ^k	68.40±1.13 ^l
F ₃	14.50±0.94 ^{bcde}	10.63±1.54 ^{fgh}	52.27±0.98 ^{ghij}	64.87±1.33 ⁱ
F ₄	13.34±0.88 ^a	7.01±1.84 ^a	48.60±1.24 ^b	59.90±1.27 ^{bcd}
F ₅	13.20±0.81 ^a	7.17±1.80 ^a	46.43±1.91 ^a	60.03±1.23 ^{bcde}
F ₆	14.47±0.90 ^a	7.53±2.08 ^{abc}	45.97±1.25 ^a	56.93±2.52 ^a
F ₇	17.03±1.19 ^f	11.34±0.96 ^{gh}	54.83±1.26 ^l	68.33±1.12 ^l
F ₈	14.17±0.91 ^{abcde}	10.90±1.35 ^{gh}	52.70±0.98 ^{hijk}	65.47±1.31 ^{ij}
F ₉	16.90±1.24 ^f	11.37±1.03 ^{gh}	53.27±0.98 ^{jk}	68.17±1.02 ^{kl}
F ₁₀	14.70±0.92 ^{de}	10.97±1.35 ^{gh}	52.20±0.96 ^{ghij}	64.87±1.66 ⁱ
F ₁₁	14.57±0.94 ^{cde}	10.70±1.64 ^{gh}	51.77±0.97 ^{fghi}	64.77±1.61 ⁱ
F ₁₂	13.63±0.89 ^{abc}	8.82±2.20 ^{bcde}	49.93±1.23 ^{cd}	60.63±1.10 ^{cdef}
F ₁₃	17.40±1.19 ^f	11.43±1.17 ^{gh}	53.33±1.09 ^{jk}	67.33±1.30 ^{kl}
F ₁₄	13.40±1.04 ^a	7.13±1.81 ^a	45.80±1.03 ^a	59.13±2.66 ^{bc}
F ₁₅	13.72±1.29 ^{abcd}	8.97±1.73 ^{cde}	50.47±1.17 ^{de}	61.60±1.28 ^{fg}
F ₁₆	13.71±0.95 ^{abc}	7.73±2.21 ^{abc}	45.50±1.07 ^a	59.83±2.00 ^{bc}
F ₁₇	13.34±0.99 ^a	9.83±1.97 ^{defg}	50.63±1.03 ^{def}	62.10±1.35 ^{fg}
F ₁₉	17.73±0.94 ^f	11.73±0.91 ^h	54.90±1.42 ^l	68.47±1.17 ^{kl}
F ₂₀	14.42±0.89 ^a	8.62±1.98 ^{abcde}	50.67±1.54 ^{def}	61.47±0.90 ^{efg}
F ₂₁	13.57±0.90 ^{ab}	9.97±1.84 ^{defg}	51.33±1.21 ^{efg}	62.93±0.83 ^{gh}
F ₂₂	14.83±1.23 ^{ef}	11.27±1.41 ^{gh}	52.90±1.12 ^{ijk}	66.83±1.76 ^{jk}
F ₂₃	15.10±1.18 ^{ef}	11.23±1.22 ^{gh}	51.83±1.58 ^{ghi}	67.03±1.81 ^{kl}
F ₂₅	13.37±0.81 ^a	7.87±2.01 ^{abc}	49.00±1.17 ^{bc}	60.83±1.18 ^{cdef}
F ₂₆	13.34±0.93 ^a	7.30±1.56 ^{ab}	48.83±1.26 ^{bc}	61.13±0.86 ^{cdef}
F ₂₇	13.43±0.94 ^a	7.77±2.04 ^{abc}	48.67±1.18 ^b	56.83±3.27 ^a
F ₂₉	13.47±0.97 ^a	8.43±1.98 ^{abcd}	49.90±1.32 ^{cd}	61.37±0.67 ^{def}
F ₃₀	14.50±0.93 ^{bcde}	10.93±1.41 ^{gh}	52.43±1.10 ^{ghijk}	64.90±1.16 ⁱ

现出比较高的受精率和变态率, 这与闫喜武等^[20]关于中国蛤蜊(*Macra chinensis*)早期发育的研究结果一致。

幼虫附着时期, 群体选优组(QX)的壳长规格

最大, 相比于群体繁育组(QF)的壳长规格高出34%。在对2组不同日龄幼虫生长速率的比较中发现, 群体选优组(QX)的生长速率相比于群体繁育组(QF)分别增加了29%、89%、19%和24%。

