

文章编号:1000-0615(2009)06-0964-08

三疣梭子蟹不同日龄生长性状相关性及其对体重的影响

刘磊^{1,2}, 李健², 高保全², 刘萍², 戴芳钰², 潘鲁青¹

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 中国水产科学院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:利用定向交尾技术构建三疣梭子蟹15个半同胞家系和38个全同胞家系。测量每个家系80 d、100 d和120 d的全甲宽(X_1)、甲宽(X_2)、甲长(X_3)、体高(X_4)和体重(Y)。采用相关分析和通径分析方法计算不同日龄各性状的遗传相关、表型相关、以形态性状为自变量对体重作依变量的相关系数、通径系数、决定系数。结果表明,5个生长性状的表型相关系数在0.759~0.972之间,遗传相关系数在0.170~0.975之间。经显著性检验,各性状间的表型相关和遗传相关都呈极显著水平($P < 0.01$),各性状不同日龄对体重的直接影响不同,80 d: $X_1 > X_2 > X_3 > X_4$,100 d: $X_1 > X_3 > X_2 > X_4$,120 d: $X_3 > X_2 > X_1 > X_4$,80 d和100 d时主要通过全甲宽间接影响体重,120 d主要通过甲长和甲宽间接影响体重。建立全甲宽(X_1)、甲宽(X_2)、甲长(X_3)和体高(X_4)对体重(Y)的多元回归方程,不同日龄各生长性状与体重的复相关指数 R^2 分别为0.960,0.971,0.892,说明它们都是直接影响体重的重要指标。

关键词:三疣梭子蟹;生长性状;表型相关;遗传相关;通径分析

中图分类号:Q 348;S 917

文献标识码:A

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),主要分布于黄海、渤海、东海、南海、日本海等海域。由于其生长快、个体大、肉味鲜美,已成为我国重要的海水养殖对象^[1-2],每年人工养殖产量近十万吨。目前,三疣梭子蟹养殖业主要依靠捕捞野生蟹来育苗繁殖。通过定向选育,培育生长快的三疣梭子蟹新品种是目前迫切的任务。三疣梭子蟹的全甲宽、甲宽、甲长、体高和体重等生长性状是遗传选育的重要数量性状,具有直观性和可度量性,明确各性状之间的相关性和紧密程度,对于三疣梭子蟹的选育具有重要意义。

对性状间的相关关系进行研究,可以对两性状间的关系进行明确的定量,有利于制定合理的多性状选择方案。例如,重要经济对虾^[3-5],罗氏沼虾^[6],大西洋鲑^[7],鲤^[8],贝类^[9-10],大菱鲂幼

鱼^[11]等研究表明,生长性状和体重之间具有重要的直接相关和间接相关。有关三疣梭子蟹数量性状相关性研究较少,仅高保全等^[12]三疣梭子蟹形态性状对体重影响的效果分析。本研究利用人工定向交尾技术构建38个三疣梭子蟹家系,测量了它们不同日龄的生长性状参数,并通过遗传相关和表型相关的计算,分析了各生长性状之间的相关性。旨在为三疣梭子蟹的选择育种提供可靠的依据和指导。

1 材料与方法

1.1 亲蟹来源

自2005年在昌邑海丰养殖公司通过构建家系进行选择育种,冬季室内越冬,次年3月底采用人工控温方法促使亲蟹排幼,每年8月底挑选发育比较好的个体,通过自交构建传代家系。至2008年已选育至第三代(F_3)。

收稿日期:2009-02-11 修回日期:2009-06-13

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A406);国家自然科学基金(30871933);青岛市科技计划项目(07-2-3-5-jch)

通讯作者:李健, Tel:0532-85830183, E-mail:lijian@ysfri.ac.cn

1.2 方法

亲蟹交配 2007年10月,采用定向交尾技术,挑选每个家系内性腺发育良好的个体,用标记笔于蟹背部编号做标记,放入室内水泥池规格为0.5 m×0.5 m×0.5 m的网箱中,每箱放入亲蟹1雄3雌,每个池子共15个网箱。注水量约为每箱0.1 m³,水温23~25℃。

苗种培育 交配成功的亲蟹越冬后,挑选健壮、性腺发育成熟、无外伤的个体作为待产蟹。培育条件(水的盐度和温度、幼体密度、饲料和溶氧等)尽量一致。

生长至Ⅱ期幼蟹3~5 d内,人工计数和天平称量相结合,每个家系随机取1500尾蟹苗,转移到室外养殖。室外养殖采用每个家系200 m²养殖围格,使每个小格的水环境尽量保持一致。

