

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*) 体重遗传力的估计*

高保全¹ 刘萍¹ 李健¹ 刘磊¹ 戴芳钰¹ 王学忠²

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 昌邑市海丰水产养殖有限责任公司 潍坊 261307)

提要 应用数量遗传学原理和全同胞组内相关法估计了三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的遗传力。实验中的 400 只亲蟹均来自人工养殖的选育群体。通过群体间杂交, 构建了 37 个全同胞家系包括 13 个半同胞家系, 分别测定了 80 日龄和 120 日龄时大约 30 个个体的体重。利用 SPSS 软件的一般线性模型(GLM)过程, 计算表型变量的方差组分, 估计体重性状的遗传力。结果表明, 三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的遗传力估计值分别在 0.42—0.64 和 0.25—0.39 之间。雌性遗传方差组分均显著大于雄性遗传方差组分, 说明雌性遗传方差组分存在显著的母性效应。经过 *t* 检验, 父系半同胞、母系半同胞方差组分估计的遗传力均未达到显著水平, 全同胞方差组分估计的遗传力达到极显著水平。因此可以认为基于全同胞方差组分估计的遗传力是对三疣梭子蟹两个发育阶段狭义遗传力的无偏估计值, 估计值分别为 0.53 和 0.35。说明三疣梭子蟹体重属于中度遗传力, 对其选择育种具有较大的潜力。

关键词 三疣梭子蟹, 体重, 遗传力

中图分类号 Q789

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是一种重要的海洋经济动物, 隶属甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、梭子蟹科(Portunidae), 分布于中国、朝鲜、日本等海域(戴爱云等, 1977, 1986; 高保全等, 2008)。由于其生长快、个体大、肉味鲜美, 因此其作为养殖对象逐渐展开, 已成为我国重要的渔业捕捞对象和海水养殖对象(吴常文等, 1996)。目前, 三疣梭子蟹养殖业主要还是依靠捕捞野生蟹来满足生产育苗的需要, 这种状态限制了其发展。一方面, 这些捕捞的野生三疣梭子蟹可能携带感染性病毒, 据报道近年来, 随着梭子蟹养殖规模的不断扩大, 各种病害也开始接踵而至, 并出现大规模发生和暴发性流行的趋势, 给产业和区域经济的发展造成重大损失(王国良等, 2006); 另一方面, 由于环境恶化和过度捕捞导致野生资源下降, 为了改善这种状况以及实现三疣梭子蟹产业的可持续

性发展, 非常必要开展三疣梭子蟹系统育种工作。

遗传参数估计是水产物选择育种的一项基础工作, 主要用来估计育种值, 制定选择指数, 预测选择反应, 比较选择方法以及进行育种规划(盛志廉等, 2001)。国际上关于水产物性状遗传力的研究比较晚, 自 20 世纪 70 年代以来, 才陆续开展了虹鳟(*Salmo gairdneri*) (Aulstad *et al*, 1972; Gall, 1975)、尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*) (Tave *et al*, 1980)、大西洋鲑(*Salmo salar*) (Gunnes *et al*, 1978)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*) (Langdon *et al*, 2000)、海湾扇贝(*Argopecten irradians concentricus*) (Grenshaw *et al*, 1991)、马氏珠母贝(*Pinctada fucata martensi*) (Wada, 1986)等经济鱼类和贝类的遗传力研究。遗传参数估计涉及的性状参数多种多样, 包括体长、体质量、食物转化率、生长率、耗氧量和抗病力等重要的经济性性状, 以及产卵

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目资助, 2006AA10A406 号; 国家自然科学基金项目, 30871933 号; 青岛市科技计划项目, 07-2-3-5-jch 号。高保全, E-mail: gaobq@ysfri.ac.cn

通讯作者: 刘萍, 研究员, E-mail: liuping@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2009-03-23, 收修改稿日期: 2009-05-22

量、孵化率等繁殖性状。采用的方法多为同胞分析法。我国水产动物数量遗传学方面的研究虽然开展较晚,但是进展较快。比如海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)(刘小林等, 2003)、刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)(栾生等, 2006)、鲤(*Cyprinus carpio*)(张建森等, 1994)、长毛对虾(*Penaeus penicillatus*)(吴仲庆等, 1990)、罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)(陈刚等, 1996; 罗坤等, 2008)、中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)(田焱等, 2008; 黄付友等, 2008)、大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)(张庆文等, 2008; 许可等, 2009)等相关遗传参数的计算和估计。本研究通过巢式设计建立全同胞家系, 通过方差分析法估计三疣梭子蟹 80 日龄、120 日龄的体重遗传力。国内外首次对三疣梭子蟹遗传力进行探讨, 为三疣梭子蟹选择育种提供必要的基础依据和技术参数。

