

虾夷扇贝家系早中期生长性状比较与遗传参数估计

王俊杰, 丁君*, 常亚青, 商国良, 王轶南

(大连海洋大学农业部北方海水增养殖重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要:为获得虾夷扇贝快速生长家系及早中期生长性状遗传参数,以 2011 年培育的虾夷扇贝 F₂ 8 个半同胞和 16 个全同胞家系为实验材料,在其 7~13 月龄期间,测量其各生长性状,进行各生长性状变异分析、各生长性状多重比较分析,估计虾夷扇贝早中期各性状的遗传力和重复力,并对壳高、壳长、壳宽与活体质量各性状进行表型相关性和遗传相关性分析。结果表明,虾夷扇贝早中期生长性状中活体质量的变异系数最大,为 37.40%~69.81%;壳高的变异系数最小,为 12.74%~22.77%,表明虾夷扇贝各生长性状均有较大的选育空间。研究获得壳高、壳长、壳宽和活体质量快速生长家系 Py11-02、Py11-03 和 Py11-15 号家系。虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽和活体质量的遗传力分别为 0.220~0.586、0.151~0.511、0.200~0.742、0.219~0.617,为中高等遗传力;重复力分别为 0.11~0.29、0.08~0.25、0.10~0.36、0.11~0.30,为中低等重复力;壳高、壳长、壳宽与活体质量间的表型相关分别为 0.926~0.935、0.929~0.943、0.692~0.937,均达到极显著水平($P<0.01$);遗传相关分别为 0.908~0.984、0.921~0.975、0.946~0.981,均表现出高度遗传相关。研究为虾夷扇贝良种培育提供一定的理论依据。

关键词: 虾夷扇贝; 家系; 生长性状; 遗传参数

中图分类号: S 968.3

文献标志码: A

20 世纪 80 年代初,虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 由日本青森县引入我国黄海北部海域养殖,逐渐成为我国北方沿海重要的养殖贝类,2011 年,我国扇贝产量达 1.3×10^6 t^[1]。近年来,随着养殖规模的不断扩大,种质退化、环境污染、病害频发等问题逐渐显现,导致虾夷扇贝小型化、低值化现象日趋严重,制约了我国虾夷扇贝产业的发展。多年的实践证明,培育生长快、抗逆强、品质优良的海水养殖良种不仅可以提升产业的核心竞争力,同时也是应对病害频发,极端环境频现的有效解决途径。国内外学者已在扇贝育种理论及应用基础研究方面开展广泛研究,常亚青等^[2]、李春艳等^[3]、Chen 等^[4]进行了虾夷扇贝微卫星标记分离、鉴定,并利用分子标记分析了不同群体虾夷扇贝遗传结构和遗传多样性,Feng 等^[5]

从虾夷扇贝转录组中筛选用于 qRT-PCR 研究的内参基因,Wang 等^[6]进行了 SNP 位点在栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 和虾夷扇贝间的通用性研究。于德良等^[7]对虾夷扇贝不同养殖群体数量性状进行了相关性与通径分析,张存善等^[8]分析了虾夷扇贝体形性状对软体质量和闭壳肌重的影响效果。在虾夷扇贝新品种培育方面,中国海洋大学已育成“海大金贝”虾夷扇贝新品种,大连海洋大学定向选育了虾夷扇贝“象牙白”壳色品系。

本实验以大连海洋大学农业部北方海水增养殖重点实验室培育的半同胞和全同胞 F₂ 虾夷扇贝家系为材料,分析和比较了不同家系间生长性状的增长趋势,选择出快速生长家系,获得了虾夷扇贝生长性状的遗传力、重复力、表型相关和遗传相关等遗传参数,为虾夷扇贝的家系选择育种和

收稿日期:2014-04-10 修回日期:2014-06-24

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2012AA10A410);农业部“九四八”项目(2011-G12);国家海洋公益项目(201205031-03)

通信作者:丁君,E-mail:jding1119@vip.sina.com

<http://www.scxuebao.cn>

数量遗传学的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

选取 2011 年大连海洋大学农业部北方海水增养殖重点实验室培育的虾夷扇贝 F₂ 8 个半同胞和 16 个全同胞家系为实验材料。

1.2 数据统计及分析

分别在虾夷扇贝受精后的 7 月、9 月、11 月和 13 月龄,从每个家系随机抽取 30 个个体测量其壳高、壳长、壳宽和活体质量。用 Excel 软件对数据进行整理,利用 SPSS13.0 软件对数据进行单因子方差分析(One-Way ANOVA)和 Duncan 多重比较($P < 0.05$),并进行遗传力、重复力、表型相关和遗传相关性估计^[9]。

全同胞和半同胞的方差是表型变量剖分为遗传组分和环境组分的基础。利用 SPSS 13.0 软件中 GLM 模型的限制性最大似然方法进行方差分

析。统计模型:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + e_{ijk}$$

式中, Y_{ijk} 是第 i 雄亲与第 j 雌亲交配而得的第 k 个子女的观察值, μ 为共同均数, α_i 为第 i 雄亲的效应, β_{ij} 为与第 i 雄亲交配的第 j 雌亲的效应, e_{ijk} 是归因于个体的不可控环境和遗传离差。

