

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00075

不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状的遗传参数估计

王俊^{1,2}, 匡友谊¹, 佟广香¹, 尹家胜¹

1. 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 采用每 4 个雄性亲本与 1 个雌性亲本交配的巢式设计方法, 建立哲罗鲑(*Hucho taimen*)9 组母系半同胞、34 个父系全同胞家系。19 个家系置于(13±1.5)℃(高温), 15 个家系置于(9±1.5)℃(低温)条件下饲养, 计算幼鱼各月龄的体质量和体长性状的遗传力和遗传相关。结果表明, 哲罗鲑幼鱼在低温条件下体质量遗传力为 0.413~0.675, 体长遗传力为 0.297~0.777; 高温条件下体质量遗传力为 0.396~0.558, 体长遗传力为 0.194~0.624, 均属于中高遗传力。在 2 个温度条件下母本间遗传方差组分均大于父本间遗传方差组分, 存在较大的母本效应或显性效应, 而根据父本间遗传方差组分估计的遗传力较为无偏。低温条件下体长、体质量遗传力估计值高于高温条件下的估计值, 表明基因和环境互作效应较为明显, 在低温条件下对体长和体质量进行选择能达到更好的效果。体长和体质量在不同生长时期、不同温度条件下都具有显著的遗传正相关和表型正相关($P<0.05$), 表型相关系数为 0.815~0.939, 遗传相关系数为 0.794~0.939, 表明通过体质量或体长进行选育均能达到改良生长性状的目的。[中国水产科学, 2011, 18(1): 75–82]

关键词: 哲罗鲑; 生长性状; 遗传力; 遗传相关

中图分类号: S917

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)01-0075-08

哲罗鲑(*Hucho taimen*)又称哲罗鱼, 属鲑形目(Samoniiformes)、鲑科(Salmonidea)、哲罗鱼属, 是中国重要的冷水性鱼类, 个体较大且肉质鲜美, 具有较高的经济价值。自 2006 年徐伟等^[1-2]解决了哲罗鲑全人工繁殖和苗种驯化问题后, 其养殖得到了进一步推广, 但人工繁殖所需亲本均来源于未经过遗传改良的野生群体。因为群体数量少, 遗传结构较为单一, 苗种质量得不到保证, 因此出现生长速度慢、抗逆性差、成活率低等现象。所以通过哲罗鲑的遗传改良, 培育出优质、高产的优良品种, 是哲罗鲑养殖产业健康、持续、稳定发展的重要保证。

遗传参数的估计是选择育种的一项基本工作, 其估计值对于育种策略的制定和育种工作的开展

具有指导作用。遗传力是反映数量性状遗传特征的重要参数, 其估计值对于选择效果的预测、动物育种值的估计、选择方法的确定及综合选择指数的制定都具有重要意义^[3]。遗传相关是指由于基因多效性或基因连锁等原因而表现出的性状相关, 它是进行间接选择和综合选择指数确定的重要参考^[4]。由于国内水产动物遗传育种工作开展较晚, 关于水产动物遗传参数估计的研究不多, 仅见中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)^[5]、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[6]、罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergi*)^[7]、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[8]、虾夷马粪海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)^[9]、马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)^[10]、长牡蛎(*Crassostrea giga*)^[11]、刺参(*Apostichopus japonicus*)^[12]等各

收稿日期: 2010-04-23; 修订日期: 2010-05-31.

基金项目: 农业部公益性行业科研专项(201003055); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2008HSYZX-SJ-08).