生长性状的测量 甲壳动物属于间接生长的动物,测量时期不易控制,通过长期观察、记录、总结,分别在80(最小测量规格)、100、120 d(120 d后进入发育期)时测量。每家系随机取30个个体,因为三疣梭子蟹同一龄期早期体重和后期体重不同,而实际生产中无法保证所有个体处于同一生长状态,因此所取待测个体大部分处于同一龄期的早期,减少误差。用游标卡尺(精确到0.1 mm)测量全甲宽、甲宽、甲长和体高,用天平(精确到1 g)测量体重。

统计分析方法 采用EXCEL, SPSS 11.0软件分析和处理数据,父系半同胞组内相关法计算表型相关和遗传相关。

(1)表型相关: $rP = C_P / \sqrt{V_{P(X)} + V_{P(Y)}}$, C_P 为性状X和性状Y的表型协方差, $V_{P(X)}$ 和 $V_{P(Y)}$ 分别为性状X和性状Y的表型方差。

(2)遗传相关: $rG = C_G / \sqrt{V_{G(X)} + V_{G(Y)}}$, C_G 为性状X和性状Y的遗传协方差, $V_{G(X)}$ 和 $V_{G(Y)}$ 分别为性状X和性状Y的遗传方差。

(3)通径系数 $P_{x_i,y}$ 简写为 P_i 是标准化变量后的偏回归系数,也称为标准偏回归系数;决定系数又区分为两种,单个自变量对依变量的决定系数为 $d_{x_i,y}$,简写为 d_i ,两个性状对体重的共同决定系数 $d_{x_i,y}$,简写为 d_{ij} ,计算公式:

$$P_i = b_i \times \frac{S_{x_i}}{S_y}$$

b_i 为偏回归系数, S_{x_i} 为 x_i 的标准差, S_y 为 y 的标准差。

$$d_i = P_i^2, d_{ij} = 2r_{ij} \cdot P_i \cdot P_j$$

2 结果

2.1 三疣梭子蟹不同日龄生长性状的表型参数统计量

不同日龄的全甲宽、甲宽、甲长、体高和体重的平均值、标准差和变异系数见表1。由表1可见,不同日龄体重性状的变异幅度最大,80 d、100 d和120 d的变异系数分别为47.76%,40.46%和28.9%,100 d时,甲宽(30.5%)和甲长(30.5%)变异幅度较大而全甲宽(14.56%)和体高(15.67%)变异幅度相对较小。

表1 三疣梭子蟹不同日龄5个生长性状的表型参数统计量

Tab.1 Descriptive statistics of the phenotypic traits

性状 traits	80 d (n=1 209)			100 d (n=1 209)			120 d (n=1 209)		
	平均数 mean	标准差 SD	变异系数 CV	平均数 mean	标准差 SD	变异系数 CV	平均数 mean	标准差 SD	变异系数 CV
全甲宽 full carapace width	83	15	17.61	107.7	15.68	14.56	122.7	12.8	10.4
甲宽 carapace width	40	7.5	18.51	54.37	16.59	30.5	61.38	6.71	10.9
甲长 carapace length	37	6.5	18.51	54.37	16.59	30.5	31.38	6.71	10.9
体高 body height	21	3.6	17.49	26.89	4.215	15.67	29.98	3.34	11.2
体重 body weight	34	16	47.76	70.66	28.59	40.46	99.75	28.8	28.9

2.2 三疣梭子蟹不同日龄生长性状的表型相关系数和遗传相关系数分析

三疣梭子蟹不同日龄各性状间的表型相关系数(a)和遗传相关系数(b)见表2。由表2可以看出,所列5个性状两两间的表型相关系数在同一

测量阶段都呈极显著水平($P < 0.01$)。不同日龄,各性状的表型相关系数大小排列顺序不同,80 d: $a_1 > a_2 > a_4 = a_5 > a_7 > a_3 = a_9 > a_6 > a_8 > a_{10}$, 100 d: $a_2 > a_4 > a_9 > a_1 > a_5 > a_7 > a_3 > a_8 > a_6 > a_{10}$, 120 d: $a_2 > a_5 > a_1 > a_9 > a_7 > a_4 >$