利用全同胞组内相关法估计遗传力。

2 结果

2.1 虾夷扇贝生长性状均值与变异

在 7 ~ 13 月龄对 480 枚虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽和活体质量进行测量,并进行变异系数分析(表 1)。活体质量的变异系数最大,为 37.40% ~ 69.81%;壳高的变异系数最小,为 12.74% ~ 22.77%;壳长和壳宽的变异系数分别为 13.78% ~ 24.07% 和 14.78% ~ 23.78%。结果显示,虾夷扇贝各生长性状的变异系数均较大,具有较大的选育空间。

表 1 虾夷扇贝各生长性状均值与变异系数
Tab.1 The average value of growth traits and coefficient of variation of *P. yessoensis*

项目 item	月龄 month age	平均值 ± 标准差 average ± SD	变异 系数/% CV	项目 item	月龄 month age	平均值 ± 标准差 average ± SD	变异 系数/% CV
壳高/mm shell height	7	11.89 ± 2.71	22.77	壳宽/mm shell width	7	2.62 ± 0.62	23.78
	9	25.80 ± 4.30	16.66		9	6.21 ± 1.14	18.46
	11	41.43 ± 7.14	17.25		11	9.87 ± 2.78	28.14
	13	57.44 ± 7.32	12.74		13	13.10 ± 1.93	14.78
壳长/mm shell length	7	11.18 ± 2.69	24.07	活体质量/g body weight	7	0.24 ± 0.16	69.81
	9	24.33 ± 4.34	17.86		9	2.29 ± 1.12	49.05
	11	40.27 ± 7.56	18.78		11	8.18 ± 3.75	45.87
	13	55.96 ± 7.71	13.78		13	19.82 ± 7.41	37.40

2.2 虾夷扇贝早中期生长性状分析及多重比较

对虾夷扇贝各家系 7 ~ 13 月龄的壳高、壳长、壳宽及活体质量进行方差分析和多重比较发现,Py11-02 号家系壳高的累积生长量和月平均增长量最大,分别为 61.57 和 8.43 mm,Py11-15 号次之,Py11-06 号最小,为 55.65 和 6.76 mm,Py11-02 和 Py11-15 号家系与 Py11-06 号家系间差异性显著($P < 0.05$),确定 Py11-02 和 Py11-15 号家系为壳高快速生长家系。Py11-02 号家系壳长的累积生长量和月平均增长量最大,分别为 60.51 和 8.38 mm,Py11-03 号次之,Py11-06 号最小,为

53.44 和 6.55 mm,Py11-02 和 Py11-03 号家系与 Py11-06 号家系间差异性显著($P < 0.05$),确定 Py11-02 和 Py11-03 号家系为壳长快速生长家系。Py11-02 号家系的壳宽累积生长量和月平均增长量最大,分别为 14.20 和 1.97 mm,Py11-03 号次之,Py11-01 号最小,为 11.66 和 1.56 mm,Py11-02 和 Py11-03 号家系与 Py11-01 号家系间差异性显著($P < 0.05$),确定 Py11-02 和 Py11-03 号家系为壳宽快速生长家系。Py11-02 号家系活体质量的累积生长量和月平均增长量最大,分别为 24.71 和 4.08 g,Py11-15 号次之,Py11-01 号最

小,为 14.54 和 2.39 g,Py11-02 和 Py11-15 号家系与 Py11-01 号家系间差异性显著 ($P < 0.05$),确定 Py11-02、Py11-03 和 Py11-15 号家系为活体质量快速生长家系(表 2)。同时结果也表明,虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽和活体质量的生长存在一定的协同性。

表 2 虾夷扇贝早中期生长性状及多重比较分析
Tab. 2 Analysis of growth traits and comparison of multiple in early-mid stage of *P. yessoensis*