作者简介: 王俊(1985-), 男, 硕士研究生, 从事水产动物遗传育种学研究. E-mail: wangjun2008v@yahoo.com.cn

通讯作者: 尹家胜, 研究员, 从事水产动物遗传育种研究. Tel: 0451-84861310; E-mail: xwsc20@tom.com

阶段生长性状和繁殖性状的遗传参数估计,关于哲罗鲑的遗传力研究还未见相关报道。本研究根据全同胞巢式设计建立了 34 个全同胞家系,将家系分组并置于 2 个温度条件下饲养,估计哲罗鲑早期体长和体质量的遗传参数,探讨这些遗传参数在不同生长时期、不同温度下的变化规律,旨在为哲罗鲑的遗传育种工作提供基本的参考数据。

1 材料与方法

1.1 实验设计

由于哲罗鲑雄性亲本精液少,故采用每 4 个雄性亲本与 1 个雌性亲本交配的巢式设计方法,建立了 9 组母系半同胞、34 个父系全同胞家系。将 19 个家系受精卵于 $(11\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ 环境下孵化,15 个家系于 $(8\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ 环境下进行孵化,孵化密度为 4 000 粒/L。

1.2 苗种培育

受精卵孵化后,将各家系上浮稚鱼转移至平列槽进行分槽饲养,平列槽大小为 $4\text{ m}\times 0.5\text{ m}\times 0.3\text{ m}$, $(11\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ 下孵化的 19 个家系于 $(13\pm 1.5)^{\circ}\text{C}$ 下饲养, $(8\pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ 下孵化的 15 个家系于 $(9\pm 1.5)^{\circ}\text{C}$ 下饲养。为了尽量减小 2 种温度组间环境差异,饲养密度和投饵量均保持一致,并尽量将各平列槽间的水流量、溶氧、pH 值等设定一致。随着哲罗鲑的生长发育,从受精卵到幼鱼阶段进行了 3 次分苗,随机选取仔鱼 2 000 尾、稚鱼 800 尾、幼鱼 300 尾,于圆柱形饲养桶中进行人工饲养,饲养桶容积为 $2\pi\times 0.5^2\times 0.5\text{ m}^3$,饲养密度分别为 3×10^3 尾/ m^3 、 1×10^3 尾/ m^3 、 4×10^2 尾/ m^3 。在各月龄分别于高温组、低温组随机选取无畸形鱼苗各 35 尾,进行体长、体质量性状的测量。

1.3 数据统计分析

数据处理前,先对各家系数据和整个群体数据进行正态分布检验(Kolmogorov-Smirnov 检验)并进行修正。利用 SPSS13.0 的 GLM 过程对哲罗鲑幼鱼体长、体质量数据进行方差、协方差分析,方差分析及协方差分析的数学模型为:

$$x_{ijk}=u+d_i+s_{ij}+e_{ikn}$$

式中 x_{ijn} 表示第 n 个个体的体质量或体长的表型观测值, u 表示总体均值, d_i 表示第 i 个雌性效应,

s_{ij} 表示第 i 个雌性内的第 j 个雄性效应, e_{ijn} 表示随机误差。

遗传力由以下公式计算:

$$\begin{aligned} h_D^2 &= 4\sigma_D^2/(\sigma_e^2+\sigma_s^2+\sigma_D^2) \\ h_s^2 &= 4\sigma_s^2/(\sigma_e^2+\sigma_s^2+\sigma_D^2) \\ h_{SD}^2 &= 2(\sigma_s^2+\sigma_D^2)/(\sigma_e^2+\sigma_s^2+\sigma_D^2) \end{aligned}$$

式中 h_D^2 、 h_s^2 和 h_{SD}^2 分别代表由母系半同胞、父系全同胞和全同胞个体间方差所估计的加性遗传力, σ_e^2 、 σ_s^2 和 σ_D^2 分别代表母系半同胞、父系全同胞和全同胞个体间方差。

遗传相关系数由以下公式计算:

$$\begin{aligned} r_D &= \text{cov}(d^x, d^y)/\sigma_{Dx}\sigma_{Dy} \\ r_s &= \text{cov}(s^x, s^y)/\sigma_{Sx}\sigma_{Sy} \\ r_{SD} &= \text{cov}(d^x, d^y) + \text{cov}(s^x, s^y)/(\sigma_{Dx} + \sigma_{Sx})(\sigma_{Dy} + \sigma_{Sy}) \end{aligned}$$

式中 r_D 、 r_s 和 r_{SD} 分别代表由母系半同胞、父系全同胞和全同胞个体间协方差所估计的遗传相关,由于 r_D 和 r_{SD} 估计值受母本效应和显性效应影响较大,而 r_s 估计值较为无偏,因此,本实验采用 r_s 估计值作为体长和体质量遗传相关系数。