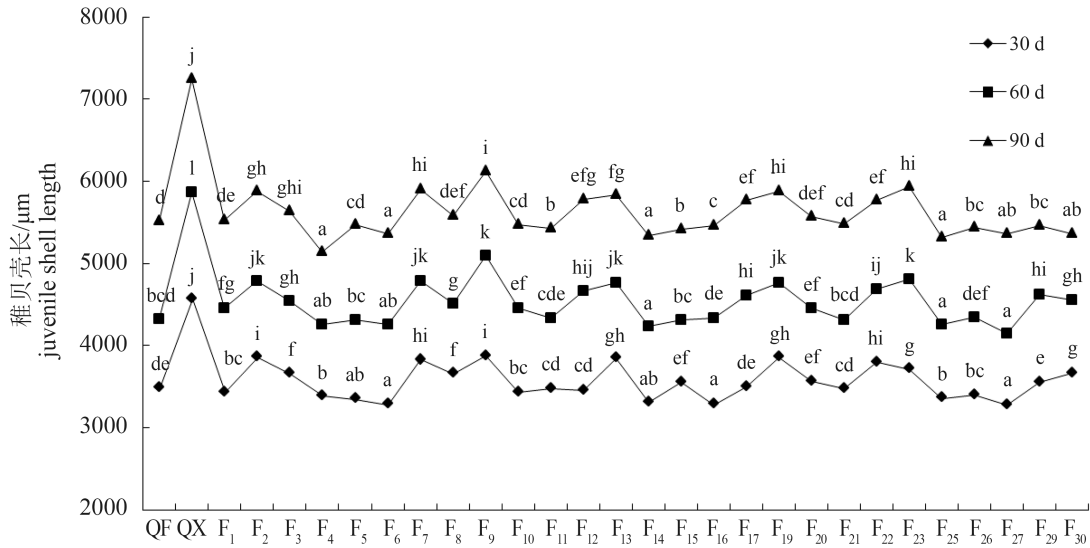


图 1 各实验组稚贝壳长比较

具有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)

Fig. 1 Comparison of the shell length of *S. constricta* juveniles in each experimental group

The same letter means no significant difference ($P > 0.05$)

表 3 缢蛭稚贝壳长、壳高的相关系数

Tab. 3 The correlation coefficient between the shell length and shell height of *S. constricta*

性状 traits	日龄/d days					
	30		60		90	
	SL	SH	SL	SH	SL	SH
SL	1		1		1	
SH	0.878*	1	0.923*	1	0.934*	1

注: *表示表型性状相关性极显著 ($P < 0.01$), SL、SH 分别表示壳长和壳高

Notes: * means significant difference ($P < 0.01$), SL means shell length, SH means shell height

由此可以看出, 在幼虫发育早期, 无论是在壳长规格还是在生长速率方面, 群体选优组 (QX) 相比于群体繁育组 (QF) 都有较大幅度的提高。Liang 等^[21]对不同扇贝生长选育的研究中, 子代可获得 8%~10% 的改良效果。从基础群体中, 通过高选择压力可以获得经济性状优良的群体。这也与游伟伟等^[22]通过连续四代的群体选择, 最终获得具有较高存活率和生长速率杂色鲍品种的研究相似。幼虫培育期间, 生长快速的家系一直保持着生长优势, 生长较慢的家系一直保持着生长劣势, 这种生长差异与杨凤等^[10]、闫喜武^[7]对青蛤、菲律宾蛤仔早期性状比较的结果一致。

在保持培育时间一致的情况下, 各实验组的培育条件 (水温、盐度、光照、换水、投饵、移池等) 也保持一致, 各实验组生长速率却表现出比较显著的差异性, 在幼虫发育早期, 遗传物质的作用占据了主要的影响因子^[20], 因此这与遗传物质的不同有关系。在幼虫培育到 30 日龄后, 家系 F₉ 壳长最大。60 日龄和 90 日龄时, 各组的对比数据显示, 群体选优组 (QX) 继续保持着生长优势, 而早期表现生长优势的家系出现微小差异。各样本的生长速率和贝壳长度并不总是在其生长发育的各个阶段保持一致, 其表型值的大小是个体的基因和其生长发育所处的环境 (温度、光照、盐度等) 共同作用的结果。但保持生长优势的家系组没有发生变化, 表明遗传物质对其生长性能起着决定性的作用, 并且能稳定遗传^[23]。生物体不同性状之间存在不同程度的相关性, 在选择育种工作中, 可以选择易于度量的性状来获得理想的选育效果。在对各实验组壳长、壳高的相关性研究中发现, 缢蛭壳长与壳高存在显著的相关性, 这与 Wang 等^[24]关于文蛤的研究相似, 由此壳长可以作为缢蛭选育的指标。

在本研究中, 群体繁育或家系培育的幼虫都表现出较高的受精率和变态率, 不存在显著差异。在幼虫发育过程中, 通过群体选优选出来的个体始终表现出比较好的生长优势, 对比不