壳高/mm shell height						壳长/mm shell length					
家系 families	7 月龄 7 months	9 月龄 9 months	11 月龄 11 months	13 月龄 13 months	月增长 monthly growth	家系 families	7 月龄 7 months	9 月龄 9 months	11 月龄 11 months	13 月龄 13 months	月增长 monthly growth
Py11-06	15.03 ± 3.70 ^f	28.85 ± 3.84 ^e	47.02 ± 9.99 ^f	55.65 ± 11.01 ^{abcd}	6.77	Py11-06	14.16 ± 3.64 ^e	27.43 ± 4.11 ^{ef}	45.73 ± 11.1 ^e	53.44 ± 11.2 ^{ad}	6.55
Py11-05	13.83 ± 2.80 ^{ef}	28.76 ± 3.20 ^e	43.31 ± 8.45 ^{cdef}	54.86 ± 7.35 ^{abcd}	6.84	Py11-05	13.09 ± 2.88 ^{de}	27.67 ± 3.13 ^f	42.79 ± 8.87 ^{de}	53.33 ± 8.62 ^{ad}	6.71
Py11-01	10.64 ± 2.43 ^{abc}	23.60 ± 4.62 ^c	41.06 ± 5.28 ^{bcd}	52.36 ± 6.81 ^{ab}	6.95	Py11-01	10.04 ± 2.47 ^{ab}	22.09 ± 4.66 ^{bc}	40.04 ± 5.58 ^{bcd}	50.49 ± 6.81 ^{ab}	6.74
Py11-09	9.48 ± 1.11 ^a	23.66 ± 2.64 ^c	40.28 ± 4.01 ^{bcd}	51.49 ± 6.38 ^a	7.00	Py11-08	10.86 ± 2.98 ^{bc}	24.75 ± 3.85 ^d	40.17 ± 4.44 ^{bcd}	51.71 ± 8.76 ^{abc}	6.81
Py11-08	11.53 ± 3.39 ^{bcd}	26.79 ± 3.68 ^{de}	42.33 ± 3.72 ^{bcd}	54.16 ± 9.25 ^{abc}	7.11	Py11-09	8.94 ± 1.055 ^a	22.19 ± 2.48 ^c	39.92 ± 4.54 ^{bcd}	49.87 ± 6.48 ^a	6.82
Py11-04	11.74 ± 2.14 ^{bcd}	26.00 ± 5.37 ^d	40.88 ± 9.80 ^{cd}	55.53 ± 5.21 ^{abcd}	7.30	Py11-14	11.06 ± 2.60 ^{bc}	22.09 ± 3.76 ^{bc}	40.39 ± 4.54 ^{bcd}	53.60 ± 6.30 ^{ad}	7.09
Py11-14	11.74 ± 2.63 ^{bcd}	23.62 ± 3.81 ^c	41.26 ± 4.36 ^{bcd}	55.74 ± 6.35 ^{abcd}	7.33	Py11-13	10.16 ± 2.15 ^{ab}	19.95 ± 4.07 ^{ab}	38.03 ± 6.62 ^{abc}	53.13 ± 7.16 ^{ad}	7.16
Py11-13	10.73 ± 2.23 ^{abc}	21.33 ± 4.02 ^{ab}	39.49 ± 6.17 ^{bc}	54.83 ± 7.06 ^{abcd}	7.35	Py11-04	10.99 ± 2.30 ^{bc}	25.50 ± 5.90 ^{de}	41.17 ± 10.3 ^{bcd}	55.31 ± 5.31 ^{cde}	7.39
Py11-10	11.68 ± 2.13 ^{bcd}	20.70 ± 3.52 ^a	34.81 ± 7.61 ^a	56.61 ± 7.29 ^{bcd}	7.49	Py11-16	10.36 ± 3.55 ^{ab}	21.23 ± 3.81 ^{abc}	37.47 ± 6.66 ^{ab}	55.10 ± 8.53 ^{bc}	7.46
Py11-12	10.38 ± 2.24 ^{ab}	23.12 ± 3.64 ^{bc}	43.05 ± 6.79 ^{bcd}	56.65 ± 6.98 ^{bcd}	7.71	Py11-10	11.14 ± 2.17 ^{bc}	19.87 ± 3.76 ^a	34.28 ± 8.21 ^a	56.78 ± 8.47 ^{def}	7.61
Py11-16	10.61 ± 2.93 ^{abc}	22.82 ± 3.98 ^{bc}	39.21 ± 6.04 ^b	57.24 ± 8.01 ^{cde}	7.77	Py11-12	9.84 ± 2.23 ^{ab}	21.67 ± 3.98 ^{abc}	42.64 ± 6.92 ^{de}	55.65 ± 6.90 ^{cde}	7.64
Py11-11	11.95 ± 2.43 ^{cd}	27.82 ± 4.35 ^{de}	43.37 ± 6.34 ^{cdef}	58.68 ± 6.79 ^{cde}	7.79	Py11-11	10.93 ± 2.53 ^{bc}	25.71 ± 4.67 ^{def}	41.99 ± 6.63 ^{cde}	56.80 ± 7.29 ^{def}	7.65
Py11-07	10.93 ± 2.54 ^{bc}	26.08 ± 5.17 ^d	42.15 ± 7.50 ^{bcd}	58.63 ± 8.06 ^{cde}	7.95	Py11-07	10.00 ± 2.39 ^{ab}	24.42 ± 5.27 ^d	40.21 ± 8.39 ^{bcd}	56.51 ± 8.90 ^{def}	7.75
Py11-03	11.03 ± 2.75 ^{bc}	22.57 ± 4.49 ^{abc}	39.37 ± 7.50 ^{bc}	58.99 ± 5.88 ^{de}	7.99	Py11-15	12.04 ± 2.50 ^{cd}	25.35 ± 4.42 ^{de}	43.06 ± 5.89 ^{de}	58.79 ± 7.26 ^{ef}	7.79
Py11-15	12.90 ± 2.57 ^{de}	27.28 ± 4.52 ^{de}	45.66 ± 5.42 ^{ef}	61.38 ± 6.57 ^e	8.08	Py11-03	10.24 ± 2.59 ^{ab}	21.33 ± 4.73 ^{abc}	39.18 ± 8.08 ^{bcd}	58.75 ± 6.34 ^{ef}	8.09
Py11-02	10.94 ± 2.75 ^{bc}	28.21 ± 4.08 ^e	44.22 ± 6.11 ^{def}	61.57 ± 5.40 ^e	8.44	Py11-02	10.23 ± 2.66 ^{ab}	26.39 ± 4.39 ^{def}	42.99 ± 6.92 ^{de}	60.51 ± 5.92 ^f	8.38
Py11-01	2.29 ± 0.55 ^{bc}	5.65 ± 1.11 ^{cd}	9.91 ± 1.38 ^{bc}	11.66 ± 1.65 ^a	1.56	Py11-01	0.17 ± 0.13 ^{abcd}	1.84 ± 0.89 ^b	7.84 ± 2.50 ^{bcd}	14.54 ± 5.84 ^a	2.40