由于每个母本后代平均数不相等,在进行遗传力和遗传相关计算时需要进行加权校正,校正系数估算公式^[4]如下:

$$n_0 = (N - \sum n_i^2/N)/D - 1$$

式中 n_0 表示母本家系中后代的加权平均值, n_i 表示第 i 个母本后代个体数。

2 结果与分析

2.1 哲罗鲑幼鱼的生长表型参数

不同生长时期、不同温度下哲罗鲑体质量、体长的表型参数如表 1 所示,经检验体长和体质量均符合正态分布(Kolmogorov-Smirnov 检验)。高温组幼体的平均体质量、平均体长均大于低温组,表明在高温条件下哲罗鲑幼体个体生长发育较快;体质量的变异系数大于体长的变异系数,表明未经人工选育的哲罗鲑幼体体质量的个体间差异较大,对体质量进行选育具有很大的潜力。

2.2 哲罗鲑幼鱼生长性状的方差分析及性状间的协方差分析

哲罗鲑幼体在不同生长时期、不同温度下生长性状表型变量的方差及协方差分析如表 2、表 3 所示,方差分析结果表明,母本间、母本内父本间

及后代个体间体质量、体长存在极显著差异($P<0.01$); 协方差分析结果表明, 母本间、母本内父本间体质量、体长存在极显著差异($P<0.01$)。

2.3 表型变量的方差组分和表型变量的协方差组分
表型变量的方差组分及协方差组分分析结果如表 4、表 5 所示, 由表 4 可见, 母系遗传方差组分大于父系遗传方差组分; 由表 5 可见, 母系遗传协方差组分大于父系遗传协方差组分。表明母系半

同胞个体间差异较大, 遗传方差组分中可能存在较大的母性效应。

2.4 遗传力和遗传相关估计

根据表 4 中母系半同胞间、父系全同胞间及后代个体间方差组分, 进行遗传力的估算, 估计值如表 6 所示。体质量遗传力估计值为 0.396~0.675, 体长遗传力估计值为 0.194~0.777, 均属于中高遗传力。各性状中母系半同胞遗传力估计值

表 1 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑生长性状表型参数
Tab. 1 Growth trait parameters of *Hucho taimen* with different ages under different temperature $n=35; \bar{x} \pm SD$

月龄/月 month age	温度/℃ temperature	体质量/g body weight	体质量变异系数/% coefficient of variation	体长/cm body length	体长变异系数/% coefficient of variation
4	13±1.5	1.52±0.37	24.34	5.26±0.40	7.69
6	13±1.5	5.80±1.60	27.59	8.43±0.79	9.37
	9±1.5	3.52±0.81	23.01	7.01±0.63	8.99
8	13±1.5	10.02±2.11	21.06	10.34±0.86	8.32
	9±1.5	6.48±1.52	23.46	8.87±0.74	8.34
11	13±1.5	12.00±2.99	24.92	10.99±0.96	8.74
	9±1.5	8.50±1.97	23.04	9.78±0.75	7.67

注: (13±1.5)℃表示高温, (9±1.5)℃表示低温。
Note: (13±1.5)℃ means high temperature, (9±1.5)℃ means low temperature.

表 2 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状表型变量的方差分析
Tab. 2 Variance analysis for components of phenotypic variation of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month age	温度/℃ temperature	性状 trait	变异来源 source of variation				
			母本间 between dams		母本内父本间 between sires		后代个体间 between posterity
			df	F	df	F	df
4	13±1.5	BW	4	28.666**	14	5.688**	646
		BL	4	23.630**	14	3.669**	646
6	13±1.5	BW	4	29.189**	14	6.585**	646
		BL	4	25.628**	14	6.239**	646
	9±1.5	BW	3	32.242**	11	7.445**	510
		BL	3	51.100**	11	10.675**	510
8	13±1.5	BW	4	21.764**	14	5.123**	644
		BL	4	14.210**	14	2.904**	644
	9±1.5	BW	3	23.243**	11	5.579**	510
		BL	3	38.967**	11	4.521**	510
11	13±1.5	BW	4	33.075**	14	7.542**	646
		BL	4	38.582**	14	8.677**	646
	9±1.5	BW	3	42.565**	11	9.556**	510
		BL	3	40.706**	11	9.191**	510

