

文章编号:1000-0615(2006)02-0175-06

三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析

李思发¹, 王成辉¹, 刘志国¹, 项松平², 王 剑², 潘增云², 段江萍², 徐志彬²

(1. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090;

(2. 浙江龙泉省级瓯江彩鲤良种场, 浙江 龙泉 323700)

摘要: 对兴国红鲤、荷包红鲤、瓯江彩鲤及其双列杂交种(F_1) 在成鱼阶段的体重和 10 个形态性状的杂种优势和遗传相关分析发现:(1) 兴国红鲤 \times 荷包红鲤杂交, 表现出显著的平均杂种优势和超亲优势; 兴国红鲤 \times 瓯江彩鲤杂交、荷包红鲤 \times 瓯江彩鲤杂交的平均杂种优势不明显, 也未表现出超越瓯江彩鲤亲本的超亲杂种优势;(2) 体重与全长、体长之间加性相关显著 ($r_A > 0.9$), 但显性相关不显著; 全长与体长、全长与尾柄长、体长与尾柄长的加性相关及显性相关均显著 ($r_A > 0.9$; $r_D > 0.9$); 全长、体长与体高、尾柄高间均呈显著负加性相关 ($r_A < -0.9$); 体高与尾柄长呈显著负加性相关 ($r_A = -0.896$), 体高与尾柄高呈显著正加性相关 ($r_D = 0.970$)。

关键词: 兴国红鲤; 荷包红鲤; 瓯江彩鲤; 双列杂交; 杂种优势; 遗传相关

中图分类号: Q348; S917 文献标识码: A

Analysis of heterosis and genetic correlation of growth traits in three variants of red common carp

LI Si-fa¹, WANG Cheng-hui¹, LIU Zhi-guo¹, XIANG Song-ping², WANG Jian²,
PANG Zeng-yun², DUAN Jiang-ping², XU Zhi-bin²

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecosystem

Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. The Provincial Fam of Oujiang Color Common Carp in Zhejiang, Longquan 323700, China)

Abstract: Heterosis and genetic correlations were analyzed for body weight and 10 morphometric traits from three variants of red common carp, *Cyprinus carpio* var. *singuanensis*, *Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis* and *Cyprinus carpio* var. *color*, based on diallel cross data at their adult stage. The results indicated that obvious heterosis was observed in *C. carpio* var. *singuanensis* \times *C. carpio* var. *wuyuanensis*, but no obvious heterosis was found in *C. carpio* var. *singuanensis* \times *C. carpio* var. *color* and *C. carpio* var. *wuyuanensis* \times *C. carpio* var. *color*; Significant additive correlations existed in body weight and total length, body weight and standard length ($r_A > 0.9$), but dominance correlations were not significant between them. Significant additive and dominance correlations were found between total length and standard length, total length and caudal peduncle length, standard length and caudal peduncle length ($r_A > 0.9$; $r_D > 0.9$). Meanwhile, significant negative additive correlations existed between total length, standard length and body depth, caudal peduncle depth ($r_A < -0.9$). Furthermore, significant negative additive correlation ($r_A = -0.896$) between body weight and caudal peduncle length, and significant positive dominance correlation ($r_D = 0.970$) were also found between body weight and caudal peduncle depth.

Key words: *Cyprinus carpio* var. *singuanensis*; *C. carpio* var. *wuyuanensis*; *C. carpio* var. *color*; diallel cross; heterosis; genetic correlation

收稿日期: 2005-06-20

资助项目: 浙江省科委项目(2003C32026); 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 李思发(1938-), 男, 江苏镇江人, 教授, 博士生导师, 主要从事水产动物种质资源研究。Tel: 021-65710333, E-mail: sfli@shfu.edu.cn

杂种优势 (heterosis) 是指杂交子一代 (F_1) 在生长、繁殖、适应性及抗逆性等经济性状方面超越双亲的相关均值的现象。多年来,杂种优势利用或杂交育种是包括水产生物在内的各种生物的主要育种手段之一。鲤是世界上杂交育种工作做得最多、最有成效的一种鱼类,我国在鲤的杂种优势利用方面的研究富有成效,产生了一批在生产上有显著杂种优势的杂交种^[1-4]。