· 续表 2 ·											
壳宽/mm shell width						活体质量/g body weighth					
家系 families	7 月龄 7 months	9 月龄 9 months	11 月龄 11 months	13 月龄 13 months	月增长 monthly growth	家系 families	7 月龄 7 months	9 月龄 9 months	11 月龄 11 months	13 月龄 13 months	月增重 monthly increment
Py11-04	2.47 ± 0.46 ^{be}	6.04 ± 1.53 ^{de}	9.53 ± 2.39 ^b	11.86 ± 1.18 ^{abc}	1.57	Py11-09	0.10 ± 0.03 ^a	1.63 ± 0.55 ^{ab}	7.53 ± 2.12 ^{bcde}	14.80 ± 5.41 ^a	2.45
Py11-08	2.73 ± 0.73 ^{efg}	6.64 ± 1.04 ^f	10.00 ± 1.12 ^{bc}	12.15 ± 2.27 ^{ad}	1.57	Py11-13	0.16 ± 0.10 ^{abc}	1.36 ± 0.75 ^{ab}	6.95 ± 3.11 ^{abc}	16.43 ± 5.36 ^{ab}	2.71
Py11-06	3.37 ± 0.83 ^h	7.21 ± 1.13 ^g	9.72 ± 1.10 ^{bc}	12.96 ± 2.62 ^{cf}	1.60	Py11-08	0.24 ± 0.19 ^{de}	2.60 ± 1.08 ^c	8.04 ± 2.18 ^{bcde}	16.74 ± 7.12 ^{abc}	2.75
Py11-14	2.56 ± 0.57 ^{cf}	5.51 ± 0.90 ^c	9.21 ± 1.18 ^{ab}	12.21 ± 1.54 ^{ad}	1.61	Py11-14	0.21 ± 0.11 ^{bcde}	1.57 ± 0.88 ^{ab}	7.40 ± 2.25 ^{bcd}	17.21 ± 5.75 ^{abc}	2.83
Py11-09	1.99 ± 0.22 ^a	5.60 ± 0.68 ^{cd}	9.72 ± 1.66 ^{bc}	11.81 ± 1.74 ^{ab}	1.64	Py11-04	0.21 ± 0.11 ^{bcde}	2.42 ± 1.54 ^c	8.40 ± 4.90 ^{bf}	17.30 ± 5.35 ^{abc}	2.85
Py11-05	3.02 ± 0.66 ^g	7.23 ± 0.78 ^g	11.19 ± 2.30 ^c	13.10 ± 1.93 ^{def}	1.69	Py11-05	0.35 ± 0.22 ^f	3.31 ± 0.98 ^d	10.13 ± 4.32 ^f	17.76 ± 7.96 ^{abc}	2.90
Py11-10	2.66 ± 0.50 ^{def}	4.94 ± 0.87 ^{ab}	7.95 ± 1.63 ^a	12.77 ± 1.86 ^{af}	1.69	Py11-06	0.48 ± 0.30 ^g	3.42 ± 1.29 ^d	13.49 ± 6.00 ^g	19.07 ± 10.27 ^{bcd}	3.10
Py11-13	2.30 ± 0.52 ^{bc}	4.75 ± 1.04 ^a	8.96 ± 1.62 ^{ab}	12.55 ± 1.77 ^{ae}	1.71	Py11-12	0.14 ± 0.10 ^{ab}	1.58 ± 0.67 ^{ab}	9.00 ± 3.54 ^{cdef}	19.12 ± 5.67 ^{bcd}	3.16
Py11-11	2.74 ± 0.63 ^{efg}	6.79 ± 1.05 ^{fg}	10.44 ± 1.89 ^{bc}	13.19 ± 1.93 ^{dg}	1.74	Py11-16	0.17 ± 0.13 ^{abcd}	1.48 ± 0.73 ^{ab}	6.53 ± 2.72 ^{ab}	19.58 ± 7.73 ^{bcd}	3.23
Py11-15	2.80 ± 0.52 ^{fg}	6.57 ± 1.05 ^f	10.10 ± 1.45 ^{bc}	13.45 ± 1.55 ^{efg}	1.78	Py11-10	0.22 ± 0.12 ^{bcde}	1.25 ± 0.62 ^a	5.09 ± 2.94 ^a	20.55 ± 8.44 ^{bcde}	3.39
Py11-12	2.18 ± 0.43 ^{ab}	5.30 ± 0.89 ^{bc}	9.76 ± 1.45 ^{bc}	12.92 ± 1.34 ^{bf}	1.79	Py11-11	0.23 ± 0.14 ^{cde}	2.73 ± 1.24 ^c	8.74 ± 3.47 ^{cdef}	20.88 ± 7.56 ^{cde}	3.44
Py11-16	2.33 ± 0.67 ^{bc}	5.37 ± 1.10 ^{bc}	9.03 ± 1.53 ^{ab}	13.05 ± 1.91 ^{def}	1.79	Py11-07	0.19 ± 0.13 ^{bcd}	2.45 ± 1.27 ^c	8.83 ± 4.15 ^{cdef}	21.06 ± 8.35 ^{cde}	3.48
Py11-07	2.58 ± 0.59 ^{cf}	6.42 ± 1.24 ^{ef}	10.30 ± 1.71 ^{bc}	13.79 ± 2.06 ^{fg}	1.87	Py11-03	0.19 ± 0.13 ^{bcd}	1.79 ± 0.94 ^b	7.61 ± 3.28 ^{bcde}	22.35 ± 6.19 ^{de}	3.69
Py11-03	2.51 ± 0.55 ^{cf}	5.66 ± 1.11 ^{cd}	10.18 ± 1.77 ^{bc}	14.24 ± 1.85 ^g	1.96	Py11-15	0.28 ± 0.15 ^e	2.51 ± 0.96 ^c	9.38 ± 3.13 ^{def}	22.91 ± 7.14 ^{de}	3.77
Py11-02	2.37 ± 0.51 ^{bcd}	6.67 ± 0.96 ^f	10.11 ± 1.44 ^{bc}	14.20 ± 1.69 ^g	1.97	Py11-02	0.17 ± 0.11 ^{abcd}	2.76 ± 1.05 ^c	9.57 ± 3.97 ^{ef}	24.71 ± 6.99 ^e	4.09