注: (13±1.5)℃表示高温, (9±1.5)℃表示低温, BW表示体质量, BL表示体长, df表示自由度, F表示均方比, **表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: (13±1.5)℃ means high temperature, (9±1.5)℃ means low temperature. BW means body weight. BL means body length. df means degree of freedom. F means F-value. ** means extremely significant difference among groups (F-test, $P<0.01$).

表 3 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状表型变量的协方差分析

Tab. 3 Covariance analysis for components of phenotypic variation of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month age	温度/℃ temperature	性状 trait	变异来源 source of variance				
			母本间 between dams		母本内父本间 between sires		后代个体间 between posterity
			df	F	df	F	Df
4	13±1.5	BW/BL	4	27.925**	14	4.473**	646
6	13±1.5	BW/BL	4	29.330**	14	6.595**	646
	9±1.5	BW/BL	3	41.159**	11	9.231**	510
8	13±1.5	BW/BL	4	21.754**	14	4.356**	646
	9±1.5	BW/BL	3	29.944**	11	4.671**	510
11	13±1.5	BW/BL	4	38.146**	14	8.187**	646
	9±1.5	BW/BL	3	43.016**	11	9.689**	510

注: (13±1.5)℃表示高温, (9±1.5)℃表示低温; BW表示体质量, BL表示体长, df表示自由度, F表示均方比, **表示差异极显著($P<0.01$).

Note: (13±1.5)℃ means high temperature. (9±1.5)℃ means low temperature. BW means body weight. BL means body length. df means degree of freedom. F means F-value. ** means extremely significant difference among groups (F-test, $P<0.01$).

表 4 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状表型变量的方差组分

Tab. 4 Variance components of phenotypic variation of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month age	温度/% tempera- ture	性状 trait	方差组分 variance component			
			σ_D^2	σ_s^2	σ_e^2	$\sigma_D^2 + \sigma_s^2 + \sigma_e^2$
4	13±1.5	BW	0.019	0.015	0.108	0.142
	13±1.5	BL	2.040	1.034	13.552	16.626
6	13±1.5	BW	0.095	0.093	0.503	0.691
	13±1.5	BL	0.082	0.074	0.266	0.422
	9±1.5	BW	0.34	0.319	1.997	2.656
	9±1.5	BL	0.072	0.073	0.491	0.636
8	13±1.5	BW	0.490	0.436	3.479	4.405
	13±1.5	BL	0.059	0.037	0.667	0.763
	9±1.5	BW	0.252	0.246	1.886	2.384
	9±1.5	BL	0.112	0.043	0.425	0.58
11	13±1.5	BW	1.294	1.257	6.723	9.274
	13±1.5	BL	0.150	0.146	0.665	0.961
	9±1.5	BW	0.691	0.668	2.734	4.093
	9±1.5	BL	0.096	0.093	0.397	0.586

注: (13±1.5)℃表示高温, (9±1.5)℃表示低温, BW表示体质量, BL表示体长, σ_D^2 表示母系遗传方差组分, σ_s^2 表示父系遗传方差组分, σ_e^2 表示后代个体间方差组分.

Note: (13±1.5)℃ means high temperature. (9±1.5)℃ means low temperature. BW means body weight. BL means body length. σ_D^2 means dam variance components. σ_s^2 means sire variance components. σ_e^2 means posterity variance components.