1 材料与方法

1.1 亲本材料

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)400 只亲蟹(100 只雄蟹, 300 只雌蟹)来自选育的基础群体。

1.2 实验方法

1.2.1 亲蟹交配 2007 年 8 月下旬, 挑选发育良好的亲蟹, 采用群体间杂交的方式进行交尾搭配。其中 1♂对 3♀。

经过交尾、越冬, 2008 年 4 月 15—25 日成功排幼得到的子一代的亲蟹有 37 只, 即 37 个全同胞家系, 其中包括 13 个半同胞家系。

1.2.2 子代培育和养殖 每只亲蟹的后代即每个家系各取 9×10^4 尾 I 期溞状幼体单独放入 1 个 6m^3 水泥池中培育, 培育采用常规方法, 不同家系同一阶段的培育条件一致。幼体和幼苗以褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)、卤虫(*Artemia sinica*)为主要饵料, 每天均换水 10%, 连续冲气培养。幼体达到期幼蟹, 每个家系各取 1500 尾蟹苗, 转移到室外养殖。室外养殖采用每个家系 200m^2 养殖微格, 使每个

小格的水环境尽量保持一致。

1.2.3 生长性状的测量 从 37 个家系中, 每个家系随机取 30 个左右的个体, 用电子天平测量体重, 精确到 1g, 在 80 日龄、120 日龄各测量一次。

1.2.4 统计分析 对生长性状的表型和遗传参数的估计采用动物模型

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

式中, μ 为总体平均数; α_i 和 β_j 分别为 A 因素的第 i 个水平效应与 B 因素第 j 个水平效应; $(\alpha\beta)_{ij}$ 为 A 因素第 i 个水平、B 因素第 j 个水平时的交互作用效应; e_{ijk} 为随机误差。对数据的方差分析, 通过 SPSS 软件的一般线性模型(General Linear Model)过程实现, 全同胞资料表型变量的方差组成见表 1。

其中, N 、 S 、 D 分别为后代个体总数、雄性亲本数和雌性亲本数; σ_s^2 为父系半同胞方差; σ_D^2 为母系半同胞方差; σ_e^2 为全同胞个体间方差; K_1 、 K_2 分别为雄性亲本内与配的雌性亲本平均后代数、每个雌性亲本的平均后代数; 由于每个雄性亲本的后代数(K_3)不相等, 故需要进行加权校正。计算公式如下:

$$K_3 = \frac{1}{S-1} \left(N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^S n_i^2 \right)$$

式中, n_i 为指第 i 个雄性亲本后代个体数。

1.2.5 遗传力计算及显著性检验 根据全同胞资料作二因素系统分组方差分析可以得到 3 个遗传力估计值(盛志廉等, 2001)。

半同胞估计的狭义遗传力为半同胞组内相关系数的 4 倍, 即:

$$\text{父系半同胞, } h_S^2 = 4 \times \frac{\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2}; \text{ 母系半同胞,}$$

$$h_D^2 = 4 \times \frac{\sigma_D^2}{\sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2}; \text{ 全同胞估计的狭义遗传力为全}$$

$$\text{同胞组内相关系数的 2 倍, 即: } h_{SD}^2 = 2 \times \frac{\sigma_s^2 + \sigma_D^2}{\sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2};$$

式中, h_S^2 、 h_D^2 、 h_{SD}^2 分别为父系半同胞、母系半同胞

表 1 全同胞资料表型变量组成的方差分析
Tab.1 Analysis of variance for phenotypic variation

变异来源	自由度	平方和	均方	期望均方
雄性间	$S-1$	SS_s	MS_s	$\sigma_e^2 + K_2 \times \sigma_D^2 + K_3 \times \sigma_s^2$
雄内雌间	$D-S$	SS_D	MS_D	$\sigma_e^2 + K_1 \times \sigma_D^2$
雌雄内后代个体间	$N-D$	SS_e	MS_e	σ_e^2
总和	$N-1$	SS_T		

和全同胞估计的狭义遗传力。

遗传力的估计值来自样本, 对于其是否能够代表总体参数, 需要进行显著性检验。遗传力的显著性检验采用 t 检验。

2 结果

2.1 三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄的体重

三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的平均数和标准差见表 2。

表 2 三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄的体重
Tab.2 Body weight of *P. trituberculatus* on day 80 and 120