$a_8 > a_3 > a_6 > a_{10}$ 。各性状在各期对体重的表型相关系数均达到极显著水平,经偏相关系数检

验^[13]为正相关,且除 100 d 体高与体重和 120 d 全甲宽与体重成弱正相关外,其它为强正相关。

表 2 三疣梭子蟹不同日龄 5 个生长性状间的表型相关系数和遗传相关系数

Tab.2 The phenotype correlation coefficients and the genetic correlation coefficients among traits at the different ages

不同日龄 different ages	80 d		100 d		120 d	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
全甲宽-甲宽(a_1, b_1)	0.972**	0.794**	0.958**	0.916**	0.921**	0.936**
全甲宽-甲长(a_2, b_2)	0.960**	0.822**	0.965**	0.932**	0.949**	0.950**
全甲宽-体高(a_3, b_3)	0.934**	0.906**	0.820**	0.964**	0.811**	0.975**
全甲宽-体重(a_4, b_4)	0.954** (0.303 7**)	0.756**	0.960** (0.311 3**)	0.699**	0.858** (0.038 7)	0.508**
甲宽-甲长(a_5, b_5)	0.954**	0.174**	0.955**	0.579**	0.923**	0.490**
甲宽-体高(a_6, b_6)	0.929**	0.773**	0.813**	0.906**	0.781**	0.934**
甲宽-体重(a_7, b_7)	0.949** (0.224 4**)	0.210**	0.953** (0.288 6**)	0.567**	0.865** (0.250 2**)	0.665**
甲长-体高(a_8, b_8)	0.916**	0.752**	0.817**	0.891**	0.815**	0.928**
甲长-体重(a_9, b_9)	0.934** (0.123 1**)	0.170**	0.959** (0.320 4**)	0.610**	0.878** (0.266 9**)	0.715**
体高-体重(a_{10}, b_{10})	0.913** (0.124 4**)	0.348**	0.810**	0.765**	0.759** (0.115 3**)	0.842**

注:表中 *a* 为表型相关系数, *b* 为遗传相关系数。 ** 表示(偏)相关系数极显著($P < 0.01$), * 表示(偏)相关系数显著($P < 0.05$), 括号()内为偏相关系数, 下同

Notes: *a*, the phenotype correlation coefficients; *b*, the genetic correlation coefficients; The superscript means the difference about correlation coefficient and partial correlation coefficient which is in the brackets. The double superscript mean the differences are very significant, while the single superscript means the differences are significant, same to those in Table 3, the same as the following

由表 2 可知,不同日龄各性状遗传相关系数在 0.170~0.975 之间,大小排列顺序不同,80 d: $b_3 > b_2 > b_1 > b_6 > b_4 > b_8 > b_{10} > b_7 > b_5 > b_9$, 100 d: $b_3 > b_2 > b_1 > b_6 > b_8 > b_{10} > b_4 > b_9 > b_5 > b_7$, 120 d: $b_3 > b_2 > b_1 > b_6 > b_8 > b_{10} > b_9 > b_7 > b_4 > b_5$, 各性状在各期对体重的表型相关系数均达到极显著水平,其中全甲宽在不同日龄都与体高的遗传相关最大,各性状在不同日龄对体重的平均遗传相关分别为 $b_4 = 0.654$, $b_{10} = 0.652$, $b_9 = 0.489$, $b_7 = 0.481$ 。

2.3 三疣梭子蟹不同日龄生长性状对体重的作用

由表 3 可知,100 d 时全甲宽对体重的直接影响明显大于间接影响,120 d 时甲长对体重的直接影响也大于间接影响,不同生长时期体高对体

重的直接影响都较小,主要通过全甲宽间接地影响体重。120 d 时甲宽和甲长对体重的直接影响相对较大,全甲宽和体高对体重的直接影响较小,主要通过甲宽和甲长间接地影响体重。说明不同日龄影响体重的形态性状不同,对选育和实际生产具有重要的指导意义。

2.4 三疣梭子蟹不同日龄生长性状对体重的决定程度分析

由表 4 可知,80 d 和 100 d 时全甲宽对体重的决定系数最大,相对决定程度分别为 19.87%, 82.67%; 120 d 时甲长和甲宽对体重的决定系数较大,相对决定程度分别为 19.53%, 10.78%, 其结果与前面直接影响和间接影响的计算结果相一致。不同日龄,体高对体重的决定系数最小,100 d 时成微弱的负效应。