表 5 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状表型变量的协方差组分

Tab. 5 Covariance components of phenotypic variation of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month age	温度/℃ temperature	性状 trait	协方差组分 covariance component			
			$cov(d^x, d^y)$	$cov(s^x, s^y)$	$cov(e^x, e^y)$	$cov(t^x, t^y)$
4	13±1.5	BW/BL	0.203	0.114	1.118	1.435
6	13±1.5	BW/BL	0.162	0.151	0.918	1.231
	9±1.5	BW/BL	0.079	0.078	0.320	0.477
8	13±1.5	BW/BL	0.167	0.159	1.240	1.566
	9±1.5	BW/BL	0.164	0.091	0.840	1.095
11	13±1.5	BW/BL	0.392	0.376	1.832	2.600
	9±1.5	BW/BL	0.223	0.233	0.938	1.394

注: (13±1.5)℃表示高温; (9±1.5)℃表示低温, BW表示体质量, BL表示体长. $cov(d^x, d^y)$ 表示母系半同胞间协方差组分, $cov(s^x, s^y)$ 表示母本内父系全同胞间协方差组分, $cov(e^x, e^y)$ 表示全同胞个体间协方差组分, $cov(t^x, t^y)$ 表示总的协方差组分.

Note: (13±1.5)℃ means high temperature. (9±1.5)℃ means low temperature. BW means body weight. BL means body length. $cov(d^x, d^y)$ means dams covariance components. $cov(s^x, s^y)$ means sires covariance components. $cov(e^x, e^y)$ means posterity covariance components. $cov(t^x, t^y)$ means total covariance components.

最高, 父系全同胞遗传力估计值最低。根据表 6 中不同温度下体质量、体长的遗传力估计值可以看出, 各性状低温组母系半同胞间、父系全同胞间和全同胞间的遗传力估计值均高于高温组。由于根据父系全同胞间方差组分估计的遗传力较为无偏, 因此, 根据父系全同胞遗传力估计值, 将不同温度下体质量、体长的遗传力变化作图, 分别如图 1、图 2 所示。

表 6 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状的遗传力
Tab. 6 Growth trait heritability of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month	温度 temperature	性状 trait	遗传力估计方法 estimation method of h^2		
			母系半同胞 half-dam	父系全同胞 full-sib	全同胞子代 posterity
4	13±1.5	BW	0.535	0.423	0.479
	13±1.5	BL	0.491	0.249	0.370
6	13±1.5	BW	0.512	0.480	0.496
	13±1.5	BL	0.459	0.453	0.456
	9±1.5	BW	0.550	0.538	0.544
	9±1.5	BL	0.777	0.701	0.739
8	13±1.5	BW	0.445	0.396	0.421
	13±1.5	BL	0.309	0.194	0.252
	9±1.5	BW	0.423	0.413	0.418
	9±1.5	BL	0.772	0.297	0.535
11	13±1.5	BW	0.558	0.545	0.542
	13±1.5	BL	0.624	0.608	0.616
	9±1.5	BW	0.675	0.653	0.664
	9±1.5	BL	0.655	0.635	0.645

注: (13±1.5)℃表示高温; (9±1.5)℃表示低温; BW 表示体质量; BL 表示体长。
Note: (13±1.5)℃ means high temperature, (9±1.5)℃ means low temperature. BW means body weight. BL means body length.