生长阶段	个体数	平均体重(g)	标准差
80 日龄	914	30.28	8.11
120 日龄	914	102.00	19.84

2.2 三疣梭子蟹体重的方差分析

三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的方差分析见表 3。方差分析表明, 雄性亲本间和雄蟹内雌蟹间 80 日龄和 120 日龄体重的 F 检验 $P < 0.01$, 差异极显著。

三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄, 雄性亲本和雌性亲本间的有效平均后代数目的计算结果: 雄性亲本内与配的雌性亲本的后代数 $K_1 = 20.19$; 每个雌性亲

本的后代数 $K_2 = 24.58$; 每个雌性亲本的平均后代数目 $K_3 = 36.30$ 。

2.3 表型变量的原因方差组分

根据各亲本后代数及方差分析的结果, 计算了三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄雄性亲本, 雄性亲本和雄雌内全同胞间组分的方差(表 4), 其中雌性亲本的方差大于雄性亲本的方差, 表明雌性亲本间半同胞个体具有较大的变异程度, 存在着较大的母性效应。

2.4 三疣梭子蟹体重遗传力的估计

依据表 4 父系半同胞、母系半同胞和全同胞的方差组分, 估计了三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的遗传力(表 5)。80 日龄体重遗传力的估计值在 0.42—0.64 内; 120 日龄体重遗传力的估计值在 0.29—0.39 内。三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄体重的遗传力显著性 t 检验结果为: 依据父系半同胞、母系半同胞方差组分估计的遗传力均未达到显著水平, 依据全同胞方差组分估计的遗传力达到极显著水平。

3 讨论

本研究估计了 80 日龄和 120 日龄的体重遗传力, 选择这两个发育阶段原因主要有以下两点: 第一, 小于 80 日龄时, 个体太小, 测量不精确且不方便; 第二,

表 3 三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄表型变量组成的方差分析
Tab.3 Analysis of variance components of phenotypic variation of *P. trituberculatus* on day 80 and 120

生长阶段	变异来源	体重		
		自由度	均方	均方比 F
80 日龄体重	雄间	24	561.35	11.46**
	雄内雌间	12	263.82	5.39**
	全同胞间	877	48.99	
	总和	913		
120 日龄体重	雄间	24	2179.78	6.50**
	雄内雌间	12	1115.05	3.33**
	全同胞间	877	335.24	
	总和	913		

** 表示差异极显著($P < 0.01$)

表 4 表型变量的原因方差组分
Tab.4 Analysis results of causal components of phenotypic variance

方差组分	80 日龄体重	120 日龄体重
σ_s^2	6.91	24.66
σ_D^2	10.64	38.62
σ_e^2	48.99	335.24
$\sigma_T^2 = \sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2$	66.54	398.52
$\sigma_s^2 + \sigma_D^2$	17.55	63.28

表 5 三疣梭子蟹 80 日龄和 120 日龄的体重遗传力及 t 检验
Tab.5 Heritabilities of body weight of *P. trituberculatus* and its test on day 80 and 120

遗传力估计方法	80 日龄体重遗传力	t 检验	120 日龄体重遗传力	t 检验
父系半同胞	0.42	1.26	0.25	1.16
母系半同胞	0.64	1.99	0.39	1.72
全同胞	0.53	3.48**	0.32	3.17**

个体 120 日龄时, 三疣梭子蟹在我国北方已经逐渐性成熟, 根据实验进度, 个体 120 日龄后要取回室内定向交尾。

根据半同胞资料估计遗传力时, 用雄性亲本遗传方差组分估计的遗传力较小, 且变异程度较小, 而用雌性亲本遗传方差组分估计的遗传力较大, 且变异程度较大, 可能存在母系效应。但是经过 t 检验, 依据父系半同胞、母系半同胞方差组分估计的遗传力均未达到显著水平, 可认为, 依据全同胞方差组分估计的遗传力是遗传力的无偏估计值, 即 80 日龄为 0.53, 120 日龄为 0.32。