注:标识字母肩标时,用逗号代替首尾字母之间省略的连续字母串,数值右肩不同字母表示家系之间差异显著($P < 0.05$)
Notes:when the shoulder mark identification letters,using a comma instead of continuous strings of letters which omitted between the first and last letter. Different letters indicates significant difference on numerical right shoulder among families

2.3 虾夷扇贝各生长性状的遗传力和重复力估计

虾夷扇贝各生长性状的遗传力 t 检验表明, 虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽和活体质量性状的遗传力估计值均达到显著水平($P < 0.05$), 为中高等遗传力(表 3)。

壳高、壳长、壳宽和活体质量的重复力估计值

分别为 0.11 ~ 0.29、0.08 ~ 0.25、0.10 ~ 0.36 和 0.11 ~ 0.30(表 3)。 t 检验表明,7 月龄和 9 月龄生长性状的重复力估计值达到了极显著水平($P < 0.01$),11 月龄和 13 月龄生长性状的重复力估计值达到显著水平($P < 0.05$)。 虾夷扇贝各生长性状的重复力为中低等重复力。

表 3 虾夷扇贝各生长性状遗传力和重复力估计
Tab.3 Heritability (h^2) and repeatability (t) estimates of various growth traits of *P. yessoensis*

遗传力 heritability					重复力 repeatability				
性状	7 月龄	9 月龄	11 月龄	13 月龄	性状	7 月龄	9 月龄	11 月龄	13 月龄
traits	7 months	9 months	11 months	13 months	traits	7 months	9 months	11 months	13 months
壳高 shell height	0.431	0.586	0.220	0.220	壳高 shell height	0.21	0.29	0.11	0.11
± SE	0.183	0.248	0.103	0.103	± SE	0.069	0.083	0.046	0.046
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	2.355 *	2.356 *	2.145 *	2.139 *	$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	3.028 **	3.506 **	2.383 *	2.382 *
壳长 shell length	0.384	0.511	0.151	0.229	壳长 shell length	0.19	0.25	0.08	0.12
± SE	0.167	0.225	0.078	0.109	± SE	0.065	0.076	0.038	0.049
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	2.299 *	2.268 *	1.943 *	2.099 *	$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	2.911 **	3.264 **	2.115 *	2.459 *
壳宽 shell width	0.487	0.742	0.200	0.226	壳宽 shell width	0.24	0.36	0.10	0.12
± SE	0.199	0.326	0.107	0.106	± SE	0.075	0.091	0.043	0.049
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	2.442 *	2.272 *	1.880 *	2.128 *	$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	3.205 **	3.972 **	2.301 *	2.459 *
活体质量 body weight	0.456	0.617	0.221	0.219	活体质量 body weight	0.22	0.30	0.11	0.11
± SE	0.209	0.291	0.108	0.106	± SE	0.071	0.084	0.046	0.046
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	2.185 *	2.118 *	2.044 *	2.053 *	$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	3.087 **	3.569 **	2.383 *	2.383 *