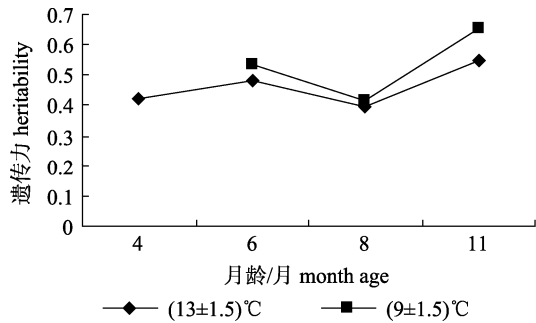


图 1 不同温度下体质量遗传力变化规律

Fig. 1 Heritability of body weight at different temperature

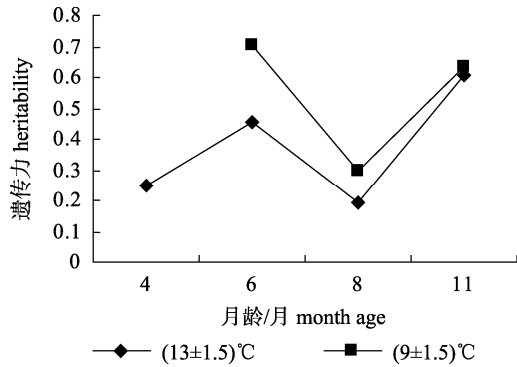


图 2 不同温度下体长遗传力变化规律

Fig. 2 Heritability of body length at different temperature

根据表 5 母系半同胞间、父系全同胞间及后代个体间协方差组分, 进行遗传相关和表型相关的估算, 估计值如表 7 所示。体长和体质量在不同时期、不同温度条件下都具有显著的遗传正相关和表型正相关, 表型相关系数范围为 0.815~0.939, 遗传相关系数为 0.794~0.939。

3 讨论

3.1 哲罗鲑幼鱼生长性状的遗传力

遗传力反映了性状遗传传递能力的大小, 习惯认为, 当 $h^2<0.2$, 为低遗传力; 当 $0.2\leq h^2\leq 0.5$, 为中等遗传力; 当 $h^2>0.5$, 为高遗传力。关于水产动物生长性状遗传力的研究中, 体质量遗传力估计值一般在 0.1~0.7 范围^[5,13-15], 体长遗传力估计值为 0.1~0.8^[11-12, 16-17]。从表 6 中可以看出, 哲罗鲑幼鱼体质量遗传力估计值为 0.396~0.675, 体长遗传力估计值为 0.194~0.777, 属于中高遗传力, 与上述研究结果一致。在对体质量、体长遗传力进行估计的 3 个方法中, 母本半同胞间方差组分均大于父本全同胞间方差组分, 表明可能存在母

表 7 不同生长时期、不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状的遗传和表型相关

Tab. 7 Genetic and phenotypic correlations of growth traits of *Hucho taimen* with different ages under different temperature

月龄/月 month	温度 temperature	性状 trait	遗传相关 genetic correlation	表型相关 phenotypic correlation
4	13±1.5	BW/BL	0.923**	0.928**
6	13±1.5	BW/BL	0.928**	0.939**
	9±1.5	BW/BL	0.875**	0.877**
8	13±1.5	BW/BL	0.794**	0.815**
	9±1.5	BW/BL	0.939**	0.928**
11	13±1.5	BW/BL	0.866**	0.876**
	9±1.5	BW/BL	0.927**	0.928**

注: (13±1.5)℃表示高温; (9±1.5)℃表示低温; BW表示体质量; BL表示体长; **表示相关极显著($P<0.01$).

Note: HT means high temperature (13±1.5℃), LT means low temperature (9±1.5℃). BW means body weight. BL means body length. ** donates extremely significant correlation(F -test, $P<0.01$).

性效应,而以父本全同胞家系的估计值较为无偏。较高的遗传力表明,对哲罗鲑幼体生长性状进行选择育种具有很大的潜力,预期能取得良好的遗传进展。尽管如此,对此结果仍应持有保守和谨慎的态度。可能引起遗传力估计值偏高的原因分析如下: 1)哲罗鲑属大型鱼类,卵径大[(5.20±0.38)] mm^[2]且营养物质丰富,从受精卵到上浮稚鱼阶段需(57.1±0.9) d^[2],在此期间只能依靠吸收母体提供的卵黄蛋白维持早期胚胎发育及幼体生长发育,所以母性效应较大, Dupont-Nivet等^[18]也认为鲑科鱼类在早期生长阶段母性效应较大; 2)尽管本研究对实验环境进行了严格的控制,最大程度地排除了随机环境效应(如投饵量、溶氧、饲养密度等)对遗传力估计值的影响,但不可能保证所有家系处于完全一致的环境下,这使得持续环境方差组分不能从遗传方差组分中剖分出来,从而使得遗传力估计值可能偏高,而Lucas等^[19]、Saillant等^[20]将所有家系混养于同一环境,再利用微卫星标记鉴别不同家系,消除了持续环境差异对遗传力估计值的影响; 3)显性效应、上位效应等非可遗传因素也会使遗传力估计值较真实值偏大^[21]。