本研究得到 120 日龄体重遗传力估计值比 80 日龄的要小, 作者认为主要是环境差异引起的。遗传力不仅是一个性状本身的特征, 而且它与群体和环境条件的特征有关。环境差异大, 遗传力相对降低, 环境一致则遗传力的估计值提高(赵存发等, 1999)。三疣梭子蟹标记问题国内外一直没有很好的解决, 因此本研究中 37 个全同胞家系不能混养, 而只能采用微格单独养殖, 虽然开始放投的苗种密度一致, 但是由于各家系优劣程度不同, 在生长过程中, 密度差别越来越大, 导致环境差异越来越大, 最终导致 120 日龄的遗传力估计值要小于 80 日龄的值。

三疣梭子蟹遗传参数的估计目前还没有参考的数据, 不过在其他鱼类和甲壳类方面已经获得了一些性状的遗传参数。Quinton 等(2005)对大西洋鲑全同胞家系的收获体重遗传力估计值为 0.10—0.20; Fishback 等(2002)利用 Mtdfreml 方法得到虹鳟鱼的体长、体重等生长遗传力为 0.36—0.72; 张庆文等(2008)利用 Mtdfreml 方法得到大菱鲆 25d 仔鱼体长的遗传力为 0.20; Benzie 等(1997)利用半同胞资料对斑节对虾 42d 和 70d 生长性状的遗传力进行估计, 总体长和湿重的父系半同胞遗传力为 0.1, 母系半同胞为 0.39; Argue 等(2002)得到的凡纳滨对虾生长性状的半同胞遗传力为 0.84; 田焱等(2008)采用混合家系材料, 利用 Mtdfreml 软件中的动物模型进行分析, 得到中国对虾 145d 的体重遗传力为 0.14; 罗坤等(2008)采用动

物模型, 借助 DFREML 方法估计罗氏沼虾 5 月龄体重的遗传力为 0.07; 栾生等(2006)采用全同胞组内相关法估计刺参耳状幼体初中期体长的遗传力分别为 0.74 和 0.75。影响估计结果同的因素有很多, 同一品种的不同群体具有不同的遗传背景和遗传结构组成, 群体所处生长环境不同可能引起结果有所不同。总体来说三疣梭子蟹体重属于中度遗传力, 对三疣梭子蟹选择育种具有较大的潜力, 可以获得快的遗传进展, 这些结果为三疣梭子蟹选择育种提供了理论依据。

准确可靠的群体遗传参数和个体育种值估计是育种实践的前提(王金玉等, 2004)。但遗传参数和个体育种值是无法直接测定, 只能根据不同来源资料以及科学统计学方法得到遗传参数的估计值。准确估计遗传力的条件主要有两个, 一是资料的来源和数量, 二是遗传参数估计所用的统计方法。因此作者认为还有必要通过以下措施更精确的估算三疣梭子蟹遗传力: 第一, 进一步增加家系数及每个家系的样本数; 第二, 采用更合理的方差组分估计方法; 第三, 研究合适的三疣梭子蟹个体识别标记, 采取家系混养, 剔除环境差异。

参 考 文 献

- 王国良, 金 珊, 李 政等, 2006. 三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)乳化病的组织病理和超微病理研究. 海洋与湖沼, 37(4): 297—303
- 王金玉, 陈国宏, 杨章平等, 2004. 数量遗传与动物育种. 南京: 东南大学出版社, 50—210
- 田 焱, 孔 杰, 栾 生等, 2008. 中国对虾生长性状遗传参数的估计. 海洋水产研究, 29(3): 1—6
- 许 可, 马爱军, 王新安等, 2008. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)生长性状相关的微卫星标记筛选. 海洋与湖沼, 39(5): 577—583
- 刘小林, 常亚青, 相建海等, 2003. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计. 中国水产科学, 10(3): 218—211
- 吴仲庆, 徐福章, 周雪芳, 1990. 长毛对虾体长、体重的一些遗传参数. 厦门水产学院学报, 12(2): 5—14
- 吴常文, 虞顺成, 吕永林, 1996. 梭子蟹渔业技术. 上海: 上海科学出版社, 28—31
- 张庆文, 孔 杰, 栾 生等, 2008. 大菱鲆 25 日龄 3 个经济性