在鱼类育种过程中,除杂种优势利用外,性状的选择也极为重要。不同性状之间往往存在程度或方向不同的相关性。利用这类相关性,可为选择育种工作提供方便。比如,当有的目标性状不易测定或遗传力较低,进行直接选择较难取得预期效果时,利用与其有较高加性相关的其它性状进行间接选择,就可能比较容易地取得较好的选择育种效果。因而,测定不同性状间的相关性是数量遗传学研究的主要内容之一。

本研究以兴国红鲤 (*Cyprinus carpio* var. *singuonensis*)、荷包红鲤 (*C. carpio* var.

wuyuanensis) 和瓯江彩鲤 (*C. carpio* var. *color*) 为材料,通过完全双列杂交,分析它们在体重和主要形态性状上的杂种优势与遗传相关,以期为鱼类数量遗传学和鱼类遗传育种学提供相关理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

取兴国红鲤、荷包红鲤和瓯江彩鲤亲鱼雌、雄各 15 尾, 3 × 3 完全双列杂交配组繁殖(表 1)。当鱼苗生长至 4 ~ 5 cm 时,随机选取每个交配组合的个体进行剪鳍标记。采用亲本与其杂交组合同池放养。例如兴国红鲤自交子代、荷包红鲤自交子代及它们的正交子代(兴国红鲤 × 荷包红鲤)和反交子代(荷包红鲤 × 兴国红鲤), 4 种鱼同放一池。每池 160 尾,每种鱼各 40 尾。每种放养方式各设 3 个重复。试验共取水泥池 9 只,每只 50 m²。

表 1 3 种红鲤的双列杂交配组方式

Tab.1 The diallel crossing patterns in three variants of red common carp

	兴国红鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>singuonensis</i>	荷包红鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>wuyuanensis</i>	瓯江彩鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>color</i>
兴国红鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>singuonensis</i>	自交	正交	正交
荷包红鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>wuyuanensis</i>	反交	自交	正交
瓯江彩鲤() <i>C. carpio</i> var. <i>color</i>	反交	反交	自交

当试验鱼生长至 20 个月(成鱼阶段)时,分别测量每池中全部个体的体重、全长、体长、体高、体宽、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长和尾柄高等 11 个生长性状进行数量遗传学分析。

1.2 遗传分析方法

采用加性、显性遗传模型和统计分析方法,分析这些性状的杂种优势和遗传相关^[5-7]。

杂种优势的计算公式:

(1) 平均杂种优势 $H_M(\%) = (F_1 - MP) \times 100 / MP$

其中, F_1 : 杂交子一代某性状的平均值; MP : 双亲某性状的平均值。

(2) 超亲杂种优势 $H_B(\%) = (F_1 - BP) \times 100 / BP$

其中, F_1 : 杂交子一代某性状的平均值; BP : 优亲中某性状的平均值。

超亲杂种优势体现了 F_1 与双亲中优良亲本某性状的差异情况。在本试验中,为度量 F_1 对双亲的性状差异,按下式统计超亲优势:

A. F_1 超过兴国红鲤亲本的超亲杂种优势 $H_{BX}(\%) = (F_1 - XP) \times 100 / XP$

其中, XP : 兴国红鲤亲本某性状的平均值。

B. F_1 超过荷包红鲤亲本的超亲杂种优势 $H_{BH}(\%) = (F_1 - HP) \times 100 / HP$

其中, HP : 荷包红鲤亲本某性状的平均值。

C. F_1 超过瓯江彩鲤亲本的超亲杂种优势 $H_{BC}(\%) = (F_1 - CP) \times 100 / CP$

其中, C_P : 瓯江彩鲤亲本某性状的平均值。

遗传相关的计算公式:

$$(1) \text{ 表型相关 } (r_P) = C_P / \sqrt{V_{P(X)} + V_{P(Y)}}$$

其中, C_P 为性状 X 和性状 Y 的表型协方差, $V_{P(X)}$ 、 $V_{P(Y)}$ 分别为性状 X 和性状 Y 的表型方差。

$$(2) \text{ 遗传相关 } (r_G) = C_G / \sqrt{V_{G(X)} + V_{G(Y)}}$$

其中, C_G 为性状 X 和性状 Y 的遗传协方差, $V_{G(X)}$ 、 $V_{G(Y)}$ 分别为性状 X 和性状 Y 的遗传方差。

$$(3) \text{ 加性相关 } (r_A) = C_A / \sqrt{V_{A(X)} + V_{A(Y)}}$$

其中, C_A 为性状 X 和性状 Y 的加性协方差, $V_{A(X)}$ 、 $V_{A(Y)}$ 分别为性状 X 和性状 Y 的加性方差。

$$(4) \text{ 显性相关 } (r_D) = C_D / \sqrt{V_{D(X)} + V_{D(Y)}}$$

其中, C_D 为性状 X 和性状 Y 的显性协方差, $V_{D(X)}$ 、 $V_{D(Y)}$ 分别为性状 X 和性状 Y 的显性方差。

对各项相关系数进行显著性 t 检验。

2 结果

2.1 表型变异

经 20 个月饲养, 试验鱼已达成鱼规格, 3 种红鲤亲本及相互杂交子一代的体重表型差异明显(表 2)。在 3 种红鲤自交子一代中, 瓯江彩鲤的体重最大, 而兴国红鲤最小。从杂交组合看(正、反交合并统计), 兴国红鲤 × 荷包红鲤的 F_1 的体重最大, 荷包红鲤 × 瓯江彩鲤的 F_1 的体重最小。

表 2 3 个红鲤亲本及其杂交组合的体重表型值

Tab. 2 Phenotype values of body weight from three parents and hybridization combinations in red common carp

			g, mean ±SD			
兴国红鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>singuonensis</i>	荷包红鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>wuyuanensis</i>	瓯江彩鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>color</i>	兴国红鲤 × 荷包红鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>singuonensis</i> × <i>C. carpio</i> var. <i>wuyuanensis</i>	兴国红鲤 × 瓯江彩鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>singuonensis</i> × <i>C. carpio</i> var. <i>color</i>	荷包红鲤 × 瓯江彩鲤 <i>C. carpio</i> var. <i>wuyuanensis</i> × <i>C. carpio</i> var. <i>color</i>	
613.42 ± 161.40	684.50 ± 209.15	785.19 ± 268.56	718.31 ± 240.46	702.12 ± 210.66	689.48 ± 205.57	

2.2 杂种优势分析

杂交子一代的杂种优势列于表 3。兴国红鲤 × 荷包红鲤 F_1 体重的平均杂种优势为 10.69%, 比荷包红鲤高 4.94%, 比兴国红鲤高 17.10%; 在 10 个传统形态性状中, 除 F_1 体高比荷包红鲤低 1.59%, 尾柄长比兴国红鲤低 3.89%, 其它均表现出杂种优势。兴国红鲤 × 瓯江彩鲤 F_1 体重的平均杂种优势仅为 0.40%, 比兴国红鲤高 14.46%, 但比瓯江彩鲤低 10.58%; F_1 体型介于双亲之间, 表现出杂种优势, 但全长、体长、体高和体宽与瓯江彩鲤相比, 表现为负向超亲优势, 低 0.60% ~ 4.36%。荷包红鲤 × 瓯江彩鲤 F_1 体重、全长、体长、体高、体宽和尾柄长均为负向平均杂种优势, 全长、体长和尾柄长等长度性状比瓯江彩鲤低, 但明显高于荷包红鲤; 而体高、尾柄高等高度性状则相反, 与荷包红鲤相比为负向超亲优势, 与瓯江彩鲤相比为正向超亲优势。

2.3 遗传相关分析

红鲤体重与 10 个形态性状相互之间的遗传

相关与表型相关见表 4。体重与全长、体长的遗传相关分别为 0.605、0.517, 达到显著水平 ($P < 0.05$); 体重与全长、体长、体高、体宽的表型相关在 0.427 ~ 0.740 之间, 也达显著水平 ($P < 0.05$)。全长与体长、尾柄长, 体长与尾柄长、体高及尾柄高的遗传相关与表型相关显著 ($P < 0.05$)。全长、体长、尾柄长与体高的遗传相关与表型相关未达显著水平, 但均为负相关。

若把遗传相关分割为加性相关和显性相关予以进一步分析。体重与全长、体长的加性相关显著, 但显性相关不显著(表 5); 全长与体长、尾柄长, 体长与尾柄长的加性相关与显性相关均显著, 相关系数高达 0.9 以上; 全长与体长两者分别同体高、尾柄高均为显著的负加性相关; 体高与尾柄长为显著负加性相关 (-0.896), 但体高与尾柄高呈显著的正加性相关 (0.970)。其它性状间的加性相关和显性相关均不显著。