表3 三疣梭子蟹不同日龄生长性状对活体体重的影响

Tab. 3 The effects of shell traits on live weight of *Portunus trituberculatus* at the different ages

	性状 traits	相关系数 r_{ij} correlation coefficient	直接影响 P_i direct effect	间接影响 $r_{ij}P_j$ indirect effect				
				Σ	全甲宽 X_1	甲宽 X_2	甲长 X_3	体高 X_4
80 d	全甲宽(X_1)	0.954**	0.445 8	0.509		0.287	0.126	0.096
	甲宽(X_2)	0.949**	0.294 8	0.653	0.433		0.125	0.095
	甲长(X_3)	0.934**	0.131 4	0.803	0.428	0.281		0.094
	体高(X_4)	0.913**	0.102 5	0.810	0.416	0.274	0.120	
100 d	全甲宽(X_1)	0.960**	0.909 2	0.080		0.050	0.039	-0.009
	甲宽(X_2)	0.953**	0.052 6	0.900	0.871		0.038	-0.009
	甲长(X_3)	0.959**	0.040 2	0.918	0.877	0.050		-0.009
	体高(X_4)	0.810**	-0.011 1	0.822	0.746	0.043	0.033	
120 d	全甲宽(X_1)	0.858**	0.060 8	0.796		0.302	0.419	0.075
	甲宽(X_2)	0.865**	0.328 4	0.537	0.056		0.408	0.073
	甲长(X_3)	0.878**	0.442 0	0.434	0.058	0.303		0.073
	体高(X_4)	0.759**	0.092 9	0.650	0.049	0.256	0.345	

表4 三疣梭子蟹不同日龄4个生长性状对体重的决定系数

Tab. 4 The determinant coefficients of the growth traits on the weight of *Portunus trituberculatus* at the different ages

	性状 traits	全甲宽 X_1	甲宽 X_2	甲长 X_3	体高 X_4
80 d	全甲宽(X_1)	0.198 7			
	甲宽(X_2)	0.255 5	0.086 9		
	甲长(X_3)	0.074 4	0.073 9	0.017 3	
	体高(X_4)	0.085 4	0.056 1	0.024 7	0.010 5
100 d	全甲宽(X_1)	0.826 7			
	甲宽(X_2)	0.091 7	0.002 8		
	甲长(X_3)	0.040 2	0.004 0	0.001 6	
	体高(X_4)	-0.016 6	-0.000 9	-0.000 7	0.000 1
120 d	全甲宽(X_1)	0.003 7			
	甲宽(X_2)	0.036 8	0.107 8		
	甲长(X_3)	0.051 0	0.267 9	0.195 3	
	体高(X_4)	0.009 2	0.047 1	0.066 9	0.008 6

2.5 多元回归方程的建立和相关分析

建立以各测量时期活体体重为依变量、以形态指标为自变量的回归方程如下

$$80 \text{ d 回归方程: } Y = -54.113 + 0.491X_1 + 0.632X_2 + 0.325X_3 + 0.451X_4 \quad R^2 = 0.921$$

$$100 \text{ d 回归方程: } Y = -123.484 + 0.627X_1 + 0.928X_2 + 1.433X_3 + 0.152X_4 \quad R^2 = 0.942$$

$$120 \text{ d 回归方程: } Y = -158.329 + 0.137X_1 + 1.401X_2 + 2.370X_3 + 0.800X_4 \quad R^2 = 0.795$$

回归方程中, Y 为活体体重(g); X_1 为全甲宽(mm); X_2 为甲宽(mm); X_3 为甲长(mm); X_4 为

体高(mm), R^2 为方程判定系数, 由 SPSS 软件直接计算得出。不同时期的 R^2 分别为 0.921, 0.942, 0.795, 说明因变量体重和自变量全甲宽、甲宽、甲长和体高之间的线性相关程度较大。

多元回归方程的方差分析见表 5, 由表 5 可知, 体重与各形态性状的回归关系达到极显著水平 ($P < 0.01$)。偏回归系数的检验见表 6, 由表 6 可知, 所有偏回归系数均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。经回归预测, 估计值与观察值差异不显著, 说明所列方程可以简便可靠地应用于实际生产中。

表 5 多元回归方程的方差分析

Tab. 5 Analysis of variance of multiple regression equation

自变量个数 no. of variables	指标 index	发育阶段 developmental stages	回归 regression	残差 residual	总计 total
5 个自变量 5 variables	F	80 d	3 530.001		
		100 d	4 641.37		
		120 d	880.274		
	P	80 d	0		
		100 d	0		
		120 d	0		