3.2 不同温度下哲罗鲑幼鱼生长性状遗传力的比较

关于不同环境下生长性状遗传力的研究较多^[18,20,22],主要通过对不同环境下性状遗传力的估算,了解其变化规律,为不同环境下育种策略的制定和引种工作的开展提供一定的参考。从图 1、图 2 可以看出,各性状低温组父系全同胞间遗传力估计值均高于高温组,这与Saillant等^[20]的研

究结果一致,表明基因环境互作效应较为明显,在低温环境下进行表型选择能够达到更好的效果。然而,低温环境下遗传力估计值也可能偏高,因为低温组胚胎发育时间相对于高温组延长,母性效应作用时间也随之延长,导致母性效应增强。

3.3 不同发育阶段哲罗鲑幼鱼生长性状遗传力的比较

一般认为,生长性状在不同发育阶段的遗传力确有不同^[11],特别是发育早期阶段,遗传力估计值容易受外界因子影响,变化较大,但国内外研究均未对其变化规律及原因进行分析。本研究中,随着哲罗鲑幼鱼的生长发育,体质量、体长的遗传力有先降低后稍升高的规律,除了受自身可遗传因素的影响,母本效应和持续环境效应等非可遗传因素也是造成这种变化的重要原因。从表 6 中可以看出,随着哲罗鲑幼鱼的生长发育,母系半同胞间遗传力估计值与父系全同胞遗传力估计值之间的差距在不断减小,表明母性效应会随着生长发育而逐渐减弱,这与Benzie^[15]的研究结果一致, Doupé等^[23]也认为生长性状在早期发育阶段受母性效应影响较大,随后逐渐减低。母本效应的减弱导致 8 月龄遗传力估计值相对于 4 月龄和 6 月龄降低;但持续环境效应随时间增加而加大,而持续环境方差不能从遗传方差中剖分出来,因此遗传力估计值在 11 月龄时相对于 8 月龄又略有上升。

3.4 哲罗鲑幼鱼生长性状的遗传相关和表型相关

遗传相关主要由基因多效性或基因连锁造成,

它在对性状进行间接选择和确定选择指数方面具有重要意义。如表 7 所示, 表型相关系数范围为 0.815~0.939, 遗传相关系数为 0.794~0.939, 遗传相关系数经 F 检验, 均为极显著 ($P < 0.01$), 表明体长和体质量在不同生长时期、不同温度条件下都具有显著的遗传正相关和表型正相关, 通过体质量或体长进行选育均能达到改良生长性状的目的。但考虑到哲罗鲑幼鱼的体质量变异系数大于体长变异系数, 所以对体质量进行选择可以取得更大的遗传进展, 这与马爱军等^[6]对大菱鲃(*Scophthalmus maximus*)的研究结果一致。根据本研究中各性状在不同温度、不同生长时期的遗传力和遗传相关估计值, 提出在低温条件下对体质量进行选择, 可以更好地达到综合改良哲罗鲑生长性状的目的。

参考文献:

- [1] 徐伟, 孙慧武, 关海红, 等. 哲罗鱼全人工繁育的初步研究[J]. 中国水产科学, 2007, 14(6): 896–900.
- [2] 徐伟, 尹家胜, 匡友谊, 等. 哲罗鱼人工育苗技术研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 452–456.
- [3] 顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 282–313.
- [4] 王金玉, 陈宏国. 数量遗传与动物育种[M]. 东南大学出版社, 2004: 66–93.
- [5] 田焱, 孔杰, 栾生, 等. 中国对虾生长性状遗传参数的估计[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 1–6.
- [6] 马爱军, 王新安, 杨志, 等. 大菱鲃幼鱼生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(5): 499–504.
- [7] 罗坤, 孔杰, 栾生, 等. 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.
- [8] 王炳谦, 刘宗岳, 高会江, 等. 应用重复力模型估计虹鳟生长性状的遗传力和育种值[J]. 水产学报, 2009, 33(22): 182–187.
- [9] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 206–211.
- [10] 邓岳文, 符韶, 杜晓东, 等. 马氏珠母贝选系 F2 早期选择反应和现实遗传力估计[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(4): 26–29.
- [11] 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[J]. 中国水产科学, 2009, 16(5): 736–743.
- [12] 栾生, 孙慧玲, 孔杰. 刺参耳状幼体体长遗传力的估计[J]. 中国水产科学, 2006, 13(3): 378–383.
- [13] Benzie J A H, Kenway M, Trott L. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib matings[J]. Aquaculture, 1997, 152: 49–53.
- [14] Navarro A, Zamorano M J, Hildebrandt S, et al. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), under industrial conditions[J]. Aquaculture, 2009, 289: 225–230.
- [15] Benzie J A H. Heritability estimated for size in the giant tiger prawn *Panaeus monodon*[J]. Aquaculture, 1995, 137: 271–284.
- [16] Kocour M, Mauger S, Rodina M, et al. Heritability estimates for growth and dress out traits in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using a molecular pedigree[J]. Aquaculture, 2007, 272S1: S277–S278.
- [17] Vandeputte M, Kocour M, Mauger S, et al. Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Aquaculture, 2004, 235: 223–236.
- [18] Dupont-Nivet M, Vandeputte M, Vergnet A, et al. Heritabilities and GxE interactions for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) using a marker-based pedigree[J]. Aquaculture, 2008, 275: 81–87.
- [19] Lucas T, Macbeth M, Degnan S M, et al. Heritability estimates for growth in the tropical abalone *Haliotis asinina* using microsatellites to assign parentage[J]. Aquaculture, 2006, 259: 146–152.
- [20] Saillant E, Nivet M D, Haffray P, et al. Estimates of heritability and genotype – environment interactions for body weight in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) raised under communal rearing conditions[J]. Aquaculture, 2006, 254: 139–147.
- [21] Falconer D S, MacKay T F C. 数量遗传学导论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [22] Montañez M A, Ginés R, Navarro A, et al. Heritability estimations for growth characters and size of the cardiorespiratory organs in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) [J]. Aquaculture, 2007, 272(S1): S290–S291.
- [23] Doupe R, Lymbery A. Additive genetic and other sources of variation in growth traits of juvenile black bream *Acanthopagrus butcheri* [J]. Aquac Res, 2005, 36: 621–626.

Genetic parameters of growth traits in *Hucho taimen* at different temperature

WANG Jun^{1,2}, KUANG Youyi¹, TONG Guangxiang¹, YIN Jiasheng¹

1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Nine half-dam families and 34 full-sib families were established by nest design using one female parent mated to four male parents. Nineteen of 34 full-sib families were raised under $(13\pm 1.5)^{\circ}\text{C}$ while others were raised under $(9\pm 1.5)^{\circ}\text{C}$. Phenotypic variance components under different period were calculated with the GLM procedure of SPSS software. The estimated narrow-sense heritabilities were 0.413–0.675 for body weight and 0.297–0.777 for body length under low temperature, while those were 0.396–0.558 and 0.194–0.624 for body weight and body length respectively under high temperature. All of them were relatively high. Variance components between female parents were larger than those between male parents for each growth trait, indicating that large maternal effect or other non-additive genetic effects exist, and heritability estimation of variance components between male parents were relatively unbiased. The estimates of narrow-sense heritability under low temperature were larger than that under high temperature, suggesting that $G\times E$ interaction existed and phenotypic selection under low temperature could result in better effect. Genetic and phenotypic correlation of body weight and body length was extremely significant under different temperature and in different growth periods ($P<0.01$). The estimates of genetic correlation were 0.794–0.939 and those of phenotypic correlation were 0.815–0.939. Relatively high heritability estimates and positive genetic correlation indicate that growth traits of *Hucho taimen* could be improved favorably through selection either on body weight or on body length. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 75–82]

Key words: *Hucho taimen*; growth trait; heritability; genetic correlation

Corresponding author: YIN Jiasheng. Tel: 0451-84861310; E-mail: xwsc20@tom.com