表3 红鲤3个杂种组合体重和形态性状的杂种优势值

Tab. 3 Heterosis of body weight and morphometric traits in 3 hybridization combinations in red common carp

		杂种优势 H	体重 BW	全长 TL	体长 SL	体高 BH	体宽 BWD	头长 HL	吻长 SNL	眼径 ED	眼间距 IW	尾柄长 CPL	尾柄高 CPD
兴国红鲤	×荷包红鲤	H_M	10.69	5.29	4.48	3.66	5.51	2.88	4.26	3.43	4.92	6.04	6.13
		H_{BH}	4.94	8.72	9.02	-1.59	3.24	0.80	1.74	1.59	1.86	18.27	1.30
		H_{BX}	17.10	2.07	0.31	9.50	7.87	5.05	6.90	5.33	8.16	-3.89	11.45
兴国红鲤	×瓯江彩鲤	H_M	0.40	0.29	1.02	2.10	0.13	3.78	3.59	3.91	2.64	4.49	3.17
		H_{BC}	-10.58	-3.64	-2.79	-0.60	-4.36	1.86	1.42	5.36	2.05	1.67	1.43
		H_{BX}	14.46	4.55	5.14	4.95	5.05	5.77	5.85	2.49	3.23	7.48	4.98
荷包红鲤	×瓯江彩鲤	H_M	-6.17	-1.44	-2.28	-0.61	-1.36	1.31	2.13	1.58	3.58	-4.27	2.75
		H_{BC}	-12.19	-8.09	-9.57	2.07	-3.76	1.48	2.48	4.92	6.15	-15.34	5.98
		H_{BH}	0.73	6.23	6.30	-3.15	1.17	1.13	1.79	-1.56	1.13	10.13	-0.29

体重 BW : body weight ; 全长 TL : total length ; 体长 SL : standard length ; 体高 BH : body depth ; 体宽 BWD : body width ; 头长 HL : head length ; 吻长 SNL : snout length ; 眼径 ED : eye diameter ; 眼间距 IW : interorbital width ; 尾柄长 CPL : caudal peduncle length ; 尾柄高 CPD : caudal peduncle depth

表4 红鲤体重和形态性状的遗传相关(右上角)和表型相关(左下角)

Tab. 4 Genetic correlations (right diagnose) and phenotypic correlations (left diagnose) of body weight and morphometric traits in red common carps

	体重 BW	全长 TL	体长 SL	体高 BH	体宽 BWD	头长 HL	吻长 SNL	眼径 ED	眼间距 IW	尾柄长 CPL	尾柄高 CPD
体重 BW		0.605 *	0.517 *	0.260	0.404	0.531	0.637	-0.225	0.158	0.205	0.179
全长 TL	0.634 *		0.978 **	-0.152	0.542	0.025	-0.093	-0.724	-0.619	0.813 *	-0.597
体长 SL	0.538 *	0.990 **		-0.628	0.098	-0.042	-0.184	-0.750	-0.741	0.887 **	-0.696
体高 BH	0.427 *	-0.531	-0.280		0.441	0.628	0.726	0.690	0.742	-0.748	0.935 *
体宽 BWD	0.740 *	0.552	0.155	0.658		0.599	0.696	-0.183	0.293	0.090	0.314
头长 HL	0.736	0.260	0.180	0.720 *	0.647		0.947	0.499	0.638	-0.133	0.647
吻长 SNL	0.685	0.176	0.040	0.881 *	0.670	0.789		0.699	0.746	-0.319	0.773
眼径 ED	0.032	-0.344	-0.365	0.435	-0.028	0.329	0.355		0.778	-0.685 *	0.560
眼间距 IW	0.392	-0.173	-0.264	0.942 *	0.392	0.652	0.582	0.799 *		-0.869	0.750
尾柄长 CPL	0.333	0.928 *	0.974 **	-0.514	0.196	-0.033	0.186	0.186	-0.302		-0.769
尾柄高 CPD	0.577	-0.132	-0.268	0.936 *	0.576	0.712	0.931 *	0.895 *	0.818 *	-0.479	