同日龄家系幼虫规格, 其生长性能的差异表现出比较强的一致性。在幼虫发育后期, 环境作用对幼虫生长性能有一定的影响, 但主要的原因是亲本遗传物质的不同, 导致个体或家系生长性能的差异。栉孔扇贝“蓬莱红2号”的获得是采用家系选育结合个体选择技术, 文蛤“科浙1号”的获得也采用群体选育辅以家系选择等技术。本研究得到的具有生长优势的家系, 结合选育出的选优群体, 采用群体选优和家系杂交育种的方法, 将能加快缢蛭良种选育的进程, 为缢蛭良种培育提供理论基础和实践经验。

参考文献:

- [1] 徐凤山, 张素萍. 中国海产双壳类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 211-213.
Xu F S, Zhang S P. Illustrated Bivalvia Mollusca Fauna of China Seas[M]. Beijing: Science Press, 2008: 211-213(in Chinese).
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 2015中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 33.
Ministry of Agriculture. 2015 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2015: 33(in Chinese).
- [3] 王冬群, 李太武, 苏秀榕. 象山缢蛭养殖群体和野生群体遗传多样性的比较 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 138-143.
Wang D Q, Li T W, Su X R. Comparison of genetic diversity between hatchery stock and wild population of *Sinonovacula constricta* Lamarck in Xiangshan Bay [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2): 138-143(in Chinese).
- [4] 姜志勇, 牛东红, 陈慧, 等. 福建缢蛭野生群体与养殖群体的ITS-1和ITS-2分析 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 314-318.
Jiang Z Y, Niu D H, Chen H, et al. The genetic analysis of IT-S and ITS-2 between wild and cultured populations of *Sinonovacula constricta* in Fujian [J]. Marine Fisheries, 2007, 29 (4): 314-318(in Chinese).
- [5] 牛东红, 李家乐, 汪桂玲, 等. 缢蛭六群体16SrRNA基因片段序列的差异分析 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(1): 1-6.
Niu D H, Li J L, Wang G L, et al. The genetic diversity of mitochondrial 16S rRNA gene fragment in six population of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(1): 1-6(in Chinese).
- [6] 李成华, 李太武, 宋林生, 等. 4个缢蛭群体遗传结构的RAPD分析 [J]. 水产科学, 2004, 23 (12): 26-28.
Li C H, Li T W, Song L S, et al. Genetic variations among four populations of *Sinonovacula constricta* by using random amplified polymorphic DNA [J]. Fisheries Science, 2004, 23(12): 26-28(in Chinese).
- [7] 闫喜武. 菲律宾蛤仔养殖生物学、养殖技术与品种选育 [D]. 青岛: 中国科学院研究生院, 2005.
Yan X W. The culture biology and technology and selective breeding in Manila clam, *Ruditapes philippinarum* [D]. Qingdao: University of Chinese Academy of Sciences, 2005(in Chinese).
- [8] 闫喜武, 张跃环, 金晶宇, 等. 大连群体两种壳型菲律宾蛤仔的双列杂交 [J]. 水产学报, 2009, 33(3): 389-395.
Yan X W, Zhang Y H, Jin J Y, et al. The diallel cross of Manila clam *Ruditapes philippinarum* of two shell shapes of Dalian population [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(3): 389-395(in Chinese).
- [9] 闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 等. 不同壳色菲律宾蛤仔品系间的双列杂交 [J]. 水产学报, 2008, 32(6): 864-875.
Yan X W, Zhang Y H, Huo Z M, et al. The study on diallel cross of different shell color strains of Manila clam *Ruditapes philippinarum* [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(6): 864-875(in Chinese).
- [10] 杨凤, 张跃环, 赵越, 等. 青蛤家系的建立及早期生长发育比较 [J]. 水产科学, 2008, 27(8): 390-396.
Yang F, Zhang Y H, Zhao Y, et al. The establishment of families of Gmelin *Cyclina sinensis* and its early development [J]. Fisheries Science, 2008, 27(8): 390-396(in Chinese).
- [11] Rawson P D, Hilbish T J. Heritability of juvenile growth for the hard clam *Mereenaria mercenaria* [J]. Marine Biology, 1990, 105(3): 429-439.
- [12] Toro J E, Aguila P, Vergara A M. Spatial variation in response to selection for live weight and shell length from data on individually tagged Chilean native oysters (*Ostrea chilensis* Philippi, 1845) [J]. Aquaculture, 1996, 146(1-2): 27-36.
- [13] Davis C V. Estimation of narrow-sense heritability for