注: $h^2 \geq 0.40$ 称为高等遗传力; $0.20 < h^2 < 0.40$ 称为中等遗传力; $h^2 \leq 0.20$ 称为低等遗传力。 $t \geq 0.60$ 称为高等重复力; $0.30 \leq t < 0.60$ 称为中等重复力; $t < 0.30$ 称为低等重复力。* 表示差异显著($P < 0.05$); ** 表示差异极显著($P < 0.01$),下同
Notes:the $h^2 \geq 0.40$ known as the higher heritability; $0.20 < h^2 < 0.40$ called medium heritability; $h^2 \leq 0.20$ called low heritability. The $t \geq 0.60$ called the higher repeatability; $0.30 \leq t < 0.60$ called the medium repeatability; $t < 0.30$ called the low repeatability. * indicate significant difference($P < 0.05$); ** indicate extremely significant difference($P < 0.01$), the same as below

2.4 虾夷扇贝各生长性状表型相关分析

不同月龄虾夷扇贝生长性状的相关性分析结果表明,7 月龄壳高和壳长、11 月龄壳高和壳长的相关系数最大,均达到 0.970;11 月龄壳长和壳宽的相关系数最小,为 0.631(表 4)。虾夷扇贝不同月龄 4 个生长性状间的表型相关均呈极显著水平($P < 0.01$),表明进行虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽和活体质量间的相关性分析具有实际意义。

表 4 虾夷扇贝各生长性状间的表型相关系数
Tab.4 Phenotype correlation coefficient among growth traits of *P. yessoensis*

月龄 month age	性状 traits	壳长 shell length	壳宽 shell width	活体质量 body weight
7 月龄 7 months	壳高 shell height	0.970 **	0.914 **	0.926 **
	壳长 shell length	—	0.940 **	0.943 **
	壳宽 shell width	—	—	0.937 **
9 月龄 9 months	壳高 shell height	0.967 **	0.906 **	0.927 **
	壳长 shell length	—	0.929 **	0.940 **
	壳宽 shell width	—	—	0.932 **
11 月龄 11 months	壳高 shell height	0.970 **	0.640 **	0.929 **
	壳长 shell length	—	0.631 **	0.929 **
	壳宽 shell width	—	—	0.692 **
13 月龄 13 months	壳高 shell height	0.954 **	0.841 **	0.935 **
	壳长 shell length	—	0.845 **	0.930 **
	壳宽 shell width	—	—	0.873 **

2.5 虾夷扇贝各生长性状遗传相关分析

虾夷扇贝各生长性状的遗传相关分析结果 t 检验表明,壳高、壳长、壳宽与活体质量性状的遗传相关均达到了极显著水平($P < 0.01$)(表 5),表明壳长、壳高、壳宽和活体质量具备遗传选育代表性。

表 5 虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽与活体质量间遗传相关系数
Tab.5 Genetic correlation coefficient between shell height, shell length,shell width and body weight of *P. yessoensis*

性状 traits	7 月龄 7 months	9 月龄 9 months	11 月龄 11 months	13 月龄 13 months
壳高 shell height	0.984	0.958	0.908	0.972
± SE	0.011	0.023	0.056	0.021
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	91.353 **	41.127 **	16.155 **	46.590 **
壳长 shell length	0.975	0.972	0.921	0.974
± SE	0.016	0.017	0.052	0.020
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	59.022 **	56.922 **	17.555 **	48.157 **
壳宽 shell width	0.964	0.981	0.966	0.946
± SE	0.021	0.012	0.050	0.040
$T_{0.05(\infty)} = 1.645$	45.780 **	82.487 **	19.150 **	23.884 **

3 讨论

本研究获得了 $Py11-02$ 、 $Py11-03$ 和 $Py11-15$ 号快速生长家系,为虾夷扇贝优良品系培育提供材料;通过对虾夷扇贝生长性状及变异系数分析,

发现虾夷扇贝各生长性状的变异均较大,遗传变异资源丰富,具有较大的选育空间,此结论与张存善等^[8]的研究结果相似。

本研究进行了虾夷扇贝各生长性状相关性分析,结果显示虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽与活体质量间的表型相关性均为极显著($P < 0.01$),与赵鹏等^[10]进行的不同壳色虾夷扇贝体尺性状对活体质量影响效果分析的结论相同。于德良等^[7]进行了不同养殖群体虾夷扇贝数量性状相关性 & 通径分析研究,认为壳高对活体质量的影响最大,本研究显示,虾夷扇贝壳长与活体质量的相关系数最大,推测这种差异是实验材料所处的发育阶段及产地不同所造成,同时虾夷扇贝的壳高和壳长数值相差较小。研究还表明,虾夷扇贝壳长与壳高的相关性极显著($P < 0.01$),且两者与活体质量相关性也极显著,而活体质量与出肉率紧密关联,因此,可通过测定虾夷扇贝壳高、壳长估算其活体质量和出肉率,以此缩短被测个体离水时间,减少宰杀量。