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

3 讨论

3.1 杂种优势

杂种优势是自然界非常重要的生物学现象,有很大的利用价值。国内外广泛开展了鲤鱼的杂种优势研究与利用,取得了显著成果^[8]。我国应用兴国红鲤和荷包红鲤与其它鲤鱼品种(品系)杂交,生产了一批具有明显杂种优势的杂交种,如“丰鲤”、“颖鲤”、“荷元鲤”、“岳鲤”、“芙蓉鲤”和

“三杂交鲤”等^[1-4],并利用杂种优势育成了一些新品种,如“建鲤”和“松浦鲤”等^[9,10]。本研究以这两种红鲤与瓯江彩鲤为研究材料,进行完全双列杂交,从数量遗传学角度来评价这些红鲤的杂种优势及其利用价值。研究发现兴国红鲤与荷包红鲤的杂种优势(生长速度)最明显,并有明显的超亲优势,而这两种红鲤与瓯江彩鲤的杂种优势不明显,未表现出超越瓯江彩鲤的超亲优势。这可能是兴国红鲤与荷包红鲤均属人工选择而形成

的优良品种,遗传纯合度高,它们的杂交可使双方的有利基因得以互补。产生杂种优势的遗传基础是两个亲本群体中显性有利基因的互补,并增加基因互作的机会。瓯江彩鲤尚未进行人工选育,

其遗传杂合度高于兴国红鲤和荷包红鲤高^[11],故其杂交子代的遗传变异较大;也可能是由于瓯江彩鲤同兴国红鲤或荷包红鲤的配合力较差,不易产生杂种优势。

表 5 红鲤体重和形态性状的加性相关(右上角)和显性相关(左下角)

Tab. 5 Additive correlations (right diagnose) and dominance correlations (left diagnose) of body weight and morphometric traits in red common carps

	体重 BW	全长 TL	体长 SL	体高 BH	体宽 BWD	头长 HL	吻长 SNL	眼径 ED	眼间距 IW	尾柄长 CPL	尾柄高 CPD
体重 BW		0.535 *	0.456 *	0.220	0.526	0.000	0.000	-0.541	-0.239	0.065	-0.669
全长 TL	0.799		1.000 **	-0.971 *	0.142	0.000	0.000	0.283	-0.293	0.946 **	-0.903 *
体长 SL	0.782	0.969 **		-0.993 *	0.011	0.000	0.000	-0.194	-0.034	0.962 **	-0.922 *
体高 BH	0.349	0.560	0.583		0.234	0.000	0.000	0.524	0.222	-0.896 *	0.970 *
体宽 BWD	0.591	0.803	0.087	0.325		0.000	0.000	-0.402	-0.454	-0.333	-0.205
头长 HL	0.394	0.429	0.511	0.747	0.339		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
吻长 SNL	0.621	0.660	0.698	0.711	0.550	0.844		0.000	0.000	0.000	0.000
眼径 ED	0.777	0.648	0.667	0.798	0.689	0.333	0.281		0.642	-0.318	0.598
眼间距 IW	0.275	0.629	0.444	0.752	0.644	0.865	0.363	0.915		-0.320	0.898
尾柄长 CPL	0.520	0.904 *	0.978 *	0.482	0.597	0.883	0.944	0.632	0.260		-0.713
尾柄高 CPD	0.681	0.717	0.626	0.771	0.691	0.862	0.015	0.551	0.776	0.700	

*: $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

从形态性状看,兴国红鲤与瓯江彩鲤均为长体型,两者杂交体型差异不明显;而荷包红鲤无论同兴国红鲤,还是同瓯江彩鲤杂交,其 F_1 在全长、体长、尾柄长等长度性状,以及体高、尾柄高等高度性状上都表现出明显的杂种优势,即兴国红鲤或瓯江彩鲤同荷包红鲤的杂交子代表现出体型变短、体高增大的趋势。

3.2 遗传相关

由于基因连锁和基因多效性的存在,生物体各个性状间存在着不同程度的相关性。这反映在选择育种实践中,有的性状可通过直接选择获得较满意的成效,而有的性状通过直接选择则很难获得理想的结果,但可通过对与它相关性较高的性状的选育来达到间接选育的目的。此外,在对某一性状进行选育的过程中,也可能会对其它性状产生正向的或负向的选育效应。通常观察到的是性状间的表型相关,它包括遗传相关和环境相关两部分,性状间的遗传相关越大,间接选育就越