表 6 偏回归系数检验

Tab. 6 Partial regression coefficient test

	参数 paramete	常数 constant	全甲宽 X_1	甲宽 X_2	甲长 X_3	体高 X_4
80 d	偏回归系数	-54.113	0.491	0.632	0.325	0.451
	标准误差	0.784	0.044	0.079 1	0.075	0.104
	t 值	-69.008	11.059	7.99	4.303	4.352
	p	0	0	0	0	0
100 d	偏回归系数	-123.484	0.627	0.982	1.433	0.152
	标准误差	1.486	0.057	0.096	0.125	0.086
	t 值	-83.099	11.071	10.185	11.43	1.768
	p	0	0	0	0	0.077
120 d	偏回归系数	-158.239	0.137	1.41	2.37	0.8
	标准误差	4.505	0.118	0.181	0.284	0.229
	t 值	-35.127	1.167	7.788	8.345	3.498
	p	0	0.244	0	0	0.000 5

2.6 三疣梭子蟹不同日龄生长性状的相关性分析

不同日龄各家系平均全甲宽间的相关性分析见图 1 ~ 图 3, 不同日龄各家系平均全甲宽存在遗

传相关, 且每个家系平均全甲宽两两之间存在正相关。甲宽、甲长、体高、体重在不同日龄的相关性分析与全甲宽基本一致。

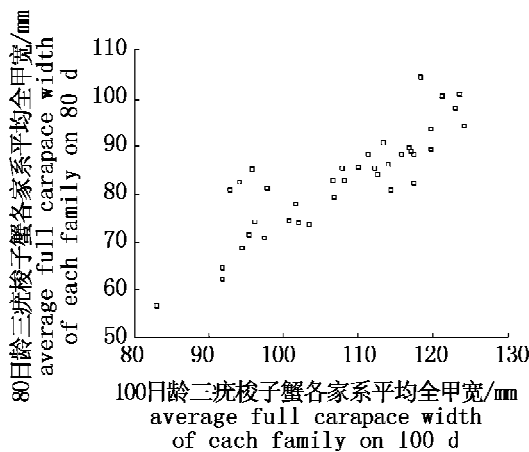


图 1 80 日龄和 100 日龄三疣梭子蟹各家系平均全甲宽间相关性分析

Fig.1 Correlation between average full carapace width of each family on the two sampling days (80 d and 100 d)

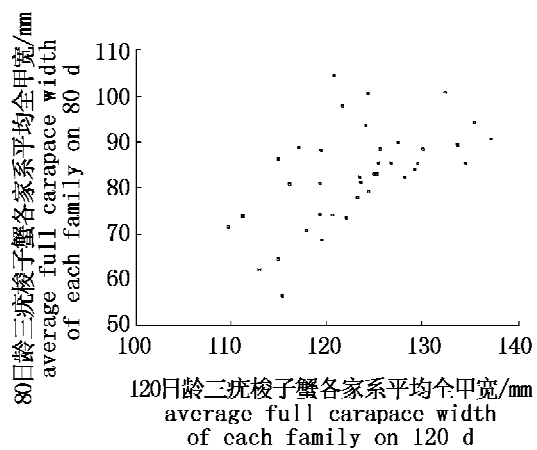


图 2 80 日龄和 120 日龄三疣梭子蟹各家系平均全甲宽间相关性分析

Fig.2 Correlation between average full carapace width of each family on the two sampling days (80 d and 120 d)

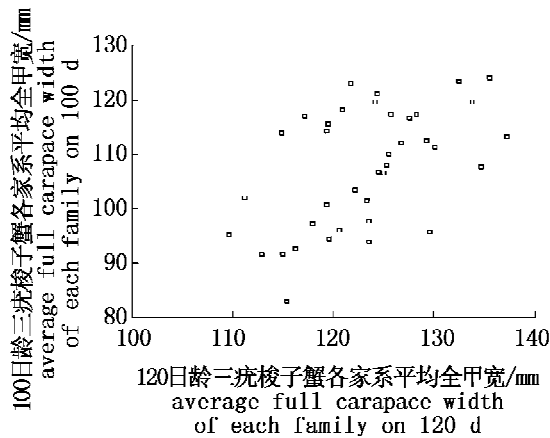


图3 100日龄和120日龄三疣梭子蟹各家系平均全甲宽间相关性分析

Fig.3 Correlation between average full carapace width of each family on the two sampling days(100 d and 120 d)