- larval and juvenile growth traits in selected and unselected sub-lines of eastern Oysters, *Crassostrea virginica* [J]. Journal of Shellfish Research, 2000, 19(1): 613.
- [14] Toro J E, Newkirk G F. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: response to selection and estimation of genetic parameters [J]. Marine Ecology Progress Series, 1990, 62(3): 219-227.
- [15] Newkirk G F, Haley L E. Selection for growth rate in the European oyster, *Ostrea edulis*: response of second generation groups [J]. Aquaculture, 1983, 33(1-4): 149-155.
- [16] 何毛贤, 管云雁, 林岳光, 等. 马氏珠母贝家系的生长比较[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(1): 39-43.
He M X, Guan Y Y, Lin Y G, *et al.* Growth comparison between families of pearl oyster *Pinctada martensii* Dunker [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2007, 26(1): 39-43(in Chinese).
- [17] Zheng H P, Zhang G F, Liu X, *et al.* Different responses to selection in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2004, 313(2): 213-223.
- [18] 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的研究 [J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(6): 632-639.
Zhang H P, Zhang G F, Liu X, *et al.* Establishment of different shell color lines of bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck (1819) and their development [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2003, 36(6): 632-639(in Chinese).
- [19] 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.
Zhang G F, Liu S X, Liu X, *et al.* Self-fertilization family establishment and its depression in bay scallop *Argopecten irradians* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(6): 441-445(in Chinese).
- [20] 闫喜武, 王琦, 张跃环, 等. 中国蛤蜊的家系建立及早期生长发育 [J]. 水产学报, 2010, 34(4): 521-530.
Yan X W, Wang Q, Zhang Y H, *et al.* Studies on establishment of families and their early growth and development for surf clam *Macra chinensis* [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(4): 521-530(in Chinese).
- [21] Liang J, Zhang G F, Zheng H P. Divergent selection and realized heritability for growth in the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* Jay [J]. Aquaculture Research, 2010, 41(9): 1315-1321.
- [22] 游伟伟, 骆轩, 王德祥, 等. “东优1号”杂色鲍及其亲本群体的形态特征和养殖性能比较[J]. 水产学报, 2010, 34(12): 1837-1843.
You W W, Luo X, Wang D X, *et al.* Comparisons of morphological characteristics and grow-out performance in new variety “Dongyou No. 1” and its parental populations of small abalone *Haliotis diversicolor* [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(12): 1837-1843(in Chinese).
- [23] 刘志刚, 章启忠, 朱晓闻, 等. 海湾扇贝南部亚种自交家系选育及其Kung育种值评价[J]. 中国水产科学, 2013, 20(2): 308-315.
Liu Z G, Zhang Q Z, Zhu X W, *et al.* Breeding of a self-fertilizing family and Kung breeding value evaluation of *Argopecten irradians concentricus* (Say) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(2): 308-315(in Chinese).
- [24] Wang H X, Chai X L, Liu B Z. Estimation of genetic parameters for growth traits in cultured clam *Meretrix meretrix*(Bivalvia: Veneridae) using the Bayesian method based on Gibbs sampling [J]. Aquaculture Research, 2011, 42(2): 240-247.

Comparison of early growth in *Sinonovacula constricta* selection group and family

DU Wenjun¹, WANG Chengdong², WANG Jie², LI Lianxing¹,
NIU Donghong¹, LI Jiale¹, SHEN Heding^{1*}

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources,
Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Sanmen Eastern Fisheries Limited, Taizhou 317100, China)

Abstract: To compare the early growth performance of the *Sinonovacula constricta* family group and colony group, we chose the excellent group from Leqing Bay to conduct the growth experiment. We established a selection group and 27 full-sib families(F₁F₂...F₃₀), because of the high mortality rate, the full-sib families F₁₈, F₂₄ and F₂₈ are eliminated in the early days. For the selection group, the control group is breeding population group. For the full-sib families, single pair method is applied. And analyses were made about the fertility rate, the metamorphosis rate, the adhesive rate, the growth rate and size specification in different terms. By multiple comparison and variance analysis, it was indicated that there was no significant difference of the fertility rate, the metamorphosis rate, the size of D-type larva and the adhesive rate between different experimental groups. For all the experiment groups, the individual size and growth rate are different in different development periods. And the size and growth rate of group selection are greater than those of breeding population with significant difference. Among the full-sib families, there were also differences in the growth rate. Groups of F₂, F₇, F₉, F₁₃, F₁₉, showed greater growth vigor than the control group with significant difference. Groups of F₅, F₆, F₁₄, F₂₅, F₂₇ showed growth disadvantage compared with control group, also with significant difference. The paper conducted comprehensive comparison of early growth performance between family group and colony group, and obtained the excellent family and colony, providing basic data and excellent material for fine varieties breeding of *S. constricta* in the future.

Key words: *Sinonovacula constricta*; family; groups; selection; growth and development

Corresponding author: SHEN Heding. E-mail: hdshen@shou.edu.cn

Funding projects: National High Technology Research and Development Projects(2012AA10A400-3); Shanghai University Fisheries Science First-class Subjects Construction Project; Shanghai University Knowledge Service Platform and Shanghai Ocean University Aquatic Genetic Breeding Center(ZF1206)