在数量性状遗传研究中,遗传力可以用于确定选择方法和预测选择进展,在育种值估计、选择指数制定、选择反应预测、选择反应、选择方法比较以及育种规划决策等方面,遗传力均起着十分重要的作用,同时,群体特征、群体遗传结构和环境条件的改变,都会影响到性状遗传力的估计。估计特定养殖环境下育种群体遗传力是进行良种选育的必要前提,已有研究者利用回归分析、选择反应和全同胞(或半同胞)估计了长牡蛎(*Crassostrea gigas*)^[11-12]、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)^[13]、紫贻贝(*Mytilus edulis*)^[14]、虾夷扇贝^[15]等双壳贝类的遗传力。Liang 等^[16]估计了虾夷扇贝 1、20、40、60、500 日龄壳长和壳高遗传力,分别为 0.521 和 0.307,0.336 和 0.314,0.318 和 0.280,0.383 和 0.423,0.375 和 0.358。本实验通过建立剖分方差组分的动物模型,利用同胞关系,估计虾夷扇贝的壳高、壳长、壳宽和活体质量的遗传力分别为 0.220 ~ 0.586、0.151 ~ 0.511、0.200 ~ 0.742、0.219 ~ 0.617,为中高等遗传力,与 Liang 等^[16]结果推测相似。根据虾夷扇贝遗传力研究结果,在育苗过程中,对虾夷扇贝进行个体选择(也称群选,是根据个体本身性状的表型值选择,简单易行)也会取得良好的效果。重复力是衡量一个数量性状在同一个体内多次度

量值之间的相关程度的指标^[17]。重复力可以用于确定性状需要度量的次数,还可以用于育种值的估计。研究结果显示,虾夷扇贝的壳高、壳长、壳宽和活体质量的重复力为中低等重复力,因此,在育种实践中须对虾夷扇贝各生长性状进行多次测量以提高其准确性。遗传相关是两个性状的可遗传和固定部分之间的相关情况,是表型相关中可遗传的部分^[17]。王庆志等^[12]、郭华阳等^[18]分别进行了长牡蛎幼体、合浦珠母贝(*Pinctada fucata*)幼体生长性状的遗传力及其相关性分析。本实验结果显示,虾夷扇贝壳高、壳长、壳宽与活体质量的遗传相关和表型相关均为高度正相关,与上述结果相似,表明虾夷扇贝以各生长性状为参数进行选育时,均可达到改良生长性状的效果。

参考文献:

- [1] Fisheries Bureau of Ministry of Agriculture. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012. [农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2012.]
- [2] Chang Y Q, Chen X X, Ding J, et al. Genetic diversity in five scallop populations of the Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(3): 1145 - 1152. [常亚青, 陈晓霞, 丁君, 等. 虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 5 个群体的遗传多样性. 生态学报, 2007, 27(3): 1145 - 1152.]
- [3] Li C Y, Ding J, Chang Y Q, et al. Isolation of microsatellite markers in Japanese scallop and its application in genetic structure analysis [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(1), 39 - 46. [李春艳, 丁君, 常亚青, 等. 虾夷扇贝微卫星标记的分离及其养殖群体的遗传结构分析. 中国水产科学, 2009, 16(1): 39 - 46.]
- [4] Chen M, Chang Y Q, Ding J, et al. Isolation and characterization of new microsatellite markers from the Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. Conservation Genetics, 2010, 11(3): 1139 - 1142.
- [5] Feng L, Yu Q, Li X, et al. Identification of reference genes for qRT-PCR analysis in Yesso Scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. PLoS One, 2013, 8(9): e75609.
- [6] Wang X, Hu X, Li J, et al. Characterization of 38 EST-derived SNP markers in Zhikong scallop (*Chlamys farreri*) and their cross-species utility in Yesso scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J].