- 状的遗传参数评估. 海洋水产研究, 29(3): 53—56
- 张建森, 孙小异, 施永红等, 1994. 建鲤品种特性的研究. 建鲤育种研究论文集. 北京: 科学出版社, 27—39
- 陈刚, 蔡华紧, 林晓文, 1996. 罗氏沼虾体长和体重的一些遗传参数分析. 湛江水产学院学报, 16(1): 25—30
- 罗坤, 孔杰, 栾生等, 2008. 罗氏沼虾生长性状的遗传参数及其相关. 海洋水产研究, 29(3): 80—84
- 赵存发, 高佃平, 李金泉等, 1999. 内蒙古白绒山羊体重性状遗传力的估计. 内蒙古畜牧科学, 20(4): 12—14
- 高保全, 刘萍, 李健等, 2008. 三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代生长性状的比较. 海洋与湖沼, 39(3): 291—296
- 栾生, 孙慧玲, 孔杰, 2006. 刺参耳状幼体体长遗传力的估计. 中国水产科学, 13(3): 378—383
- 黄付友, 何玉英, 李健等, 2008. “黄海1号”中国对虾体长遗传力的估计. 中国海洋大学学报, 38(2): 269—274
- 盛志廉, 陈瑶生, 2001. 数量遗传学. 北京: 科学出版社, 60—74
- 戴爱云, 冯钟琪, 宋玉枝等, 1977. 三疣梭子蟹渔业生物资源的初步调查. 动物学杂志, 12(2): 30—33
- 戴爱云, 杨思凉, 宋玉枝等, 1986. 中国海洋蟹类. 北京: 海洋出版社, 213—214
- Argue B J, Arce S M, Lotz J M *et al*, 2002. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. Aquaculture, 204: 447—460
- Aulstad D G, Gjedrem T Skjervold, 1972. Genetic and environmental sources of variation in length and weight of rainbow trout (*S. gairdneri*). Fish Res Board Can, 29: 237—341
- Benzie J A H, Kenway M, Trott L, 1997. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib matings. Aquaculture, 152: 49—53
- Fishback A G, Danzmann R G, Ferguson M M *et al*, 2002. Estimates of genetic parameters and genotype by environment interactions for growth traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as inferred using molecular pedigrees. Aquaculture, 206: 137—150
- Gall G A E, 1975. Genetics of reproduction in domesticated rainbow trout. J Fish Sci, 40: 19—28
- Grenshaw J W, Heffernan P B, Walker R L, 1991. Heritability of growth rate in the southern Bay scallop, *Argopecten irradians concentricus*. Journal of Shellfish Research, 10: 55—63
- Gunnes K, Gjedrem T, 1978. Selection experiments with salmon. Growth of Atlantic salmon during two years in the sea. Aquaculture, 5: 19—23
- Langdon C J, Jacobson D P, Evans F *et al*, 2000. The molluscan broodstock program improving Pacific oyster broodstock through genetic selection. Journal of Shellfish Research, 19(1): 616
- Quinton C D, McMillan I, Glebe B D, 2005. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameter of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. Aquaculture, 30: 211—217
- Tave D, Smitherman R O, 1980. Predicted response to selection for early growth in *Tilapia nilotica*. Trans Am Fish Soc, 109: 439—455
- Wada K T, 1986. Genetic selection for shell traits in Japanese pear oyster, *Pinctada fucata martensi*. Aquaculture, 57: 171—176

HERITABILITY OF BODY WEIGHT IN *PORTUNUS TRITUBERCULATUS*

GAO Bao-Quan¹, LIU Ping¹, LI Jian¹, LIU Lei¹, DAI Fang-Yu¹, WANG Xue-Zhong²

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071;

2. Changyi Haifeng Aquiculture Co. Ltd, Weifang, 261307)

Abstract With the rapid expansion and intensification of *Portunus trituberculatus* culture, various problems, such as diseases, larval degeneration, and natural resource depletion, have incurred economic losses. Therefore, study on selective breeding and heritability are important. In this paper, the heritability of *P. trituberculatus* in body weight was estimated by intra-group correlation of full-sibs. A total of 400 matured crabs were taken from culture populations. 100 sires and 300 dams were mated in 1♂×3♀, and 13 half-sib families and 37 full-sib families were produced. About 30 individuals were randomly sampled in harvest on day 80 and 120 in age from each family and body weight measured. Causal components of phenotypic variance were calculated with the GLM procedure of SPSS software. Results show that the heritability on day 80 and 120 ranged 0.42—0.64 and 0.25—0.39, respectively. No significant difference was found in the heritability between maternal and paternal genetic variance. However, the difference was significant in components variance of full-sibs within sires and dams. The values 0.53 and 0.35 on day 80 and 120, respectively, from components of variance of full-sibs within sires and dams were precise and unbiased for the body weight. The study shows that the heritability in body weight of *P. trituberculatus* is moderate.

Key words *Portunus trituberculatus*, Body weight, Heritability, Full-sib