3 讨论

3.1 性状间的表型相关和遗传相关

遗传相关可以用来描述不同性状之间由于遗传原因造成的相关程度大小,实际为两性状基因型值间的相关。本文通过计算,所选5个性状的遗传相关系数在0.170~0.975($P < 0.01$)之间,表明所选性状均是影响三疣梭子蟹生长的主要性状。不同性状间的遗传相关系数差异较大,说明结果可作为间接选择的重要依据。例如不同日龄全甲宽和体高的遗传相关系数在0.906~0.975之间,如对全甲宽进行选择,体高也会获得较大提高。不同日龄中全甲宽和体重的遗传相关系数为0.508,0.699和0.756,与其它所选性状相比,平均遗传相关最大,且在3个日龄中差异最小。表明所选性状中,全甲宽对选育具有最重要的指导作用。所有性状平均遗传相关系数随着生长日龄增大而增大,为 $0.571 < 0.783 < 0.794$ 。从表型参数的变异系数可以看出,体重的变异系数在5个性状中最高,分别为47.76%,40.46%和28.9%,如确定其它的4个性状为选育指标,可对体重进行间接选育,而对后者进行选择时,前者也可获得较大提高。可对任意两性状进行间接选择。

与遗传相关相比,表型相关还包括环境因素。本文所列各性状的表型相关系数都成极显著水平

($P < 0.01$)。其中全甲宽与甲宽、全甲宽与甲长、甲宽与甲长的表型相关系数在各期都较大,而体高与各性状的表型相关系数相对较小。各性状在各期对体重的表型相关系数均达到极显著水平,经偏相关系数检验都为正相关,且除100d时体高与体重、120d时全甲宽与体重成弱正相关外,其它都为强正相关,其中全甲宽100d时与体重的表型相关系数最大,达到0.960。

3.2 不同日龄三疣梭子蟹各数量性状对体重的影响

体重是海洋经济动物选育的一项重要指标,实际选育中常常通过选育其他性状达到间接选育体重的目的。通过通径分析和多元回归分析建立以体重为依变量,以其他相关形态性状为自变量的多元回归方程是研究间接选育的重要方法。已有研究在鱼^[14]、虾^[3]、贝类^[15-17]建立了生长性状和体重的多元回归方程,高保全等^[12]研究了不同地理群体三疣梭子蟹形态性状对体重的影响。本文多元分析结果与高保全等结果基本一致,与前者相比,本文计算了5个性状之间的遗传相关系数,得出全甲宽是间接选育体重的一个重要指标,且选取不同日龄的家系选育三疣梭子蟹为材料,更能满足在不同日龄进行选择留种的要求。全甲宽对体重的直接影响最大(0.4719),是影响体重的主要因素,甲宽和甲长对体重的直接影响(0.2253,0.2045)较小,主要通过全甲宽间接影响体重,体高对体重的直接影响(0.0614)最小。只有当相关指数 R^2 或各自变量对依变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总和 Σd (在数值上 $R^2 = \Sigma d$)大于或等于0.85(即85%)时,表明影响依变量的主要自变量已经找到^[17]。本研究中,3个不同日龄 $R^2 = 0.886$, $\Sigma d = 0.851$,在误差允许的范围内,表明所列的性状是影响体重的重点性状,其他尚未测度的性状的影响相对较小,进一步说明通径系数分析结果能够反映各性状与体重之间的真实关系。多元回归方程经偏相关系数检验,偏回归系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。由图1~图3可知,平均全甲宽离散程度逐渐加大,说明不同家系在同一生长时期同一性状变异较大,各家系的选育已经初见成效。

参考文献:

- [1] 薛俊增,堵南山,赖伟,等.中国三疣梭子蟹

- Portunus trituberculatus* Miers 的研究[J]. 东海海洋, 1997, 15(4): 60-65.
- [2] 戴爱云, 杨思谅, 宋玉枝. 中国海洋蟹类[M]. 北京: 海洋出版社, 1986: 213-214.
- [3] 刘小林, 吴长功, 张志怀. 凡纳滨对虾形态性状对体重的影响效果分析[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 857-862.
- [4] Fontaine C T, Neal R A. Relation between tail length and total length for the three commercially important penaeid shrimp [J]. Fish Bull, 1968, 67: 125-126.
- [5] Fontaine C T, Neal R A. Length weight relation for the three commercially important penaeid shrimp of the Gulf of Mexico [J]. Trans Am Fish Soc, 1971, 100: 584-586.
- [6] 罗坤, 孔杰, 栾生. 罗氏沼虾生长性状的遗传参数及其相关性[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 80-84.
- [7] Jonasson J. Selection experiments in salmon ranching. Genetic and environmental sources of variation in survival and growth in freshwater [J]. Aquaculture, 109: 225-236.
- [8] 李思发, 王成辉, 刘志国, 等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析[J]. 水产学报, 2006, 30(2): 175-180.
- [9] Ahmed M, Abbas G. Growth parameters of finfish and shellfish juvenile in the tidal waters of Bhanbore, Korangi Creek and MianiHor Lagoon [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2000, 32(3-4): 321-330.
- [10] 张存善, 常亚青, 曹学彬, 等. 虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响效果分析[J]. 水产学报, 2009, 33(1): 87-94.
- [11] 王新安, 马爱军, 许可, 等. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J]. 动物学报, 2008, 54(3): 540-545.
- [12] 高保全, 刘萍, 李健. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分析[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(1): 44-50.
- [13] 赵松山, 白雪梅. 关于偏回归系数的讨论[J]. 统计与信息论坛, 2003, 18(3): 8-9.
- [14] 张庆文, 张天杨, 孔杰. 大菱鲆生长性状在不同不同日龄的相关分析[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 57-61.
- [15] 刘保忠, 董波, 张涛. 海洋生物高技术论坛论文集[R]. 舟山: 国家"八六三"计划资源环境技术领域办公室, 2003: 73-76.
- [16] 何毛贤, 史兼华, 林岳光. 马氏珠母贝生长性状的相关分析[J]. 海洋科学, 2006, 30(11): 1-4.
- [17] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 673-678.

Correlation of growth traits of *Portunus trituberculatus* at the different ages and its impact on body weight

LIU Lei^{1,2}, LI Jian², GAO Bao-quan², LIU Ping², DAI Fang-yu², PAN Lu-qing¹

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: In order to find out the main growth traits of *Portunus trituberculatus* which have influence on body weight, and define degree of correlation among characters, thirty eight full-sib groups and fifteen half-sib groups of *Portunus trituberculatus* were obtained by directional mating techniques. Full carapace width (X_1), carapace width (X_2), carapace length (X_3), body height (X_4), and body weight (Y) of each family on 80 d, 100 d and 120 d were measured. The phenotypic correlation coefficients and the genetic correlation coefficients were calculated by correlation analysis at the different ages. The first 4 morphometric attributes (X_1 - X_4) were used as independent variables, and body weight (Y) was used as a dependent variable for path analysis. Path coefficients, and determination coefficients were calculated in path analysis. The results showed that the phenotypic correlation of the five traits was between 0.759 and 0.972, and the genetic correlation was between 0.170 and 0.975. All five correlation coefficients achieved very significant difference ($P < 0.01$) levels. The direct effects by the characters have an order at the three stages, 80 d: $X_1 > X_2 > X_3 > X_4$, 100 d: $X_1 > X_3 > X_2 > X_4$, 120 d: $X_3 > X_2 > X_1 > X_4$, among them X_1 weighted the most to the body weight on 80 d and 100 d, X_1 and X_3 weighted the most to the body weight on 120 d. Full carapace width which have the largest direct impact on body weight (0.4719) is the most important indicators for indirect selection of body weight. Multiple regression equation of (X_1, X_2, X_3, X_4) to body weight at different developmental stages was obtained as: 80 d $Y = -54.113 + 0.491X_1 + 0.632X_2 + 0.325X_3 + 0.451X_4$; 100 d $Y = -123.484 + 0.627X_1 + 0.928X_2 + 1.433X_3 + 0.152X_4$; 120 d $Y = -158.239 + 0.137X_1 + 1.410X_2 + 2.370X_3 + 0.800X_4$. The high compound correlation index ($R^2 = 0.960, 0.971, 0.892$) indicated that these growth traits had direct influence on body weight. Efficient scheme of multiple trait selection will be made if we obtain definite quantitative relationship between each two characters. This study provides theoretical evidence and perfect measure target for breeding of *Portunus trituberculatus*.

Key words: *Portunus trituberculatus*; growth traits; phenotypic correlation; genetic correlation; path analysis