- Conservation Genetics Resources, 2012, 4 (3): 747 – 753.
- [7] Yu D L, Ding J, Hao Z L, *et al.* Correlation and path analysis of quantitative traits in different cultured populations of yesso scallop *Patinopecten yessoensis* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013, 28 (4): 350 – 354. [于德良, 丁君, 郝振林, 等. 不同养殖群体虾夷扇贝数量性状的相关性与通径分析. 大连海洋大学学报, 2013, 28 (4): 350 – 354.]
- [8] Zhang C S, Chang Y Q, Cao X B, *et al.* Analysis of effect of body shape traits on soft-tissue weight and adductor weight in *Patinopecten yessoensis* Jay [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33 (1): 87 – 94. [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. 水产学报, 2009, 33 (1): 87 – 94.]
- [9] Zhang L. Animal genetic breeding science [M]. Beijing: Central Radio & TV University Press, 2003. [张芳. 动物遗传育种学. 北京: 中央广播电视大学出版社, 2003.]
- [10] Zhao P, Ding J, Chang Y Q. Effect of shell size characters on live body weight in Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* with two colors [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2011, 26 (1): 1 – 5. [赵鹏, 丁君, 常亚青. 两种壳色虾夷扇贝壳体尺性状对活体重影响效果的分析. 大连洋大学学报, 2011, 26 (1): 1 – 5.]
- [11] Wang Q Z, Li Q, Liu S K, *et al.* Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth in *Crassostrea gigas* larvae [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16 (5): 736 – 743. [王庆志, 李琪, 刘士凯, 等. 长牡蛎幼体生长性状的遗传力及其相关性分析. 中国水产科学, 2009, 16 (5): 736 – 743.]
- [12] Wang Q Z, Li Q, Liu S K, *et al.* Estimates of genetic parameters for growth-related traits in adult *Crassostrea gigas* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19 (4): 700 – 706. [王庆志, 李琪, 刘世凯, 等. 长牡蛎成体生长性状的遗传参数估计. 中国水产科学, 2012, 19 (4): 700 – 706.]
- [13] Yan X W, Zhang Y H, Huo Z M, *et al.* Responses to selection and realized heritability in three geographical populations of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34 (5): 704 – 710. [闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 等. 不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应及现实遗传力. 水产学报, 2010, 34 (5): 704 – 710.]
- [14] Song C W, Yan X W, Sang S T, *et al.* Estimates for the heritability of growth of *Mytilus edulis* [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37 (2): 201 – 206. [宋传文, 闫喜武, 桑士田, 等. 紫贻贝生长性状的遗传力估计. 水产学报, 2013, 37 (2): 201 – 206.]
- [15] Liang J. Genetic studies of quantitative traits of *Patinopecten yessoensis* Jay [D]. Beijing: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2009. [梁峻. 虾夷扇贝养殖群体数量性状遗传研究. 北京: 中国科学院研究生院, 2009.]
- [16] Liang J, Zhang G, Zheng H. Divergent selection and realized heritability for growth in the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* Jay [J]. Aquaculture Research, 2010, 41 (9): 1315 – 1321.
- [17] Chen G H, Zhang Q. Animal genetic theory and breeding method [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009. [陈国宏, 张勤. 动物遗传原理与育种方法. 北京: 中国农业出版社, 2009.]
- [18] Guo H Y, Zhang D C, Li H D, *et al.* Estimates of heritability and genetic correlations for the growth of larvae of *Pinctada fucata* [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50 (21): 4441 – 4444. [郭华阳, 张殿昌, 李恒德, 等. 合浦珠母贝幼体生长性状的遗传力及其相关性分析. 湖北农业科学, 2011, 50 (21): 4441 – 4444.]

The growth traits comparison and genetic parameter evaluation of *Patinopecten yessoensis* in early and mid-stage

WANG Junjie, DING Jun^{*}, CHANG Yaqing, SHANG Guoliang, WANG Yinan

(Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China's Sea, Ministry of Agriculture,
Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: Eight half-sib families and 16 full-sib families of F_2 generation of *Patinopecten yessoensis* were developed as experimental materials for obtaining fast-growth families and evaluating the genetic parameters of growth traits in early and medium-term. Four traits (shell height, shell length, shell width and body weight) were measured from 7-months to 13-months, coefficient of variation and multiple comparison of 4 traits were analyzed, heritability and repeatability were evaluated, and phenotypic correlation and genetic correlation were estimated. The results showed that the variation coefficient of body weight ranged from 37.40% to 69.81%, more than that of other traits, while, the variation coefficient of shell height ranged from 12.74% to 22.77%, less than that of other traits, which indicated that growth traits of *Patinopecten yessoensis* had great potential for breeding improvement. Py11-02, Py11-15 and Py11-03 were identified as fast growth families by analysis of multiple comparison of 4 traits. Heritability of shell height, shell length, shell width and body weight were 0.220 – 0.586, 0.151 – 0.511, 0.200 – 0.742, 0.219 – 0.617 respectively, belong to high or medium heritability. The repeatability of 4 traits were 0.11 – 0.29, 0.08 – 0.25, 0.10 – 0.36, 0.11 – 0.30 respectively, belong to medium or low repeatability. Phenotypic correlation of shell height, shell length, shell width for body weight were 0.926 – 0.935, 0.929 – 0.943, 0.692 – 0.981 respectively, all of that reached extremely significant level ($P < 0.01$). Genetic correlation of shell height, shell length, shell width for body weight were 0.908 – 0.984, 0.921 – 0.975, 0.946 – 0.981 respectively, belong to high genetic correlation. The study can provide some theoretical support for breeding of *P. yessoensis*.

Key words: *Patinopecten yessoensis*; families line; growth traits; genetic parameters

Corresponding author: DING Jun. E-mail: jding1119@vip.sina.com