有效。通过协方差分析来度量性状间相互关联的变异程度,是数量遗传学研究的一项重要内容,也是鱼类选育过程中的一项基本工作。Jonasson^[12]报道,在 190 日龄大西洋鲑 (*Salmo salar*),成活率 - 体重、成活率 - 体长、体重 - 体长的遗传相关分别为 0.31 ± 0.26 、 0.39 ± 0.26 及 0.98 ± 0.01 。Elvingson 等^[13]报道,虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 在 1.5 ~ 2.5 年龄时,体重与体长具有最大的遗传相关,但随着年龄的增长,两者间差异增大,遗传相关将逐渐降低。本研究发现,红鲤的体重与全长、体长的遗传相关显著,而与其它性状不显著,说明体重主要受全长、体长等主要长度性状决定。在选育时,如以体重为目标性状,则会给全长与体长带来显著的间接选育效应,但对其它性状的间接选育效应不大。全长、体长与尾柄长存在显著的遗传相关,它们间的间接选育效果也将较为明显。

遗传相关虽然排除了环境条件的影响,但不能从遗传本质上反映性状间各种基因效应的关

系,因而有必要将遗传相关进一步分解为加性相关和显性相关分别予以度量。由于加性效应能在后代累加和稳定遗传,以加性相关显著的成对性状,可以在较低龄组进行间接选择;但显性相关会随世代的递增而发生衰减,以显性相关为主的成对性状,在较高龄组选择改良为好^[14]。本研究发现,红鲤体重与全长、体长的加性相关显著,显性相关不显著,表明红鲤的杂种育种过程中,在鱼的早期发育阶段,对这些性状进行选择即可取得较好效果;全长与体长、全长与尾柄长、体长与尾柄长的加性相关与显性相关均显著,表明对这些性状在早期取得较好效果的基础上,在后期发育阶段可得到进一步巩固和提高。由于全长、体长与体高、尾柄高之间均分别为显著的负加性相关,因而在对全长、体长等长度性状进行选择时,可能会显著降低体高、尾柄高等体型的高度性状。

参考文献:

- [1] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 40 - 107.
- [2] 吴仲庆. 水产生物遗传育种学(第三版)[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2000. 153 - 167.
- [3] 李思发. 中国淡水鱼类种质资源和保护[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 50 - 56.
- [4] Li S F, Wang C H. Genetic diversity and selective breeding of red common carp in China [J]. INGA, ICLARM quarterly, 2001, 24(3 - 4): 56 - 61.
- [5] 朱军. 估算遗传方差和协方差的混合模型方法[J]. 生物数学学报, 1992, 7(1): 1 - 11.
- [6] 朱军. 杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法[J]. 生物数学学报, 1993, 8(1): 32 - 44.
- [7] 朱军. 遗传模型分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 1 - 15, 6 - 174.
- [8] Wohlfarth G W. Heterosis for growth rate in common carp [J]. Aquaculture, 1993, 13: 31 - 46.
- [9] 张建森, 孙小异. 建鲤育种研究论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1994. 144 - 153.
- [10] 沈俊宝, 刘明华. 鲤鱼育种研究[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2000. 91 - 97.
- [11] 王成辉. 中国红鲤遗传多样性研究[D]. 上海水产大学博士学位论文, 2002.
- [12] Jonasson J. Selection experiments in salmon ranching. Genetic and environmental sources of variation in survival and growth in freshwater [J]. Aquaculture, 1993, 109: 225 - 236.
- [13] Elvingson P, Johansson K. Genetic and environmental components of variation in body traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to age [J]. Aquaculture, 1993, 118: 191 - 204.
- [14] 王国建, 朱军, 臧荣春, 等. 陆地棉棉仁营养品质及种子物理性状的遗传相关分析[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(6): 585 - 590.

最新信息

《水产学报》刊登论文获第三届中国科协期刊优秀学术论文二等奖

为激励广大科技人员不断创新发表,进一步提高我国学术期刊质量,促进我国学术交流不断繁荣,中国科协决定对第三届中国科协期刊优秀学术论文予以表彰。经过初评、复评、终评和公示,并经中国科协学术交流工作委员会审定,刊登在《水产学报》2002年第26卷第3期、由陈松林等撰写的《鲢生长激素cDNA表达载体构建及在大肠杆菌中的表达》论文荣获第三届中国科协期刊优秀学术论文二等奖。感谢陈松林研究员长期以来对本刊的大力支持。